

"Stand und Ergebnisse der technischen Projekte sowie Schwerpunkte der weiteren F- und E-Aktivitäten"

A. Sperber & L. Wohlgemuth (Hannover)

1. SCHWERPUNKTE UND STAND DER BISHERIGEN F- UND E-ARBEITEN

In der Vorbereitungsphase I des KTB wurden von den fünf ehemaligen ARGE'n wichtige Vorarbeiten zur Eingrenzung der erforderlichen Arbeiten auf Schwerpunkte geleistet; für den Bereich Technik sind hier insbesondere die ARGE 1, "Bohrtechnik", und die ARGE 3, "Probeentnahme", zu nennen.

Aus dem Abschlußbericht der ARGE 1 "Bohrtechnik" der dem Arbeitszeitraum April 1985 bis März 1986 umfaßte, geht als Fazit hervor, daß den folgenden in Tabelle 1 dargestellten Aufgabebereichen besonders hohe Priorität beigemessen wurde.

Tab. 1

1. Vertikalität, insbesondere des oberen Bohrlochabschnittes bis 3000 m.
2. Maßnahmen zur Erhöhung der Effektivität beim Bohren in Hartgestein.
3. Maßnahmen zur Reduzierung des Verschleißes an untertägigen Bohrwerkzeugen.
4. Entwicklung von Bohrmotoren mit niedriger Drehzahl und hoher Temperaturbeständigkeit.
5. Temperaturstabile Bohrspalungen bis 350 C.
6. Vermeidung von axialen Bohrstrangschwingungen.

**Aufgabebereiche mit besonders hoher Priorität
(aus Sicht der ehem. ARGE 1 "Bohrtechnik")**

KTB

Die ARGE 3 "Probeentnahme" bildete sechs Arbeitsgruppen, die die in Tabelle 2 dargestellten Themen behandelten.

Tab. 2

| Thema | Aufgabe |
|--|---|
| 1) Kerngewinnung | Statusbericht |
| 2) Zuflußteste und Fluid- probennahme | Statusbericht |
| 3) Messen während des Bohrens | Statusbericht |
| 4) Erfassung und Vorverarbeitung von Meßprozeßdaten | Statusbericht |
| 5) Stoffliche Bilanzierung der Spalung | Statusbericht und Konzeption eines Meßsystems |
| 6) S- und P-Wellen-Messung während des Bohrens (bitnoise) | Entwicklung v. Meß- sonden, Unters. zur Störgeräuschunterdr., Konz.entw. f. Meßsyst. |

**Aufgaben der 6 AGRUs innerhalb der
ARGE 3 "Probeentnahme"**



T 1141/1.88

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung

Aufbauend auf den Arbeiten dieser ARGEn wurde ein F- und E-Konzept für den technischen Bereich des KTB entwickelt. Unter Berücksichtigung der Personalkapazität, der Prioritäten und des voraussichtlichen Projektbearbeitungszeitbedarfs wurden die notwendigen Projekte in einzelne "Pakete" zusammengefaßt, beantragt und bearbeitet.

Die bisher bewilligten Projekte sowie deren Bearbeitungsstand sind aus der nachfolgenden Tabelle 3 ersichtlich.

Tab. 3

| TITEL | LAUFZEIT | STATUS |
|---|----------|---|
| Studie Bohrplatzoptimierung | 86 - 87 | abgeschlossen |
| Grundlagen der Gesteinszerstörung | 86 - 88 | Bearbeitung im Zeitplan |
| Evalulierung Bohrungen im Hartgestein | 86 | abgeschlossen |
| Bohrverfahren Vorbohrung | 86 - 87 | abgeschlossen |
| Untersuchung von Bohrspaltungen für die KTB-VB | 87 | abgeschlossen |
| Untersuchung der besonderen Anforderungen an hydraulische Tests in der Vorbohrung | 87 | fast abgeschlossen, Zwischenbericht liegt vor |
| Bohranlagenkonzept KTB-HB (Neubau) | 86 | abgeschlossen |
| Optimierung Bohranlage KTB-HB (Umbau) | 86 | abgeschlossen |
| Studie Bohrlochhydraulik und -kontrolle | 86 - 87 | fast abgeschlossen, teilw. vorl. |
| Studie Richtungskontrolle, Havarie, Casingverschleiß | 86 - 87 | fast abgeschlossen, Entwurf liegt vor |
| Studie Zielbohrstange | 86 - 87 | abgeschlossen |
| Studie Entwicklungsmöglichkeiten eines hydraulischen Bohrlochhammers | 87 | fast abgeschlossen |
| Studie Kernbohrtechnik, Vorwärtskernen | 86 - 87 | fast abgeschlossen |
| Studie Seltenerkerntechnik | 86 | abgeschlossen |
| Studie Untertageantriebe | 86 - 87 | fast abgeschlossen |
| Studie Werkstoffauswahl Bohrgestänge KTB-HB | 86 - 87 | fast abgeschl, Entw. liegt vor |
| Bohrstranguntersuchung/Rohrpräfanlage | 86 - 89 | Bearbeitung im Zeitplan |
| Untersuchung der Möglichkeiten zur Sammlung und Auswertung von Meßwerten aus dem Bohrlochsohlenbereich durch Bit-Noise-Analysen | 87 | abgeschlossen |
| Feststoffkontrolle und Entsorgung hochtemperaturbelastbarer Spaltungen | 86 - 89 | Bearbeitung im Zeitplan |

Gesamtübersicht der bewilligten F- und E-Projekte KTB-FB Technik

Ein Vergleich der Projektthemen mit den vorher gezeigten Schwerpunktthemen aus Sicht der ehemaligen ARGE'n mit den F- und E-Projekten spiegelt gleichzeitig auch die große Übereinstimmung der Prioritätseinschätzungen zwischen den ARGE-Mitgliedern und der Projektleitung "Technik" wieder.

2. ERSTE ERGEBNISSE UND IHR EINFLUSS AUF DAS KTB

Lassen Sie mich kurz auf einige wichtige Ergebnisse der bisherigen F- und E-Projekte und deren Einfluß auf die technische Durchführung des KTB eingehen. Dabei möchte ich lediglich unterscheiden zwischen Projekten mit Relevanz für die Vorbohrung oder die Hauptbohrung.

- Auswahl des Bohrverfahrens für die KTB-Vorbohrung -

Im Rahmen des Projektes "Auswertung von Bohrerfahrungen im Hartgestein" wurden alle kommerziell im Hartgestein angewendeten Bohrtechniken auf ihre Anwendungsmöglichkeit im Rahmen des KTB untersucht. Diese Untersuchungen schloßen sowohl Kernbohrtechniken als auch Vollbohrtechniken inklusive Bohren mit Imlochhämmern ein und umfaßten die gesamte Durchmesserpalette vom Sprenglochbohren bis zum Schachtbohren.

In dem Projekt "Vergleichende Untersuchung unterschiedlicher Kernbohrverfahren" wurden die Ergebnisse des vorgenannten Projektes berücksichtigt und darauf basierend die Kernbohrverfahren auf ihre spezifischen Einsatzgrenzen und ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht.

Als Ergebnis dieser beiden Projekte kann zusammenfassend festgestellt werden, daß für große Bohrlochdurchmesser, die sofort gekernt werden sollen, die Rotary-Kernbohrtechnik zu bevorzugen ist, während für kleinere Durchmesser zum kontinuierlichen Kernern die Seilkernbohrtechnik mit schmallippigen, schnellaufenden Diamantbohrkronen die technisch und wirtschaftlich günstigste Alternative darstellt.

Basierend auf diesen eindeutigen Ergebnissen der Untersuchungen entschloß sich die Projektleitung, in Anbetracht des für die Durchführung des umfangreichen Meßprogramms benötigten Mindestbohrlochdurchmessers von ca. 6" einen völlig neuen Seilkernbohrstrang zu konzipieren, der verfahrensspezifisch für den geforderten Durchmesser optimiert wurde.

Die mit dem realisierten Konzept in der Vorbohrung bisher erzielten Ergebnisse sind in Tabelle 4 im Vergleich zu Ergebnissen aus anderen Hartgesteinskernbohrungen dargestellt.

- Feststoffkontrolle und Spülung -

Eine stoffliche Bilanzierung der Spülung, wie sie von der ehemaligen ARGE 3 postuliert wurde, erfordert eine möglichst vollständige Entfernung der erbohrten Feststoffe aus der Umlaufspülung. Darüberhinaus hat die Güte der Feststoffkontrolle einen entscheidenden Einfluß auf das Verschleißverhalten des eingesetzten bohrtechnischen Equipments.

Die bisherigen Untersuchungen haben eindeutig gezeigt, daß eine optimierte Feststoffkontrolle die spezifischen Eigenschaften einer Bohrspülung und die vom eingesetzten Bohrverfahren abhängigen verfahrensspezifischen Volumenströme berücksichtigen muß. Abhängig von der verwendeten Spülung scheiden einige Verfahren der Feststoffkontrolle aus verfahrenstechnischer Sicht aus, andere

Tab. 4

| | Bohrung | Bohrfortschritt [m/h] | Standlänge [m] | Zerstörungs- fläche [cm ²] |
|---|--|--------------------------|-------------------|---|
| Erdölbohren | Böttstein | 0,52 | 14,2 | 134 |
| | Weiach | 0,48 | 13,2 | 134 |
| | Urach | 0,58 | 11,1 | 282 |
| | KTB Oberpfalz VB (10 5/8" Rollenbohrkronen) | 1,17 | 50,0 | 491 |
| Bergbaubohren | Kaisten | 1,11 | 15,1 | 84 |
| | Leuggern | 1,25 | 12,7 | 97 |
| | KTB-Vorerkundg. Schwarzwald/ Oberpfalz | 0,98 | 34,5 | 66 |
| | KTB Oberpfalz VB (6") | 1,70 | 34,1 | 113 |
| Bohrergebnisse Hartgestein (Kernbohren) im Vergleich zu KTB Oberpfalz VB | | | | KTB |

T 1149/1.88

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung

wiederum, weil sie für den Einsatz im Bohrbetrieb mit zum Teil stark schwankenden Feststoffgehalten und Volumenströmen nicht geeignet sind oder auch aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus nicht eingesetzt werden können.

Das im Rahmen der F- und E-Aktivitäten, die auch Untersuchungen von Bohrspülungen für die KTB-Vorbohrung umfaßte, ausgewählte Spülungssystem, auf das in einem der folgenden Vorträge von Herrn Engeser näher eingegangen wird, bietet aufgrund seiner Zusammensetzung jedoch sehr gute Voraussetzungen für eine effektive Feststoffkontrolle mittels Zentrifugen in Verbindung mit einem vorgeschalteten feinmaschigen Schüttelsieb.

Diese aufeinander abgestimmte Geräteanordnung wird z.Zt. auf der Vorbohrung eingesetzt. Die Effektivität ist in der Seilkernbohrphase so gut, daß mit den üblichen Feldmethoden (Eindampfen) kein Feststoffgehalt über dem Anteil des eingesetzten Spülungsproduktes Dehydril HT, das z.Zt. einen Anteil von ca. 1% von der Spülung einnimmt, mehr nachweisbar ist.

Die mittels Zentrifuge abgeschiedenen Feststoffe waren von stichfester Konsistenz. Korngrößenanalysen der aufbereiteten Bohrspülung sind nur noch mit Laserpartikelmeßgeräten oder ähnlich aufwendigen Meßverfahren möglich.

Ein weiterer Schwerpunkt der F- und E-Aktivitäten lag naturgemäß von Beginn an auf der Hauptbohrung mit ihren technisch und wissenschaftlich sehr hochgesteckten Zielen, die für eine rechtzeitige Realisierbarkeit umfangreiche notwendige Entwicklungen bereits im Vorfeld aufzeigt. Auch hier seien die wichtigsten Ergebnisse kurz skizziert.

- Bohrverfahren für die Hauptbohrung -

Die "Auswertung der Bohrungen im Hartgestein" zeigte auch, daß mit schlagendem Bohrverfahren eine erheblich effektivere Gesteinszerstörung möglich ist als mit konventionellem Rotary-Bohrverfahren; dies wurde ebenfalls auch bestätigt durch die "Untersuchungen zu den Grundlagen der Gesteinszerstörung".

Diese ersten Anhaltspunkte führten zu der "Untersuchung über die Entwicklungsmöglichkeiten eines hydraulischen Bohrlochhammers", auf dessen Ergebnisse ich hier jedoch nicht näher eingehen möchte, da Herr Prof. Marx im folgenden Vortrag diesen Themenkomplex wegen seiner grundlegenden Bedeutung separat behandelt.

- Kernbohren und Untertageantriebe -

Die Untersuchungen im Rahmen des F- und E-Projektes "Kernbohrtechnik Vorwärtskernen" ergaben, daß für die Hauptbohrung mit ihren großen erforderlichen Bohrlochdurchmessern die Entwicklung von sogenannten "Hybrid-Kernbohrsystemen" die besten Voraussetzungen bieten.

Ein solches System, wie es im Ocean Drilling Programm (ODP) mit Erfolg eingesetzt wurde, zeigt die Abb. 1.

Für die Hauptbohrung möglich und von der Projektleitung favorisiert scheint ein System, das es erlaubt, sofern das Gebirge dazu geeignet ist, mit Rollenbohrkronen kernend ein Vollmaßbohrloch herzustellen. Bei gebirgsbedingtem unbefriedigendem Kerngewinn wird das Innenkernrohr am Seil gezogen und ein aus der Rollenbohrkrone heraus voreilendes Kernbohrsystem mit schnellaufender Krone und Antrieb durch Downhole-Motor eingelassen, das auch bei schlecht kernbarem Gebirge einen guten und schnellen Kerngewinn ermöglicht.

Bei Betrieb mit voreilendem Kernbohrsystem muß allerdings das Pilotkernbohrloch nachfolgend noch mit der Rollenbohrkrone auf Vollmaß erweitert werden.

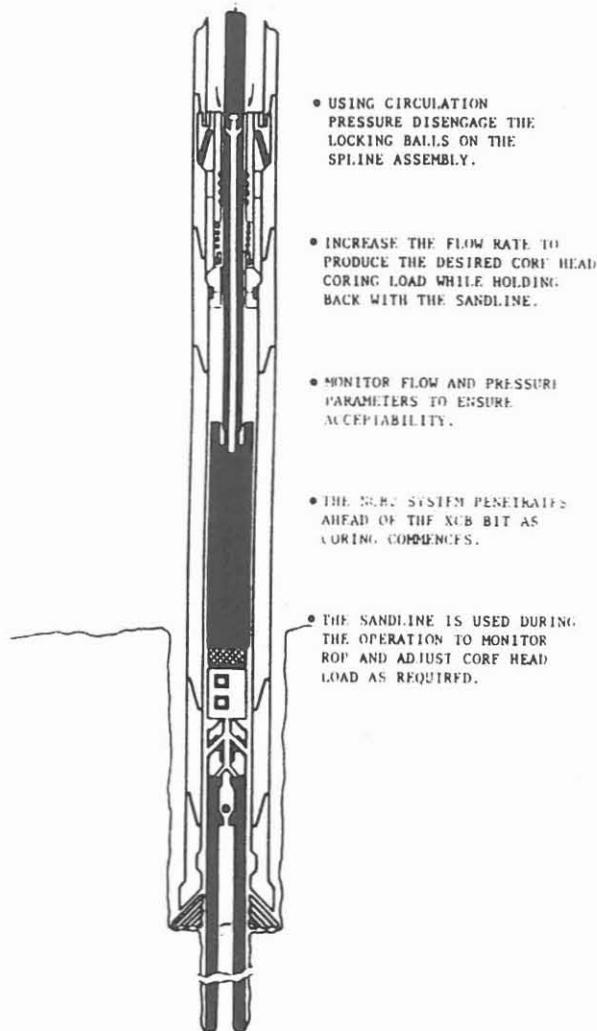
Die in solchen Hybridsystemen zum Einsatz vorgesehenen Downhole-Motoren unterliegen natürlich nahezu den gleichen Druck- und Temperaturbedingungen wie Downhole-Motoren, die zum Vollmaßbohren benutzt werden sollen.

Auf eine separate Entwicklung von Downhole-Motoren großen Durchmessers kann daher aus werkstofftechnischer Sicht verzichtet werden; lediglich eine Anpassung an den bohrwerkzeugbedingten optimalen Drehzahlbereich ist erforderlich.

NAVI-DRILL CORE BARREL (NCB2)
OPERATIONAL SEQUENCE

Abb. 1

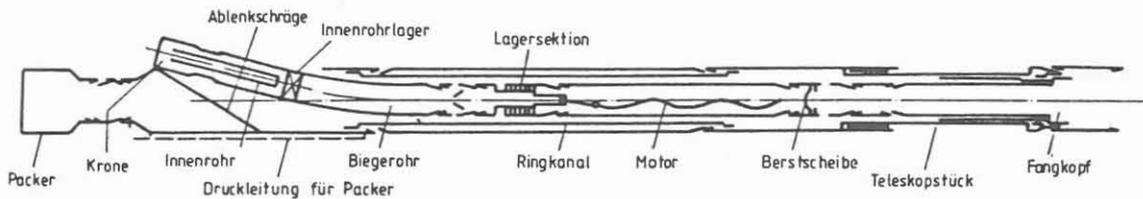
CORING AHEAD



Die Untersuchungen zu den Möglichkeiten, aus einem bereits erbohrten Bohrlochabschnitt nachträglich noch Kerne zu gewinnen, zeigten, daß die heute kommerziell verfügbaren "Seitenkernbohrverfahren" nicht geeignet sind, die KTB-spezifischen Anforderungen an Größe, Form und Güte des Kernmaterials zu erfüllen.

Hier bietet sich stattdessen an, das ursprünglich für Einsatz in Erdöl- und Erdgasbohrungen entwickelte Seitenkernbohrsystem, wie es in Abb. 2 wiedergegeben ist, für Einsätze in Hartformationen zu modifizieren.

Abb. 2



Seitenkernsystem des ITE mit integriertem Bohrmotor

- Bohrstrang -

Die "Untersuchung zur Werkstoffauswahl des Bohrstranges für die Hauptbohrung" ergab überraschenderweise, daß Leichtmetallwerkstoffe aus Aluminium-, Magnesium- oder Titanlegierungen in erster Linie schon wegen des bei Temperaturen über ca. 150°C wirksam werdenden Festigkeitsabfalls im unteren Bereich des Stranges nicht eingesetzt werden können; außerdem sind diese Werkstoffe zum Teil extrem korrosionsanfällig.

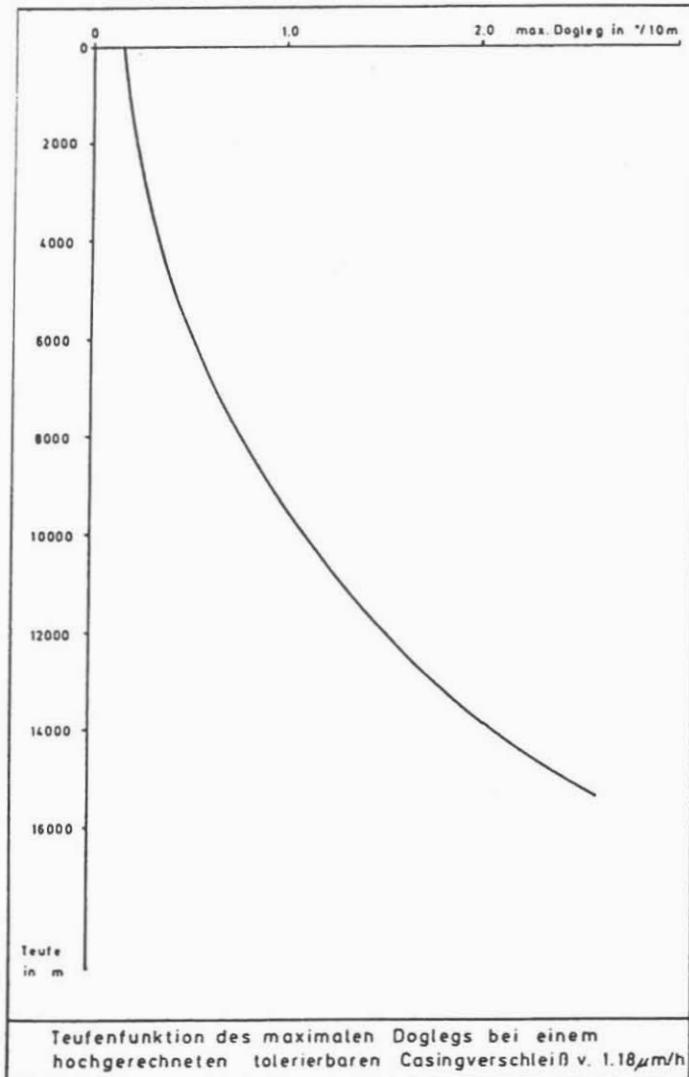
Alle infrage kommenden Strangmaterialien, also niedriglegierte Vergütungsstähle oder hochlegierte Stähle, sind aufgrund der außerordentlich hohen mechanischen Belastung im oberen Strangteil erhöht schwingungsrißkorrosionsgefährdet, falls Bohrlochverlaufsänderungen von mehr als 1° pro 100' in Verbindung mit Korrosionsangriff z.B. durch Sauerstoff auftreten.

- Vertikalität des Bohrlochs -

Neben der Werkstoffstudie, die den Einfluß des Krümmungsradiuses aus werkstofftechnischer Sicht betrachtete, folgt auch aus der "Untersuchung zur Richtungskontrolle und des Casingverschleißes" die Notwendigkeit, das Bohrloch insbesondere im oberen Abschnitt so senkrecht wie möglich abzuteufen. Im übrigen deckt sich dies auch mit den weltweiten Erfahrungen aus übertiefen Bohrungen wie auch eingangs schon von Herrn Prof. Rischmüller in seinem Übersichtsvortrag erwähnt.

Abb. 3 gibt die max. zulässige Richtungsänderung (dogleg-severity) unter Vorgabe eines bestimmten zulässigen Casingverschleißes als Funktion der Teufe wieder.

Abb. 3



- Bohranlagenkonzept -

Die Untersuchungen zu den Möglichkeiten des Einsatzes eines optimierten Neubaues bzw. eines optimierten Bohranlagenumbaues führten zu einem Bohranlagenkonzept, das sich in einigen Punkten grundlegend von heute verfügbaren Bohranlagen unterscheidet.

Die wichtigsten Punkte seien hier kurz genannt:

- Handhabbarkeit von 40 m - Gestängezügen
- automatisches Pipehandling-System
- verfahrbare Gestängeabstellböcke
- 4 000 PS - Hebewerk
- Topdrive-System
- vollelektrischer Antrieb der Bohranlage
- vollständige Verkleidung von Turm und Unterbau

3. SCHWERPUNKTE DER WEITEREN F- UND E-ARBEITEN

Entsprechend den bisherigen Ergebnissen der F- und E-Arbeiten und der Erfahrungen aus dem Verlauf der Vorbohrung sind die Schwerpunkte der weiteren F- und E-Aktivitäten auf den in Tab. 5 gezeigten Themenkreisen zu sehen.

Tab. 5

| | |
|--|------------|
| <ul style="list-style-type: none">- Vertikales Abteufen der Hauptbohrung- Entwicklung eines hydraulischen Bohrlochhammers- Entwicklung optimierter Kernbohrsysteme- Optimierung von Bohrwerkzeugen- Entwicklung eines optimierten Bohrstrangs- Gewinnung bohrtechnischer Daten von Bohrlochsohle- Entwicklung von Verfahren und Geräten für hydraulische Tests | KTB |
| Schwerpunkte der weiteren F + E - Arbeiten im technischen Bereich des KTB | |

T 1154/1.88 Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung

4. NEUE PROJEKTE UND IHRE ZIELE

Basierend auf den in Tab. 5 genannten Schwerpunkten werden die in nachfolgender Tab. 6 genannten Projekte zum Erreichen der Ziele des KTB als erforderlich angesehen:

Ziel der ersten beiden Projekte ist es, eine strenge Vertikalität insbesondere der oberen, nicht zu kernenden Bohrlochabschnitte der Hauptbohrung sicherzustellen, sowohl bei Einsatz neuer Bohrtechniken als auch bei Einsatz der konventionellen Rotary-Technik.

Hier gibt es einige sehr interessante Lösungsansätze sowohl für passive als auch aktive, d.h. selbsttätig steuernde Systeme, die zum Teil bereits erste Feldeinsätze erfolgreich abgeschlossen haben, allerdings noch für die KTB-spezifischen Einsatzbedingungen modifiziert werden müssen.

Als Beispiel möchte ich hier die in Abb. 4 gezeigte selbständig steuernde Zielbohrstange nennen, die gerade zur Zeit im Rahmen des Projektes "Kraftwerk Uttendorf 2" in Österreich einen rund 600 m

Tab. 6

| | |
|---|---|
| <p>Entwicklung und Bau eines steuerbaren hydraulischen Bohrhammers.</p> <p>Entwicklung eines Konzeptes zur Optimierung der Richtungs- und Neigungskontrolle und der Minimierung des Casing-Verschleißes für die KTB-HB bei Einsatz konventioneller Bohrtechnik.</p> <p>Entwicklung und Bau von optimierten Kernbohrsystemen inkl. erforderlicher Untertageantriebe.</p> <p>Entwicklung und Optimierung von Bohrwerkzeugen für die speziellen Anforderungen der KTB-HB.</p> <p>Entwicklung eines speziellen Bohrgestänges für die KTB-HB mit verschleißoptimierten tool joints.</p> <p>Entwicklung von Geräten zur zerstörungsfreien Bohrstrangprüfung während Roundtrips und Optimierung der Stranghandhabung.</p> <p>Modifikation von verfügbaren MWD-Systemen für die Anforderungen der KTB-HB.</p> <p>Sammlung und Auswertung von Meßwerten aus dem Bohrlochsohlenbereich durch Bit-Noise-Analysen.</p> <p>Untersuchung der besonderen Anforderungen an hydraulische Tests in der Hauptbohrung.</p> | |
| <p>Neue F + E - Projekte im technischen Bereich des KTB</p> |  |

T 1152/1.88

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung

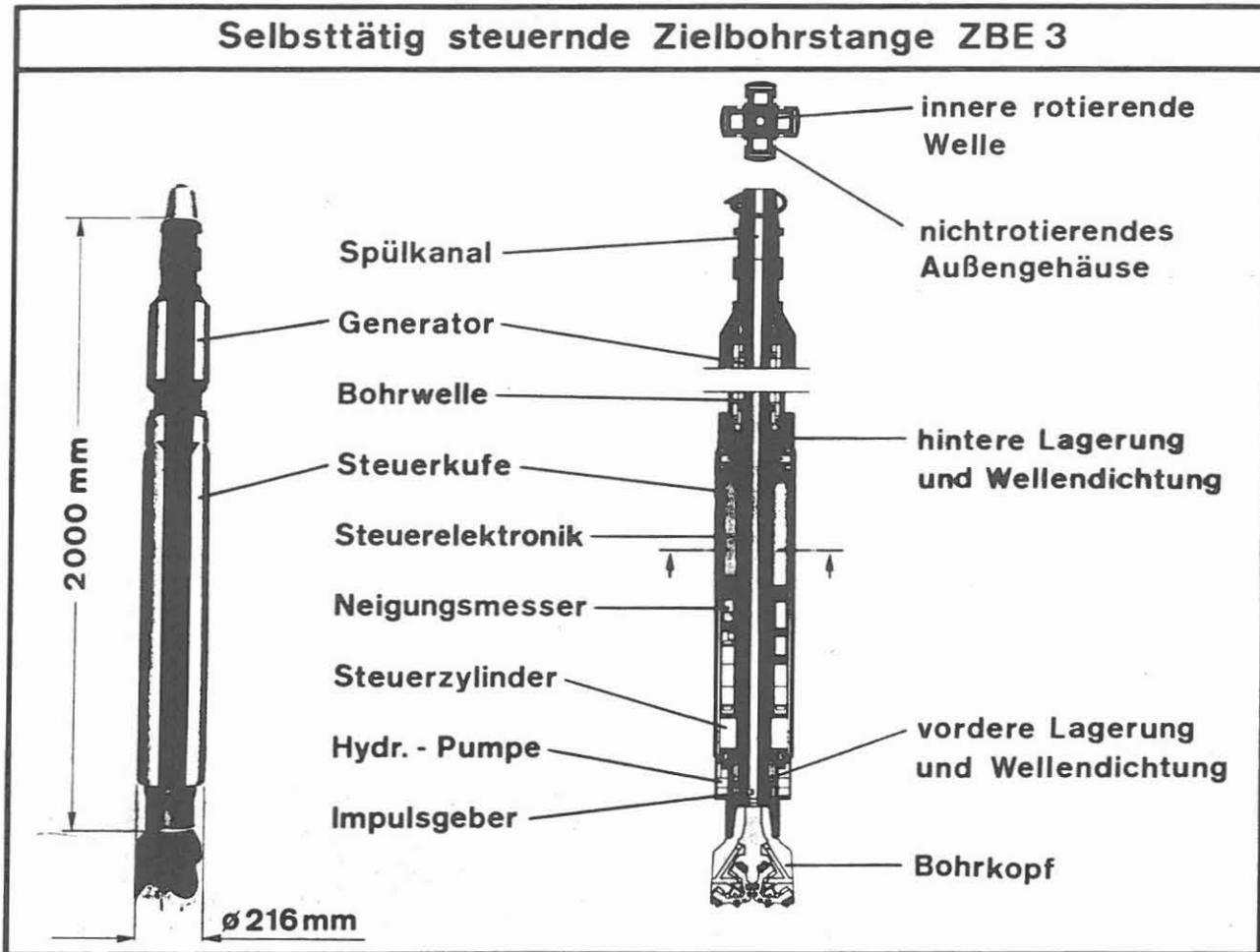
tiefen Lotschacht abteuft. Dabei wird ein Pilotloch von 8½" gebohrt, das im gleichen Arbeitsgang mit einem einige Schwerstangen oberhalb der Zielbohrstange eingebauten hole opener auf 12¼" erweitert wird.

Das Projekt "Entwicklung und Bau von optimierten Kernbohrsystemen" hat zum Ziel, für die anteilmäßig zu kernenden Bohrstrecken in der Hauptbohrung effiziente Kernbohrsysteme zu Verfügung zu stellen, die sowohl das Kernbohren als auch die Kerngewinnung von Sohle beschleunigen und zudem noch Kerne guter Qualität liefern. Entsprechende Lösungsansätze wurden bereits im vorigen Kapitel erwähnt.

Die "Entwicklung und Optimierung von Bohrwerkzeugen für die speziellen Anforderungen der KTB HB" muß besonders auf die Effektivität des Gesteinszerstörungsprozesses sowie auf die Erhöhung der Standzeiten und Verbesserung des Kaliberschutzes gerichtet sein.

Auch hier gibt es bereits interessante Ansätze wie z.B. mit polykristalliner Diamantbeschichtung versehene Warzen und Gleitlager von Warzenmeißeln.

Abb. 4



Im Rahmen des Projektes "Entwicklung eines speziellen Bohrgerätes für die KTB Hauptbohrung mit verschleißoptimierten Tool Joints" soll ein technisch-wirtschaftlich optimierter Bohrstrang entwickelt werden, der es ermöglicht, die angestrebte Endtiefe zu erreichen und das Ziehen von Innenteilen der Hybrikkernbohrsysteme erlaubt. Dementsprechend ist ein Innendurchgang auch im Tool Joint - Bereich von ca. 4" erforderlich.

Weiterhin sind Anordnung und Materialauswahl des Verschleißschutzes im Tool Joint - Bereich zu optimieren, so daß einerseits die Rohrtouren geschont werden und andererseits die Tool Joints vor abrasivem Gebirge geschützt sind.

Mit dem nächsten Projekt der Liste sollen die technischen Möglichkeiten geschaffen werden, bestimmte Bohrstranginspektionen - z.B. Messung des Verschleißes durch Abrieb - während jedes Roundtrips ohne zusätzlichen Zeitbedarf durchführen zu können. Gleichzeitig ist die Optimierung der gesamten Stranghandhabung und insbesondere des Abfangens angestrebt, da bei den erforderlichen hochfesten Bohrstrangmaterialien ein Abfangen mit heute üblichen Keilen wegen der Kerbwirkung der Abfangmesser ausscheiden dürfte. Die hierfür erforderlichen Geräte sind in das Bohranlagenkonzept einzufügen.

Insbesondere mit zunehmender Bohrteufe werden die Gewinnung von bohrtechnischen Daten von der Sohle zur Beurteilung des Bohrungsverlaufs, des Bohrwerkzeugzustandes und der effektiv auf Sohle wirksamen Bohrparameter, wie Last auf Meißel und Drehmoment am Meißel, von großer Bedeutung. Dieses Ziel verfolgen mit unterschiedlichen Ansätzen die beiden Projekte "Modifikation von verfügbaren MWD-Systemen" und "Sammlung und Auswertung von Bit noise".

Letzteres stellt ein echtes Forschungsprojekt dar, das möglicherweise auch Rückschlüsse auf das durchteufte Gebirge zuläßt. Insbesondere im Hinblick auf die Hauptbohrung und der dabei verfügbaren Vorbohrung für die von Oberflächeneinflüssen ungestörte Geräuschaufnahme sind hier die Voraussetzungen für derartige Untersuchungen optimal.

Ziel des letzten Projektes ist es, unter Einbeziehung der Erfahrungen aus der Vorbohrung die zu erwartenden besonderen "Anforderungen an die Durchführung von hydraulischen Testen in der Hauptbohrung" herauszustellen und auf möglicherweise erforderlich werdende Hardware- und Software-Entwicklungsarbeiten hinzuweisen und diese vorzubereiten.

5. AUSBLICK

Die bisher erzielten positiven Ergebnisse der F- und E-Projekte im technischen Bereich waren nur möglich durch die konsequente, vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen Projektleitung, DFG-Schwerpunkt, Hochschulen und Industrie.

Wenn es gelingt, diese fruchtbare Zusammenarbeit auch für die zukünftig zu bewältigenden Projekte beizubehalten und - wo erforderlich - evtl. noch auszubauen, sind meiner Ansicht nach optimale Voraussetzungen gegeben, um die Projekte fristgerecht abzuwickeln und damit einen wichtigen Beitrag zum Erreichen der ehrgeizigen Ziele des KTB zu leisten.