

VEB Hydrogeologie
Arbeitsstelle Dresden
FG Methodische Forschung

Dresden, den 10. 12. 1976

S t u d i e

Erforderliche Genauigkeiten hydrogeo-
logischer Untersuchungen für den
Grundwasservorratsnachweis

Teilthema: Genauigkeit der Gesteinsprobenahme

Arbeitsstufe: A 1

Kurztitel: Genauigkeit Gesteinsprobenahme

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Garling

Bearbeitungszeitraum: 8/76 - 12/76

Komm.-Nr.: 13 40 012

Neuererevereinbarungs-Nr.: IV/10.0-76

Geheimhaltungsgrad: "Nur für den Dienstgebrauch"
GF4-43176

Garling
.....
Dipl.-Geol. Garling

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Aufgabenstellung	3
2. Gegenwärtige Kenntnisse über die auftretenden Fehler	3
2.1. Technische Fehler	5
2.1.1. Gegenwärtige Probenahmetechnologie	5
2.1.2. Arten, Ursachen und Auswirkungen der Fehler	6
2.1.3. Fehlergrößen	7
2.2. Repräsentanzfehler	8
2.2.1. Gegenwärtige Beprobungsstrategie	8
2.2.2. Ursachen und Auswirkungen der Fehler	9
2.2.3. Fehlergrößen	10
3. Möglichkeiten zur Beseitigung der Fehler	10
4. Schlußfolgerungen	12
Literaturverzeichnis	22

1. Aufgabenstellung

Im Rahmen des P/E-Themas "Erforderliche Genauigkeiten hydrogeologischer Untersuchungen für den Grundwasservorratsnachweis" ist u. a. auch das Teilthema "Genauigkeit der Gesteinsprobenahme" zu bearbeiten. Die Aufgabenstellung hierzu wurde im Zusammenhang mit der Neuerervereinbarung IV/10.0-76 formuliert. Danach sind in Form einer Ist-Stands-Analyse die bisherigen Kenntnisse über die bei der Gesteinsprobenahme auftretenden Fehlerarten und Fehlergrößen zusammenzufassen. Im einzelnen ist dabei auf solche Fragen einzugehen, wie:

- Welche Geräte, Verfahren u. dgl. werden bei der Gesteinsprobenahme in der Hydrogeologie verwendet?
- Welche Fehler treten bei der Gesteinsprobenahme auf?
- Gibt es Vorgaben für Fehlertoleranzen und wie sind diese begründet? Erscheinen sie real?
- Ist die Einschätzung der tatsächlichen technischen Fehler möglich? Wie? Wie groß?
- Sind bei der Gesteinsprobenahme Rationalisierungsmöglichkeiten denkbar (z. B. durch Änderung der Technologie)? Ist Qualitätsänderung möglich/nötig?
- Ist bereits eine Einschätzung des Einflusses des Fehlers auf den Vorratsnachweis möglich? Wie?
- Welche Untersuchungen zur weiteren Präzisierung der Aussagen erscheinen noch notwendig? Mit welchem Aufwand?

Die Aussagen zum Teilthema sollen Grundlage für die allgemeine Aufgabenpräzisierung (A 1) des übergeordneten P/E-Themas sein.

2. Gegenwärtige Kenntnisse über die auftretenden Fehler

Eine wesentliche Voraussetzung für den GW-Vorratsnachweis sind detaillierte Kenntnisse über die eine GW-Lagerstätte aufbauenden GW-Leiter und GW-Stauer. Im einzelnen werden

Angaben zum Schichtenaufbau, z. B. über Lithologie, Mächtigkeit, Lagerung und über Gesteinsparameter, wie Durchlässigkeitsbeiwert (k), Transmissibilität (T), Porenanteil (n_0), benötigt. Die Klärung dieser Daten erfolgt in erster Linie mit Hilfe von Bohrungen. Dabei wird das anstehende Gestein entweder anhand von entnommenen Proben (Bohrgut) oder mittels bestimmter Tests (z. B. Pumpversuche) beurteilt. Grundsätzlich treten hierbei verschiedene Fehler auf, die im einzelnen nicht bekannt sind und deshalb untersucht werden sollen. Aus diesem Grunde wird im folgenden eine Fehleranalyse für die einzelnen Arbeitsgänge des Probenahmeproganges durchgeführt. Die Ergebnisse werden in Form einer Tabelle dokumentiert und teilweise im Text noch näher erläutert.

Bei der Verwendung von Daten, die aus Proben gewonnen wurden, muß man grundsätzlich zwei verschiedene Fehlerarten in Rechnung stellen:

a) Technische Fehler:

Darunter ist die Genauigkeit der Übereinstimmung der aus einer Probe gewonnenen Daten mit den entsprechenden tatsächlichen Werten des anstehenden Gesteines an der betreffenden Stelle zu verstehen. D. h., der technische Fehler drückt die Veränderungen aus, die das anstehende Gestein durch den Probenahmeprogang erleidet. Je nach dem, ob solche Veränderungen auftreten oder nicht, spricht man auch von gestörten oder ungestörten Proben.

b) Repräsentanzfehler:

Er drückt die Abweichung (Genauigkeit) einer als vertrauenswürdig anerkannten Beobachtung (z. B. k -Wert aus Siebanalyse) mit dem tatsächlichen Wert des Geltungsbereiches aus, für den der "Probenwert" als repräsentativ angesehen wird.

2.1. Technische Fehler

2.1.1. Gegenwärtige Probenahmetechnologie

Die Entnahme von Gesteinsproben wird gegenwärtig nach folgenden Fachbereichstandards geregelt:

TGL 23979/01 Hydrogeologie; Probenahme, Probenvorbereitung; Gesteine - Trockenbohren
(erscheint 7/77 in überarbeiteter Form als TGL 23977/01).

TGL 23977 Hydrogeologie; Bohrgutgewinnung, Bohrgutbehandlung, Probenahme; Gesteine - Spülbohren
(erscheint 7/77 in überarbeiteter Form als TGL 23977/02).

Die wichtigsten Teilaktivitäten sind in Tabelle 1 (Spalte 2) wiedergegeben.

Grundsätzlich erfolgt das Lösen und Zutagefördern des Gesteinsmaterials mittels unterschiedlicher Bohrverfahren und Bohrwerkzeuge. Die Auswahl derselben wird durch die Aufgabenstellung und die geologischen Verhältnisse bestimmt.

In der Hydrogeologie entnimmt man gegenwärtig fast ausnahmslos gestörte Proben. Spezielle Geräte, wie beispielsweise Stützenentnahmegeräte, werden nicht eingesetzt. Die Gewinnung des Bohrgutes aus den Bohrwerkzeugen bzw. aus dem Spülstrom soll normalerweise so erfolgen, daß keine weitere Beeinflussung des Bohrgutes mehr auftritt. Das gleiche trifft auch für die Reduzierung, die Ablage und die Aufbewahrung des Probenmaterials zu. Die Praxis zeigt jedoch, daß hierfür weder die technischen Voraussetzungen noch die nötige Einsicht vorhanden sind.

Durch Literaturrecherchen und Dienstreisen in sozialistische Länder (CSSR, VR Polen) konnte festgestellt werden, daß die Probenahme überall ähnlich wie in der DDR durchgeführt wird und daß demzufolge auch überall die gleichen Probleme hinsichtlich der Genauigkeit bestehen.

2.1.2. Arten, Ursachen und Auswirkungen der Fehler

Während beim Lösen und Zutagefördern des Gesteinsmaterials in erster Linie die Wirkungsweise der verwendeten Bohrverfahren und Bohrwerkzeuge als Fehlerursachen anzusehen sind, spielt bei der Reduzierung des Bohrgutes (Probenherstellung i. e. S.) vor allem die Nichteinhaltung bestimmter Arbeitsweisen (Vorschriften) als Fehlerursache eine Rolle.

Tabelle 1 (Spalte 3) enthält eine ausführliche Darstellung der bei den einzelnen Arbeitsgängen auftretenden Fehlerursachen. Eine Bewertung derselben zeigt, daß man noch zwei Fehlerarten unterscheiden kann:

- a) objektive Fehler: das sind durch die angewandte Probenahmemethodik, einschließlich Bohrverfahren, Bohrwerkzeuge und Probenahmegeräte, verursachte Fehler.
- b) subjektive Fehler: das sind Fehler, die in einer mutwillig bzw. unwissentlich falschen Bohrgutgewinnung und/oder Probenahme zu suchen sind.

Während die objektiven Fehler systematischer Natur sind, haben die subjektiven Fehler einen vorwiegend zufälligen Charakter.

Die Art der Probenbeeinflussung, d. h. die Art und Weise, wie sich die einzelnen Fehler in der Probenzusammensetzung bemerkbar machen, wurde ebenfalls in Tabelle 1 (Spalte 4) wiedergegeben. Danach kommen die Fehler vor allem durch Kornverluste, Kornanreicherung und gestörte Mischungsverhältnisse zum Ausdruck.

Fehlerhaft ermittelte Kornverteilungen rufen dann ihrerseits wieder fehlerhafte Parameter (z. B. k-Werte) hervor.

Ein spezielles Problem scheint die Bildung von Mischproben zu sein. So wies GARLING (1969) auf Grund von Untersuchungen in der Kiesgrube Ottendorf-Okrilla darauf hin,

daß zwischen den k -Werten von Mischproben und den entsprechenden gemittelten k -Werten der Einzelschichten des Mischprobenbereiches Unterschiede auftreten. BRANDT (1976) kommt zu dem gleichen Ergebnis, und er bezweifelt die Richtigkeit der Bestimmung von k -Werten aus Mischproben, indem er schreibt: "Eine Mischprobe hat gegenüber der Summe der Einzelproben stets einen zu kleinen $d_{10} \%$ und k -Wert."

2.1.3. Fehlergrößen

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, setzt sich der technische Fehler aus zahlreichen Teilfehlern zusammen, die sich wiederum nach Art und Ursache unterscheiden. Bisher liegen nur Kenntnisse über einige dieser Teilfehler und hier auch vorwiegend nur über deren Auswirkungen auf einen Parameter, den k -Wert, vor (siehe Tabelle 1, Spalte 5). Man kann jedoch erkennen, daß

- die Fehler, mit denen verschiedene Parameter (k , n_0) bei ein und derselben Fehlerursache behaftet sind, unterschiedlich groß sein können;
- der Fehler eines Parameters (z. B. k -Wert) sich aus zahlreichen Teilfehlern verschiedener Ursachen zusammensetzt, wobei sich diese Teilfehler wiederum in der Größe unterscheiden (z. B. können das Ausschwenken von Feinkorn beim Entleeren des Bohrwerkzeuges und das Teilen des Bohrgutes unterschiedlich große k -Wert-Beeinflussungen hervorrufen);
- der Fehler eines Parameters bei einer bestimmten Ursache (z. B. Kornverlust beim Bohren mit dem Ventilbohrer) sich noch in Abhängigkeit von den geologischen Verhältnissen in der Größe verändert.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß ein allgemeingültiger technischer Fehler, der die gesamten Einflüsse bei der Probenahme beinhaltet, für keinen Parameter gegenwärtig

bekannt ist und auf Grund der Kompliziertheit der gesamten Problematik auch nur schwer zu ermitteln sein wird. Vermutlich wird man auch in Zukunft nur Teile des technischen Fehlers, und zwar für ausgewählte technisch-technologische Bedingungen unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse, ermitteln können.

2.2. Repräsentanzfehler

2.2.1. Gegewärtige Beprobungsstrategie

Die Festlegung des Bereiches bzw. Intervalles, für den eine Probe als repräsentativ angesehen wird, erfolgt gegenwärtig vorwiegend empirisch. Dabei haben sich z. T. allgemeingültige Richtwerte herausgebildet. So werden beispielsweise Haufwerksproben, entsprechend den Festlegungen der TGL 23979/01, von jeder Gesteinsschicht und bei mächtigen Schichten mindestens alle 2 m abgelegt. Auf Grund der großdimensionierten Bohrwerkzeuge stellen diese 2 m für die betriebliche Bohrtechnik die Regel dar.

Der Geologe entnimmt dann aus den Haufwerksproben die Proben für Laboruntersuchungen (meist Siebanalysen), wobei er z. T. noch die visuell als homogen angesehenen Haufen zusammenfaßt und Mischproben herstellt. Dadurch dehnt er gleichzeitig das Probenintervall auf > 2 m aus.

Bei komplizierten geologischen Verhältnissen (geringe Schichtmächtigkeiten, häufiger Wechsel der Lithologie u. a.) wird i. allg. mit einem Bohrintervall und damit auch Probenabstand von 1 m, selten 0,5 m gearbeitet.

Die horizontalen Probenabstände ergeben sich aus den jeweiligen Bohrabständen, die fast annahmelos empirisch festgelegt werden. Die Repräsentanz der Bohrabstände spielt für die Probenahme beispielsweise dann eine Rolle, wenn mittlere k-Werte für Bohrungen aus Siebanalysen gebildet werden und diese dann u. a. in der Modelltechnik für bestimmte Bereiche (Blöcke, Elemente) als gültig angesehen werden.

Nach den Untersuchungen von GARLING und BAMBERG (1974) wird gegenwärtig mit nachstehend angegebenen mittleren Bohrabständen erkundet:

Richtwerte für mittlere Bohrabstände in (m)
(aus GW-Lagerstättentypenkatalog)

	Suche	Vor- erkundung	Detail- erkundung
min.	0,6	0,2	0,1
mittel	3 - 5	2,0	0,4
max.	8,0	5,0	1,0

Die Werte für die Detaillerkundung gelten in erster Linie für die Untersuchung der Fassungstrassen.

2.2.2. Ursachen und Auswirkungen der Fehler

Repräsentanzfehler ergeben sich vor allem aus dem gewählten Beprobungsschema, d. h. aus den horizontalen und vertikalen Probenabständen. Gegenwärtig werden die aus den Proben ermittelten Parameter (Kornanteile, k-Wert, Porenanteil) kritiklos für die gewählten Intervalle als repräsentativ angesehen. Prinzipiell müßten die Abstände jedoch anhand der natürlichen Veränderlichkeit der geologischen Verhältnisse und unter Beachtung vorgegebener Fehler-schranken ermittelt werden. Dies kann i. allg. nur in Verbindung mit veränderlichkeitsstatistischen Betrachtungen erfolgen. Entsprechende Untersuchungen zeigen, daß sowohl die Bohr- als auch Probenabstände in Abhängigkeit von der Veränderlichkeit der Gesteinsschichten variiert werden müssen. Da dies z. Z. nur empirisch erfolgt, sind Repräsentanzfehler in der Erkundung unvermeidlich.

Berücksichtigt man beispielsweise, daß in der Erdölgeologie bei Porositätsuntersuchungen mit optimalen Probenabständen von 0,30 bis 0,50 m (RASEMANN, 1975) gearbeitet wird, so erscheinen die in der Hydrogeologie für gleich-

artige Untersuchungen üblichen Probenabstände von 2 m und mehr als zu groß.

Ein weiteres Repräsentanzproblem verbirgt sich in der Probenart. Während die mittels Trockenbohrgeräten gewonnenen Proben Mischproben aus dem Gesamtböhrigutausstrag des jeweiligen Intervalles darstellen, setzen sich die Spülbohrproben nur aus dem Gesteinsmaterial eines Intervalles von ca. 2 - 5 cm zusammen, welches gerade zum Zeitpunkt der Entnahme abgebohrt wird. Entsprechend der Häufigkeit der Entnahme wird diesen Proben aber nach TGL 23977/02 ein Repräsentanzbereich von 0,5 bis 1,0 m zugewiesen. Hieraus wird z. B. auch deutlich, daß der häufig praktizierte Vergleich von Trocken- und Spülbohrproben theoretisch nicht zulässig ist. Außerdem kann man erkennen, warum die Spülbohrproben weniger aussagesicher (repräsentativer) sind.

Die Repräsentanzfehler der einzelnen Parameter wirken sich direkt auf die Genauigkeit der Modellierungen und Berechnungen aus.

2.2.3. Fehlergrößen

Angaben über die Größe von Repräsentanzfehlern liegen nicht vor.

Vermutlich wird es auch keine allgemeingültigen Werte geben, da die Fehler entsprechend der jeweiligen Erkundungsstrategie und der geologischen Verhältnisse unterschiedlich groß sind.

3. Möglichkeiten zur Beseitigung der Fehler

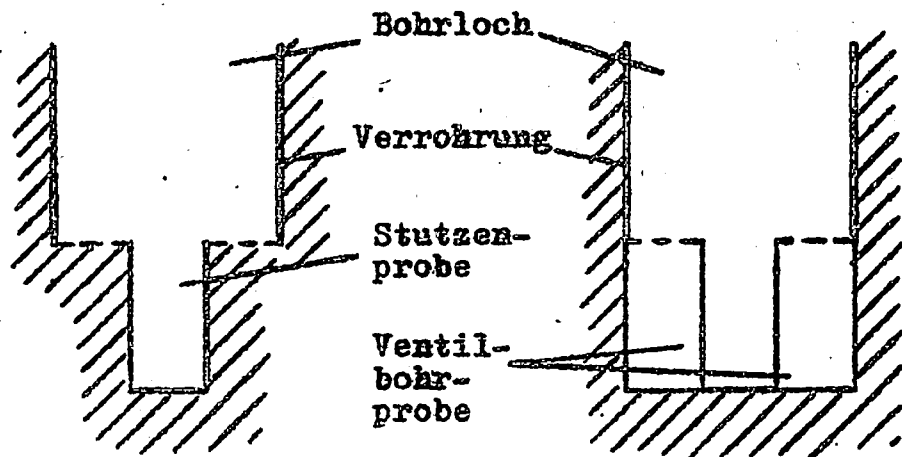
Auf bestehende Möglichkeiten zur Beseitigung bzw. Reduzierung der einzelnen Teilfehler wurde in Tabelle 1 (Spalte 6) hingewiesen. Als wichtigste Maßnahmen seien nochmals genannt:

- Einhaltung bestimmter technologischer Vorschriften (Vergleichmäßigen, Vierteln u. dgl.);

- Verwendung von Hilfsmitteln (Bodenbleche, Abdeckpappen usw.);
- Entwicklung neuer Geräte (z. B. Auffanggefäße, Teilungsgeräte);
- Ermittlung von Korrekturfaktoren.

Die ersten 3 Möglichkeiten bedürfen an dieser Stelle keine weiteren Erklärungen, da sie bereits eingehend im Rahmen von Standardisierungsarbeiten (TGL 23977/01 und /02) diskutiert wurden.

Hinsichtlich der Ermittlung von Korrekturfaktoren sind bisher nur die Untersuchungen von MOSLER (1967) bekannt, der sog. ungestörte Proben (Stutzenproben) mit Proben verglich, die mittels Ventilbohrer gewonnen wurden. Dabei entnahm er in einem ersten Arbeitsgang die Stutzenprobe und bohrte dann in einem zweiten Arbeitsgang den verbleibenden "Ring" mit dem Ventil ab (siehe Bild 1).



1. Arbeitsgang: Gewinnung der Stutzenproben

2. Arbeitsgang: Gewinnung der Ventilbohrprobe

Bild 1: Prinzipskizze über eine Möglichkeit der Gewinnung von "ungestörten" und "gestörten" Proben im Bohrloch für Vergleichszwecke

Da die Fehler sowohl von den technisch-technologischen Bedingungen als auch von den geologischen Verhältnissen

abhängen, müßten für die Praxis eine Vielzahl solcher Korrekturfaktoren bestimmt werden.

Für die Reduzierung der Repräsentanzfehler bietet sich die Anwendung veränderlichkeitsstatistischer Verfahren an. Methodisch gesehen, lassen sich dabei die von BAMBERG und GARLING (1975) für die Ermittlung von Bohrabständen angewandten Verfahren auch für die Bestimmung der Probenintervalle anwenden.

4. Schlussfolgerungen

Geht man davon aus, daß sich der Fehler des GW-Vorratsnachweises in erster Linie aus den Fehlern der in die Berechnung eingehenden Parameter und den Fehlern der Berechnungsmodelle selbst zusammensetzt, so ist die Kenntnis dieser Fehler eine wichtige Voraussetzung für die Bestimmung der Vorratsgenauigkeit.

Die durchgeführte Analyse (siehe Tabelle 1) hat gezeigt, daß gegenwärtig für die aus Gesteinsproben ermittelten Parameter die Fehler noch nicht bekannt sind. Man weiß aber, daß sie sich aus einer Vielzahl von Teilfehlern zusammensetzen, über welche allerdings auch nur geringe Kenntnisse vorliegen. Die Aufgabe künftiger Untersuchungen im Rahmen des Genauigkeitsthemas wird deshalb in der Ermittlung der Teilfehler gesehen, um so zu Aussagen über Parameterfehler, beispielsweise für k-Werte aus Siebanalysen, zu gelangen. Bei Berücksichtigung der Komplexität der Problematik erscheint es jedoch nicht möglich und z. T. auch nicht sinnvoll, alle Fehlerquellen zu untersuchen. Aus diesem Grunde sollte man sich bei der Ermittlung der technischen Fehler vor allem auf die Vorgänge an den Bohrstellen konzentrieren, weil hier erfahrungsgemäß die weitest aus größten Fehler verursacht werden. Hinsichtlich der Repräsentanz der Probenahme scheinen die Probleme der Mischprobenbildung und der Probenintervalle von vorrangiger Bedeutung.

Zu den genannten Schwerpunktaufgaben werden im folgenden einige Teilthemen formuliert. Die Entscheidung über die Durchführung derselben bzw. über die Festlegung der Reihenfolge der Bearbeitung und evtl. Erweiterung des Themenkreises kann nur im Rahmen des Gesamtthemas erfolgen. Im wesentlichen hängt dies dabei von der Frage ab, ob auch in Zukunft die hydrogeologischen Parameter k und n_0 aus Siebanalysen für den Vorratsnachweis benötigt werden.

1. Teilthema

"Ermittlung des technischen Fehlers für die aus Gesteinsproben bestimmten Parameter beim Trockenbohrverfahren unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse"

- Ausgliederung lithologischer und/oder genetischer GW-Leitertypen;
- Entwicklung bzw. Beschaffung der Versuchsgeräte (Probenteiler, Auffanggefäße, Absetzkästen, Geräte zur Entnahme ungestörter Proben u. dgl.);
- Auswahl geeigneter Erkundungsobjekte und Aufschlüsse;
- Durchführung der Untersuchungen an den Bohrstellen und anderen Aufschlüssen;
- Laboruntersuchung (Anfertigung der Siebanalysen, Porositätsbestimmungen u. dgl.);
- Auswertung der Untersuchungsergebnisse (Probenvergleiche, Fehlerermittlung, Ableitung von Korrekturfaktoren u. dgl.);
- Dokumentation der Ergebnisse.

Benötigte Kapazitäten:

Kader: 2 000 h HK/FK
1 000 h FA

Bearbeitungszeit: 12 Monate

Anzahl der Siebanalysen
und Porositätsbestimmungen: 1 000 Stück

Besonderheiten:

- Lohnausgleich für Bohrarbeiter während der Testuntersuchungen,

- Reduzierung des Bohrmeterplanes für die betreffenden Versuchsanlagen.

2. Teilthema

"Ermittlung des technischen Fehlers für die aus Gesteinsproben bestimmten Parameter beim Spülbohrverfahren unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse"

Die Bearbeitung müßte analog Teilthema 1 durchgeführt werden!

3. Teilthema

"Bestimmung der zulässigen Probenintervalle auf der Grundlage veränderlichkeitsstatistischer Untersuchungen und Überprüfung der Zulässigkeit der Mischprobenbildung für die Bestimmung hydrogeologischer Parameter"

- Festlegung des Untersuchungsschemas;
- Auswahl geeigneter Untersuchungsobjekte für verschiedene stratigraphische und/oder lithologische Bildungen (Archiv, Erkundung, Aufschlüsse);
- Durchführung der Untersuchungen
 - o Erfassung von Altdaten
 - o Entnahme von Proben;
- Laboruntersuchungen (Anfertigung der Siebanalysen und Porositätsbestimmungen);
- Statistische Berechnungen (EDV);
- Auswertung der Untersuchungsergebnisse (Ermittlung der Fehler u. dgl.);
- Dokumentation der Ergebnisse.


Benötigte Kapazitäten:

Kader: 2 000 h HK/FK
1 000 h FA

Bearbeitungszeit: 12 Monate

Anzahl der Siebanalysen
und Porositätsbestimmungen: 1 000 - 1 500 Stück

Tabelle 1: Fehlermöglichkeiten beim Probenahmevergung

Nr.	Teilaktivitäten	Fehlerursachen	Art der Probenbeeinflussung	bisherige Kenntnis über Fehlergröße	erforderliche Maßnahmen zur Beseitigung (Reduzierung) der Fehler												
1.	2.	3.	4.	5.	6.												
1. 1.1.	Lösen und zutage fördern des Gesteinsmaterials Trockenbohrverfahren	<p>Wirkungsweise der Bohrwerkzeuge</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ventilbohrer u. ä. Beim Arbeiten mit diesem Werkzeug entsteht ein Bohrvorgang mit verkürztem Spülungskreislauf, der durch die Konstruktion des Werkzeuges (Buchse mit Bodenklappe am Seil hängend) und seiner Handhabung (ständiges Auf- und Abbewegen des Werkzeuges mit 30 bis 60 Hüben pro Minute) entsteht. Dabei kann dieser "Spülstrom" nach Messungen von NÖRING eine Wichte bis 1,68 erreichen, die damit höher liegt als bei richtigen Spülbohrverfahren. - Schappe, Spirale Werkzeuge sind am Gestänge befestigt und werden in das Gestein hineingedreht. - Meißel Werkzeug ist am Gestänge oder Seil befestigt und wird wechselweise angehoben und auf das Gestein fallen gelassen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ausspülung von Feinkornanteilen und Anreicherung derselben in der Bohrtrübe - Klassierung des Bohrgutes im Bohrwerkzeug 	<p>- Fehlergröße ist nach MOSLER (1967) entscheidend von geol. Verhältnissen abhängig:</p> <table border="1" data-bbox="1301 526 1776 785"> <thead> <tr> <th></th> <th>Feinkorn</th> <th>k-Wert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ge, Fki</td> <td>starke Feinkornausspülung</td> <td>zufällige k-Wert-Differenz von $\pm 25\%$</td> </tr> <tr> <td>Ms</td> <td>Feinkornanreicherung</td> <td>zufällige k-Wert-Differenz von $\pm 12\%$</td> </tr> <tr> <td>Fs</td> <td>Feinkornausspülung</td> <td>positive Differenz von $+ 35\%$</td> </tr> </tbody> </table>		Feinkorn	k-Wert	Ge, Fki	starke Feinkornausspülung	zufällige k-Wert-Differenz von $\pm 25\%$	Ms	Feinkornanreicherung	zufällige k-Wert-Differenz von $\pm 12\%$	Fs	Feinkornausspülung	positive Differenz von $+ 35\%$	<ul style="list-style-type: none"> - Ermittlung von Korrekturfaktoren
	Feinkorn	k-Wert															
Ge, Fki	starke Feinkornausspülung	zufällige k-Wert-Differenz von $\pm 25\%$															
Ms	Feinkornanreicherung	zufällige k-Wert-Differenz von $\pm 12\%$															
Fs	Feinkornausspülung	positive Differenz von $+ 35\%$															
1.2.	Spülbohrverfahren	<p>Spülungsregime</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grundsätzlich sind Klarwasserspülungen und tixotrope Spülungen zu unterscheiden 	<ul style="list-style-type: none"> - bei bindigen Lockergesteinen oder Festgesteinen äußere Verunreinigung (Verkrustung) durch Spülungskomponenten 	<ul style="list-style-type: none"> - Für die Anwendung des Saugspülbohrverfahrens ermittelte MOSLER (1967) im nichtbindigen Lockergestein der Lausitz folgende Fehlergrößen: 	<ul style="list-style-type: none"> - Ermittlung von Korrekturfaktoren 												

1.	2.	3.	4.	5.	6.												
		<ul style="list-style-type: none"> - Der Transport des Bohrgutes erfolgt im Spülstrom, wobei die einzelnen Bohrvorgänge unterschiedliche Aufstiegs- und Abstiegsgeschwindigkeiten aufweisen 	<ul style="list-style-type: none"> - bei nichtbindigen bzw. aufbereiteten bindigen Lockergesteinen → Vermischung des Gesteinsmaterials mit Spülungskomponenten bzw. mit den in der Spülung angereicherten Gesteinsanteilen anderer Schichten - Entmischung des Probenmaterials infolge unterschiedlicher Aufstiegs- und Abstiegsgeschwindigkeiten der einzelnen Korngrößen 	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Feinkorn</th> <th>k-Wert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ge, Fki</td> <td>Feinkorn-ausspülung</td> <td>positive Differenz von + 100 %</td> </tr> <tr> <td>Ms</td> <td>Feinkorn-ausspülung</td> <td>positive Differenz von + 80 %</td> </tr> <tr> <td>Fs</td> <td>-</td> <td>zufällige Differenz von ± 1 %</td> </tr> </tbody> </table>		Feinkorn	k-Wert	Ge, Fki	Feinkorn-ausspülung	positive Differenz von + 100 %	Ms	Feinkorn-ausspülung	positive Differenz von + 80 %	Fs	-	zufällige Differenz von ± 1 %	
	Feinkorn	k-Wert															
Ge, Fki	Feinkorn-ausspülung	positive Differenz von + 100 %															
Ms	Feinkorn-ausspülung	positive Differenz von + 80 %															
Fs	-	zufällige Differenz von ± 1 %															
		<p>Wirkungsweise der Bohrwerkzeuge</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rollenmeißel 	<ul style="list-style-type: none"> - Zertrümmerung bzw. Durchmischung des Gesteinsmaterials - nur Entnahme von Spülproben möglich (siehe 2.2.) 														
		<ul style="list-style-type: none"> - Kernrollenmeißel 	<ul style="list-style-type: none"> - Teilweise Zertrümmerung bzw. Durchmischung des Gesteinsmaterials - Entnahme von Kern- und Spülproben möglich 														
		<ul style="list-style-type: none"> - Kernrohr 	<ul style="list-style-type: none"> - Gewinnung von Bohrkernen möglich - bei bindigen Lockergesteinen kann durch Quellen des Gesteinsmaterials oder durch Zugbeanspruchung ein Überkerngewinn auftreten - Kernverluste entstehen meist bei nichtbindigen Lockergesteinen (Entnahme von Spülproben möglich), daneben können sich die Bohrkernkerne bei zu großen Bohrmärschen "aufarbeiten" 														
		<p>Bohrdurchmesser</p>	<ul style="list-style-type: none"> - geringe Bohrdurchmesser beeinflussen die Probenmenge und damit ggf. die Probenzusammensetzung (grobe Komponenten werden beispielsweise nicht erfaßt oder zertrümmert) 														

Tabelle 1: Fortsetzung

1.	2.	3.	4.	5.	6.
2. 2.1.	Entnahme des Bohrgutes aus den Bohrwerkzeugen bzw. aus dem Spülstrom Trockenbohrverfahren	- Entleerung der Bohrwerkzeuge auf den Erdboden	- bei bindigen Lockergesteinen und Festgesteinen erfolgt eine Verunreinigung der äußeren Partien durch Komponenten des Erdbodens - Feinkornverlust bei nichtbindigen Lockergesteinen und zertrümmerten Festgesteinen durch sog. "Breitlaufen" des Bohrgutes - Vermischung des Bohrgutes mit Bestandteilen des Erdbodens	- GARLING (1969) verglich frei ausgelaufenes Probenmaterial mit solchem in Auffanggefäßen gewonnenem. Dabei konnte festgestellt werden, daß <ul style="list-style-type: none"> • die Feinkornausschwemmung durchschnittlich 3 Gewichtsprozent unterhalb des d_{10}-Wertes beträgt und • die k-Werte aus Siebanalysen (Verf. nach HEYER) einen mittleren prozentualen Fehler von + 65 % aufweisen 	- Verwendung einer Bodenplatte - Entwicklung eines geeigneten Auffanggefäßes, da die gegenwärtigen Lösungen <ul style="list-style-type: none"> • Auffanggefäß nach TGL 23979/01 (Ausg. 7/70) • Bodenplatte nach TGL 23977/01 (Entwurf 5/76) als unzureichend angesehen werden müssen.
2.2.	Spülbohrverfahren	- Unvollkommenheit der Geräte zur Entnahme von Spülproben (Probenahmenvorrichtung des VEB HG und Probenkäscher ermöglichen es bisher nicht, eine Probe aus dem gesamten Spülstromquerschnitt zu entnehmen) - kontinuierlicher Kerneausstrag beim CF- und Linksspülbohrverfahren - subjektiv falsche Entleerung von Kernrohren (beispielsweise zu schnelles "Herausparzellen" der Kernstücke)	- Nichterfassen des gesamten Kornspektrums, wobei in erster Linie die Feinkornkomponenten ungenügend erfaßt werden - weitgehender Verlust der Möglichkeit, die einzelnen Kernstücke exakt zu orientieren (Bestimmung von "Kopf" und "Krone" der einzelnen Kerne) - Falsche Orientierung und Vertauschung der Kerne sind die wesentlichsten Fehlerarten	- Praktische Erfahrungen haben gezeigt, daß die Siebanalysenk-Werte aus Spülproben wesentlich höher liegen als vergleichbare Werte aus Proben, die mittels Trockenbohrverfahren gewonnen wurden. In der Praxis wird deshalb auf die Durchführung von Siebanalysen bei Spülproben verzichtet. - Fehler ist für Hydrogeologie kaum von Bedeutung. Er spielt in erster Linie bei stratigraphischen Einstufungen eine Rolle. Eine Messung des Fehlers ist nicht möglich. - Fehler ist für Hydrogeologie kaum von Bedeutung. Er spielt in erster Linie bei stratigraphischen Einstufungen eine Rolle. Eine Messung des Fehlers ist nicht möglich.	- Entwicklung eines geeigneten Probenahmegerätes - Ordnungsgemäße Arbeitsweise (Einhaltung der TGL 23977/02)

Tabelle 1: Fortsetzung

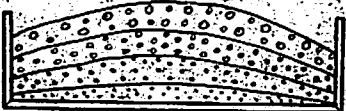
1.	2.	3.	4.	5.	6.
<p>3. 3.1.</p>	<p>Reduzierung des Bohrgutes rolliges Lockergestein</p>	<p>- Willkürliche Probenahme, d. h. ohne Vergleichsmäßigkeit des Bohrgutes Bei der Entleerung der Bohrwerkzeuge entsteht ein Bohrguthaufen mit umgekehrter Klassierung als im Werkzeug, d. h., die feinen Komponenten liegen unten und die groben Bestandteile oben.</p>	<p>- Nichterfassen des gesamten Kornspektrums</p>	<p>- Je nachdem aus welchem Teil des Bohrguthaufens die Probe willkürlich mit der Schaufel entnommen wird, ist die Probe entweder zu fein- oder zu grobkörnig.</p>  <p>- Eine generelle Fehlergröße läßt sich nicht bestimmen. Nach Untersuchungen von GARLING (1969) wird überwiegend zu grobes Material entnommen. Es wurden Maximalabweichungen im k-Wert von > 1.000 % beobachtet.</p>	<p>- Ordnungsgemäßen Vergleichsmäßigen des Bohrgutes entsprechend TGL 23977/01</p>
		<p>- Ungenügende Durchmischung (Vergleichmäßigkeit) des Bohrgutes</p>	<p>- Probe weist gestörte Mischungsverhältnisse zwischen den einzelnen Korngrößen auf</p>	<p>- GARLING (1969) konnte nachweisen, daß vollständige Durchmischungen in der Praxis kaum herstellbar sind. Seine mit größter Sorgfalt vergleichsmäßigen Proben wiesen bei Viertelung im k-Wert noch mittlere Abweichungen von 1-10 % zwischen den einzelnen Vierteln aus.</p>	<p>- Mehrmaliges Ordnungsgemäßes Vergleichsmäßigen des Bohrgutes entsprechend TGL 23977/01</p>
		<p>- Teilung des Bohrgutes</p>	<p>- Probe weist gestörte Mischungsverhältnisse zwischen den einzelnen Korngrößen auf</p>	<p>- Durch Laboruntersuchungen konnte BAUKE (1960) nachweisen, daß die Fehler abhängen von: • der Art der Teilungsfolge, • dem Umfang der Probe, • der Anzahl der Teilungen, • der Art der Körnung und • der Art des Stoffes. Die Fehler sind dabei um so kleiner, je größer der Endprobenumfang ist, größer, je größer die Anzahl der Teilungen ist, größer, je größer das Festgut (Bohrgut) ist, größer, je ungleichmäßiger das Festgut (Bohrgut) ist.</p>	<p>- Entwicklung eines geeigneten Teilungsgerätes (Riffelteiler)</p>
<p>3.2.</p>	<p>bindiges Lockergestein</p>	<p>- Individuelle Selektion der Probenstückchen</p>	<p>- Nichterfassen evtl. aussagewichtiger Gesteinsstückchen</p>	<p>- Fehler sind für die Hydrogeologie z. B. allg. von untergeordneter Bedeutung</p>	<p>- Sorgfältige Auswahl, Untersuchung des Bereichs des Bohrgutes und Bestimmung der wichtigsten Gesteinsbestandteile bei der Probeherstellung</p>

Tabelle 1: Fortsetzung

1.	2.	3.	4.	5.	6.
3.3.	Festgestein	- Individuelle Selektion der Probenstückchen - meist wird aber gesamtes Bohrgut (Kern oder Bruchstücke) abgelegt	- Nichterfassen evtl. aussage-wichtiger Gesteinsstückchen	- Fehler sind für die Hydrogeologie i. allg. von untergeordneter Bedeutung	- Da die Reduzierung des Bohrgutes meist vom Objektgeologen selbst vorgenommen wird, ist eine Beeinflussung der Fehlergröße kaum noch möglich.
4.	Ablage, Aufbewahrung, Versand der Proben				
4.1.	rolliges Lockergestein	- Ablage auf freiem Erdboden	- Verunreinigung (z. T. Durchmischung) des Probenmaterials mit den Komponenten des Erdbodens führt zu einer Verfälschung der Probenzusammensetzung	- Je nach Art des Erdbodens (fein- oder grobkörnig) können solche Parameter wie der k-Wert oder das Porenvolumen entweder zu groß oder zu klein ausfallen. Generelle Werte lassen sich bisher nicht angeben.	- Verwendung von festen Unterlagen (Riesch, Dachpappe u. dgl.)
		- Aufbewahrung ohne Abdeckung	- Feinkornverlust durch Ausspülung und/oder Auswehung - Feinkornanreicherung durch Anwehung	- GÄRLING (1969) konnte an Proben, welche ein 3/4 Jahr der Witterung ausgesetzt waren, Feinkornanreicherungen nachweisen, die eine Verringerung des k-Wertes um rd. 25 % bewirkten. - Eine generelle Tendenz ist nicht nachweisbar, da zahlreiche Faktoren, wie Witterungsverhältnisse, Zeitdauer der Aufbewahrung im Freien, Vegetationsverhältnisse, Bodenbeschaffenheit, eine Rolle spielen.	- Abdeckung der Proben mit Dachpappe, Folien u. dgl.
		- Verwendung undichter Probenbehältnisse	- Verlust an Probenmaterial	- Fehler treten gegenwärtig kaum auf, da i. allg. gesteinsundurchlässige Probenbehältnisse (Jute-säckchen, Plaststüten u. ä.) verwendet werden. - Angabe genereller Fehlergrößen ist nicht möglich.	- Verwendung gesteinsundurchlässiger Probenbehältnisse
4.2.	bindiges Locker- und Festgestein	- Ablage auf freiem Erdboden und Aufbewahrung ohne Abdeckung	- Vorwiegend äußerliche Verunreinigung des Proben- bzw. Kernmaterials durch Komponenten des Erdbodens bzw. solche, die angesaugt werden.	- Angabe genereller Fehlergrößen ist nicht möglich.	- Verwendung fester Unterlagen, Kernstäten u. dgl. sowie Abdeckung bzw. geschützte Aufbewahrung (Baracke) der Proben

Tabelle 1: Fortsetzung

1.	2.	3.	4.	5.	6.
5. 5.1.	Proben- untersuchung Siebanalyse	<ul style="list-style-type: none"> - Vergleichmäßigung und Teilung des Probenmaterials 	<ul style="list-style-type: none"> - Fehlerhafte Ermittlung der Fraktionsanteile 	<ul style="list-style-type: none"> - Eine generelle Fehlergröße läßt sich nicht angeben, da nach BATEL (1960) verschiedene Faktoren (siehe 3.1.) einwirken und es nach GARLING (1969) auch bei sorgfältigster Arbeitsweise kaum gelingt, ein völlig homogenes Korngemisch herzustellen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anwendung der "Technologie der Prüfsiebung" des Zentrallabors Torgau
		<ul style="list-style-type: none"> - Siebaufgabemenge 	<ul style="list-style-type: none"> - Fehlerhafte Ermittlung der Fraktionsanteile 	<ul style="list-style-type: none"> - Die methodischen Untersuchungen von ERANDT (1975) hinsichtlich der notwendigen Siebmenge ergaben gesetzmäßige Zusammenhänge, die es gestatten, für jeden durchschnittlichen Korndurchmesser 450 µ eine Siebmenge festzulegen, bei deren Verwendung ein definierter durchschnittlicher Fehler der Siebung zu erwarten ist. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anwendung der "Technologie der Prüfsiebung" des Zentrallabors Torgau - Aus den Ergebnissen von ERANDT (1975) müßte ein für die Praxis leicht handhabbares Nomogramm o. ä. zur Bestimmung der Siebaufgabemengen abgeleitet werden.
		<ul style="list-style-type: none"> - Anzahl der Siebe (Siebdichte) 	<ul style="list-style-type: none"> - Fehlerhafte Ermittlung der Körnungskennlinie 	<ul style="list-style-type: none"> - Eine generelle Fehlergröße kann nicht angegeben werden, denn die Siebdichte hängt nach ERANDT (1975) von folgenden Faktoren ab: Gesamteinwaage, Siebdauer, Ungleichförmigkeit des Materials, zulässiger Gesamtfehler. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anwendung der "Technologie der Prüfsiebung" des Zentrallabors Torgau
		<ul style="list-style-type: none"> - Siebdauer 	<ul style="list-style-type: none"> - Fehlerhafte Ermittlung der Fraktionsanteile 	<ul style="list-style-type: none"> - ERANDT (1975) wies nach, daß verschiedene Faktoren (Maschenweite, Siebwiderstand, Siebrückstand u. a.) auf die Siebzeit einwirken. - Mit einer Siebzeit von ca. 30 Minuten werden die Fehler minimal gehalten. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anwendung der "Technologie der Prüfsiebung" des Zentrallabors Torgau - Ableitung eines praktischen Nomogrammes zur Bestimmung der Siebdauer.
		<ul style="list-style-type: none"> - Qualität der Siebe 	<ul style="list-style-type: none"> - Fehlerhafte Ermittlung der Fraktionsanteile 	<ul style="list-style-type: none"> - Nach TGL 0-4188 werden für die Herstellung der Siebe (siehe ERANDT, 1975) unterschiedliche Fehler in Abhängigkeit von der Maschenweite zugelassen, daraus resultieren dann auch unterschiedliche Fehler bei der Siebung. - Allgemein spielen die Siebfehler keine dominierende Rolle. Nach ERANDT (1975) werden nur relativ geringe k-Wert-Fehler von rd. 3 % verursacht. 	<ul style="list-style-type: none"> - Anwendung der "Technologie der Prüfsiebung" des Zentrallabors Torgau - Sicherung der Siebsätze

Tabelle 1: Fortsetzung

1.	2.	3.	4.	5.	6.
		- Art der Siebmachine	- Fehlerhafte Ermittlung der Fraktionsanteile	- Nach BRAUN (1975) spielt die verwendete Siebmachine keine Rolle, wenn ihre Amplitudeneinstellung normiert wurde.	- Anwendung der "Technologie der Prüfleistung" des Zentrallabors Torgau
		- Wägerefehler (Ableserfehler, Toleranzfehler der Waagen)	- Ungenaue Ermittlung der Fraktionsanteile	- Fehler sind allgemein bedeutungslos für die Durchführung der Siebanalyse	- Anwendung der "Technologie der Prüfleistung" des Zentrallabors Torgau
5.2.	Porositätsbestimmung	- Falsche bzw. ungenaue Ermittlung der technologischen Grundwerte: Probenvolumen, Absaugdruck, Absaugzeit, Reindichte	- Ungenaue Bestimmung der Porosität	- Bei Einhaltung der von SLOTTA (1975) vorgeschlagenen Technologie zur Bestimmung der "drainablen Porosität" liegen die aufzutretenden absoluten Fehler im Bereich zwischen 1 - 3 %.	- Anwendung der "Technologie der Prüfleistung" des Zentrallabors Torgau
5.3.	Visuelle Ermittlung der Korngrößenanteile (Kornschichtenverhältnis)	- Individuell unterschiedliche Erfahrungen bei der Korngrößenansprache	- Nichterkennen von Fraktionsanteilen bzw. fehlerhafte Schätzung der Anteile	- Untersuchungen von GÄRLING (1975) haben gezeigt, daß die Genauigkeit der Schätzwerte von den Fraktionsanteilen abhängt, so ist der mittlere Fehler um so größer, je mehr Masseanteile eine Fraktion aufweist. Relativ gesehen ist aber die Schätzung eines großen Masseanteils sicherer als der eines kleinen Anteils. Außerdem wurden feinkörnige Anteile meist zu hoch und grobkörnige Fraktionen oft zu niedrig geschätzt.	- Verwendung von Körnungslernen und Überarbeitung der Feldschichtenverzeichnisse nach Siebanalyseergebnissen

Literaturverzeichnis

- 1 BANBERG, H.F. und GARLING, F.:
Zur Bestimmung des erforderlichen Aufwandes für die hydro-
geologische Erkundung von Grundwasserlagerstättentypen.
Dissertation, eingereichtes Manuskript 1975
- 2 BATEL, W.:
Einführung in die Korngrößenmeßtechnik.
Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer-Verlag 1960
- 3 BRANDT, G.:
Petrophysikalische Untersuchungsmethoden am Lockergestein.
1. Teilthema: Technologie der Siebanalyse.
VEB Hydrogeologie, Torgau, 31. 1. 1975. 66 S., 26 Lit.,
32 Anlagen
- 4 BRANDT, G.:
Petrophysikalische Untersuchungsmethoden am Lockergestein.
3. Teilthema: Präzisierung der mathematischen Grundlagen
für die Körnungskennlinie natürlicher Proben.
VEB Hydrogeologie, Torgau, 10. 5. 1976. 44 S., 21 Lit.,
61 Anlagen
- 5 GARLING, F.:
Probenahme und Bemusterung (Gesteine).
Studie. VEB Hydrogeologie, AS Dresden, 20. 6. 1968. 56 S.,
2 Anl., 54 Lit.
- 6 GARLING, F.:
Probenahme Locker- und Festgestein - Trockenbohrverfahren.
Bericht. VEB Hydrogeologie, AS Dresden, 20. 2. 1969.
49 S., 6 Anl., 2 Abb., 1 Tab. 1 Standardentwurf, 54 Lit.
- 7 GARLING, F.:
Probleme der Gesteinsprobenahme in der Hydrogeologie.
Vortrag gehalten am 3. 4. 1969 auf der 1. Objektgeologen-
tagung des VEB Hydrogeologie in Berlin

- 8 GARLING, F.:
Erläuterungen zur TGL 23979/02 Probenahme; Probenvorbereitung; Gesteine - Spülbohren.
Vortrag gehalten anlässlich der 2. Objektgeologentagung des VEB Hydrogeologie am 30./31. 3. 1971 in Berlin
- 9 GARLING, F.:
Zur Bohrgutgewinnung und Probenahme an Trockenbohrungen im Lockergesteinsbereich aus der Sicht der Hydrogeologie.
Z. angew. Geol. 19 (1973) 8, S. 423 - 426
- 10 GARLING, F.:
Zur Genauigkeit der visuellen Bestimmung von Lockergesteinsproben.
Z. angew. Geol. 21 (1975) 3, S. 136 - 141
- 11 GARLING, F.; BAMBERG, H.F.:
Katalog für die Einschätzung und Planung von Grundwassererkundungsvorhaben auf der Basis von Grundwasserlagerstättentypen. - Grundwasserlagerstättentypenkatalog Teil A, Lockergestein.
VEB Hydrogeologie, AS Dresden, 31. 10. 1974. 300 S.,
div. Abb., 2 PAP, 2 Karten
- 12 MOSLER, H.:
Bohrgutaustragsüberprüfung an Flachlandbohrungen im Deckgebirge eines Lausitzer Braunkohlentagebaues.
Z. angew. Geol. 12 (1966) 12, S. 644 - 648
- 13 MOSLER, H.:
Untersuchungen über die Verwendbarkeit der Flachbohrverfahren zur Gewinnung rolliger Lockergesteinsproben für hydrogeologische Aussagen im Rahmen der Erkundung der Braunkohlenfelder.
Forschungsbericht. Deutsches Brennstoffinstitut Freiberg,
30. 11. 1967 (unveröffentl.) Plan-Nr.: 01.22.02/7-502/5

- 14 RASEMANN, W.:
Mathematische Probleme der Geologie.
Freib. Forsch.-H. C 286 (1975)
Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.
100 S., 34 Bilder, 16 Tab., 4 Taf.
- 15 SLOTTA, J.:
Petrophysikalische Untersuchungsmethoden am Lockergestein.
2. Teilthema: Optimierung der Technologie zur Bestimmung
der drainablen Porosität.
VEB Hydrogeologie, Torgau, 24. 10. 1975. 28 S., 13 Lit.,
33 Anlagen
- 16 TGL 23979/01 Hydrogeologie: Probenahme. Probenvorbereitung:
Gesteine - Trockenbohren
(erscheint 7/77 in überarbeiteter Form als
TGL 23977/01).
- 17 TGL 23977 Hydrogeologie: Bohrgutgewinnung, Bohrgut-
behandlung, Probenahme: Gesteine - Spülbohren
(erscheint 7/77 in überarbeiteter Form als
TGL 23977/02).