

Die Klassifizierung geologischer Forderungen an die Durchführung hydrogeologischer Bohr- und Testarbeiten

Aufschlußarbeiten ermöglichen dem Hydrogeologen einen direkten Einblick in den geologischen Aufbau und die hydrogeologischen Verhältnisse an einem lagemäßig definierten Standort.

Der Bohr- und testtechnische Aufschluß erfordert technische Hilfsmittel und nimmt erhebliche finanzielle und materielle Mittel in Anspruch.

Im Lockergesteinsbereich liegt der Aufwand der Bohr- und testtechnischen Arbeiten bei 75 - 80 % und im Festgesteinsbereich bei 90 % des Gesamtaufwandes. Untersuchungen nach Erkundungsstadien führten zu weiteren Differenzierungen.

Tabelle 4

Durchschnittlicher Erkundungsaufwand nach Leistungsarten in %

Leistungsart	Erkundungsstadium		
	Suche	Vorerkundung	Detailerkundung
Bohren/Testen	83	82	70
geol. Bearbeitung	10	10	20
Marktscheiderei	3,5	4	4,5
Labor	2,5	3,5	5
Sonstiges	1,0	0,5	0,5

(n. GARLING, BAMBERG 1974)

Daran wird die zentrale ökonomische Bedeutung der Bohr- und Testarbeiten in der Grundwassererkundung deutlich. In der Methodik Hydrogeologie muß daher bei der volkswirtschaftlichen Limitierung finanzieller, materieller und personeller Fonds ein strenger Maßstab an die Forderungen bezüglich bohr- und testtechnischer Arbeiten gelegt werden. Es ist nach dem Grundsatz zu handeln

„ nicht soviel wie möglich, sondern nur „soviel wie notwendig“

Daher muß an erster Stelle einer Objektvorbereitung die Frage beantwortet werden, ob die von einer Bohrung erwartete Aussage nicht durch geophysikalische, hydrologische, mathematisch-statistische u. a. geeignete indirekte Erkundungsverfahren ersetzt oder mit vertretbarem Risiko angenähert werden kann. Erst wenn diese Frage verneint werden muß, ist die Projektierung und Durchführung einer Bohrung sowie der dazu gehörigen Testarbeiten verantwortbar.

Der nächste Schritt muß die Herausarbeitung der speziellen Aufgabenstellung der konkreten Bohrung sein.

Dabei wird von der allgemeinen Aufgabenstellung einer hydrogeologischen Bohrung ausgegangen:

### Tabelle 2

Allgemeine Aufgabenstellung einer hydrogeologischen Bohrung

- s. Anlage 1 -

Nun ist ökonomisch nicht vertretbar und hydrogeologisch nicht notwendig, daß jede hydrogeologische Bohrung alle 5 Punkte der Aufgabenstellung erfüllen muß.

Das führt folgerichtig zu dem Gedanken einer Klassifizierung der Bohrungen nach ihrer Hauptaufgabenstellung.

Tabelle 3

Kategorien hydrogeologischer Bohrungen

Bohrungskategorie	Definition
Aufschlußbohrung	Hydrogeologische Erkundungsbohrung, die dem kompletten Aufschluß mit exakter Schichtenfolge, GW-stockwerksbezogenen Wasserspiegelmessungen sowie Testen zur Parameterbestimmung (K, S und T) dient.
Beobachtungsbohrung	Hydrogeologische Erkundungsbohrung, die einen vereinfachten Aufschluß mit Unterscheidung GWL/GWSt und das GW-stockwerksbezogene Setzen und Messen von GWER (Wasserspiegelmessungen und vereinfachte PV für TA und VA sowie das ESV o. ä. zur überschläglichen T-Wertbestimmung) ermöglicht.
Versuchsbohrung	Hydrogeologische Erkundungsbohrung, die bei bekannten hydrogeol. Aufbau der GW-Lagerstätte am Bohrungsstandort in erster Linie den erforderlichen Aufschluß zur Durchführung von PV mit großen Förder-

mengen und unter produktionsähnlichen Bedingungen gestattet. Das getrennte Testen von GW-Stockwerken muß möglich sein.

**Erschließungsbohrung** Hydrogeologische Bohrung zur Herstellung von Vertikalbrunnen, die hydrogeologische Situation am Bohrungsstandort ist bekannt.

Daraus lassen sich dann für die einzelnen Kategorien die hydrogeologischen Anforderungen, d. h. Aufgabenstellungen wie sie in Tabelle 2 genannt wurden, spezifizieren.

Tabelle 4

Hydrogeologische Anforderungen an die Bohrungen verschiedener Kategorien

- Anlage 2 -

Die Anforderungen an die Bohrtechnik lassen sich folgerichtig aus den bisherigen Ausführungen ableiten. Wobei der Bohrtexniker oder Entwicklungsingenieur noch 2 Randbedingungen in jedem Fall, d. h. bei jeder Kategorie von Bohrungen und die dafür einzusetzenden Geräte zu berücksichtigen hat:

- 1. Die immer größer werdenden Schwierigkeiten bei der Auswahl und Freigabe von Bohrplätzen (Landwirtschaftliche Bodennutzungsverordnung, Gas-Energie- und Telefonkabeltrassen u. a.) erfordern zwingend die Minimierung der Bohrplatzflächen.

2. Die Verschmutzung der Bohrplätze und der Bohrungen durch Hydraulik-, Antriebs- und Schmieröle oder Spülungszugaben muß ausgeschlossen sein.

Zusammenfassend läßt sich feststellen:

- Die Bohr- und Testarbeiten sind der bestimmende Aufwand bei der Durchführung hydrogeologischer Erkundungsarbeiten.
- Ein Beitrag zur Verbesserung der Effektivität der Erkundung auf Grundwasser ist die Nutzung aller Altunterlagen (Informationsverarbeitung und indirekte Erkundung) über eine Grundwasserlagerstätte sowie die klare Systematisierung hydrogeologischer Anforderungen an eine Bohrung.
- Es können 5 Grundaufgaben einer hydrogeologischen Erkundungsbohrung definiert werden.
  - Ermittlung der geologischen Schichtenfolge
  - Gewinnung von Gesteinsproben zur petrophysikalischen Kernwertbestimmung
  - Aufdeckung des GWL- bezogenen GW-Spiegels- bzw. Druckes
  - Gewährleistung von hydrogeologischen Testen (stockwerksbezogen) zur Parameterbestimmung
  - Gewinnung von horizontierten Grundwasserproben zur Beurteilung der Wasserbeschaffenheit
- = Je nach Position der einzelnen Bohrung innerhalb der Grundwasserlagerstätte ist der Schwerpunkt hinsichtlich der o. g. 5 Aufgaben differenziert. Das führt zur Klassifizierung der Bohrungen (Bohrungstypen - Kategorien von Bohrungen).
- Aus diesen Bohrkategorien leiten sich für den Bohrtechniker und Entwicklungsingenieur die erforderlichen (minimierten) technischen Parameter ab.

Für die Hydrogeologie der DDR leiten sich aus geologischer Sicht z. B. folgende Bohr- und testtechnische Parameter ab:

Tabelle 5

Bevorzugte Bohrverfahren für verschiedene Bohrungskategorien nach Hauptlagerstättenbereichen

Bohrungskategorie	Bohrverfahren und End $\varnothing$ mm	PV bis $m^3/h$	Hauptlagerstätten- bereich
<b>1. Erkundung</b>			
1.1. Aufschluß- bohrung	TB 243	40	Lockergestein
	KKL 100	3	dto max. 70 m
	LHK $\leq$ 140	40	Festgestein ohne Kompaktgestein
	TB $\leq$ 140	40	Festgestein
	DSB $\leq$ 100	20	Festgestein, Kom- paktgestein und Sand- stein, Muschelkalk max. 100m
1.2. Beobachtungs- bohrung	R $\leq$ 140	2	Lockergestein und Festgestein bei guten GWL
	LH $\leq$ 140	10	Festgestein ohne Kompaktgestein
	DSB $\leq$ 100	2	Festgestein, Kom- paktgestein, Sand- stein, Kalkstein
1.3. Versuchs- bohrung	TB $\geq$ 318	200	Lockergestein
	LH $\geq$ 450	200	dto, bei GW-Stand = 3 m unter Gel.
	LH $\geq$ 243	200	Festgestein ohne Kompaktgestein und

Bohrungskategorie	Bohrverfahren u. End $\emptyset$ mm	PV bis $m^3/h$	Hauptlagerstättenbe- reich
			ohne tiefliegende GW- spiegel, die keinen Spülungsstrom ge- währleisten
	TB $\geq$ 243	200	Festgestein bei fehlender Bohrwasserversorgung und tiefliegendem GW- spiegel s. o.
3. Erschließungs- bohrung	TB $\geq$ 343	200	Lockergestein bei fehlender Bohrwasser- versorgung Festgestein dto und bei tiefliegendem GW- spiegel s. o.
	LH $\geq$ 343	200	Lockergestein bei GW- spiegel $\geq$ 3m unter Gel. und Spülwasserversorgung Festgestein bei vor- handener Spülwasser- versorgung und nicht zu tiefliegendem GW- spiegel mit hohen Spülungsverlusten

In Abhängigkeit vom Grundwasserlagerstättentyp und den Erkundungsstadien sind weitere Detaillierungen möglich.

Die vorgetragenen Konzeption sollte nur das Grundanliegen verdeutlichen, nämlich nicht von der komplexen Aufgabenstellung der Erkundung auszugehen, sondern die Aufgabenstellung zu differenzieren

und danach die kostenintensiven Bohr- und Testarbeiten zu dimensionieren.

*me-n*

Erläuterungen

Literatur:

- **BAMBERG und GARLING**  
zur Bestimmung des erforderlichen Aufwandes für die hydrogeologische Erkundung von Grundwasserlagerstättentypen  
Diss. Bergakademie Freiberg 1977
- **MEINERT und SCHÜLER**  
Weltstandanalyse kleinkalibrige hydrogeologische Erkundung im Lockergestein  
F/E-Studie VEB Hydrogeologie 1979
- **Technische Mitteilung**  
Merkblatt W 115  
Bohrungen bei der Wassererschließung  
DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Eschborn (BRD) 1977

Abkürzungen:

- GW = Grundwasser
- TB = Trockenbohrverfahren
- LH = Lufthebebohrverfahren
- LHK = dto mit Kerngewinn
- R = Rechtspülbohrverfahren
- KKL = kleinkalibriges Kernbohren Lockergestein
- DSB = Drehschlag- (Hammerdrill) -bohrverfahren



Tabelle 2

Allgemeine Aufgabenstellung des hydrogeologischen Aufschlusses

Hydrogeologische Aufgabenstellung	Erforderliche Primärinformation	Auswerteverfahren	Informationsweiterverarbeitung	Sekundärdaten und Genauigkeiten
1. Ermittlung der Lagerungsverhältnisse	Vertikale Schichtenfolge OK-WK (Teufe), stratigrafische Merkmale, lithologische Kennzeichnung	makroskopische Bohrprobenaufnahme, ergänzende BLM, fallweise Laboruntersuchungen	Schichtenverzeichnis vertikale Gliederung in GWSt u. GWL, Differenzierung der og. Komplexe absolut in m u. Gel./ m/NN	räumliche Einordnung und Systematisierung von GWL/GWSt, Mächtigkeiten in m (Profilschnitte, Isobathen, Isopachen)
2. Gewinnung von Gesteinsproben für petrophysikalische Kennwertbestimmungen	petrophysikalische Beschaffenheit, Feinstruktur und Gefüge sowie tektonische Merkmale	makroskopische Aufnahme der Kern- u./o. Bohrgutproben, Gefügestatistik, laborative Bestimmung der Merkmale o. Kernwerte, TGL Probennahme	Bestimmung von K-Werten aus Siebanalysen, K- u. S-Werten in Laborverfahren, mathematische Abschätzung von Klüften und Klüftvolumina  Korrelation	K-T-S- Wertverteilung in der Vertikalen und Horizontalen, Rayonierung der GW-Lagerstätte Isolinien, Rasteraufteilung; Begründung des Homogenitätsgrades des GWL.
3. Aufdeckung des GWL-bezogenen GW-Spiegels/Druckes	Wasseranschnitt, Wasserspiegellagen und Druckhöhen in m u. Bezugspunkt je GWL/GWSt während des Bohrprozesses und nach Endausbau, Spülungsregime	Umrechnung der Primärdaten auf Bezugshorizonte, primärstatistische Aufbereitung, Ganglinien, Diagramme	GW-Gleichenpläne, Flurabstandskarten Ermittlung des vertikalen Druckgradienten zur komplexen Bewertung der GW-Lagerstätte	GW-Differenzenpläne, abgeleitete GW-Gleichenpläne Die Maßgenauigkeit ist abhängig von dem hydrologischen Regime der GW-Lagerstätte (Amplitude GW-Stand) der Größe der Fläche und des Maßstabes
4. Gewährleistung von PV und Testen zur Bestimmung geohydraulischer Lagerstättenparameter (stockwerke- u./o. teufenbezogen)	Zeitabhängige Messung und Registrierung von: Wassermenge (Förderung o. Infiltration) mit synchron gemessenen Wasserständen in benachbarten GWL. Erfassung von künstl. u./o. natürlichen GW-Druck (-stands)änderungen zeitabhängig	grafische, rechnerische u./o. modelltechnische Bestimmung der gesuchten Parameter (TGL, PV-Typenkatalog, EDV-Programme)	analytische Berechnung u./o. numerische o. elektroanaloge Modellierung der GW-Strömungsfelder der GW-Lagerstätte u./o. des Fassungsgebietes (Brunnen). START-Werte für die Parameteridentifikation (indirekte Erkundung)	Die Genauigkeitsforderungen an die Primärdaten ergeben sich aus der TGL 23 864. Die Sekundärdaten haben einen Toleranzbereich von 10 - 30 %. Am objektivsten ist die Parameterbestimmung (-nivellierung) über eine Modelleichung (mit abschließender Kontrolle über Datenaktualität und Rückkopplung in das hydrogeologische Modell (Repräsentanzkontrolle).
5. Gewinnung von GW-Proben zur Beurteilung der Wasserbeschaffenheit	stockwerke- u./o. teufenbezogene vom Bohrprozeß unbeeinflusste Probenahme zur laborativen Analyse/Untersuchung, physikalischer u./o. chem. Wassereigenschaften u./o. Meßwerte der qualitativen Spülungskontrolle	Laborative Bestimmungen der physikalischen, chemischen u./o. biolog. Zusammensetzung und Eigenschaften der Wasserproben. Messungen u. organoleptische Bestimmungen vor Ort. Bewertung der Leitfähigkeitsmessungen u. Feldlaboruntersuchungen im Bohrloch in der Spülung oder aus dem Förderstrom eines PV.	Trenduntersuchungen, math.-statistische Auswertung, grafische u. rechnerische Interpretation über Isolinien, Ganglinien, Diagramme, Klassifizierung/Typisierung.	Bewertung der technologischen Auswirkungen der Wasserbeschaffenheit/Eigenschaften der Untergrundreinigungseffekte der prognostischen Beschaffenheitsentwicklung. Einhaltung der "Ausgewählten Methoden der Wasseruntersuchung", TGL Wasserprobennahme

Tabelle 4

Kategorien hydrogeologischer Bohrungen

Kategorie	Hydrogeologische Anforderungen				
	Bohrproben	Wasserproben	GW-Beobachtungen	Testarbeiten	BLM
<b>Erkundung</b>					
<b>1. Aufschlußbohrung</b>					
<b>1.1. Komplexe Aufschlußbohrung</b>	lückenloser Bohrproben/Kerngewinn 100 % Probengewinn bei Lockergestein GWL für Siebanalysen max. Kerngewinn im Festgestein, Lückenschließung durch BLM	Probennahme für Wasseranalysen muß stockwerksbezogen aus kontinuierlicher Förderung möglich sein. (keine Beeinflussung aus dem Bohrprozeß) FV im Vorwärtsmarsch, u./o. Leitfähigkeitsmessungen und Spülungskontrolle	Messen des GW-Standes im <b>Abteufprozeß</b> und nach Endausbau (stockwerksbezogen) über 2" - 1,5" Ø muß gewährleistet sein	Probeförderung in verschiedenen G.L. ohne künstliche Beeinflussung der über- o. unterliegenden GW-Stockwerke, Förderung bei niedrigen Skineffekten. Förderleistung bis 100 m <sup>3</sup> /h fallweise Übergabe als operativer Prod.-Brunnen	Spezialprogramm zur Klärung von Zufluß-, Verlustzonen (quantitativ) ansonsten Standardprogramm bei lückenhaften o. fehlendem Kerngewinn, strategische Korrelation
oder <b>Vorbohrung</b>	dto	dto	dto	dto jedoch max 40 m <sup>3</sup> /h	dto
<b>1.3. Beobachtungsbohrung</b>	Sichere Unterscheidung GWL/GWSt eventuell ersetzbar durch BLM	Probengewinnung aus kontinuierlicher Förderung (auch MPV) muß stockwerksbezogen (Endausbau) möglich sein. Leitfähigkeitskontrollen im Vorwärtsmarsch	GW-stockwerksbezogene Messungen müssen nach Endausbau gewährleistet sein. (1,5 - 1" Ø)	vereinfachte Tests, wie <b>ESV, Klarpumpen bzw. Beseitigung der Kolmation</b>	Standardmeßprogramm
<b>1.4. Versuchsbohrung</b>	Sichere Unterscheidung GWL/GWSt differenzierte Lokalisation von Zufluß- und Schluckbereichen	Probennahme für Wasseranalysen aus kontinuierlicher Förderung ohne Beeinflussung aus dem Bohrprozeß	bei Filterausbau Widerstandspegel 0,5 - 1" Ø TGL <b>34382</b>	Probeförderung unter produktionsähnlichen Bedingungen; im Festgestein i. A. Übergabe als Prod.-Brunnen	Spezialprogramm bei notwendiger Klärung von Zufluß- und Verlustzonen
<b>2. Erschließungsbohrung</b>	lückenloser Bohrprobengewinn, auftretende Lücken oder fehlender Bohrgutaustrag sind durch BLM zu ergänzen	sandfreie und feststoffarme Probengewinnung (s. TGL <b>34382</b> .)	bei Filtereinbau Widerstandspegel 0,5" - 1" Ø TGL <b>34382</b> .	Brunnenentwicklung mit $\geq 1,5 \times$ projekt. Brunnenleistung TGL <b>34382</b>	<b>Fallweise geophysikalische Komplexvermessung als Gütepaß und BLM Standardprogramm bei fehlendem Bohrgutaustrag</b>