

Hydrogeologie

Gesteinsbemusterung

Von Dr. rer. nat. Fritz Garling
und Dipl.-Geol. Jürgen Dittrich

Mit 23 Bildern und 16 Tabellen



VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie
Leipzig

Herausgegeben vom VEB Hydrogeologie, Nordhausen

Leitung und Organisation: Betriebssektion
der Kammer der Technik im VEB Hydrogeologie

Nur für die Qualifizierung im Bereich des Ministeriums
für Geologie bestimmt

Gutachter:

Dipl.-Geol. Gerhard Ginzel

Dr. rer. nat. Kurt Huhle

1. Auflage

© VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1979

VLN 152-915/58/79

LSV 1463

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: VEB Druckerei "Thomas Müntzer",

Bad Langensalza

Redaktionsschluß: 22. 6. 1978

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	5
2.	Begriffsbestimmungen	8
3.	Probenahme aus Bohrungen	10
3.1.	Bohrgutgewinnung	10
3.1.1.	Trockenbohren	11
3.1.2.	Spülbohren	14
3.1.2.1.	Kernproben	16
3.1.2.2.	Spülproben	17
3.2.	Bohrgutreduzierung	19
3.3.	Ablage, Kennzeichnung und Aufbewahrung der Proben	21
4.	Probenahme aus Schächten und Schürfen	26
5.	Probenahme aus bestehenden Aufschlüssen	27
6.	Gesteinsprobenuntersuchungen	28
6.1.	Visuelle Gesteinsprobenuntersuchungen	28
6.1.1.	Korngrößenzusammensetzung	28
6.1.2.	Beimengungen	33
6.1.3.	Gefüge	34
6.1.4.	Zersetzungsgrad, Bindigkeit und Konsistenz	36
6.1.5.	Farbe	37
6.2.	Laboruntersuchungen	38
6.2.1.	Korngrößenbestimmung	38
6.2.1.1.	Begriffe und Bedeutung	38
6.2.1.2.	Verfahren und Anwendungsgrenzen der Korngrößenbestimmung	39
6.2.1.3.	Siebanalyse	40
6.2.1.4.	Sedimentationsanalyse	41
6.2.2.	Porenanteilsbestimmung	42
7.	Auswertung und Dokumentation der Untersuchungsergebnisse	44
7.1.	Schichtenverzeichnis	44

7.2.	Auswertung und Dokumentation der Siebanalyse	47
7.3.	Auswertung der Schlämmanalyse	51
7.4.	Auswertung der Porenanteilsbestimmung	52
	Literaturverzeichnis	53

1. Einleitung

Die hydrogeologische Erkundung befaßt sich in erster Linie mit dem Auffinden und dem systematischen Erforschen von Grundwasserlagerstätten. Einen Schwerpunkt bildet dabei die Klärung der geologischen Verhältnisse, insbesondere die Ermittlung der Gesteinseigenschaften.

Da dem Erkundungsgeologen im allgemeinen nur die an der Erdoberfläche anstehenden Schichten für direkte Beobachtungen zugänglich sind und außerdem verschiedene Gesteinseigenschaften nur durch Untersuchungen im Labor bestimmt werden können, ist er gezwungen, Proben aus dem Anstehenden zu entnehmen. Den generellen Ablauf dieses Prozesses zeigt Bild 1.

Sind Aufschlüsse vorhanden, z. B. Talhänge, Felsklippen, Steinbrüche, Gruben, Tagebaue u. dgl., so wird das Probenmaterial mittels Geologenhammers oder Schurfhacke aus der Aufschlußwand herausgeschlagen. Meist fehlen aber solche Aufschlüsse, bzw. sie reichen nur ganz selten für eine Grundwassererkundung aus. Deshalb ist der Erkundungsgeologe fast immer gezwungen, zur Gewinnung des Probenmaterials neue Aufschlüsse (Bohrungen, Schürfe) abteufen zu lassen. Hierbei wird Gestein mittels Bohr- oder Schurfwerkzeugen aus dem Schichtverband gelöst und zutage gefördert. Aus technischen Gründen fällt dabei meist mehr Gesteinsmaterial an, als zur Herstellung der verschiedenen Probenarten (Haufwerks-, Fächerkisten- und Laborproben) erforderlich ist, so daß fast immer eine Reduzierung des Bohr- oder Schürfgutes vorgenommen werden muß. Das trifft auch für die Herstellung der Endproben aus den Laborproben zu.

Werden hohe Qualitätsanforderungen an die Proben gestellt, d. h., müssen die Proben die natürlichen Verhältnisse möglichst genau widerspiegeln, so können zu ihrer Gewinnung auch spezielle Entnahmeverrichtungen, wie Stutzen oder Kernrohre, eingesetzt werden.

Die Untersuchung des Gesteinsmaterials erfolgt sowohl im Feld als auch im Labor. Im ersteren Fall wird das Gestein

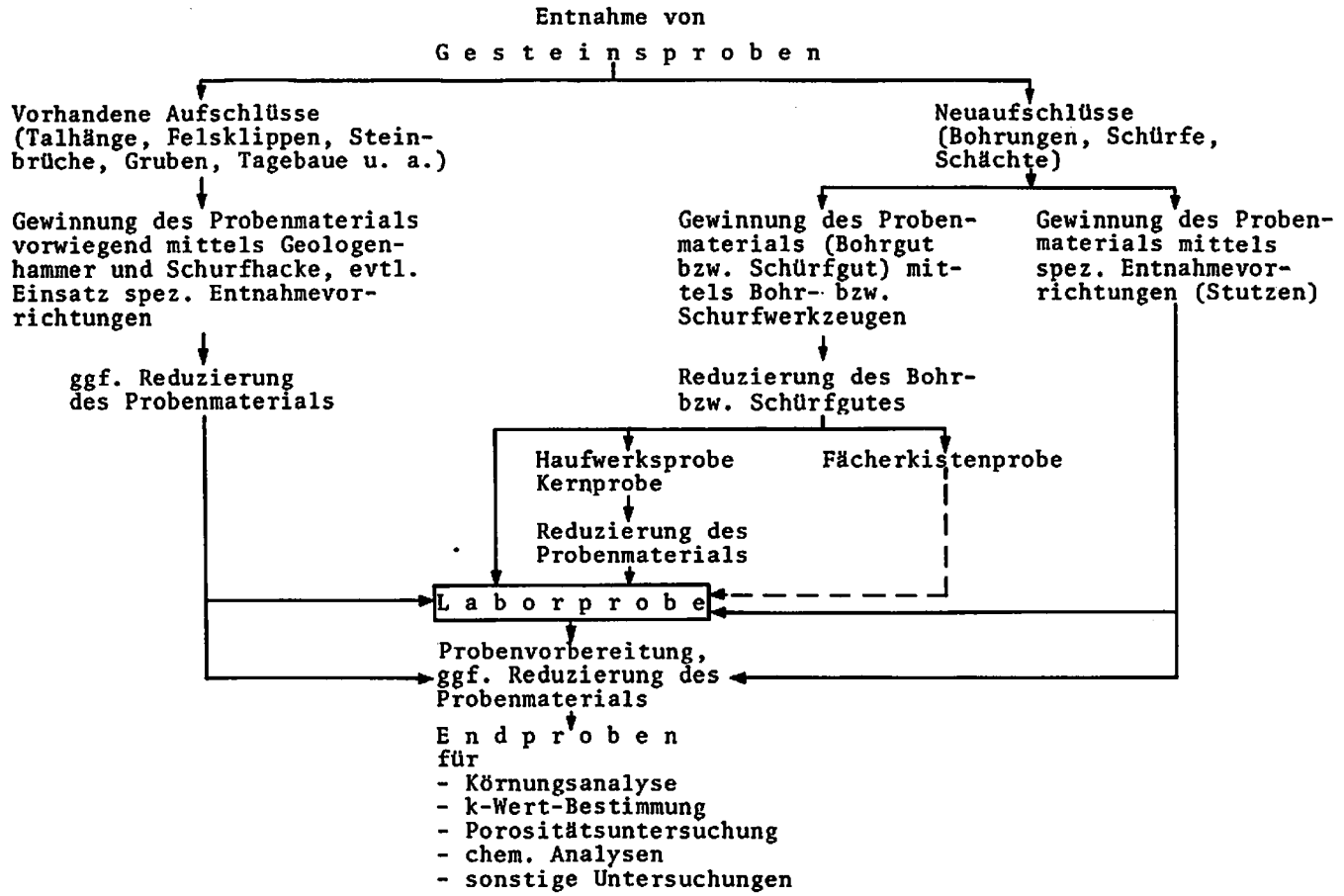


Bild 1. Schematische Darstellung des Probenahmeprozesses

visuell "angesprochen" und gegebenenfalls noch durch einfache Tests näher geprüft. Die Ergebnisse faßt man im sogenannten Feldschichtenverzeichnis zusammen. Es enthält vor allem Angaben über die Mächtigkeit der Schichten und deren lithologische Zusammensetzung. Die laborativen Untersuchungen beinhalten in der Hydrogeologie im allgemeinen die Bestimmung der genauen Kornzusammensetzung einschließlich der Kornkennwerte (d_{10} , d_{60} , d_w , U u. a. m.) sowie die Ermittlung des entwässerbaren Porenanteils (n_e) und der Durchlässigkeitsbeiwerte (k). Gegebenenfalls werden auch hydrochemische Einflußfaktoren, wie Mineralisationsträger, untersucht.

Alle aus Gesteinsproben ermittelten Daten bilden für den Erkundungsgeologen zusammen mit den direkt während der Bohrarbeiten gemessenen Werten (z. B. Teufen- und Grundwasserspiegelangaben) sowie den mittels Bohrlochtests (z. B. Pumpversuche) gewonnenen Informationen eine wichtige Grundlage für die Erarbeitung der Modellvorstellung von der Grundwasserlagerstätte. Daß dieses Modell nur so genau sein kann, wie es die ermittelten Werte sind, versteht sich von selbst. Daraus folgt aber auch, daß die repräsentative Probenahme, d. h. die weitgehendste Übereinstimmung der Endproben mit dem Ausgangsgestein, eine der wichtigsten Voraussetzungen für eine erfolgreiche Erkundung ist.

Um eine solche repräsentative Probenahme zu erreichen, müssen sowohl bei der Gewinnung als auch bei der Reduzierung und Ablage des Probenmaterials gewisse Grundregeln eingehalten werden. Die vorliegende Broschüre vermittelt einen Überblick über die derzeitige Methodik der Gesteinsprobenahme und der verschiedenen Gesteinsuntersuchungen sowie über die Dokumentation der entsprechenden Untersuchungsergebnisse. Außerdem werden die wichtigsten Begriffe erläutert und Hinweise auf spezielle Literatur gegeben.

2. Begriffsbestimmungen

In der Hydrogeologie ist die Entnahme von Gesteinsproben durch die beiden Fachbereichstandards TGL 23 977/01 und /02 verbindlich geregelt. Die darin verwendeten Fachausdrücke lehnen sich im wesentlichen an die für die Materialprüfung von Schüttgut in TGL 16 791 und TGL 21 369 definierten Begriffe an.

Bei der Gesteinsprobenahme bilden die verschiedenen, eine Grundwasserlagerstätte aufbauenden Gesteine (Grundwasserleiter und Grundwasserstauer) den Untersuchungsgegenstand bzw. das Prüfobjekt. Als Probe bezeichnet man Teilmengen des Prüfobjektes, die für die Untersuchung entnommen werden und zur Beurteilung des Prüfobjektes dienen.

In der Praxis verwendet man den Begriff Probe im allgemeinen erst für die als Haufwerk oder in Fächerkisten abgelegten bzw. den Labors übergebenen Teilmengen. Das gerade zutage geförderte Gesteinsmaterial einer Bohrung oder eines Schurfes wird meist Bohrgut bzw. Schürfgut genannt.

Den Vorgang der Entnahme von Proben aus dem Prüfobjekt bezeichnet man als Probenahme. Dabei ist der Gesamtprozeß, von der Lösung des Gesteinsmaterials bis zur Herstellung der einzelnen Endproben im Labor, als Probenahme i. w. S. aufzufassen. Dieser Prozeß zerfällt, wie aus Bild 1 ersichtlich, in die Abschnitte Gewinnung des Probenmaterials, Herstellung der Haufwerks-, Fächerkisten- und Laborproben im Feld sowie die Anfertigung der Endproben im Labor. Die letzten beiden Abschnitte gelten auch als Probenahme i. e. S.

Die Herstellung der verschiedenen Probenarten ist meist mit einer Reduzierung des gewonnenen Probenmaterials verbunden. Dabei gilt es zunächst das Material aus einem Zustand beliebiger Verteilung, der aus dem Entnahmevorgang resultiert, in den Zustand einer bestimmten gleichmäßigen Verteilung zu überführen. Dieser Vorgang wird als Vergleichmäßigen bezeichnet. Durch Teilen zerlegt man dann das Probenmaterial in Teilmengen (Teilproben), die sich in ihren Eigenschaften vom Ausgangsgut möglichst nicht unterscheiden. Je nachdem, ob man

eine Probe in 2, 3, 4 ... Teilmengen zerlegt hat, spricht man von Halbieren, Dritteln, Vierteln usw.

Das Entfernen bestimmter Teilmengen einer Probe nach dem Halbieren, Dritteln, Vierteln usw. gilt als Verwerfen.

Unter Verjüngungen der Probe wird der Gesamtprozeß des Teilens einer Probe und des Verwerfens bestimmter Teilmengen verstanden.

Werden Proben durch einen einmaligen Entnahmevergung erhalten, so bezeichnet man sie als Einzelproben. Durch Vereinen von mehreren Einzelproben gleicher Entnahmearart entstehen Sammelproben.

Bei der Gesteinsprobenahme sind verschiedene Varianten möglich. So können beispielsweise Endproben direkt aus Einzelproben bzw. nach ein- oder mehrmaliger Teilung derselben oder über die Zwischenstation der Bildung von Sammelproben und deren Teilung erhalten werden.

Durch die Einwirkung der technischen Geräte bzw. durch die Nichtbeachtung bestimmter Arbeitsvorschriften während des Probenahmeprozesses können sich die Gesteinseigenschaften verändern. Es kommt vor allem zu einer Störung der natürlichen Lagerung (z. B. Lagerungsdichte) und der Gesteinszusammensetzung (z. B. Kornverluste).

Je nachdem, ob solche Veränderungen auftreten, spricht man von gestörten oder ungestörten Proben.

Die Größe der Veränderungen kann durch den technischen Fehler ausgedrückt werden. Er widerspiegelt die Genauigkeit der Obereinstimmung von Daten, die aus einer Probe gewonnen wurden, mit den tatsächlichen Werten des anstehenden Gesteins an der betreffenden Stelle.

Berücksichtigt man, daß jede Probe, die dem Untergrund entnommen wird, ihren Spannungszustand verändert, so gibt es theoretisch keine ungestörten Proben. Der Begriff sollte deshalb nur in bezug auf die jeweils betrachteten Merkmale angewandt werden.

3. Probenahme aus Bohrungen

Im Rahmen der hydrogeologischen Erkundung und Erschließung werden sowohl Trocken- als auch Spülbohrgeräte eingesetzt.

Unter dem Begriff Trockenbohren faßt man alle jene Bohrverfahren zusammen, die ohne Spülungszirkulation, aber nicht generell ohne Spülung (Wasser) arbeiten. Genannt seien das Schlagbohren, Schneckenbohren, Vibrationsbohren, Rammbohren u. a. m. Ein Bohren völlig ohne Wasser, also "trocken", ist nur in Ausnahmefällen möglich, da die zu bohrenden Gesteine meist von Grundwasser erfüllt sind oder aus bohrtechnischen Gründen Wasser ins Bohrloch zugegeben wird.

Als Spülbohrverfahren bezeichnet man alle Verfahren, die zur Gewinnung des Bohrgutes einen Spülungskreislauf nutzen, z. B. Rotary-Bohren, Aquadrill, Counterflush, Saugbohren, Saugstrahlbohren, Lufthebebohren.

Der Spülungskreislauf wird mittels Pumpen erzeugt, wobei die Spülung bis auf die Bohrlochsohle geleitet wird. Erfolgt diese Zuleitung durch das Gestänge und der Bohrgutaustrag mit Hilfe des im Ringraum, d. h. zwischen Gestänge und Bohrlochwand, aufsteigenden Spülstromes, so bezeichnet man das Verfahren als Rechtsspülbohren. Alle Verfahren, bei denen der Spülstrom den umgekehrten Weg geht, gelten als Linksspülbohrverfahren.

3.1. Bohrgutgewinnung

Die einzelnen Verfahren unterscheiden sich vor allem in der Bohrgutgewinnung, d. h. in der Art und Weise der Lösung und Zutageförderung des Gesteinsmaterials und dessen Entnahme aus den Bohrwerkzeugen bzw. aus dem Spülstrom.

Entsprechend unterschiedlich ist auch die Beeinflussung des Probenmaterials. Je nachdem, ob zum Beispiel drehende, schlagende oder stoßende Bohrwerkzeuge zum Lösen des Gesteins eingesetzt werden, ob das Zutagefördern mit Hilfe der Bohrwerkzeuge oder mittels Spülung erfolgt, ob die Entleerung des Bohrgutes auf den freien Erdboden oder in ein Auffanggefäß geschieht usw., wird das Gesteinsmaterial mehr oder

minder stark aufgelockert, durchgeknetet, vermischt, ausgespült, zerschlagen oder zerrieben.

Wie groß diese Einflüsse (Fehler) im einzelnen sind, hängt nicht unwesentlich von der Lithologie (z. B. Locker- oder Festgestein) und den Lagerungsverhältnissen bzw. der Mächtigkeit der Gesteine selbst ab. Beispielsweise reichern sich beim Durchteufen feinkörniger Schichten die feinsten Bestandteile in der Bohrtrübe bzw. Spülungsflüssigkeit an, und die abgelegten Proben sind dann im Verhältnis zum Anstehenden zu grobkörnig. Trifft man dann beim weiteren Bohren auf grobkörnigere Schichten, so fallen diese in Schwebefindlichen Komponenten oft wieder aus, und die Proben erweisen sich als feinkörnig.

3.1.1. Trockenbohren

Für das Lösen und Zutagefördern des Gesteinsmaterials werden unterschiedliche Bohrwerkzeuge verwendet (siehe Bild 2). Ihre Auswahl richtet sich in erster Linie nach der Gesteinsbeschaffenheit.

Bindige Lockergesteine, wie Ton, Schluff, Braunkohle, Geschiebemergel, werden meist mit Schappen, Spiralen, Schnecken, Stauch- oder Schlagrohren gebohrt. Während die ersten drei Werkzeuge mittels Gestänges in das Gestein hineingedreht werden, erfolgt der Vortrieb der am Seil hängenden Stauch- und Schlagrohre durch freien Fall.

Obwohl das Bohrgut beim Hineindrehen der Werkzeuge bis zu einem gewissen Grade durchknetet und durchmischt wird, reicht die Probenqualität für hydrogeologische Belange meist aus. Mit Hilfe der Stauch- und Schlagrohre lassen sich sogar nahezu ungestörte Proben gewinnen.

Beachtet werden muß, daß es durch die Bohrtrübe zu einer äußeren Verunreinigung des Bohrgutes (Krustenbildung) kommt. Um ein Vermengen oder Verunreinigen des Bohrgutes mit dem Erdboden zu vermeiden, hat die Entleerung der Werkzeuge auf eine feste Unterlage (Blech o. ä.) zu erfolgen.


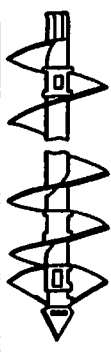

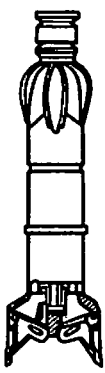


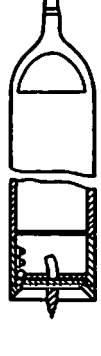
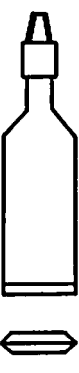






Lfd. Nr.	Benennung	Prinzipskizze	Lfd. Nr.	Benennung	Prinzipskizze
1	Schappe A		8	Schneckenbohrer	
2	Schappe B		9	Greifer (Benato-Greifer)	
3	Schappe C (Mangbohrer)		10	Stauch- und Schlagrohr	
4	Ventilbüchse (Meißbüchse)		11	Flachmeißel	
5	Kiespumpe		12	Backenmeißel	
6	Spirale		13	Kreuzmeißel	
7	Krötzer		14	Pensylvanischer Meißel	

Bild 2. Zusammenstellung wichtiger Trockenbohrwerkzeuge

Rollige Lockergesteine, wie Sand und Kies, bohrt man vorwiegend mit Ventilbüchsen oder Kiespumpen. Beide Werkzeuge setzen das Vorhandensein oder die Zugabe von Wasser voraus. Das Arbeiten mit diesen Werkzeugen kommt einem Bohrvorgang mit verkürztem Spülungskreislauf gleich, der bedingt durch die Konstruktion der Werkzeuge (Büchse mit Bodenklappe bzw. Kolben) und ihre Handhabung (ständiges Auf- und Abbewegen) entsteht. Dabei kommt es zur Ausschwemmung von feinkörnigen Komponenten, die, wie bereits erwähnt, gegebenenfalls in grobkörnigen Bereichen wieder angereichert werden können.

Für das Bohren "trockener", rolliger Lockergesteine oberhalb des Grundwasserspiegels eignen sich besonders Greifer. Das Bohrgut wird zwar durchmischt, weist aber keine Kornverluste auf.

Zur Auflockerung der Gesteine verwendet man häufig Spiralen, Krätzer oder Meißel.

Große Bedeutung für die Probenqualität besitzt auch die sachgemäße Entleerung der Bohrwerkzeuge. Wird z. B. das Bohrgut-Wasser-Gemisch einer Werkzeugfüllung auf den freien Erdboden ausgegossen, so läuft das Wasser ab und führt dabei einen Teil der feinkörnigen Bestandteile mit fort. Wollte man Kornverluste völlig vermeiden, so müßte man das gesamte Bohrgut-Wasser-Gemisch in ein Auffanggefäß entleeren und darin solange stehen lassen, bis sich alle in Schwebefähigen Kornanteile abgesetzt haben. Für praktische Arbeiten dauert dies aber viel zu lange. Aus diesem Grunde werden entweder Auffanggefäße mit einer perforierten Stirnseite (siehe Bild 3) oder Bodenplatten aus Stahlblech mit drei hochgezogenen Rändern (siehe Bild 4) auf den Bohrstellen verwendet. Die bei diesen Geräten auftretenden Kornverluste müssen aus ökonomischen Erwägungen akzeptiert werden.

Im Festgestein wird das Trockenbohrverfahren bei hydrogeologischen Erkundungs- und Erschließungsarbeiten derzeit nur in Form des Schlagbohrverfahrens angewandt. Dabei erfolgt das Lösen des Gesteins mit dem Meißel. Es werden im allgemeinen nur kleine Bruchstücke aus dem Anstehenden abgespal-

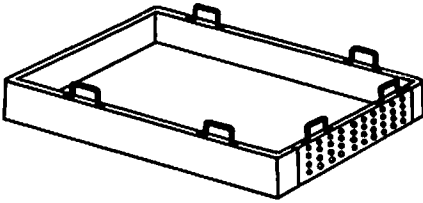


Bild 3
Prinzipskizze eines perforierten Auffanggefäßes

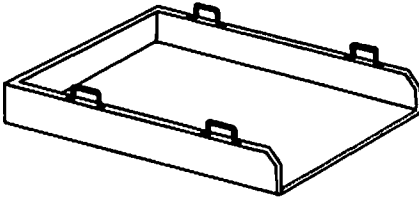


Bild 4
Prinzipskizze einer Bodenplatte (nach TGL 23 977/01)

ten, die noch einer weiteren Zertrümmerung durch die nachfolgenden Meißelschläge unterliegen.

Zum Fördern des Bohrgutes setzt man Ventilbüchsen ein. Bei fehlendem oder nicht ausreichendem Grundwasser muß Wasser zugegeben werden.

Das Bohrgut-Wasser-Gemisch einer Werkzeugfüllung ist auch hier in ein Auffanggefäß zu entleeren.

3.1.2. Spülbohren

In Abhängigkeit von der Gesteinsbeschaffenheit und den Anforderungen an die Probenqualität werden zum Lösen des Gesteins auch beim Spülbohren verschiedenartige Bohrwerkzeuge eingesetzt (siehe Bild 5). Es lassen sich zwei Werkzeuggruppen unterscheiden. Während die einen (vorwiegend Meißel) das Gestein soweit zerkleinern, daß das gesamte Bohrgut mit der Spülung zutage gefördert wird und nur in Form von Spülproben gewonnen werden kann, zerreiben die anderen (vorwiegend Bohrkronen) das Gestein nur ringförmig um einen verbleibenden Kern. Diese Kernproben werden entweder kontinuierlich aus dem Spülstrom (Linksspülbohren) oder mit

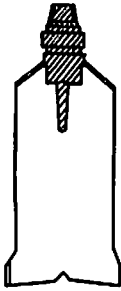
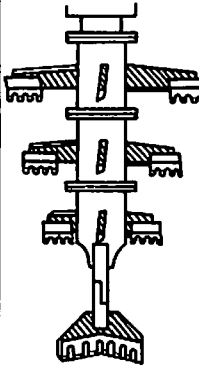
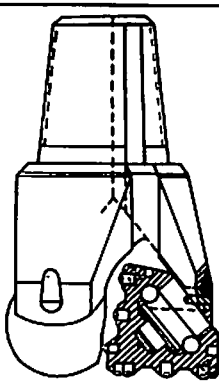
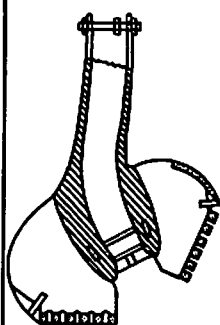
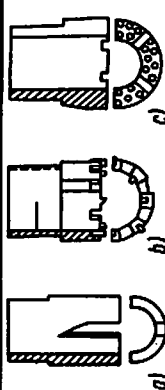
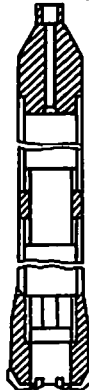

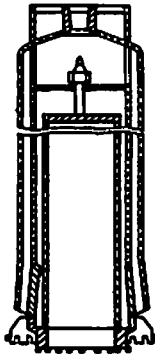
Lfd. Nr.	1	2	3	4
Benennung	Zweiblattmeißel (Fuchsschwanz- meißel)	Stufenschneider	Rollenmeißel	Saugbohrer
Prinzipskizze				
Lfd. Nr.	5	6	7	8
Benennung	Bohrkronen a) Schrotbohrkrone b) Hartmetallkrone c) Diamantkrone	Einfachkernrohr	Doppelkernrohr	Links- spülkernrohr
Prinzipskizze				

Bild 5. Zusammenstellung wichtiger Spülbohrwerkzeuge

Hilfe von Kernrohren (vorwiegend Rechtsspülbohren) zutage gefördert. Zusätzlich lassen sich beim Einsatz der letztgenannten Bohrwerkzeuge von dem zerriebenen Gesteinsmaterial Spülproben entnehmen.

3.1.2.1. Kernproben

Kernproben gelten als quasi ungestörte Proben. Sie ermöglichen die aussagekräftigsten Ergebnisse. Trotzdem werden gegenwärtig nur sehr wenig hydrogeologische Bohrungen als Kernbohrungen abgeteuft. Dies liegt einerseits daran, daß die meisten Bohrungen im Lockergesteinsbereich durchgeführt werden, wo ein Kerngewinn kaum möglich ist. Andererseits verfälschen tixotrope Spülungen, z. B. durch die Krustenbildung an der Bohrlochwandung, die hydrogeologischen Untersuchungsergebnisse, insbesondere von Pumpversuchen. Hinzu kommt, daß ein Kerngewinn mit Hilfe von Kernrohren sehr kosten- und zeitaufwendig ist.

Die Kernprobenahme aus dem Spülstrom beschränkt sich auf die Linksspülbohrverfahren. Die Kerne reißen selbständig in mehr oder minder großen Stücken ab, steigen mit der Spülung zutage und werden hier mit unterschiedlichen Vorrichtungen (Auffanggefäß, Kernfangrinne, Fangvorrichtung mit Sieb) gewonnen.

Bei der Entnahme mittels Kernrohrs werden zum Abreißen der Kerne und vor allem zu deren Festhalten im Kernrohr sogenannte Kernfänger verschiedener Konstruktion (Ringe, Federkörbe, Gummimanschetten u. a. m.) verwendet.

Zur Kernentnahme legt man die Kernrohre in eine Kernauffangrinne und entfernt dann die Bohrkronen einschließlich Kernfangvorrichtung. Durch einseitiges Anheben rutscht der Kern langsam heraus. Falls der Kern nicht selbstgänglich ist, wird er durch Klopfen an das Kernrohr oder mit Hilfe einer Kernpresse gelöst.

Kernrohre mit aufklappbaren Kernhülsen werden in der Kernauffangrinne geöffnet und der Kern mit der Hand herausgenommen.

Verschmutzte Kerne (z. B. durch Spülungsbestandteile) sind in der Kernauffangrinne mit Wasser abzuspülen.

3.1.2.2. Spülproben

In TGL 23 977/02 ist für die Hydrogeologie festgelegt, daß, unabhängig davon, ob mit Kernrohr oder Meißel gebohrt wird, an allen Spülbohrungen Spülproben zu entnehmen sind. Hierdurch wird gewährleistet, daß bei evtl. auftretenden Kernverlusten die Beurteilung der Gesteinseigenschaften anhand der Spülproben erfolgen kann.

Eine grundsätzliche Bedeutung besitzen die Spülproben überall dort, wo ein Kerngewinn überhaupt nicht möglich (rollige Lockergesteine) oder aus ökonomischen Erwägungen nicht vertretbar ist. Letzteres trifft z. B. bei reinen Erschließungsbohrungen oder beim Durchteufen bekannter, hydrogeologisch nicht interessierender Schichten zu.

Die Entnahme der Spülproben hat beim Counterflushverfahren kontinuierlich und bei den anderen Verfahren alle 0,5 bis 1,0 m Bohrfortschritt zu erfolgen.

Für die Gewinnung des Bohrgutes aus dem Spülstrom sind bestimmte Hilfsmittel erforderlich. Die einfachste Art der Probengewinnung ist die mit Hilfe von Schöpfheimern oder Keschern. Diese Entnahmegерäte werden am Spülsaustritt in den Spülstrom gehalten und das aufgefangene Bohrgut als Probe abgelegt. Die Qualität dieser Proben ermöglicht meist nur grobe Orientierungen über die Gesteinsbeschaffenheit.

Aussagesichere Proben lassen sich allgemein nur erreichen, indem man den Spülstrom oder Teile desselben in Auffanggefäße leitet. Lange Absetzzeiten der Gesteinspartikeln und die sich daraus ergebende große Anzahl der benötigten Auffanggefäße schränken die Anwendung dieser Methode stark ein.

In der Vergangenheit wurden deshalb mehrere Versuche unternommen, geeignete Probenahmeverrichtungen zu entwickeln. Ein solches Gerät zeigt Bild 6. Der Spülstrom wird bei diesem Gerät über eine Rinne geleitet, in welche Klappen eingebaut sind, durch die wiederum ein Teil des Spülstromes

wechselweise in zwei Entnahmekästen abgezweigt werden kann. Da die Kästen perforiert und mit Tressengewebe ausgespannt sind, kann die Spülungsflüssigkeit über eine Ablaufrinne in den Spülteich gelangen. Auf Grund des "Durchströmens der Entnahmekästen" kommt es aber zu gewissen Feinkornverlusten, wodurch die Probenqualität herabgesetzt wird. Spülproben besitzen immer eine stark eingeschränkte Aussagekraft, da ihnen einige generelle Mängel anhaften. So wurde

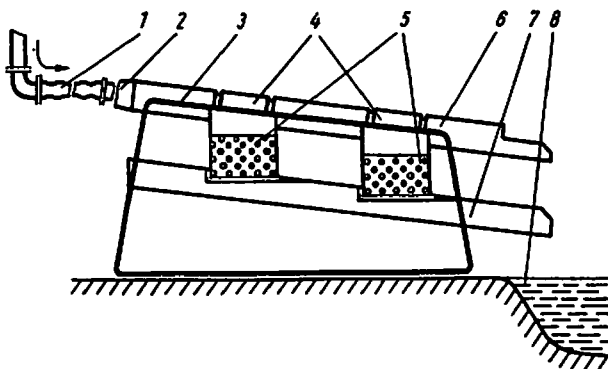


Bild 6
 Probenahmevorrichtung
 1 Auslaufschlauch
 2 Einlauftrichter
 3 Rahmen
 4 Entnahmeklappen
 5 Entnahmekästen
 6 Spülrinne
 7 Ablaufrinne
 8 Spülteich

bereits erwähnt, daß das Gestein beim Bohrvorgang Veränderungen unterliegt, z. B. zerrieben oder in die einzelnen Bestandteile zerlegt und mit der Spülung vermischt wird. Oft geht die Beeinflussung soweit, daß man die Gesteinsbeschaffenheit anhand der Proben nicht mehr erkennen kann und deshalb auf Deutungen angewiesen ist. In diesem Zusammenhang werden dann solche Kriterien, wie Dichte, Viskosität, Leitfähigkeit, Farbe, Krustendicke, Sandgehalt der Spülung, aber auch Bohrfortschritt, Wasserabgabe und geophysikalische Untersuchungsergebnisse, zur Gesteinsbestimmung mit herangezogen. Ein weiterer Mangel der Spülproben entsteht dadurch, daß es auf Grund von Volumen- bzw. Dichteunterschieden der einzelnen Komponenten zu einer Klassierung des Bohrgutes im Spülstrom kommt. Das Ausmaß dieses Vorganges hängt außerdem von der Bohrteufe, d. h. der Länge des Transportweges und von der Aufstiegs geschwindigkeit der Spülung ab.

Verfälschungen des Probenmaterials können auch entstehen durch Nichterfassen des gesamten Spülungsquerschnittes bei der Probenahme, durch übermäßiges manuelles Auswaschen des Bohrgutes zum Zweck der Entfernung von Spülungsbestandteilen und durch Nachfall.

Außerdem erschwert die zeitliche Verzögerung, die zwischen dem Lösen des Gesteins an der Bohrlochsohle und seinem Erscheinen an der Oberfläche auftritt, eine genaue Teufenbestimmung und damit die Horizontierbarkeit der Proben.

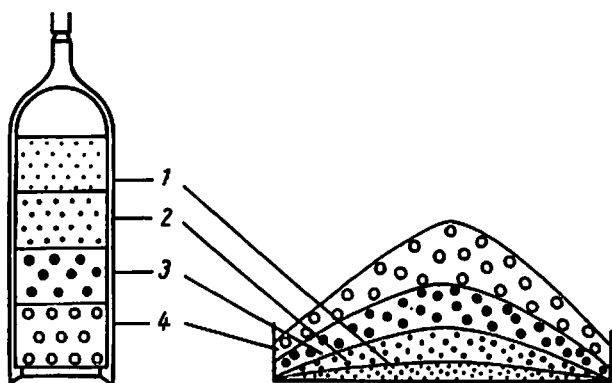
Auf Grund der genannten Mängel ermöglichen Spülproben nur grobe Orientierungen über den Schichtenaufbau und die Lagerungsverhältnisse. Auf eine laborative Untersuchung dieser Proben wird deshalb in der Praxis fast immer verzichtet.

3.2. Bohrgutreduzierung

Eine Reduzierung des Bohrgutes ist immer dann erforderlich, wenn mehr Material zutage gefördert wird, als man zur Herstellung der verschiedenen Proben benötigt. In erster Linie trifft dies auf das Trockenbohren zu. Denn beim Kernbohren sind nach TGL 23 977/02 sämtliche gezogenen Kerne abzulegen, und das Spülprobenmaterial wird im allgemeinen auch in seiner Gesamtheit für die Untersuchung aufbewahrt.

Bohrgut aus rolligem Lockergestein ist zunächst durch mehrmaliges Umschlagen mit der Schaufel zu vergleichmäßigen und zu einem Kegel aufzuschütten. Das ist notwendig, da es während des Bohrvorganges und der Entleerung der Bohrwerkzeuge zu einer Entmischung (Klassierung) des Gesteinsmaterials kommt. So sammeln sich beispielsweise in der Ventilbüchse die größten Komponenten vorwiegend im unteren und die feinsten im oberen Teil des Werkzeuges an. Bei der Entleerung entsteht dann ein Bohrguthaufen mit umgekehrter Klassierung (siehe Bild 7). Durch Vergleichmäßigen wird also der willkürlichen Probenauswahl entgegengewirkt.

Das Teilen und Verjüngen des Bohrgutes kann nach zwei verschiedenen, in TGL 21 369 beschriebenen Verfahren durchgeführt werden. Beim "Teilen und Verjüngen mit dem Teilungs-



a)

b)

Bild 7. Klassierung des Bohrgutes im Bohrwerkzeug a) und Bohrguthaufen b)

- 1 Wasser und Feinstes
- 2 vorwiegend feinkörnige Komponenten
- 3 vorwiegend mittelkörnige Komponenten
- 4 vorwiegend grobkörnige Komponenten

kreuz" wird das vergleichmäßigte und zu einem Kegel aufgeschüttete Bohrgut zu einem Kegelstumpf abgeflacht und in vier gleiche Teile zerlegt. Dabei wird in der Praxis auf den Einsatz eines Teilungskreuzes verzichtet. Die Markierung der Viertel erfolgt mit der Schaufel. Je zwei gegenüberliegende Viertel sind zu einer Teilprobe zu vereinigen. Soll die Probe verjüngt werden, sind zwei gegenüberliegende Viertel zu verwerfen (siehe Bild 8). Dieser Vorgang ist so oft zu wiederholen, bis die gewünschte Probenmenge erreicht ist.

Neuerdings ist nach TGL 23 977/01 auch das "Teilen und Verjüngen mit der Schaufel" zulässig. Danach hat der Probenehmer das Probenmaterial schaufelweise aus dem vergleichmäßigten Bohrguthaufen zu entnehmen. Die Schaufelfüllungen sind entweder im Wechsel auf zwei Haufen zu werfen, von denen einer zu verwerfen ist, oder beispielsweise nur jede 3., 5. und 10. Schaufelfüllung ist auf einen Haufen zu werfen, der dann als verjüngte Probe gilt.

Erste Versuche zur Mechanisierung der Probenteilung auf den Bohrstellen wurden mit den in Laboratorien verwendeten Riffelteilern (Bild 9) durchgeführt.

Bei bindigen Lockergesteinen erfolgt die Reduzierung durch visuelle Auswahl charakteristischer Gesteinsbrocken. Dabei müssen anteilmäßig sowohl große als auch kleine Brocken ausgewählt werden.

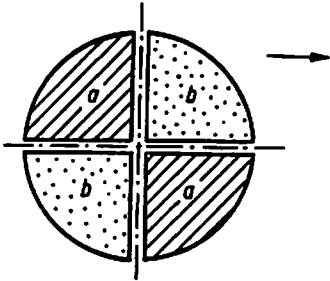


Bild 8. Teilen und Verjüngungen nach dem Viertelungsverfahren
 a) Viertel für die Probenbildung
 b) zu verwerfende Viertel

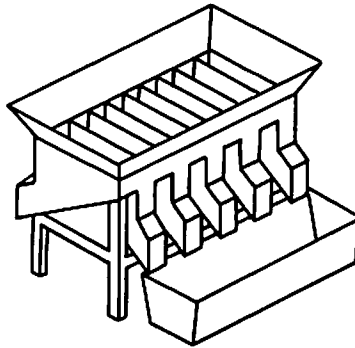


Bild 9. Riffelteilgerät

Die Reduzierung zertrümmerten Festgesteinsbohrgutes, wie es beim Schlagbohrverfahren anfällt, geschieht analog zum rolligen Lockergestein durch Vergleichmäßigen, Teilen und Verjüngungen.

3.3. Ablage, Kennzeichnung und Aufbewahrung der Proben

Das Bohrgut kann in Form verschiedener Probenarten für die weiteren Untersuchungen abgelegt, gekennzeichnet und aufbewahrt werden. Es sind folgende Arten gebräuchlich: Haufwerks-, Fächerkisten-, Kern- und Spülproben sowie Proben für Laboruntersuchungen.

Haufwerksproben bilden die Grundlage für die Gesteinsuntersuchungen im Feld. Sie sind von jeder Gesteinsschicht und bei mächtigen Schichten mindestens alle 2 m Bohrfortschritt abzulegen. Die Herstellung der Haufwerksproben erfolgt durch Verjüngung des ausgebrachten Bohrgutes auf eine Menge von ein bis zwei Eimerfüllungen. Beträgt die ausgebrachte Bohrgut-

menge weniger als zwei Eimerfüllungen, so ist das gesamte Bohrgut als Haufwerksprobe aufzubewahren.

Um eine Verunreinigung mit Fremdmaterial zu verhindern, sind die Proben auf eine feste Unterlage aus Blech, Folie, Dachpappe u. a. abzulegen und mit ähnlichem Material abzudecken. Die Ablage erfolgt zeilenweise.

Stark wasserhaltiges, sogenanntes zerfließendes Probenmaterial muß in gesteinsundurchlässigen Behältnissen oder in Erdgruben aufbewahrt werden. Zu beachten ist ferner, daß fossilführende bindige Lockergesteine in ihrer Gesamtheit sicherzustellen sind und einzelne sperrige Bestandteile, wie Holz, große Steine u. a., die bei der Probenteilung nicht berücksichtigt werden können, neben der betreffenden Haufwerksprobe abgelegt werden.

Vom Bohrmeister ist das Ablageschema mit Nummer der Haufen und zugehörigen Teufen im Schichtbuch zu dokumentieren. Haufwerksproben dürfen erst nach Anfertigung des Feldschichtenverzeichnisses und der Entnahme von Laborproben vernichtet werden.

Fächerkistenproben entnimmt man vor allem als Belegmaterial. Sie dienen aber auch zum Vergleich und zur Horizontierung benachbarter Bohrungen. Ihre Herstellung erfolgt parallel zu den Haufwerksproben, und zwar durch weitere Teilung der zwei zuletzt zu verwerfenden Viertel bei rolligen Lockergesteinen bzw. durch Auswahl repräsentativer Stücke bei bindigen Lockergesteinen.

Die Ablage der Proben geschieht in Fächerkisten (siehe Bild 10), und zwar von links oben zeilenweise nach rechts unten. Die Pro-

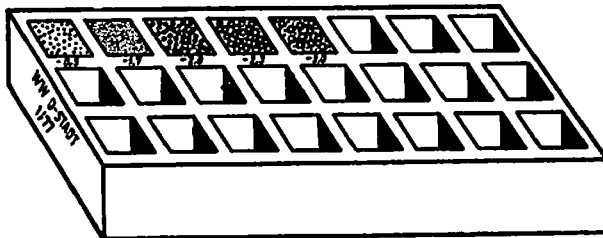


Bild 10
Fächerkiste

benmenge entspricht dem Fassungsvermögen eines Kästchens (10 x 10 x 10 cm). An die linke Stirnseite der Fächerkiste werden der Objektname und die Bohrungsnummer und auf die untere Leiste der einzelnen Fächer die Teufenangabe in m geschrieben.

Über die Aufbewahrung bzw. Vernichtung der Fächerkistenproben entscheidet der verantwortliche Objektbearbeiter. Meist werden die Proben erst nach Beendigung der Feldarbeiten oder nach Objektabschluß verworfen.

Die große Bedeutung der Kernproben kommt in der Forderung zum Ausdruck, daß sämtliche gezogenen Kerne in Kernkisten abzulegen sind. Die Kernkisten sind meist 1 m lang. Ihre Breite hängt vom Kerndurchmesser ab. Genaue Angaben über die einzelnen Kernkistenausführungen sind in TGL 25 438/04 angegeben.

Bei der Kerneinordnung ist darauf zu achten, daß Reihenfolge und Richtung der Kerne den natürlichen Verhältnissen entsprechen. Am Ende eines Kernmarsches wird ein Kernetikett (Holzbrettchen) mit Angabe der Teufe und des Kerngewinns eingefügt.

Voraussetzung für die Beurteilung des Kerngewinns ist die richtige Einordnung der Kerne in die Kernkisten (Bild 11). Als Kern-



a)



b)

Bild 11
Kerneinordnung
a) falsch
b) richtig

verlust gilt die Differenz zwischen der Kernmarschlänge und dem ausgebrachten Kernmaterial. Wird mehr Kern gezogen, als die durchteufte Kernmarschlänge beträgt, spricht man von "Überkerngewinn". Dieser tritt beispielsweise beim Durchteufen quellfähiger Gesteine auf oder wenn Restkerne des vorhergehenden Kernmarsches mitgezogen werden. Solche Gegebenheiten sind vom Objektbearbeiter bei der Festlegung des tatsächlichen Kerngewinns zu berücksichtigen.

Zur Kennzeichnung der Kernkisten werden an die Stirnseite derselben die Kurzbezeichnung des Objektes sowie die Bohrungs-

und Kistenummer geschrieben. Auf dem Kistenrand müssen außerdem durch einen Pfeil die Bohrrichtung, der Teufenbereich des Kernmarsches (von ... bis ...) und der Kerngewinn bzw. -verlust (+ bzw. -) angegeben werden. Durch einen Pfeil quer zum Kistenrand markiert man zusätzlich das Ende des Kernmarsches (siehe Bild 12).

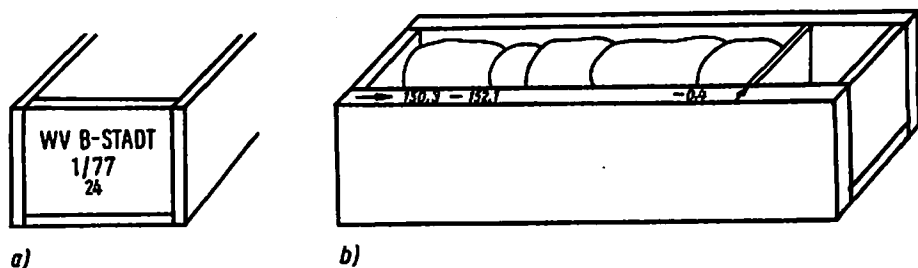


Bild 12. Beschriftung der Kernkiste
a) Stirnseite b) Kistenrand

Wird bei Kontrollteufenmessungen eine Differenz festgestellt, so gibt man das Ergebnis der Messung und die korrigierte Teufe auf der Rückseite des entsprechenden Kernetiketts an.

Die Ablage der Spülproben erfolgt entweder in Kernkisten oder als Haufwerk.

Werden Kernkisten verwendet, so erfolgt deren Beschriftung analog zu den Kernproben. Auf den Kernetiketts wird noch zusätzlich vermerkt, ob es sich um gewaschene oder ungewaschene Proben handelt. Ein solches manuelles Auswaschen der Spülproben wird häufig mit dem Ziel durchgeführt, die Spülungsbestandteile aus dem Probenmaterial zu entfernen. Da aber sowohl die Unterscheidung als auch Trennung des Proben- und Spülmaterials Schwierigkeiten bereitet - weshalb auch meist feinkörniges Probenmaterial mit ausgewaschen wird ist das sogenannte "Probenwaschen" in der Praxis sehr umstritten.

Soll die Ablage der Spülproben als Haufwerksproben erfolgen, so gelten die hier beschriebenen Grundsätze.

Proben für Laboruntersuchungen können im Prinzip aus allen beschriebenen Probenarten gewonnen werden. Gebräuchlich ist es jedoch, daß die Bohrbrigaden sie zusammen mit den Haufwerks- und/oder Fächerkistenproben entnehmen oder daß der Objektgeologe sie später durch Verjüngen der Haufwerks- oder Kernproben herstellt.

Eine laborative Untersuchung des Gesteinsmaterials von Fächerkisten- bzw. Spülproben ist im allgemeinen nicht üblich.

Bei der Herstellung von Laborproben aus rolligem Lockergestein, die für Korngrößenanalysen zum Zweck der k-Wert-Ermittlung entnommen werden, sind generell alle Fraktionsanteile > 20 mm auszusondern. Die Probenmenge beträgt bei Sanden 1,5 kg und bei Kies 4,0 kg. Im Labor werden diese Mengen dann noch weiter reduziert, z. B. auf die erforderliche Aufgabenmenge für Siebanalysen. Während der Frostperiode müssen die Proben sofort nach Austrag des Bohrgutes, d. h. im ungefrorenen Zustand, hergestellt werden.

Sollen Proben aus Kernmaterial entnommen werden, so ist unbedingt die Reihenfolge der einzelnen Untersuchungen zu beachten. Es darf z. B. nicht vorkommen, daß das Kernmaterial bereits während der visuellen Bemusterung im Feld zerschlagen wird und für die Laboruntersuchungen kein geeignetes Material mehr zur Verfügung steht. Die Probenmenge richtet sich bei den aus Kernen hergestellten Laborproben nach der Untersuchungsart und der Kerngröße.

Für die Teilung der Kerne lassen sich spezielle Geräte, wie Kernfräsen, Kernknacken oder Gesteinssägen, einsetzen.

Zur Aufbewahrung der Laborproben von rolligem Lockergestein eignen sich besonders gesteinsundurchlässige Behältnisse (Plastetüten, Jutesäckchen mit Gummibelag u. ä.). Die Kennzeichnung der Proben erfolgt durch eine Blech- oder Plaste-marke mit eingepprägter Probennummer, die in die Probenbehältnisse gelegt wird.

Die Proben werden dem Labor zusammen mit einem schriftlichen Antrag übergeben, welcher Angaben über Objekt, Bohrung und Probennummer sowie Untersuchungsarten enthält.

4. Probenahme aus Schächten und Schürfen

Neben Bohrungen werden in der Hydrogeologie neue Aufschlüsse noch als Schächte und Schürfe hergestellt. Bei den Schächten handelt es sich um Bohrungsvorschächte oder Brunnenschächte. Die Beprobung erfolgt nach dem "Schaufelverfahren". Dabei wird das gesamte ausgeschachtete Gesteinsmaterial eines vorher festgelegten Probenintervalles (z. B. 1 m) als Kegel oder Längshaufen aufgeschüttet und anschließend umgeschaufelt. Je nach Haufengröße wirft man jede 2., 3., 4., ... oder 10. Schaufel auf einen gesonderten Haufen, der als verjüngte Probe gilt.

Für spezielle Untersuchungen können auch Proben mit Hilfe von Stutzen, das sind Metallzylinder, gewonnen werden. Diese Stutzen schlägt man in die Sohle der Schachtgrube und gräbt sie anschließend wieder frei (siehe Bild 13).

Schürfe dienen im allgemeinen nur der Bemusterung des Gesteins und werden nach dem in Bild 14 wiedergegebenen Prinzip angelegt. Die Bauausführung ist teufenmäßig begrenzt. Die Länge der Schürfe kann je nach Aufgabenstellung variiert werden (Schurfgräben).

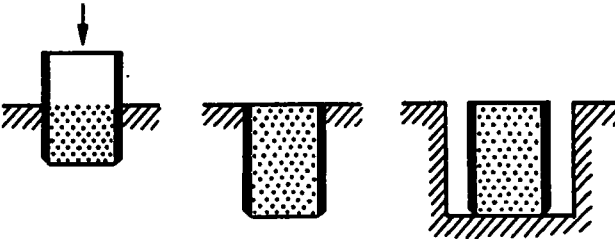


Bild 13
Entnahme von
Stutzenproben
an der Schacht-
bzw. Schurfsohle

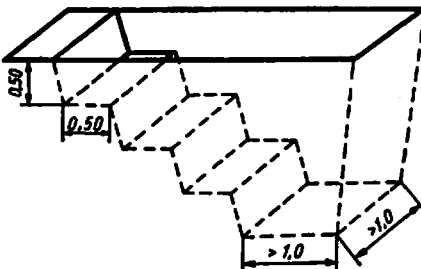


Bild 14
Prinzipskizze und Maße
für Schürfe (nach TGL
11 456)

Die Probenahme erfolgt sowohl am Stoß als auch auf der Schurfsohle. Es werden entweder regelmäßig Schlitze angelegt oder punktförmig Einzelproben entnommen bzw. Stutzen geschlagen.

5. Probenahme aus bestehenden Aufschlüssen

Bestandteil der verschiedenen hydrogeologischen Untersuchungsarbeiten (Kartierung, Prognose, Projektierung, Erkundung) ist die Aufnahme und Beprobung der im betrachteten Gebiet vorhandenen Aufschlüsse. Es lassen sich Aufschlüsse, wie Taleinschnitte, Felsklippen (Härtlinge), und Aufschlüsse, wie Steinbrüche, Sand-, Kies-, Lehm- oder Tongruben, Braunkohlentagebaue u. a. m., unterscheiden. Solche Aufschlüsse ermöglichen schon einen ersten Einblick in die Lagerungsverhältnisse und den lithologischen Aufbau der Gesteine.

Die Aufnahme der Aufschlüsse beginnt mit einer topographischen Lokalisierung; gegebenenfalls ist eine Lageskizze anzufertigen. Danach wird der Aufschluß beschrieben bzw. der Stoß kartiert und eine Profilskizze entworfen. Ausgehend von diesen Vorarbeiten legt man das Probenahmeschema fest, markiert die Probenahmepunkte und trägt sie in die Profilskizze ein.

Grundsätzlich muß der allgemeine Zustand der Aufschlüsse bei der Probenahme berücksichtigt werden. So verändert sich beispielsweise das Gestein mit der Zeit und bildet eine Verwitterungsrinde, oder das Anstehende wird durch Hangschutt bzw. Fremdmaterial verdeckt. In solchen Fällen muß die Verwitterungsrinde entfernt und die Oberlagerung beseitigt werden.

Für grobe Orientierungen genügt es meist, Einzelproben zu entnehmen. Von Festgesteinen schlägt man zu diesem Zweck einzelne Handstücke ab. Bei Lockergesteinen wird das Probenmaterial punkt- oder schlitzförmig aus dem Anstehenden geschürft.

Bei detaillierten Untersuchungen werden entweder regelmäßige Schlitze angelegt oder punktförmig Einzelproben entnommen. Letztere faßt man gegebenenfalls noch zu Sammelproben zusammen.

6. Gesteinsprobenuntersuchungen

6.1. Visuelle Gesteinsprobenuntersuchungen

Für die Beurteilung und Auswertung von Bohrerergebnissen sowie als Grundlage aller Laboruntersuchungen dienen visuelle Gesteinsprobenuntersuchungen. Darunter sind alle Maßnahmen zeitgleich und unmittelbar nach Abschluß einer Bohrung im Feld (meist unmittelbar am Ort der Bohrung) zu verstehen. Die visuelle Gesteinsbeschreibung anhand von Haufwerks- und Fächerkistenproben bei Lockergesteinsbohrungen bzw. Gesteinskernen oder Spülproben bei Festgesteinsbohrungen hat folgende Teilaufgaben zu erfüllen:

1. Beschreibung der Korngrößenzusammensetzung des Gesteins zur Gesteinsbezeichnung und zur Erfassung der Schichtenabfolge
2. Aussagen über Beimengungen
3. Feststellungen zum Gefüge und zu den Lagerungsverhältnissen
4. Angabe des Feuchtezustandes
5. Angabe der Farbe

Alle diese Feststellungen werden zusammen mit den Mächtigkeitsverhältnissen im sogenannten vorläufigen Schichtenverzeichnis (siehe Punkt 7.1.) dokumentiert.

Zur Einordnung und Bezeichnung von Gesteinen und deren Eigenschaften sind die Standards TGL 23 984 und 24 408/05 (Schichtenverzeichnis Bohrungen-Grundtyp-), einschließlich des zu letzterem erschienenen Beiheftes mit geologischen und technischen Begriffen und ihrer Verschlüsselung zu beachten.

6.1.1. Korngrößenzusammensetzung

Für Sedimentgesteine und Verwitterungsprodukte von magmatischen und metamorphen Gesteinen gilt nach TGL 23 984 und TGL 24 408/05 (Bezeichnungen in Klammern) die folgende Korngrößeneinteilung.

Tabelle 1. Korngrößeneinteilung

Korngrößenbezeichnung	Abkürzung	Korngrößenbereich in mm
Ton	T (T)	$\leq 0,002$
Schluff	Su (U)	0,002 bis 0,063
Sand	S (S)	0,063 bis 2,0
Feinsand	Fs (SF)	0,063 bis 0,20
Mittelsand	Ms (SM)	0,20 bis 0,63
Grobsand	Gs (SG)	0,63 bis 2,0
Kies	Ki (K)	2,0 bis 63
Feinkies	Fki (KF)	2,0 bis 6,3
Mittelkies	Mki (KM)	6,3 bis 20
Grobkies	Gki (KG)	20 bis 63
Steine	St (E)	63 bis 2000
Blöcke	B (B)	≥ 2000

Analog zur Kornverteilung bei Lockergesteinen werden für die Beschreibung kristalliner Festgesteine (unverwitterte Magmatite und Metamorphite) nach TGL 24 408/05 (Beiheft) die folgenden Bezeichnungen empfohlen.

Tabelle 2. Bezeichnung kristalliner Festgesteine

Bezeichnung	Abkürzung	Bereich in mm
glasig	GL	
dicht	DT	$\leq 0,063$
feinkörnig	FK	0,063 bis 0,2
kleinkörnig	KK	0,2 bis 0,63
mittelkörnig	MK	0,63 bis 2
grobkörnig	GK	2 bis 10
riesenkörnig	RK	≥ 10

Bei der visuellen Gesteinsbeschreibung sollte man zuerst zwischen Haupt- und Nebenanteilen (Korngrößenanteil = Anteil einer Kornfraktion, bezogen auf die Gesamtmasse eines Korngemisches in %) unterscheiden, bevor weitere Abstufungen vorgenommen werden.

Die Hauptkornfraktion wird zuerst dokumentiert. Die Abkürzung dafür beginnt mit einem Großbuchstaben (z. B. Grobsand = Gs). Danach stuft man die Nebenanteile durch Benutzung halbquantitativer Begriffe nach abnehmender Häufigkeit ein. Diese halbquantitativen Begriffe sind z. B.: sehr stark, stark, schwach, sehr schwach oder vereinzelt. Man sollte gedanklich versuchen, den Nebenanteilen auf die Gesamtprobe bezogene Masseprozentanteile zuzuordnen (siehe Punkt 7.1.) und danach obige Begriffe stark, schwach usw. einzuführen. Die Nebenanteile werden mit Kleinbuchstaben bezeichnet (z. B. mittelsandig = ms) und durch Zusatzzeichen dargestellt.

Bezeichnung	Zeichen	Beispiel
sehr stark	====	\overline{ms}
stark	—	\overline{ms}
schwach	'	ms'
sehr schwach	"	ms''

Tabelle 3. Halbquantitative Abstufung der Nebenanteile

Abweichungen hinsichtlich Bezeichnung und Einstufung der Korngrößenanteile ergeben sich nach der TGL 24 408/05.

Bei der Festlegung einer Kornfraktion wird hier im Gegensatz zur bisher üblichen Bezeichnungsweise zuerst der Großbuchstabe der Hauptkomponente aufgeführt, anschließend die Abstufung Fein... bis Grob.... vorgenommen.

Beispiel: Feinsand

<u>alte Bezeichnung</u>	<u>neue Bezeichnung nach TGL 24 408/05</u>
Fs	SF

Für die Abstufung maßgeblicher Beimengungen werden anstelle der halbquantitativen Begriffe stark, schwach usw. nur noch Masseprozentanteile verwendet.

Tabelle 4. Abstufung der Masseprozentanteile

Anteil in Masse-%	Zeichen	Beispiel
< 10 (schwach)	...)	SG SM) = Grobsand mit 10% Mittelsand
10 bis 30 (mittel)	... (SF (U = Feinsand mit 10 bis 30% Schluff
> 30 (stark)	... !	T SF! = Ton mit 30% Feinsand

Beim Auftreten von Korngemischen werden folgende Bezeichnungen verwendet:

1. Gleicher Anteil von zwei Hauptkomponenten

z. B. Mittelsand, Grobkies

- Komponenten werden durch Komma getrennt



2. Homogene Mischung

z. B. Mittelsand bis Feinkies

- Bei Korngemischen mit weitem Korngrößenspektrum Angabe der oberen und unteren Kornklasse, getrennt durch Bindestrich



3. Wechselagerung von zwei Gesteinen

z. B. Mittelsand/Schluff

- Trennung der beiden Komponenten durch Schrägstrich



Die Vergleichbarkeit visueller Gesteinsbeschreibungen im vorläufigen Schichtenverzeichnis ist oft dadurch erschwert, weil die halbquantitativen Begriffe teilweise unterschiedlich interpretiert werden.

Nach GARLING /5/ kann die visuelle Lockergesteinsprobenansprache verbessert und vereinheitlicht werden, wenn folgende drei Aspekte beachtet werden:

1. Neben der Verwendung halbquantitativer Begriffe sollten die geschätzten Prozentanteile der einzelnen Fraktionen mit dokumentiert werden.
2. Die Benutzung von Bestimmungshilfsmitteln (Körnungslehren, Meßlupen, Längenmaßstäbe usw.) sollte allgemein üblich werden.
3. Die individuelle Gesteinsprobenansprache sollte des öfteren mit Hilfe nachfolgend durchgeführter Siebanalysen kontrolliert werden.

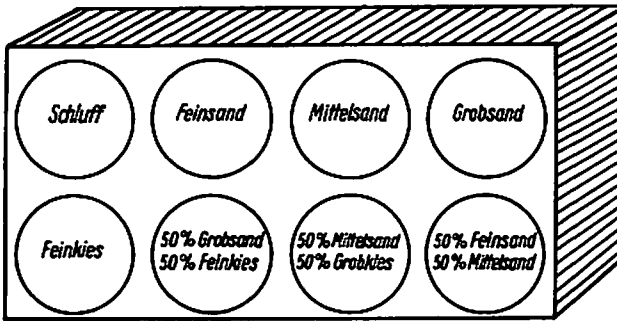
Zum feldmäßigen Erkennen einiger wichtiger Komponenten können nach Tabelle 5 folgende Anhaltswerte für die Korngrößen-einstufung benutzt werden:

Tabelle 5. Vergleichskorngrößen

Kurzzeichen	Beschreibung
Gki (KG)	größer als Haselnuß, durchschnittlich ungefähr Kartoffel- oder Hünereigröße
Mki (KM)	größer als Erbse, nicht größer als Haselnuß
Fki (KF)	größer als Streichholzkopf, nicht größer als Erbse
Gs (SG)	kleiner als Streichholzkopf, größer als Grieß
Ms (SM)	normaler Grieß oder Zucker
Fs (SF)	noch kleiner als Grieß oder Zucker, als Einzelkorn gerade noch erkennbar

Um den Umfang der nicht gänzlich zu beseitigenden subjektiven Fehler weiter einzuschränken, wird die Verwendung von sogenannten "Körnungslehren" empfohlen. Man versteht darunter ein zum Betrachter mittels Glasscheibe durchsichtig verschlossenes Behältnis (siehe Bild 15), in dem sich Proben genau definierter Korngrößenbereiche befinden. Durch ständigen Vergleich der Kornfraktion in der Körnungslehre mit dem anzusprechenden Probenmaterial aus einer Bohrung ist eine relativ genaue Bestimmung der Gesteinszusammensetzung bereits im Feld möglich.

Bild 15
Körnungslehre



Da Körnungslehren z. Z. nicht hergestellt werden, sollen für den Selbstbau dieser wichtigen Bestimmungshilfe folgende Hinweise gegeben werden:

Aus einem Holzstück (ca. 25 bis 30 mm dick), dessen Länge wegen der Handlichkeit 150 bis 200 mm nicht überschreiten sollte, werden mit der Lochkreissäge Vertiefungen von 15 bis 20 mm Durchmesser ausgesägt. In diese sind die aus einem Labor beschafften definierten Kornfraktionen abzufüllen. Die gesamte Platte ist mittels Glas oder Plexiglas dicht abzudecken.

6.1.2. Beimengungen

Beimengungen hinsichtlich der Korngrößenzusammensetzung eines Gesteins wurden unter Punkt 6.1.1. erläutert, so daß hier nur sonstige stoffliche Bestandteile zu erwähnen sind.

Humusgehalt

Zur Schätzung des Humusgehaltes können die Abstufungen sehr schwach ... bis sehr stark humos, anmoorig und Moorboden (Torf) verwendet werden.

Kalkgehalt (HCl-Test bzw. Karbonatgehaltsbestimmung)

Der HCl-Test wird an unaufbereiteten Gesteinsproben durch Betropfen mit verdünnter Salzsäure durchgeführt und in Anlehnung an TGL 11 460/02 nach Tabelle 6 dokumentiert.

Tabelle 6. Abstufung des Kalkgehaltes von Gesteinen

Reaktion	Bezeichnung	Kurzzeichen
kein Aufbrausen	kalkfrei	NC
stellenweises Aufbrausen	vereinzelt kalkhaltig	VC
schwaches Aufbrausen	schwach kalk- haltig	SC
deutliches Aufbrausen	kalkhaltig	C
starkes Aufbrausen	stark kalkhaltig	CC

Eisengehalt

Anhand von Farbe und Verfestigungsgrad (Verkittung, Verkrustung) kann der Eisengehalt grob eingeschätzt werden:

- eisenschüssig
- ortsteinhaltig
- raseneisenhaltig

6.1.3. Gefüge

Nach /1/ versteht man unter Gefüge den inneren Aufbau eines Gesteins, bestimmt durch dessen Struktur und Textur. Die Struktur ergibt sich aus den verschiedenen Mineralkomponenten und der Art ihres Zusammentretens.

Zu den Struktureigenschaften zählen Kristallinitätsgrad, Korngröße, Kornverteilung, Kornform und Kornbindung.

Textur bezeichnet die Gefügeeigenschaften, die sich auf räumliche Anordnung und Verteilung der Gemengteile beziehen. Die Raumanordnung sowie die Raumerfüllung der Gefügekörner bestimmen die Textureigenschaften.

Bei den Sedimentgesteinen, die vielfach als Lockersedimente vorliegen, sind neben den bereits im Punkt 6.1.1. beschriebenen strukturellen Angaben zur Korngröße und Kornverteilung diejenigen zur Kornform (Rundungsgrad und Oberflächeneigen-

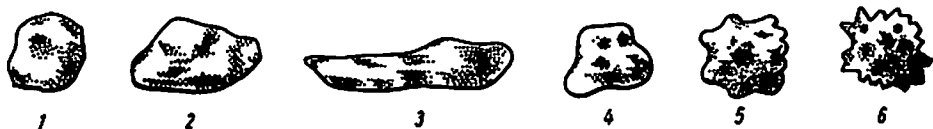


Bild 16. Kornformen

- | | |
|---------------|----------------|
| 1 kugelig | 4 abgerundet |
| 2 plattig | 5 kantig |
| 3 nadelförmig | 6 scharfkantig |

schaften der Körner) wichtig. Bild 16 zeigt eine Zusammenstellung verschiedener Kornformen.

Während in Sanden und Kiesen die Einzelkörner meist kugelig auftreten, sind Schluffe und Tone vorwiegend aus plattigen Bestandteilen aufgebaut. Die Kornform hat Einfluß auf die Stabilität des Korngerüstes und auf die Durchlässigkeit. Texturell ist für die Sedimentgesteine die Art der Schichtung am wichtigsten. Hierbei kann man je nach den Ablagerungsbedingungen zwischen Parallel-, Schräg-, Diagonal-, Kreuz- und Rippelschichtung unterscheiden. Für die Durchlässigkeit der Sedimentgesteine ist ihr Porenraum von ausschlaggebender Bedeutung. Nach der räumlichen Anordnung der einzelnen Gesteinsteilchen zueinander unterscheidet man Einzelkorn-, Waben-, Flocken-, Krümel- und Schollengefüge - siehe Bild 17.

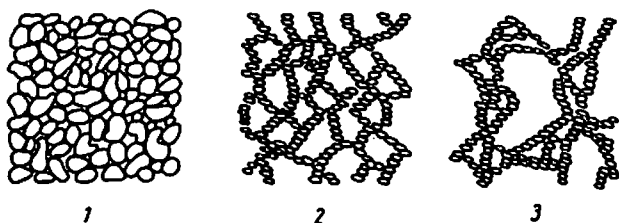


Bild 17
Gefügearten
1 Einzelkorn-
gefüge
2 Wabengefüge
3 Flockengefüge

Die wichtigsten Lockergesteine besitzen Einzelkorngefüge, bei dem die Teilchen aneinander liegen und Hohlräume und Gesteinsteilchen statistisch verteilt sind.

Eine Auswahl von Gefügearten, die bei magmatischen und metamorphen Gesteinen unterschieden werden, ist in Tabelle 7 zusammengestellt.

Tabelle 7. Gefügearten von Festgesteinen

Bezeichnung	Kurzzeichen	Bezeichnung	Kurzzeichen
bänderig	B	schieferig	S
flaserig	FL	schuppig	SU
kavernös	KV	wellig	WL
körnig	K	brekziös	BZ
massig	M		
porphyrisch	PY		

6.1.4. Zersetzungsgrad, Bindigkeit und Konsistenz

Der Zersetzungsgrad des Gesteins kann in Anlehnung an die TGL 24 408/05 nach Tabelle 8 beschrieben werden:

Tabelle 8. Zersetzungsgrad von Gesteinen

Merkmal	Bezeichnung	Kurzzeichen
ohne Anzeichen der Zersetzung, keine Festigkeitsminderung	frisch	FRI
farbliche Veränderungen gegenüber Primärgestein (z. B. gebleicht, entfärbt)	angewittert	ANG
starke Herabminderung der Festigkeit	mürbe	MRB
mechanische Auflösung zu Lockermaterial (z. B. Grus)	grusig	GRS
mineralogische Umwandlung zu Lockermaterial (z. B. Kaolin)	zersetzt	ZRS

Für bindige Lockergesteine ist die Konsistenz zu bestimmen:

Tabelle 9. Konsistenz bindiger Lockergesteine

Merkmal	Bezeichnung	Kurzzeichen
Spülgemisch	flüssig	FL
quillt in geballter Faust zwischen den Fingern hindurch	sehr weich	SW
leicht knetbar	weich	WE
schwer knetbar	steif	ST
bröckelt beim Ausrollen zu 3mm-Walzen	halbfest	HF
ausgetrocknet	fest	FE

Bei nichtbindigen Lockergesteinen wird die Gesteinsfestigkeit angegeben:

- lose gelagert
- schwach verfestigt
- mittelfest
- sehr fest
- extrem fest

6.1.5. Farbe

Die Farbe eines Gesteins wird grundsätzlich am erdfeuchten Material bestimmt, trockene Proben sind vorher anzufeuchten. Nach TGL 24 408/05 sind Grundfarben oder Kombinationen dieser mit folgenden Abkürzungen zu verwenden.

"Hell- oder Dunkel"-Abstufungen sind der Farbbezeichnung voranzustellen. Bei Farbkombinationen steht die bestimmende Farbe an zweiter Stelle.

Beispiel:

Hellgraubraun - HGB

Tabelle 10. Gesteinsfarben

<u>Grundfarben</u>				<u>Abstufungen</u>	
Blau	A	Orange	O	dunkel	D .
Braun	B	Rot	R	mittel	M .
Bunt	U	Schwarz	S	hell	H .
Gelb	E	Violett	V	<u>Nebenfalten</u>	
Grün	N	Weiß	W	marmoriert	... M
Grau	G	Rostig	F	streifig	... S
				fleckig	... F

6.2. Laboruntersuchungen

6.2.1. Korngrößenbestimmung

6.2.1.1. Begriffe und Bedeutung

Unter der Korngröße d als Maßzahl für die Größe eines Einzelkorns versteht man

- bei direkter Messung die Weite eines Rundloches, durch die das Korn hindurchgeht
- bei indirekter Messung die kleinste lichte Maschenweite, durch die das Korn hindurchfällt bei Verwendung von Maschensieben und
- bei indirekter Messung nach Sedimentationsverfahren den Durchmesser einer Kugel der gleichen Reindichte

Die Korngrößenverteilung beschreibt den Anteil einzelner Korngrößengruppen an der Gesamtmasse einer Gesteinsprobe. In der hydrogeologischen Praxis dient die Korngrößenbestimmung im Labor hauptsächlich folgenden Zwecken:

- Überarbeitung der Feldschichtenverzeichnisse zum endgültigen Schichtenverzeichnis
- Ermittlung von Kornkennwerten (d_{10} , d_{17} , d_{60} , d_{85} , U usw.)
- Brunnenbemessung (Filter, Gewebe, Kiesschüttung) nach den ermittelten Kornkennwerten
- k-Wert-Berechnung aus den Ergebnissen der Kornverteilung

6.2.1.2. Verfahren und Anwendungsgrenzen
der Korngrößenbestimmung

In Tabelle 11 sind die wichtigsten Untersuchungsverfahren zusammengestellt, wobei die unter 2. und 3. genannten Verfahren für die hydrogeologische Praxis am bedeutungsvollsten sind.

Tabelle 11. Verfahren der Korngrößenbestimmung

Verfahren	Korngrößenbereich in mm
1. direkte Messung der Korngrößen	> 63
2. indirekte Messung der Korngrößen durch Siebverfahren	} 63 bis 0,063
- Trockensiebung bei nichtbindigen Gesteinen	
- Naß-/Schlämmsiebung bei nicht- bindigen Gesteinen mit 25% Anteil < 0,063 mm	
3. Schlämm- und Sedimentationsverfahren u. a.	
- Aräometerverfahren nach CASAGRANDE	0,1 bis 0,001
- Pipetteverfahren nach ANDREASEN	0,063 bis 0,002
- Sedimentationswägung	0,2 bis 0,002
4. Sonstige Verfahren	
- Windsichtung	1,0 bis 0,005
- Zentrifugiermethoden	0,01 bis 0,00001
- mikroskopische Verfahren	0,1 bis 0,000001

6.2.1.3. Siebanalyse

Probemenge:

Die bereits im Punkt 3.3., Seite 21 genannte Probemenge für die Herstellung der Laborproben (Sande ~ 1,5 kg und Kies ~ 4,0 kg) wird im Labor weiter bis zur notwendigen Siebaufgabemenge (Einwaage) reduziert:

- Feinsand und Mittelsand - 400 ... 600 g
- Grobsand und Kiese - bis 1500 g

Durchführung:

Das Probenmaterial wird im Trockenschrank bei ~ 105 °C getrocknet, durch Vierteln und Verjüngen die Einwaagemenge gewonnen und mittels Vibrationsprüfsiebmaschinen gesiebt. Mit den genannten Maschinen werden günstige Siebergebnisse erzielt, weil der horizontalen Bewegung des Siebbodens zusätzlich noch eine vertikale Bewegung überlagert wird. Als Siebe werden sogenannte Quadratlochsiebe nach TGL O-4188 verwendet, die zu einem Standard-Siebsatz mit den in Tabelle 12 genannten Maschenweiten zusammengesetzt werden.

Maschenweite in mm	Siebrückstand R_i in mm	Tabelle 12. Standard- Siebsatz
6,3	$R_1 > 6,3$	
4,0	$R_2 > 4,0$	
2,0	$R_3 > 2,0$	
1,0	$R_4 > 1,0$	
0,63	$R_5 > 0,63$	
0,4	$R_6 > 0,4$	
0,2	$R_7 > 0,2$	
0,1	$R_8 > 0,1$	
0,063	$R_9 > 0,063$	
Auffanggefäß	$R_{10} < 0,063$	

Nach Beendigung der Siebung (Siebzeit zwischen 10 bis 30 min) werden die Rückstände R_i in g auf den Einzelsieben der ver-

schiedenen Maschenweiten in mm sowie der Feinanteil $< 0,063$ mm im Auffanggefäß durch Wägung ermittelt.

6.2.1.4. Sedimentationsanalyse

Die untere Grenze der Siebverfahren liegt bei $0,063$ mm. Im Korngrößenbereich $< 0,063$ mm ermittelt man deshalb die Korngrößenzusammensetzung der Gesteine durch Sedimentations- (Schlamm-)Analysen.

Physikalisches Prinzip:

In einer Suspension aus Gesteinsteilchen und (meist) Wasser läßt man erstere frei sedimentieren. Als Voraussetzung gilt, daß die Dichte der Feststoffteilchen größer als die Dichte des umgebenden Mediums sein muß. Die Konzentrationsänderung der Suspension wird in Abhängigkeit von der Sedimentationszeit ermittelt. Die Berechnung der Teilchengrößen erfolgt bei allen Verfahren nach dem Gesetz von STOKES.

Aräometerverfahren nach CASAGRANDE:

Bei dieser sehr einfachen Sedimentationsmethode wird durch Spindeln mit einem Aräometer die Trübedichte des in einem Standzylinder aufgeschlammten Gesteinsmaterials zu bestimmten Zeitpunkten (z. B. nach $0,5$; 1 ; 2 ; 5 ; 10 ; 20 und 30 min) ermittelt (siehe Bild 18).

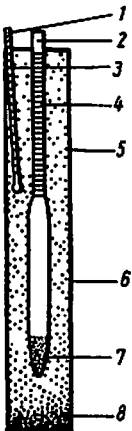


Bild 18
Schema der Schlämmanalyse nach dem Aräometerverfahren
1 Thermometer
2 Aräometer
3 Meßmarke bei 1000 cm^3
4 Skala
5 20 bis 80 g Gestein mit destilliertem Wasser gemischt (Suspension)
6 Glaszylinder 1000 m^3 Inhalt
7 Schrotkörner
8 bereits abgesetzte Bodenteilchen

6.2.2. Porenanteilsbestimmung

Begriffe und Bedeutung:

Eine der hydrogeologisch wesentlichsten Eigenschaften (Speicher- und Durchlässigkeitsvermögen) der Sedimentgesteine ist das Vorhandensein von Poren (Hohlraum im Millimeter- bis Zentimeterbereich). Das Porenvolumen stellt das Volumen der mit Wasser und Luft (= Dreiphasensystem Gestein/Wasser/Luft) bzw. Wasser oder Luft (= Zweiphasensystem Gestein/Wasser oder Luft) erfüllten Poren eines Gesteins dar:

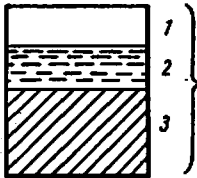


Bild 19
Definition der Hohlräume
1 Volumen der Luft
2 Volumen des Wassers } (V_p)
3 Feststoffvolumen (V_s)
4 Volumen des Gesteinskörpers (V)

$$V_p = V - V_s$$

Der Porenanteil n drückt das Verhältnis von Porenvolumen (V_p) zum Volumen des Gesteinskörpers (V) aus:

$$n = \frac{V_p}{V}$$

(Angabe in % oder als Dezimalbruch)

Zur Ermittlung des Speicherkoeffizienten eines Grundwasserleiters wird im Labor der entwässerbare Porenanteil n_e , auch als dränbare oder drainable Porosität n_d bezeichnet (bei Grundwasserabsenkung freiwerdender Porenanteil), aus der Differenz zwischen dem Porenanteil n und dem Wasserhaltewert w_a bestimmt:

$$n_e = n - w_a$$

(in % oder als Dezimalbruch)

Durchführung:

Der Wasserhaltewert w_a wird mit Hilfe der Absaugapparatur nach ZUNKER (siehe Bild 20) bestimmt.

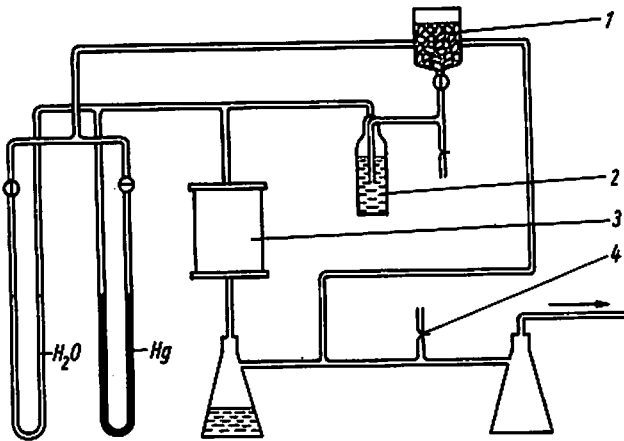


Bild 20
Absaugvorrichtung
zur Bestimmung des
Wasserhaltewertes
1 Entnahmestutzen
mit ungestörter
Probe
2 Waschflasche
3 nasser Kiesfilter
4 Vakuumregelung

Das Prinzip dieses Verfahrens besteht in der Erzeugung eines Unterdruckes, der den in der wassergesättigten Probe herrschenden Kapillarkräften entgegenwirkt.

Der Porenanteil n wird ermittelt aus dem Volumen V der Probe (Abmessungen des Probezylinders) und dem Feststoffvolumen V_s . Letzteres wird durch Wägen aus der Trockenmasse m_t und deren Dichte ρ_s bestimmt. Nach dem Wässern der Probe erfolgt der Absaugvorgang mittels Vakuumpumpe. Die Absaugzeit wird mit zunehmendem mittlerem Korndurchmesser geringer (Feinsand $\hat{=}$ 35 min ... Grobsand und Kiese $\hat{=}$ 20 min). Nach Abstellen der Vakuumpumpe wird die Probe feucht gewogen (m_f) und das Volumen bestimmt.

7. Auswertung und Dokumentation der Untersuchungsergebnisse

7.1. Schichtenverzeichnis

Ergebnis aller visuellen Untersuchungen und Feststellungen in situ ist das vorläufige Schichtenverzeichnis. Die Angaben zu den Schichtmächtigkeiten, den abgelegten Haufwerksproben sowie den sonstigen Beobachtungen beim Bohren erhält der Objektbearbeiter dabei aus den Bohrmeisterdokumentationen, die unbedingt schriftlich vorliegen müssen.

Das vorläufige Schichtenverzeichnis ist entweder im Feldbuch des Objektbearbeiters oder auf Formblatt 2a der TGL 25 011/03 zu dokumentieren. Der Auszug in Tabelle 13 zeigt den Umfang dieses Dokuments.

Tabelle 13. Ausschnitt aus einem vorläufigen Schichtenverzeichnis

Vorläufiges Schichtenverzeichnis - Bohrung 91/76 (aufgenommen: Meier 23. 12. 1976)

- 0,7 m - Schluff, stark tonig, sehr schwach sandig, kalkfrei, hellbraun (Auelehm)
- 2,0 m - Mittelsand - Grobsand, stark fein- bis stark mittelkiesig, feinsandig, schluffig, schwach grobkiesig, intensiv rostbraun
- ·
- ·
- ·
- 13,0 m - Ton, fett, hellgrau (Tertiär)

Endteufe

Laborproben

-
- | | | | |
|------------|----------------|--------------------|---------------|
| Nr. 350050 | - 0,7 bis 2,0 | Wasseranschnitt: | 0,7 m u. Gel. |
| 0051 | - 2,0 bis 3,1 | Bezugswasserstand: | 0,2 m u. Gel. |
| 0052 | - 3,1 bis 5,7 | (2. 12. 1976) | |
| 0053 | - 5,7 bis 9,1 | | |
| 0054 | - 9,1 bis 10,2 | | |
-

Nach Vorliegen der Laboruntersuchungsergebnisse (insbesondere der Korngrößenverteilung) sind für das endgültige Schichtenverzeichnis oft noch Korrekturen bzw. Präzisierungen erforderlich. Zur prozentualen Abstufung von Haupt- und Nebenkornanteilen werden die Siebanalyseergebnisse herangezogen. In der Hydrogeologie gilt folgende Abstufung:

Tabelle 14. Abstufung der Masseprozentanteile

halbquantitative Bezeichnung	Masseprozentanteile in Masse-%	
	<u>Sande und Kiese</u>	<u>Schluff</u>
sehr schwach	2 bis 5	0,1 bis 0,5
schwach	5 bis 10	0,5 bis 2,0
ohne Adjektiv	10 bis 30	2,0 bis 4,0
stark	30 bis 40	4,0 bis 6,0
sehr stark	> 40	> 6,0

Die mit unterschiedlichen Prozentanteilen belegten Quantitätsbegriffe bei nichtbindigen und bindigen Lockergesteinen verdeutlichen den Einfluß des Schluffanteils auf die Wasserdurchlässigkeit der Gesteine. Allerdings ist dadurch die Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen anderer gesteinsphysikalischer Labors erschwert. Die Masseprozentanteile als absolute Angaben sind deshalb nach den halbquantitativen Begriffen schwach, stark usw. zu nennen. Eine Grundlage bilden sowohl die visuelle Abschätzung anhand der Haufwerkproben in situ als auch ein EDV-Programmteil. Der Rechner druckt ein auf den Siebanalyseergebnissen beruhendes Schichtenverzeichnis aus, in dem die einzelnen Korngrößenklassen nach abnehmenden Masseprozentanteilen geordnet sind. Diese Angaben werden in das endgültige Schichtenverzeichnis eingearbeitet.

Bild 21 zeigt das Beispiel für ein endgültiges Schichtenverzeichnis.

Objekt: Hy-A-Dorf

Anlage: 2.1.

Bohrung: 91/76

Blatt:

Teufe bis m u. Gel.	Mächtigkeit [m]	Gesteinsansprache	Stratigraphie Bemerkungen
0,7	0,7	<u>Schluff</u> , stark tonig, sehr schwach sandig, kiesig, hellbraun (Tallehm)	Holozän
2,0	1,3	<u>Mittelsand (60)</u> , sehr stark schluffig (10), grobsandig (20), feinsandig (10), stark durchsetzt mit Schluff, tonig, feinsandig gebündert, stark glimmerführend, kalkfrei, grau	Würmglaziale Terrassen- ablagerungen
3,1	1,1	<u>Mittelkies (40) und Grobkies (30)</u> , feinkiesig (15), schwach mittelsandig (6), schwach grobsandig (6), sehr schwach feinsandig (3), schluffig durchsetzt, braun	
5,7	2,6	<u>Mittelsand (90)</u> , schwach grobsandig (6), sehr schwach feinsandig, sehr schwach feinkiesig, sehr schwach mittelkiesig (4), sehr schwach schluffig, hellgelbbraun	
9,1	3,4	<u>Feinkies (60)</u> , mittelkiesig (20), grobsandig (20), schwach grobkiesig, schwach mittelsandig (8), sehr schwach feinsandig (2), schwach schluffig, feuersteinführend, graubraun	
10,2	1,1	<u>Grobsand (40) und Mittelsand (40)</u> , feinkiesig (10), schwach feinsandig (5), sehr schwach mittelkiesig (3), schluffig (2) durchsetzt, hellbraun	
12,2	2,0	Grobkies und Steine bis 25 cm Ø (gut gerundete Gerölle von Granodiorit, Basalt, Quarz, Quarzit, Kieselschiefer) in grobsandiger bis mittelkiesiger Grundmasse, grau	
13,0	0,8	Ton, fett, hellgrau	Tertiär
Endteufe			gez. Meier 5.12. 1976

Bild 21. Endgültiges Schichtenverzeichnis

7.2. Auswertung und Dokumentation der Siebanalyse

Das Siebanalysenergebnis besteht in der Erfassung der Masseanteile der einzelnen Korngrößenklassen. Aus den Siebrückständen R_i der einzelnen Maschenweiten des Standard-Sieb-satzes werden die Siebdurchgänge (in Gewichts-%) kumulativ berechnet. Diese Werte bilden die Grundlage für die graphische Darstellung von Korngrößenklassen in Form der Kornverteilungskurve (siehe Bild 23).

Bild 22 zeigt die Ergebnisdokumentation der mit einem EDV-Programm ausgewerteten Siebanalysen. Dieses Formblatt nach TGL 25 011/03 enthält neben identifizierenden Angaben zur Bohrung die im Labor ermittelten Primärdaten (Einwaage in g und Rückstände R_i in g) sowie die durch das EDV-Programm berechneten Kornkennwerte (vgl. Tabelle 15). Die wichtigste daraus abgeleitete Größe ist der nach einer Vielzahl von Methoden berechenbare Durchlässigkeitsbeiwert k . Dieser geht nach dem DARCY-Gesetz $v = k I$ direkt in den mengenmäßigen Grundwasservorratsnachweis ein.

Der Durchlässigkeitsbeiwert k in m s^{-1} gibt an, welche Wassermenge Q in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ durch eine Fläche A von 1 m^2 des Grundwasserleiters strömt, wenn das Standrohrspiegelgefälle senkrecht zu dieser Fläche gleich 1 ist und die Wassertemperatur $10 \text{ }^\circ\text{C}$ beträgt.

Der zwischen der Kornzusammensetzung des Gesteins (Größe und Form der Porenräume in Abhängigkeit von der Größe, Form und Anordnung der einzelnen Gesteinskörner) und seiner Durchlässigkeit k bestehende Zusammenhang läßt sich durch die Beziehung

$$k = C d_w^2$$

d_w wirksame Korngröße

C Proportionalitätsfaktor

ausdrücken.

Für den Lockergesteinsbereich der DDR kann im allgemeinen die Berechnung nach BEYER /2/ erfolgen:

Objekt: A-Dorf Bohrung: 91/76 Programm Nr.: 111 111 Blatt Nr.:

	R ₁ [g] D ₁ [%]	R ₂ [g] D ₂ [%]	R ₃ [g] D ₃ [%]	R ₄ [g] D ₄ [%]	R ₅ [g] D ₅ [%]	R ₆ [g] D ₆ [%]	R ₇ [g] D ₇ [%]	R ₈ [g] D ₈ [%]	R ₉ [g] D ₉ [%]	R ₁₀ [g]
0	Probe-Nr.	Teufe [m] von...bis...	Eihwaage[g]		d ₈₅ [mm]	d ₆₀ [mm]	d ₅₀ [mm]	d ₁₇ [mm]	d ₁₀ [mm]	u.
	k n. Beyer	k n. Zieschang	Gemittelte Werte		Teufe [m] von... bis...		Mächtigkeit [m]	Proben- anzahl	k n. Beyer	k n. Zieschang
1	5,0 98,57	0,0 98,57	32,9 89,17	29,0 80,89	39,0 69,74	55,0 54,03	118,0 20,31	32,0 11,17	11,0 8,03	28,1
	1	0,70	2,00	350,0	1,34	0,47	0,38	0,16	0,09	5,43
	0,623	0,766								
2	348,0 51,63	0,0 51,63	201,5 23,63	29,0 19,60	19,0 16,96	17,5 14,52	46,5 8,06	26,0 4,45	8,0 3,34	24,0
	2	2,00	3,10	719,5	35,04	8,32	6,00	0,64	0,26	32,29
	3,551	5,887								
3	1,0 99,68	0,0 99,68	2,0 99,04	5,0 97,43	13,0 93,25	56,0 75,24	218,0 5,14	14,5 0,48	0,5 0,32	1,0
	3	3,10	5,70	311,0	0,48	0,36	0,34	0,26	0,23	1,53
	6,053	6,646								
4	129,0 83,26	0,0 83,26	441,5 25,96	90,0 14,28	35,0 9,73	26,0 6,36	30,0 2,47	11,0 1,04	2,1 0,77	5,9
	4	5,70	9,10	770,5	6,77	3,56	3,07	1,22	0,65	5,47
	35,950	47,026								
5	8,5 98,30	0,0 98,30	50,9 88,15	98,5 68,50	106,9 47,17	107,8 25,66	90,1 7,68	25,8 2,53	2,7 2,00	10,0
	5	9,10	10,20	501,2	1,69	0,81	0,66	0,32	0,23	3,48
	5,047	6,122								

Angabe der k-Werte in 10^{-4} ms^{-1}

Bild 22. Kornverteilung mit Auswertung und k-Werten (gemäß Formblatt 13 TGL 25011 Blatt 3)

$$k = C(U) d_{10}^2 \quad \text{in m s}^{-1}$$

In dieser Formel drückt sich der Zusammenhang zwischen dem Proportionalitätsfaktor C (abhängig von U) und d_{10} (Korngröße bei 10% Siebdurchgang) aus. Ähnlich berechnet sich der k-Wert nach ZIESCHANG. Tabelle 16 gibt einen Überblick über Richtwerte der Durchlässigkeit von Lockergesteinen.

Sofern die Kennwertermittlung nicht maschinell erfolgt bzw. eine vollständige Charakterisierung eines Korngemisches erforderlich ist, wird eine graphische Auswertung der Siebergebnisse mit Hilfe der Kornverteilungskurve durchgeführt. Die Darstellung erfolgt dabei vorwiegend als Rückstands- bzw. Durchgangssummenkurve in einem einfach logarithmisch geteilten Koordinatensystem (linear geteilte Ordinate, logarithmisch geteilte Abszisse).

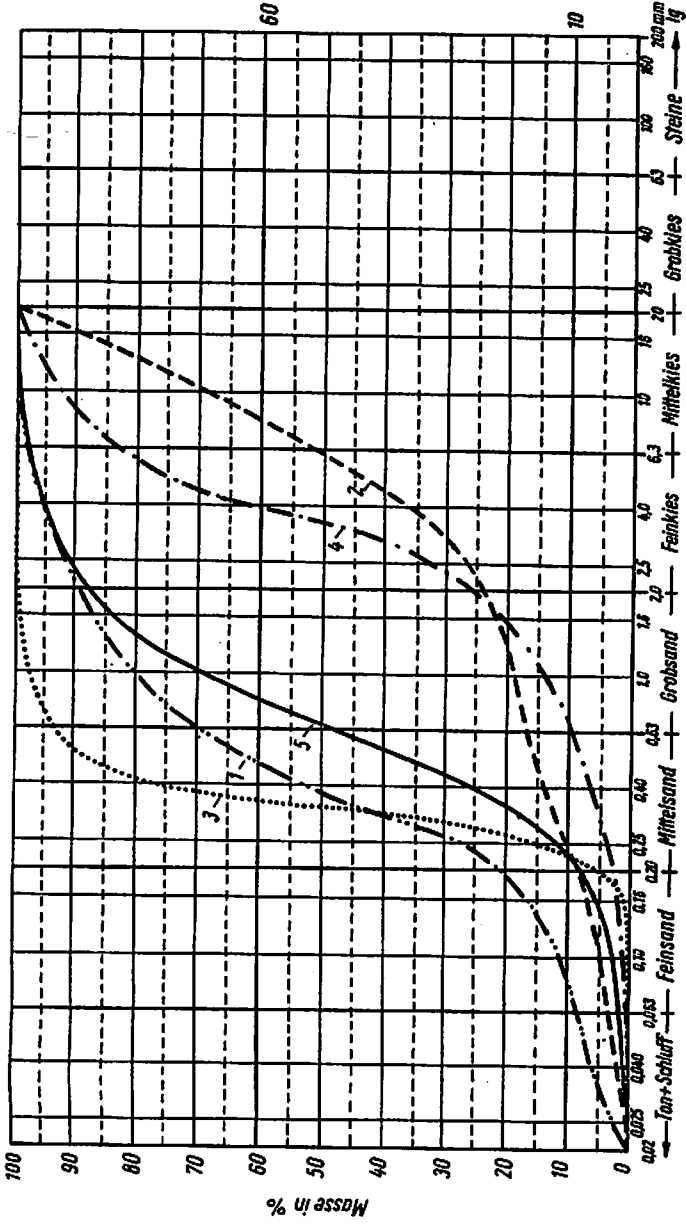
Bild 23 zeigt dafür ein Beispiel auf dem verbindlichen Formblatt 7 der TGL 25 011/03. Die zur Konstruktion verwendeten Siebdurchgangswerte als Anteile in Prozent der Gesamtmasse sind aus Bild 22 ersichtlich. Der Kurvenverlauf ergibt sich als Interpolation zwischen den einzelnen Punkten.

Weitere Darstellungsmöglichkeiten sind

- Rückstands- oder Durchgangssummenlinien in Diagrammen mit linearer Koordinatenteilung und
- Häufigkeitsverteilungskurven

In Tabelle 15 ist eine Auswahl von Kennwerten zusammengestellt, die direkt oder indirekt aus der Kornverteilungskurve abgeleitet werden können.

Die Bezeichnung der Gesteine, damit auch die Korrektur des Feldschichtenverzeichnisses, erfolgt entweder anhand der Kornverteilungskurve bzw. nach dem mittels EDV errechneten Schichtenverzeichnis, wie in 7.1. beschrieben wurde.



Bohrung: 91/76

Probe-Nr.	1	2	3	4	5
d_{10}	0,05	0,16	0,23	0,05	0,23
d_{20}	0,15	0,04	0,26	1,22	0,32
d_{40}	0,38	0,00	0,34	3,07	0,68
d_{60}	0,67	0,22	0,36	3,59	0,87
$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	13	32,0	1,6	5,5	3,5
$H_{0,075}$	0,01	0,34	0,01	3,8	0,51
(BEWEIS)					

Normmassenbestimmung
 durch VEB HS, Labor Torgau
 nach TGL 20645, Datum: 12.6.1977
 Bearbeiter: Lehmann

Durchgangssummenkurven der Kornverteilung	
Objekt: H 4-Bohr 91/76	
Betrieb: VEB Hydrogeologie	
Bereich: FE Erkundung - Dresden	
Spez. 592	Spez. 592
Beurh. 592	Beurh. 592
spez. 7.77	spez. 7.77
Arb.-S.	Arb.-S.

Bild 23. Durchgangssummenkurven der Kornverteilung

Tabelle 15. Kennwerte aus der Kornverteilungskurve

Kennwert	Ablesung bei	Aussage
d_{10}	10% feiner 90% gröber	zur Berechnung des k-Wertes nach BEYER und ZIESCHANG; d_{10} liegt in der Nähe von d_w , der sogenannten wirksamen Korngröße
d_{17}	17% feiner 83% gröber	zur Berechnung der Filterkieskörnung beim Brunnenausbau
d_{50}	Medianwert (= Halbwertskorngröße)	mittlerer Korndurchmesser Rückschluß auf Ablagerungsmilieu, Länge des Transportweges und der Strömungsgeschwindigkeit bei der Sedimentation
d_{60}	60% feiner 40% gröber	zur k-Wert-Berechnung
d_{85}	85% feiner 15% gröber	zur Berechnung der Filterkieskörnung
U	Ungleichförmigkeitsgrad $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$	zur Berechnung des k-Wertes nach BEYER und ZIESCHANG; die Ungleichförmigkeit hat bedeutenden Einfluß auf Lagerungsdichte und Porenanteil und damit auch auf den Durchlässigkeitsbeiwert eines Gesteins

7.3. Auswertung der Schlämmanalyse

Bei dem in 6.2.1.4. beschriebenen Aräometerverfahren werden die Korndurchmesser mit einem Nomogramm (graphische Realisierung des STOKESschen Gesetzes) bestimmt. Dabei werden die Durchmesser noch schwebender Teilchen - vergleichbar dem "Siebdurchgang" - ermittelt.

Zu beachten ist weiterhin, daß bei der kombinierten Sieb- und Schlämmanalyse der Feststoffgehalt der Suspension auf

die Gesamtanalyse umgerechnet werden muß, bevor man die vollständige Kornverteilung, wie in 7.2. beschrieben, auftragen kann.

7.4. Auswertung der Porenanteilsbestimmung

Der Porenanteil n wird ermittelt nach

$$n = 1 - \frac{m_{tr}}{V \rho_s} 100 \quad \text{in \%}$$

m_{tr} Trockenmasse der Probe

V Volumen der Probe

ρ_s Dichte der Probe (als Standarddichte gilt $2,65 \text{ g cm}^{-3}$)

Der Wasserhaltewert w_a berechnet sich aus

$$w_a = \frac{m_f - m_{tr}}{V} 100 \quad \text{in \%}$$

m_f Feuchtmasse der Probe

m_{tr} Trockenmasse der Probe

V Volumen der Probe

Daraus ergibt sich der entwässerbare Porenanteil n_e

$$n_e = n - w_a$$

Die Ergebnisdokumentation erfolgt in der Hydrogeologie mit einer Tabelle, die neben dem Teufenbereich für die einzelnen untersuchten Proben deren Porenanteil n und den entwässerbaren Porenanteil n_e darstellt.

Aus Tabelle 16 wird deutlich, daß mit abnehmender Korngröße des Gesteins (Zunahme des bindigen Anteils) zwar der Porenanteil n wächst, jedoch der entwässerbare Porenanteil n_e , der allein interessant ist für eine spätere Nutzung des Grundwasserleiters, sehr stark abnimmt. Gleiches gilt für den Durchlässigkeitsbeiwert.

Nach Untersuchungen von BEYER und SCHWEIGER /3/ besteht zwischen dem entwässerbaren Porenanteil (ausgedrückt als relativer entwässerbarer Porenanteil n_e/n) und dem k -Wert eine

funktionelle Abhängigkeit. Dadurch ist neben dem k-Wert auch der entwässerbare Porenanteil n_e für mittlere Verhältnisse der pleistozänen Grundwasserleiter aus der Kornverteilungskurve bestimmbar.

Tabelle 16. Richtwerte für Porenanteil, entwässerbaren Porenanteil und Durchlässigkeitsbeiwert für verschiedene Lockergesteine (nach /4/)

Gestein	Porenanteil n	entwässer- barer Porenanteil n_e	Durchlässigkeits- beiwert k in $m \cdot s^{-1}$
sandiger Kies	0,25 ... 0,35	0,20 ... 0,25	$3 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^{-4}$
kiesiger Sand	0,28 ... 0,35	0,15 ... 0,20	$1 \cdot 10^{-3} \dots 2 \cdot 10^{-4}$
mittlerer Sand	0,30 ... 0,38	0,10 ... 0,15	$4 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^{-4}$
schluffiger Sand	0,33 ... 0,40	0,08 ... 0,12	$2 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^{-5}$
sandiger Schluff	0,35 ... 0,45	0,05 ... 0,10	$5 \cdot 10^{-5} \dots 1 \cdot 10^{-6}$
toniger Schluff	0,40 ... 0,55	0,03 ... 0,08	$5 \cdot 10^{-6} \dots 1 \cdot 10^{-8}$
schluffiger Ton	0,45 ... 0,65	0,02 ... 0,05	$\sim 10^{-8}$

Literaturverzeichnis

- /1/ Autorenkollektiv: Die Entwicklungsgeschichte der Erde..
4. Auflage, Leipzig: VEB Brockhaus Verlag 1970, Bd. 2
- /2/ BEYER, W.: Beitrag zur Ermittlung maßgebender Fließ-
geschwindigkeiten. Dresden: Dissertation TU Dresden
1963
- /3/ BEYER, W., und K. H. SCHWEIGER: Zur Bestimmung des ent-
wässerbaren Porenanteils der Grundwasserleiter. Wasser-
wirtschaft - Wassertechnik, 19 (1969), H. 2, S. 57
bis 60
- /4/ BUSCH, K. F., und L. LUCKNER: Geohydraulik, 2. Auflage.
Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie
1973, S. 170

- /5/ GARLING, F.: Zur Genauigkeit der visuellen Bestimmung von Lockergesteinsproben. Z. angew. Geol., 21 (1975), H. 3, S. 136 bis 141

Zu beachtende Standards

- TGL 6550/01 Aufbereitung fester bergbaulicher Rohstoffe und Produkte; Grundbegriffe
- TGL 16 791 Materialprüfung; Probenahme, Probenvorbereitung, Grundbegriffe
- TGL 21 369 Materialprüfung; Probenvorbereitung von Schüttgut; Probenvorbereitung von Hand; Begriffe
- TGL 23 977/01 Hydrogeologie; Bohrgutgewinnung, Bohrgutbehandlung, Probenahme; Gesteine - Trockenbohren
- TGL 23 977/02 Hydrogeologie; Bohrgutgewinnung, Bohrgutbehandlung, Probenahme; Gesteine - Spülbohren
- TGL 23 984 Geologie; Bezeichnung von Korngrößenklassen; Lockergesteine, klastische silikatische Sedimentite
- TGL 24 408/05 Aufschluß- und Analysendokumentation; Schichtenverzeichnis Bohrungen; Grundtyp
- TGL 25 011/03 Hydrogeologie; Projektierung und Dokumentation, Anlagen zum hydrogeologischen Bericht
- TGL 25 438/04 Geologische Industrie; Kerngewinnung und Kernaufbewahrung; Kernkisten, Ausführungen A bis C, Abmessungen

Im gleichen Verlag sind erschienen:

Simulation der Geofiltration

Von Dr. sc. techn. L. Luckner und
Prof. Dr. d. techn. Wiss. W. M. Schestakow
Koedition mit dem Verlag Nedra, Moskau

358 Seiten mit 104 Bildern, 5 Tabellen und
11 digitalen Rechenprogrammen · Format 16,5 x 23 cm
Leinen 60,-- M
Bestell-Nr.: 541 095 1

In diesem Gemeinschaftswerk eines sowjetischen und eines DDR-Autors werden zunächst die Grundlagen der Simulation unterirdischer Strömungsvorgänge, die hydrodynamischen Grundlagen der Geofiltration sowie die Grundgleichungen und Randbedingungen der verschiedenen Strömungen in wasserführenden Systemen behandelt. Danach werden die Methoden zur Schaffung simulierbarer mathematischer Modelle durchgesprochen. Die folgenden Abschnitte befassen sich mit der Simulation mit Hilfe von EDVA und mit den Methoden der Elektroanalogie für die stationäre und die nichtstationäre Filtration. Abgerundet wird das Werk durch die Darstellung der digitalen und hybriden Simulation und einige interessante Beispiele aus der Praxis, für die auch die Rechenprogramme enthalten sind.

Zum Leserkreis dieses Werkes zählen besonders Studenten, Ingenieure und Wissenschaftler der Gebiete Wasserwesen, Hydrogeologie, Bauingenieurwesen, Meliorationswesen und Verkehrswesen.

Hydrotechnik

im Bergbau und Bauwesen

Von einem Autorenkollektiv

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Strzodka

Hochschullehrbuch

2., durchgesehene Auflage

392 Seiten mit 154 Bildern und 55 Tabellen

Format 16,5 x 23 cm · Leinen 32,-- M

Auslandspreis 36,-- M

Bestell-Nr.: 541 024 9

In diesem Hochschullehr- und Fachbuch wird erstmalig in der deutschsprachigen Literatur eine zusammenfassende Darlegung der Entwässerungstechnik und Entwässerungsverfahren gegeben, die für eine sorgfältige wissenschaftlich-technische Vorbereitung vorhandener Tagebaue und Tagebauneuaufschlüsse sowie für die Herstellung von Baugruppen in vielen Bereichen des Bauwesens notwendig sind.

Es werden im einzelnen die Aufgaben der Hydrotechnik - Entwässerungsverfahren - Bohrverfahren und Bohrausrüstungen - Wasserhebung und Wasserableitung - Dimensionierung von Entwässerungsanlagen und der Wasserschutz ausführlich behandelt. Dabei werden bedeutende technische Weiterentwicklungen durch die Gegenüberstellung früherer Entwässerungsverfahren und -mittel mit modernen Methoden und neuester Technik verdeutlicht. Ausführlich sind auch die Wechselwirkungen und Auswirkungen der Tagebauentwässerung und Tagebauwasserhaltung auf die Land- und Forstwirtschaft dargestellt. Die sich aus der Entwässerungstechnik ergebenden aktuellen Probleme des Umweltschutzes, wie Wasseraufbereitung, Abwasserreinigung und Schlammbehandlung, beschließen das Werk.

Der umfangreiche Stoff wird unter Berücksichtigung neuester wissenschaftlicher und praktischer Erkenntnisse von einem Autorenkollektiv aus erfahrenen Hochschullehrern und Praktikern methodisch gut dargelegt. Seine Aneignung wird durch instruktives Bildmaterial und übersichtliche Tabellen unterstützt.

Das Buch ist für Studenten des Bergbaus, der Geowissenschaften, des Bauwesens und der Wasserwirtschaft sowie als Nachschlagewerk für den Fachingenieur gut geeignet.

Bestellungen nehmen alle Buchhandlungen und der Verlag, 7031 Leipzig, Postschließfach 16, entgegen.

VEB DEUTSCHER VERLAG FÜR GRUNDSTOFFINDUSTRIE · LEIPZIG