

Institut für Bergbaukunde III
Tagebautechnik, Tiefbohrwesen, Erdöl- und Erdgasgewinnung

Lochnerstraße 4–20
5100 Aachen

Auswertung von Erfahrungen beim Bohren in Hartgestein

Prof. Dr.-Ing. R. D. Stoll
Dipl.-Ing. H. Halm

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung.....	36
1. Schachtbohrverfahren.....	37
2. Schlagendes Bohren.....	40
2.1 Luftbetriebene Bohrhämmer.....	40
2.2 Bohrkronen.....	41
2.3 Spülung.....	42
2.4 Beispiele ausgeführter Bohrungen.....	42
3. Analyse der bohrtechnischen Leistungen im Kristallin in Süddeutschland.....	45
4. Bohrerfahrungen in Geothermalprojekten.....	49
5. Zusammenfassung.....	50
6. Literaturverzeichnis.....	51

Kurzfassung

Erfahrungen beim Bohren im Hartgestein

R.D. Stoll, H. Halm

II. EINLEITUNG

Ziel der Arbeit ist es, die auf den Gebieten Bohrbarkeit, Tunnelbohrmaschinen, Schachtbohrmaschinen, Schlagendes Bohren, Drehschlagendes Bohren zur Kerngewinnung, Sprenglochbohren unter Tage, Bohrungen in Geothermalprojekten, Rotarybohrungen in kristallinen Formationen sowie Schürfbohrtechnik weltweit vorhandenen Unterlagen im Hinblick auf Anwendung in der KTB auszuwerten. In Anbetracht des Umfangs des bearbeiteten Materials und der Relevanz zur KTB sollen in dieser Kurzfassung schwerpunktmäßig nur die folgenden Punkte näher betrachtet werden:

- Schachtbohrverfahren
- Schlagendes Bohren
- Analyse der bohrtechnischen Leistungen im Hartgestein in Süddeutschland
- Bohrerfahrungen in Geothermalprojekten.

Anschrift der Autoren: Institut für Bergbaukunde III (Tagebau-
technik, Tiefbohrwesen, Erdöl- und Erdgasgewinnung) der
RWTH Aachen, Lochnerstr. 4- 20, 5100 Aachen

1 SCHACHTBOHRVERFAHREN

Von besonderem Interesse ist das Raisebohrverfahren, da bei diesem Bohrverfahren zunächst ein Pilotbohrloch mit ähnlichen Durchmessern wie beim Rotarybohren von oben nach unten erstellt und anschließend von unten nach oben erweitert wird. Abb. 1 zeigt diesen Vorgang schematisch.

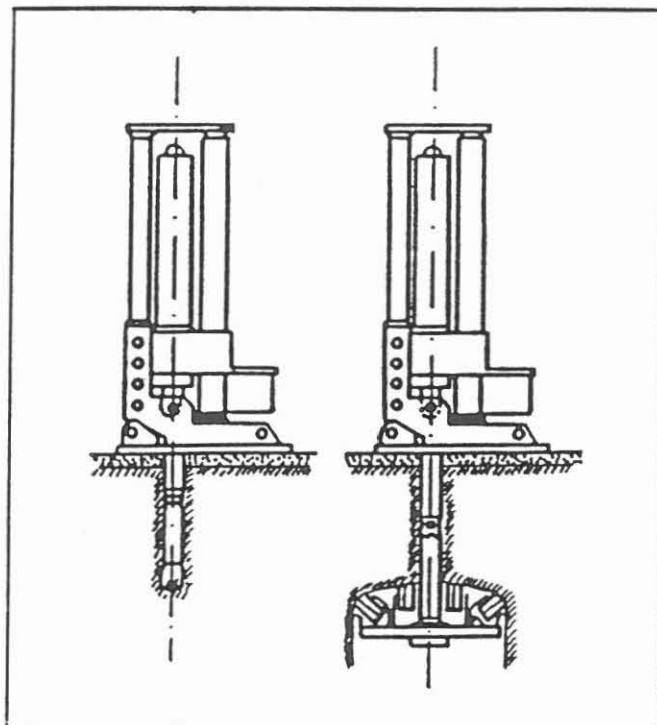


Abb. 1: Schematische Darstellung der Raisebohrtechnik

Bedeutsam für die KTB sind die beim Schachtbohren erreichten geringen Abweichungen von der Lotrechten und die dazu verwendeten Verfahren.

Bei Schachtvertiefungen auf den Kalibergwerken Siegfried Giesen, Bergmannsseggen Hugo und Friedrichshall war eine Abweichung von nur 0,3 m bei einer Bohrlochslänge von 300 m (0,001 m Abweichung / m Bohrlochlänge) zulässig.

In der Schachtbohrtechnik wird versucht, diesen Problemen mit Hilfe der passiven und der aktiven Zielbohrtechnik zu begegnen.

Zielbohrstangen bzw. Stabilisatoren sollen ein Durchbiegen des Gestängestranges und damit ein Schrägstellen des Meißels verhindern. Der unterste Stabilisator eines Bohrstranges sollte möglichst unmittelbar über dem Meißel platziert werden. Einge-

setzt werden sowohl mit gleicher Drehzahl wie der Bohrstrang rotierende als auch mit Differenzdrehzahl rotierende Stabilisatoren. Der Stangendurchmesser entspricht dabei in der Regel dem Meißeldurchmesser.

Erste Ansätze zur Entwicklung einer aktiven Zielbohrstange finden sich schon zu Beginn der 70-iger Jahre. Es handelt sich dabei um eine Doppelrohrkonstruktion, deren äußeres Rohr vier rippenartige Führungsleisten trägt. Dieses Rohr ist gegenüber dem Innenrohr drehbar gelagert, so daß es bei Rotation des Bohrstranges nicht mitdreht. Ein Pendelmechanismus sollte Auslenkungen aus der Vertikalen erkennen. Ein Gegensteuern wurde durch hydraulische Beaufschlagung jeweils einer Führungsleiste erreicht. Der erste untertägige Einsatz dieses Systems erfolgte 1974 in Ibbenbüren. Nach mehreren Fehlschlägen wurde diese Entwicklung aufgegeben.

Die Bergbauforschung hat als ein weiteres System zusammen mit der Fa. Schwing Hydraulik eine aktive Zielbohrstange entwickelt. Die Zielbohrstange (siehe Abb. 2) hat eine innere Welle, die den Bohrstrang mit dem Meißel verbindet. Auch bei dieser technischen Ausführung sind hydraulisch bewegliche Steuerleisten am Außenrohr angebracht. Die Neigungsmessung erfolgt hier jedoch durch Neigungsmesser an Stelle eines Pendelmechanismus.

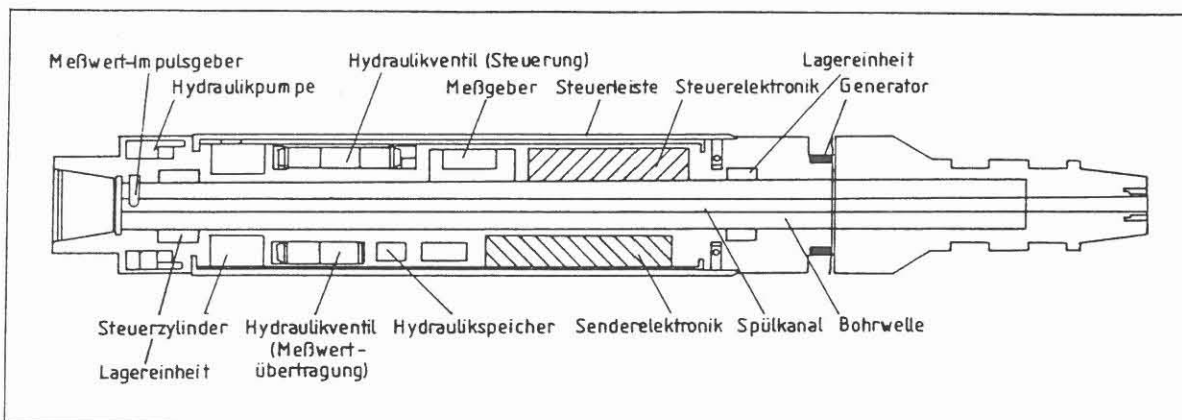


Abb. 2: Zielbohrstange der Fa. Schwing Hydraulik

Zur Messung der Bohrlochabweichung und zur Steuerung der Stange wird sowohl hydraulische als auch elektrische Energie benötigt. Die Rotation des Bohrstranges wird zur Erzeugung der Meß- und Steuerenergie genutzt.

Entsprechend den im Bergbau unter Tage gültigen Vorschriften ist die Zielbohrstange schlagwettersicher ausgeführt und zugelassen.

Bei aufwärts geführten Vorbohrungen mit der Zielbohrstange arbeitete diese stets störungsfrei. Bei abwärts gerichteten Zielbohrungen kam es dagegen wiederholt zu Dichtungsproblemen.

Die Auswertung der Bohrberichte von sieben Schachtbohrungen der Firmen Thyssen Schachtbau und Deilmann-Haniel führten zu folgenden Erkenntnissen im Hinblick auf die Einsetzbarkeit der Zielbohrstange in den oberen Bereichen der KTB- Hauptbohrung, in denen eine besonders hohe Vertikalität erforderlich ist:

- Die Schwingungsempfindlichkeit des Gerätes ist zu verringern. Dabei ist auch der Zusammenhang zwischen einer möglichen Exzentrizität der verwendeten Meißel und auftretenden Schwingungen zu beachten.
- Die bisher konstruierten Zielbohrstangen sind bedingt durch die hier verwendeten elektronischen Bauteile für Temperaturen von bis zu 70° C ausgelegt. Die Bauelemente müssen für höhere Temperaturbereiche ausgelegt werden.
- Es ist zu überprüfen, ob die Standzeit des Dichtungssystems bei größeren Teufen durch ein Druckausgleichssystem verbessert werden kann.

2 SCHLAGENDES BOHREN

Schlagendes Bohren kann in harten und sprödebrüchigen Formationen (z.B. Granit, Gneis, Buntsandstein) erfolgreich eingesetzt werden.

Wegen des Untersuchungszieles - Übertragbarkeit von Erfahrungen im Hinblick auf die KTB - wurden nur Imlochhammerbohrungen betrachtet. Imlochhämmer werden entweder hydraulisch oder mit Luftspülung betrieben.

Hydraulisch betriebene Imlochhämmer haben sich in der westlichen Welt bisher noch nicht durchsetzen können. Hauptgründe hierfür sind die hohe Störanfälligkeit und der durch die Spülung hervorgerufene große Verschleiß.

2.1 Luftbetriebene Bohrhämmer

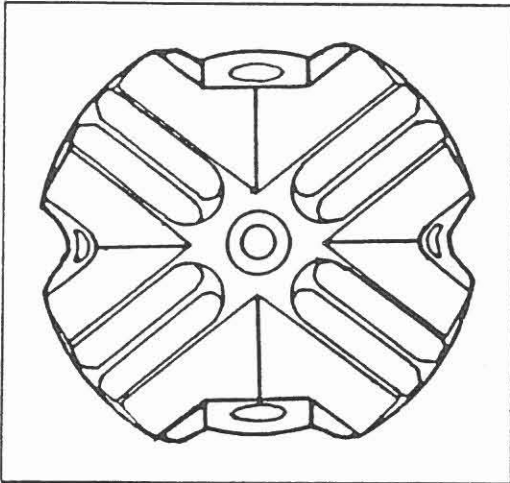
Der Bohrhämmer besteht aus einem langen, schlanken Zylinder. Die Bohrkronen sind am unteren Ende des Hammers in die Kronenhalterung eingeschraubt. Das Schlagwerk im Inneren des Bohrhammers bringt einen Schlagimpuls auf die Bohrkronen auf.

Hauptproblem der luftbetriebenen Bohrhämmer ist das Eindringen von mit Bohrklein beladenem Wasser. Die mitgeführten Gesteinspartikel können die Laufbahnen des Schlagkolbens stark beschädigen. Bohrhämmer müssen mit Rückschlagventilen ausgerüstet sein, damit im Bohrloch stehendes Wasser nicht in den Imlochhammer eindringen kann.

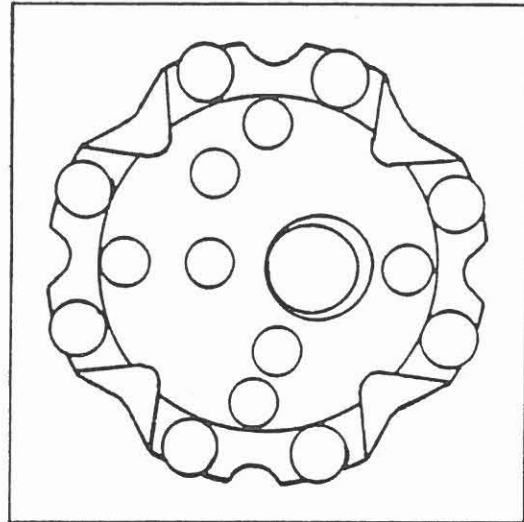
Eine Leerlaufabschaltung dient zur Verhinderung von Prallschlägen. Dadurch läßt sich die Bruchgefahr von Bohrkronen und Kolben erheblich vermindern. Zu Prallschlägen kann es z.B. durch zu geringen Andruck auf die Bohrlochsohle kommen.

2.2 Bohrkronen

Als Bohrkronen für schlagendes Bohren können sowohl Meißel mit kreuzförmig als auch mit X-förmig eingelassenen Schneiden verwendet werden (siehe Abb. 3).



Schneidenbohrkrone



Stiftbohrkrone

Abb. 3: Bohrkronen

Bei Explorationsbohrungen größerer Teufe stellt die Richtungsstabilität der Schlagbohrungen ein großes Problem dar. Diesem Problem versuchen die Meißelhersteller durch eine konkave Wölbung bzw. Aussparungen an der Meißelfront zu begegnen.

Die Standzeiten der Bohrwerkzeuge richten sich nach dem zu durchteufenden Gestein. Sie schwankt sehr stark und kann zwischen 1 und 3000 m Bohrlochlänge betragen. Die Lebensdauer der Bohrwerkzeuge kann dabei durch richtiges Nacharbeiten der Stifte und Meißelschneiden entscheidend verlängert werden.

2.3 Spülung

Beim Einsatz von Luftspülung wird die Luft über Tage in Kompressoren verdichtet, gelangt durch das Bohrgestänge zum Imlochhammer; von dort aus über den Ringraum mit Bohrklein beladen wieder zu Tage.

Der benötigte Kompressor muß mindestens den Druck entwickeln, der dem hydrostatischen Druck der Wassersäule im Bohrloch entspricht. Nur dann ist es möglich, das im Bohrloch stehende Wasser auszublansen, damit der Bohrlochhammer mit Erfolg eingesetzt werden kann.

Schaumspülungen werden nur in Sonderfällen, z.B. bei unzureichendem Austragsverhalten der Spülung, eingesetzt. Das Schaumgemisch muß dem Luftstrom in Mengen von 2- 4 l / min zugesetzt werden. Auf Grund der schmierenden Wirkung des Schaumes lassen sich die Standzeiten von Bohrkronen, Bohrhämmern und Bohrgestänge verlängern.

Umweltschäden sind beim Einsatz von Schäumen nicht zu befürchten, da die Substanzen in kürzester Zeit biologisch abbaubar sind.

2.4 Beispiele ausgeführter Bohrungen

Repräsentativ für die in den Graniten der Oberpfalz durchgeführten Bohrungen ist die Bohrung PB 8 im Bereich des Falkenberger Granites. Diese Bohrung war bis zu einer Teufe von 400 m mit schlagendem Bohren geplant; starke Wasserzuflüsse zwangen zur Umstellung auf das Rotarybohrverfahren im Teufenbereich zwischen 200 und 300 m. Die Standzeiten für eine Bohrkronen lagen zwischen 70 und 80 m im Durchmesserbereich 6 Zoll und 30 m im Durchmesserbereich 4 Zoll mit der nicht mehr als optimal angesehenen Kombination von Mission-Imlochhammer und Krupp-Widia-Bohrkronen. Maximal wurden bis 7 m/h Bohrfortschritt erreicht. Bei der Rotarybohrung lag der maximale Bohrfortschritt der Rollenmeißel (Warzenmeißel) dagegen bei nur 2,04 m/h (Durchmesser: 5 1/8 Zoll).

Einen genaueren Überblick über die beim schlagenden Bohren erzielten Bohrleistungen gibt die Tab. 1.

Teufe m	Bohrstrecke m	Zeitdauer h	Bohrfortschritt m/h	Bohrwerkzeug
0 - 4	4	-	-	Rollenmeißel
4 - 20	16	-	-	Missionhammer
20 - 33,5	13,5	2,5	5,4	Missionhammer
Zementation mit 5 ¹ / ₈ Zoll Rollenmeißel aufgebohrt				
32,5 - 36,5	4	-	-	Missionhammer
36,5 - 78,0	41,5	11,5	3,61	Missionhammer
Meißelwechsel bei 68 m ist in der Bohrzeit enthalten				
78,0 - 92,0	14	2	7,0	Missionhammer
92 - 127,5	33,5	8	4,19	Missionhammer
127,5 - 149	21,5	11,5	1,87	Missionhammer
Der Hammer mußte zweimal gezogen und gereinigt werden				
149 - 165,7	16,7	6,25	2,67	Missionhammer
Tabelle 1 - 6 : Bohrung PB 8 im Experimentalfeld Falkenberg (Schlagendes Bohren) /39/				
Meißelstrecke : 161,7 m				
Bohrlochdurchmesser : 6 ¹ / ₂ Zoll von 4 - 33,5 m				
5 ¹ / ₂ Zoll von 33,5 - 165,7 m				
Mittlerer Bohrfortschritt : 4,12 m/h				
Im Bereich von 0 - 4 m wurde mit einem Rollenmeißel mit Luftspülung ein 216 mm breites Vorbohrloch für die Standrohrtour erstellt.				

Tab. 1: Bohrung PB 8 im Experimentalfeld Falkenberg

Als zweites Beispiel kann ein Bohrprogramm zur Kohleexploration in Marokko dienen. Die Gesteine des Deckgebirges waren, von einzelnen Mergelpartien abgesehen, spröde und gut für das schlagende Bohren geeignet. Das anstehende Gestein (Kalke, Basalte, Mergel) war stark zerklüftet und teilweise wasserführend. Je nach Wasseranfall wurde ein Schaumkonzentrat zugesetzt.

In Kalken, Dolomiten und Basalten betrug die Bohrgeschwindigkeit ca. 10 m/h. In den Mergelschichten (weiche, plastische Formation) war eine deutliche Abnahme der Bohrgeschwindigkeit zu verzeichnen. Die hier verwendeten Warzenmeißel erreichten Standzeiten von bis zu 1000 m.

Der Bohrfortschritt betrug bei in der Nähe durchgeführten Seilkernbohrungen nur ca. 1 m/h. Dabei ist jedoch zu beachten, daß die hier eingesetzten Bohranlagen technisch veraltet und das hier anstehende Gebirge, wie erwähnt, stark klüftig war.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die mit dem schlagenden Bohren erzielbaren Bohrgeschwindigkeiten durchaus das Drei- bis Vierfache der Geschwindigkeiten ausmachen, die beim Rotarybohren erreicht werden können, günstige Bohrbedingungen, wie geringe Wasserzuflüsse, hartes und sprödebrüchiges Gestein, vorausgesetzt.

Die Entwicklung eines hydraulisch angetriebenen Imlochhammers könnte das schlagende Bohren auch in großen Teufen als Leistungsbohren möglich machen und damit die Kosten des Bohrbetriebes durch die dann möglichen höheren Bohrfortschritte senken.

3 ANALYSE DER BOHRTECHNISCHEN LEISTUNGEN IM KRISTALLIN IN SÜD-DEUTSCHLAND

Die Analyse der bohrtechnischen Leistungen in kristallinen Formationen Süddeutschlands lieferte Erkenntnisse im Hinblick auf die Auswahl optimaler Kernbohrsysteme.

Die Kerngewinnungsverfahren mit Kernrohren werden unterteilt in Gewinnungsverfahren mit

- Einfachkernrohr
- Doppelkernrohr
- Seilkernrohr.

Um den erbohrten Gesteinskern zu Tage zu transportieren, muß bei Kerngewinnungsverfahren mit dem Einfach- bzw. dem Doppelkernrohr das gesamte Bohrgestänge ausgebaut werden.

Die Kerngewinnung mit dem Einfachkernrohr stellt die preiswerteste und einfachste technische Ausführung dar. Das Gewinnungsgerät (siehe Abb. 4) besteht aus Mantelrohr, Räumer, Kernfänger und Kernbohrkrone.

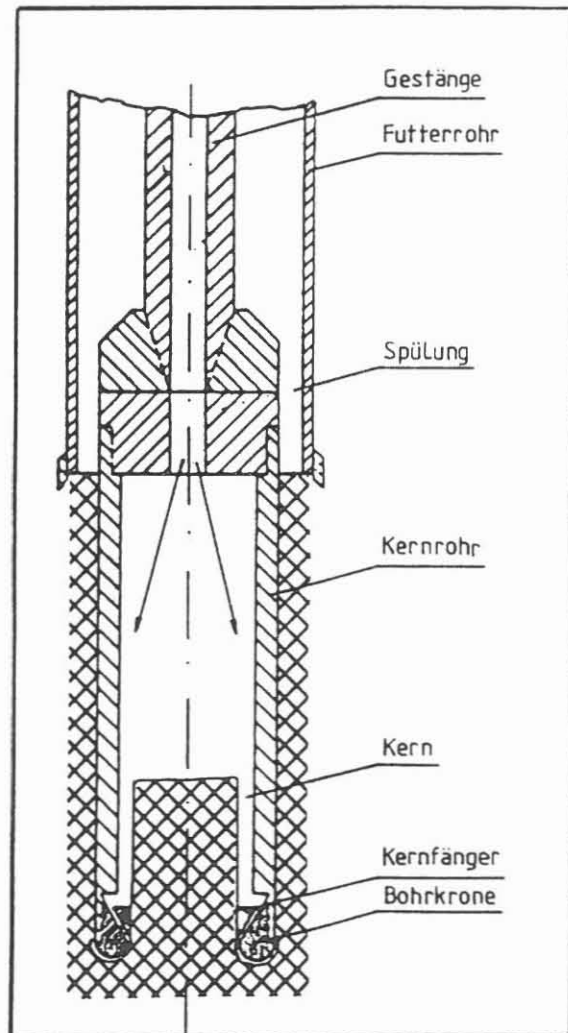


Abb. 4: Einfachkernrohr

Nachteile ergeben sich aus der Tatsache, daß

- das Spülungsmedium den gesamten Kern umspült. Dadurch kann es zu Auswaschungen und Kernverfälschungen kommen.
- der Spülstrom dem aufsteigenden Kern hemmend entgegenwirkt.

- das Mantelrohr eine Bewegung relativ zum Kern ausführt. Der Kern kann dadurch tordiert und abgeschliffen werden. Im ungünstigsten Fall wird der Kern abgeschert und zerstört.

Doppelkernrohre (siehe Abb. 5) werden dort eingesetzt, wo Gebirge oder weiche Formationen anstehen und wo Auswaschungen oder Erosion die Kernqualität zu vermindern drohen.

Das Kerngerät besteht im wesentlichen aus zwei ineinander liegenden Rohren, dem Mantelrohr und dem Innenrohr, die im oberen Teil miteinander verbunden sind. Während des Bohrvorganges wächst der Kern in das Innenrohr hinein. Die Spülung wird durch den Ringraum zwischen den beiden Rohren zur Bohrkrone geleitet. Diese räumliche Trennung vermeidet größtenteils die Schädigung des Kerns.

Nach Art der Innenrohrlagerung kann bei den Doppelkernrohren folgende Unterscheidung getroffen werden:

- Kernrohre mit starr befestigtem Innenrohr
- Kernrohre mit gelagertem Innenrohr.

Bei der zweiten Version ist das Innenrohr im oberen Bereich mit einem Drucklager gegen das Mantelrohr gelagert. Aufgrund der Reibung zwischen Innenrohr und Kern wird die Rotation des Innenrohres vermieden, die mögliche Schädigung also noch weiter verringert.

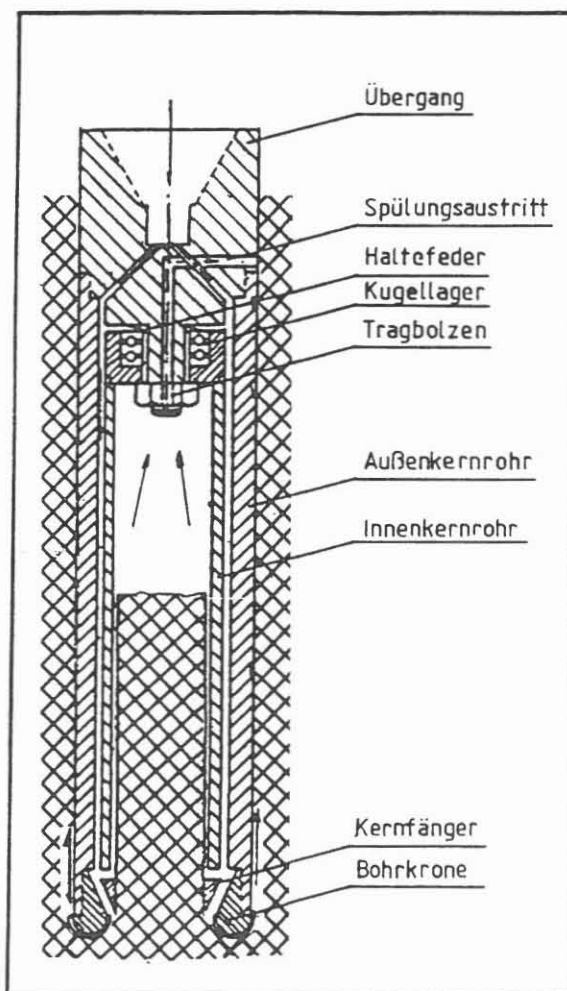


Abb. 5: Doppelkernrohr

Um die immensen Roundtrip-Zeiten der o.g. Systeme zu vermeiden, wurde das Seilkernverfahren entwickelt, dessen Aufbau dem Doppelkernrohr ähnlich ist.

Zu Beginn eines jeden Kernmarsches wird ein leeres Innenrohr in den Bohrstrang eingeworfen. Dieses Rohr verriegelt sich beim Auftreffen im untersten Teil des Bohrstranges.

Am Ende eines jeden Kernmarsches wird das Innenrohr mit dem Kernfänger und dem Kern von der Bohrlochsohle mittels einer Fangvorrichtung durch das Gestänge zu Tage transportiert. Die Fangvorrichtung (Overshot) verriegelt sich selbsttätig im oberen Teil des Innenrohres, nachdem es mit einem Seil durch das Gestänge hinabgelassen wurde. Über Tage muß eine entsprechende Windeneinrichtung vorhanden sein. Auf diese Weise muß der Bohrstrang nur noch zum Kronenwechsel gezogen werden.

Ein Ventilsystem sorgt für eine abrupte Verringerung des Spülungsstromes, sobald der Kern das Innenrohr ausfüllt. An den übertägigen Manometern ist dann der Zeitpunkt ersichtlich, an dem die Fangeinrichtung eingesetzt werden muß.

Den wesentlichen Vorteilen, Erhöhung der Nettobohrzeit und hohes Kernausholen, stehen beim Wireline-Verfahren folgende Nachteile gegenüber:

- hohe Anschaffungskosten
- komplizierter technischer Aufbau
- geringer Kerndurchmesser, da das Innenrohr das Bohrgestänge durchfahren muß
- die gewinnbare Kernlänge ist auf etwa 9,1 m je Kernmarsch beschränkt.

Des Weiteren ist darauf zu achten, daß der Einsatz dieses Gerätes nur dann sinnvoll ist, wenn die Kronenstandlänge größer als die Nutzlänge des Kernrohres ist.

Vorherrschendes Verfahren bei den betrachteten Bohrungen war das Seilkernbohrverfahren. Tab. 2 gibt einen kurzen Überblick über die bei der beispielhaft ausgewählten Bohrung Höhensteinweg eingesetzten Kernbohrsysteme.

- 4,30 m	ø 210 mm	Einfachkernrohr	1,5 m lang
- 17,00 m	ø 172 mm	Doppelkernrohr	3,0 m lang
- 40,00 m	ø 142 mm	Doppelkernrohr	3,0 m lang
- 419,00 m	ø 92 mm	Wireline	3,0 m lang
- 925,00 m	ø 73 mm	Wireline	3,0 m lang

Tab. 2: Bohrleistungen bei der Bohrung Höhensteinweg

Diese Bohrung zeigte in etwa die gleichen Bohrerergebnisse wie andere Bohrungen, die in der Oberpfalz hauptsächlich zu Uranexplorationszwecken abgeteuft worden sind. Die im Rahmen von Explorationsbohrprogrammen abgeteuften Bohrungen hatten im allgemeinen eine Teufe von nicht mehr als 1.000 m.

Bei den hier durchteuften Gneisen kamen ab einer Teufe von ca. 40 m Seilkernbohrsysteme zum Einsatz. Bei mittleren Standlängen von 18,95 m im Durchmesserbereich HQ (Kronendurchmesser: 95,6 mm) bzw. 29,76 m im NQ (Kronendurchmesser: 75,3 mm) wurden Bohrgeschwindigkeiten von 1,22 m/h (HQ) und 0,99 m/h (NQ) erzielt. Die Drehzahlen lagen je nach Durchmesser zwischen 400 U/min und 500 U/min.

Der Vergleich mit anderen Bohrungen zeigte, daß das Seilkernbohrverfahren bei größeren Teufen und teilweise stark zerklüftetem Gestein gegenüber dem Kernbohren mit Einfach- bzw. Doppelkernrohren das günstigere Bohrverfahren ist. Dies gilt auch für den bei Forschungsbohrungen besonders relevanten Kerngewinn. Ein Kerngewinn von 90 - 95 % war in kristallinen Formationen durchaus erreichbar.

Die Auswertung der Bohrleistungen im Hinblick auf die Auswahl optimaler Diamantkernbohrkronen ergab, daß eine Aussage, ob imprägnierte oder oberflächengesetzte Bohrwerkzeuge vorteilhafter sind, auf Grundlage der erzielten Bohrgeschwindigkeiten und Standzeiten allein nicht möglich ist. Hierzu sind weitergehende Untersuchungen, die auch die Einhaltung optimaler Bohrparameter (z.B. Andruck, Drehzahl, Spülrate) berücksichtigen, sowie Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen erforderlich.

4 BOHRERFAHRUNGEN IN GEOTHERMALPROJEKTEN

Beim Bohren nach geothermalen Lagerstätten sind die wichtigsten Unterschiede gegenüber Erdöl- und Erdgasbohrungen:

- bei fast allen geothermischen Bohrungen ist der angetroffene Gebirgs- bzw. Lagerstättendruck niedrig (ausgenommen Druckwassersysteme)
- im Bohrloch treten oft mineralhaltige, aggressive Dämpfe oder Flüssigkeiten auf
- die zu bohrenden Gesteine sind häufig eruptiven oder metamorphen Ursprungs
- die Bohrlochtemperaturen sind schon in geringer Teufe höher, als es der normalen geothermischen Tiefenstufe entspricht.

Es wurden sowohl Geothermalbohrungen in kristallinen Formationen im Rahmen von Hot-Dry-Rock-Projekten (Cornwall, Los Alamos, Französisches Zentralmassiv) als auch Bohrungen in sedimentären Formationen (Italien) ausgewertet.

Das in dem Geothermalfeld Lardarello (Italien) anstehende Gestein war zum Teil so stark zerklüftet, daß während des Bohrens eine Abdichtung der Bohrlochwand in Verlustzonen wirtschaftlich nicht möglich war. Aus Kostengründen wurde daher eine Wasserspülung eingesetzt, die nicht zur Tagesoberfläche zurückkehrte (verlorene Spülung). Hohe Temperaturen (400° C) und starke Korrosion im Bohrloch führten zu Brüchen des Bohrgestänges.

Die besten Bohrleistungen erzielten im Feld Lardarello die Warzenmeißel F 3 und F 4 der Fa. Smith Tool. Die Lebensdauer dieser Meißel lag bei ca. 20 h bei mittleren Bohrfortschritten von 3 - 4 m/h. Alle ausgebauten Meißel wiesen starken Kaliberver-schleiß auf.

Die Bohrungen im Rahmen von Hot-Dry-Rock-Projekten bestätigten die Feststellung, daß Warzenmeißel für harte und abrasive Formationen gut als Bohrwerkzeuge geeignet sind. Probleme traten bei der Temperaturbeständigkeit der Lagerdichtungen und beim Kaliberschutzauf.

Die vielfach für den Einsatz in Verbindung mit Bohrlochsohlenantrieben ausgelegten Diamantmeißel erbrachten beim reinen Leistungsbohren keine guten Ergebnisse.

Die Untersuchungen zeigten ferner, daß sich der Bohrfortschritt durch den Einsatz von Bohrlochsohlenmotoren in Verbindung mit Rollenmeißeln erhöhen läßt. Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz von Bohrlochsohlenantrieben sind eine geeignete Drehmoment-Drehzahl-Charakteristik sowie eine ausreichende Temperaturbeständigkeit der in den Bohrlochsohlenmotoren verwendeten Elastomere. Hier könnten Entwicklungsarbeiten im Hinblick auf die KTB ansetzen.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Die Auswertung der Bohrerfahrungen im Hartgestein zeigte, daß mit Hilfe der Seilkernbohrtechnik bei kleinen Bohrlochdurchmessern sowie mit Hilfe der Rotarybohrtechnik bei großen Bohrlochdurchmessern kristalline Formationen durchteuft werden können.

Als alternatives Verfahren zum Rotarybohren bietet sich gerade für harte und spröde Formationen das Schlagende Bohren an. Die Einsatzfähigkeit dieses Bohrsystems ist derzeit aber bei großen Bohrlochdurchmessern noch nicht gegeben.

6 LITERATURVERZEICHNIS

- ADAMS, P. (1985): Persönliche Mitteilung von Herrn P. Adams, Fa. Deilmann-Haniel, Dortmund
- BATCHELOR, A.S. (1984): Geothermal Energy Project, Well Drilling and Casing, Volume 2, General Report
- BERTINI, G. (1980): Deep exploration in Larderello field: Sasso 22 Drilling venture, Proceedings of the Second International Seminar on the Results of EC Energy Research, Strasbourg
- BGR (1985): Unterlagen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
- CHRISTENSEN (1985): Unterlagen der Fa. Christensen, Celle
- GROSSEKEMPER, H.J. (1985): Konstruktionsmerkmale und erste Erfahrung beim Einsatz von Richtbohrmeißeln, Interne Mitteilung der Fa. Thyssen-Schachtbau, Mülheim, Ruhr
- HOMRIGHAUSEN (1985): Persönliche Mitteilung von Herrn Dr. Homrighausen, Fa. Prakla-Seismos, Uetze
- MERTENS, V.; WALUSSEK, H. (1984): Selbsttätig steuerndes Zielbohrsystem, Glückauf 120, Nr. 13, S. 819-822
- N.N. (1985): Blindhole boring at Vaal Reefs South, J.S.Afr. Min. Metall., Vol. 85, No. 11, S. 406
- N.N.: Sandvik-Coromant, Handbuch Gesteinsbohren, Bohrstahlanwendung, Kap. 12180:11
- N.N.: Down-the-hole drilling with COP-Drills, mining and construction methods, Druckschrift der Fa. Atlas Copco, Druck Nr. 15313 a, S. 30-34
- N.N.: Operating instructions with description for foaming concentrate DFA 51, Foam Stabilizer C, Atlas Copco, Druck Nr. 20200 a
- SCHÄDLE (1985): Persönliche Mitteilung von Herrn Schädle, Fa. Prakla-Seismos, Woringen
- SMITH TOOL (1985): Unterlagen der Fa. Smith Tool, Celle
- TENGELMANN, F. (1986): Auswertung von Bohrerfahrungen aus Bohrungen im Festgestein im Hinblick auf die KTB, Diplomarbeit am Institut für Bergbaukunde III

VINCENT, R.P.; WILDER, L.B. (1969): Penetration rate boosted by mud-powered percussion tool, World Oil, S.75-78

WEBER, S.(1977): Neuzeitliche Imloch-Hämmer und ihre Verwendungsmöglichkeiten beim Abteufen von Wasserbohrungen, Bergbau, S. 178-180

WIEBE (1985): Persönliche Mitteilung von Herrn Wiebe, Fa. Schwing Hydraulik, Herne