



Kernbohrungen – das optimale Bohrverfahren zur Erkundung des Untergrundes

Dipl.-Ing. Dieter Schleuter, Wriedel*

Schon zu der Zeit, als Marco Polo China bereiste, existierte dort eine Bohrtechnik, mit der Wasser, Kohle und andere Rohstoffe erschlossen wurden. Mit dieser Schlagbohrtechnik, die bis in unsere heutige Zeit praktiziert wird, erreichte man mit Bohrdurchmessern bis 300 mm Bohrtiefen von mehreren hundert Metern, wobei aber die Bohrzeit mit bis zu 10 Jahren den jetzigen Ansprüchen nicht mehr gerecht werden könnte (Bild 1). Auch in historischen Unterlagen aus



1 Chinesische Darstellung einer Bohreinrichtung

der Pharaonenepoche in Ägypten, wurden Hinweise auf durchgeführte Bohrarbeiten gefunden. Im Lauf der Jahrhunderte wurde die Bohrtechnik ständig weiterentwickelt, um den stets steigenden Anforderungen in Bezug auf die Beherrschbarkeit geologischer Risiken, der Bohrergebnisse, sowie der Bauzeit und somit letztendlich auch der Kosten gerecht zu werden. Um in der heutigen Zeit für den Wirtschaftskreislauf erforderliche Ressourcen wie Wasser, Erze, Kohle, mineralische Rohstoffe, Seltene Erden und geothermische Energie zu suchen und anschließend zu gewinnen, müssen die geologischen Verhältnisse und somit die Lagerstätten erkundet werden, in denen diese Rohstoffe und Energien vorkommen und lagern. Damit diese Erkundungsarbeiten auch durch-

geführt werden können, sind die Machbarkeit und der Faktor Kosten ein wesentlicher Punkt. Für die Erkundung stehen seismische, geotechnische und geophysikalische Untersuchungsmethoden zur Verfügung, die aber nur in begrenztem Umfang die Höflichkeit einer Lagerstätte oder die zu erwartende Energieeffizienz darstellen können. Einige Untersuchungsmethoden sind auch nur in Verbindung mit einer Bohrung durchzuführen.

Um eine Lagerstätte oder ein Energie-reservoir bewerten zu können, müssen den Geologen detaillierte Informationen und Kenntnisse über den lithologischen und stratigraphischen Schichtenaufbau der überlagernden Boden- und Gesteinsformationen, der Lagerstätte oder die der Energie liefernden Sektion vorliegen, da nicht nur die Wirtschaftlichkeit des Vorkommens von Interesse ist, sondern auch die spätere Fördertechnik und auch der Förderweg wesentlich von den geologischen Bedingungen abhängig ist.

Auch für bautechnische Maßnahmen wie zur Trassenerkundung beim Straßenbau, Errichten von Brückenbauwerken, Staudämmen, Gebäuden sowie im Tunnelbau, um nur einige zu nennen, ist die Kenntnis des Baugrundes für den Bauinge-

nieur von wesentlicher Bedeutung. Zur Erkundung des Baugrundes werden deshalb neben Sondierungen, Kleinbohrungen auch Baugrundbohrungen vertikal oder mit entsprechender Neigung niedergebracht.

Der Kostenaufwand, ob zur Erkundung des Baugrundes oder von Lagerstätten, die meist in größerer Tiefe lagern, ist sehr hoch. Deshalb ist ein Aufschluss erforderlich, der eine 100%ige Beurteilung des Baugrundes oder der zu explorierenden Lagerstätte ermöglicht.

Bei der Baugrunduntersuchung werden die Bohrergebnisse durch Tests im Bohrloch ergänzt und untermauert wie

- WD-Versuche
- Slug und Bail- Tests

- SPT-Tests
- Dilatometer-Versuche
- Pressiometer Versuche
- Extensiometermessungen.

Bei der Lagerstätten erkundung und im Brunnenbau wird das Bohrergebnis durch geophysikalische Bohrlochmessungen ergänzt, wobei Pumpversuche und auch open Hole Tests zur weiteren Sicherung durchgeführt werden. Je nach Anforderung werden nachstehende Messungen durchgeführt.

- **Eigenpotential – SP** – Schichtgrenzen von Sedimentgesteinen, Wasserdurchlässigkeit
- **Laterolog – FEL** – Schichtgrenzen, Bodenart, Porosität, offene Klüftzonen
- **Induktionslog – IL** – Wassersättigung, Bodenart, Schichtgrenzen
- **Akustiklog – AK** – Porosität, Klüftigkeit
- **Gammalog – GL** – Ton- und Schluffgehalte, Schichtgrenzen
- **Gamma-Gamma – GGD** – Gesteinsdichte, Gesteinschemismus
- **Neutronenlog – NNL** – Porosität, Porenraumfüllung
- **Kaliberlog – CAL** – Bohrlochgeometrie, Auskesselungen, Verengungen
- **Temperaturlog – TL** – Bohrlochtemperatur
- **Salinität – SAL** – Salzgehalte
- **DIP-Meter** – Schichteinfallen, Streichen, Störungsmuster
- **Fernsehsondierung OPT** – Bohrlochqualität, Auskesselungen, Gesteinsfestigkeit, Hohlräume, Schichtgrenzen, Gesteinsart.

*Dipl.-Ing. Dieter Schleuter
Katzenbusch 2
29565 Wriedel
Tel.: 05829/988935
Mobil: 0151/1845548
E-Mail: hansdieterschleuter@t-online.de



Aufschlusstechnik – Kernbohrung In Bodenformationen

Da die Bohrkosten bei der Exploration und auch der Baugrunderkundung einen nicht unerheblichen Kostenfaktor darstellen, muss der geologische Aufschluss zumindest in den Bereichen, die einer späteren Nutzung zugeführt werden oder aber für die Bautechnische Planung und Berechnung die Grundlage bilden, von hoher Aussagekraft sein und dem Geologen lückenlos vorliegen. Diese Anforderungen kann nur ein Bohrkern erfüllen.

Bohrkerne werden aus Boden- und Gesteinsformationen gewonnen, wobei in Bodenschichten überwiegend nach dem Trockenbohrverfahren gearbeitet wird, da diese Verfahrenstechnik einen größtmöglichen Kerngewinn gewährleistet.

Hier wird in erster Linie in allen Bodenarten das Rammkernverfahren (Bild 2) eingesetzt. Zu den Hauptbodenarten gehören Schluff, Sand, Kies und Ton. Das Kernrohr, (Bild 3), in das ein PE-Liner eingelegt wird, wird entweder am Seil zur Bohrlochsohle abgelassen oder aber durch Einwurf in Bohrposition gebracht (Phase 1).

Dann wird der Rammhammer mit einem Gewicht von 400 bis 500 kg eingefahren (Phase 2) und das Kernrohr in den Boden eingerammt. Die übliche Kernmarschlänge beträgt 1 m, wobei die zum Vortrieb benötigten Rammschläge aufgezeichnet werden und einen Richtwert für die Bodenfestigkeit ergeben.

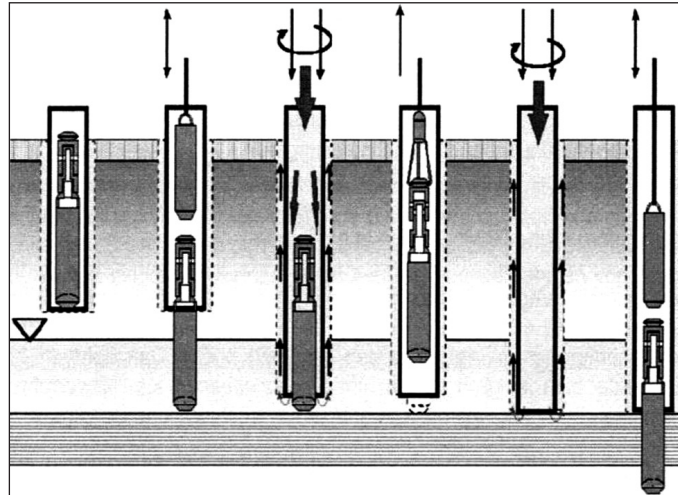
Ist die Kernmarschlänge von 1 m abgebohrt (Phase 3), wird das Kernrohr mit der Bohrverrohrung, die zur Sicherung des Bohrloches mitgeführt werden muss, mit Spülhilfe überbohrt. Anschließend wird der Fänger am Seil eingefahren, mit dem Kernrohr verbunden und zu Tage gebracht. Um den erbohrten Kern beim Abziehen von der Bohrlochsohle und auf dem weiteren Weg zu Tage gegen Herausfallen zu sichern, ist die Kernfangfeder mit einem Federkorb ausgestattet.

Nach der Entnahme wird der PE-Liner mit dem Bohrkern luftdicht verschlossen, damit die natürliche Bodenkonsistenz erhalten bleibt (Bild 4).

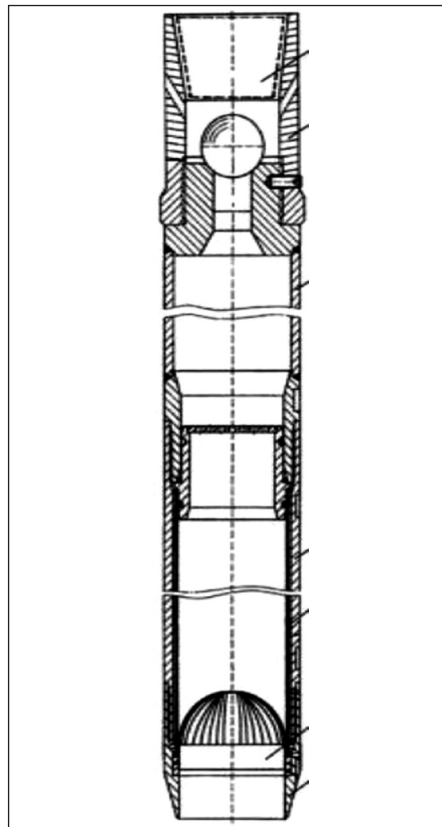
Rammkernbohrungen wurden schon bis zu einer Teufe von 270 m niedergebracht.

In Festgesteinen

In Festgesteinen werden Kerne in Spülbohrtechnik rotierend



2 Arbeitsablauf beim Rammkernern



3 Rammkernrohr im Schnittbild



4 Rammkerne im Liner geschnitten zur Ansprache

mit einem Einfach-, Doppel- oder Seilkernrohr gewonnen.

Einfach- (EK) und Doppelkernrohre (DK) haben in der Standardausführung die gleichen Bohrdurchmesser. Einfachkernrohre führen vor der Angabe des Bohr- und Kerndurchmessers den Index B, baugleiche Doppelkernrohre den Index T2-T6-T6S-D, wobei in den Typenreihen konstruktiv nur der Kerndurchmesser variiert. Der kleinste Bohrdurchmesser in der Standardausführung beträgt 36 mm, der größte 146 mm, die Kerndurchmesser beginnen mit 22 mm und enden bei 102 mm.

Bei den Seilkernrohren werden 2 Normensysteme verwendet

- der internationale DCDMA-Standard (Diamond core drillers manufacturers association)
- das metrische System, das auch als Schweden oder Craelius Norm bezeichnet wurde.

Im DCDMA-Standard werden die Kernrohrgrößen und damit der Bohr- und Kerndurchmesser bezeichnet mit den Buchstabenindices:

- A - 47,8x26,9 mm,
- B - 59,7x36,6 mm,
- N - 75,4x47,5 mm,
- H - 95,8x63,4 mm,
- P - 122,3x84,8 mm,
- S - 146x102 mm.

Die Sonderreihe „Composite Heavy Duty“ - CHD-76 – CHD-101 – CHD-134 von Long-year, ist in den Durchmessern vergleichbar mit den Systemen N – H – P.

Bei diesem Wireline System lag die Besonderheit in den Gewindeverbindungen der Bohrgestänge, durch deren Konstruktion u.a. höhere Zugkräfte übertragen werden konnten.

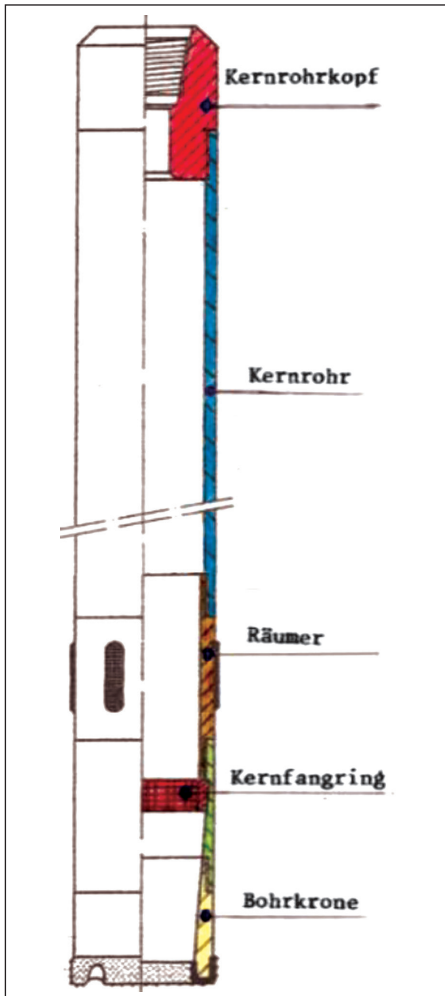
Die Angabe der Bohr- und Kerndurchmesser wird international in Zoll, aber auch in metrischen Zahlen angegeben.

Sonderkonstruktionen mit vom Standard abweichenden Durchmessern sind für besondere Einsätze erhältlich.

Welches System, Einfach-, Doppel- oder Seilkernrohr zum Einsatz kommt, hängt von der Beschaffenheit der Gesteinsformation, der Aufgabenstellung und der Bohrtiefe ab.

Einfachkernrohr – single core barrel

Da der Kerngewinn der entscheidende Faktor bei der Kernbohrarbeit ist, wird dieses



5 Einfachkernrohr im Schnitt

Kernbohrverfahren nur in sehr festen, kompakten und homogenen Gesteinsformationen eingesetzt. Der erbohrte Kern wird als Gesteinssäule mit zunehmendem Bohrfortschritt in das Kernrohr hineingeschoben. Der Bohrkern ist aber während des gesamten Kernbohrvorgangs den hydraulischen Einflüssen der am Kern vorbei zirkulierenden Bohrspülung ausgesetzt und wird durch das rotierende Kernrohr permanent mechanisch bearbeitet (Bild 5).

In Gesteinsschichten mit lettigen, tonigen Kluffüllungen werden diese durch die hydraulischen Einflüsse ausgespült. Mechanische Beeinflussungen erfolgen durch die Rotation des Kernrohres, Vibrationen und Unwuchten im Bohrstrang und können in nicht so festen Gesteinen den Kern zerstören.

Ein Kernverlust bis zu 100% kann die Folge sein. Dadurch bedingt kann dann kein genaues geologisches Profil erstellt werden.

Doppelkernrohr – double tube core barrel

Um diese systembedingten Kernverluste zu verhindern, wurde das Doppelkern-

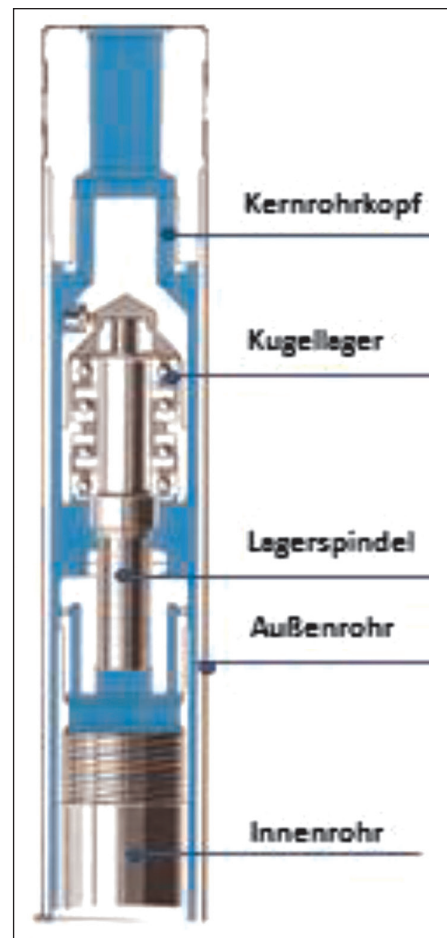
rohr [1] entwickelt, mit dem in gebrächen, unverfestigten aber auch kompakten Gesteinsschichten unter allen geologischen Bedingungen vollständige Kerne gewonnen werden können. Mit entsprechenden Modifikationen sind auch in Boden- und Lockergesteinsformationen gute Kerngewinne zu erreichen.

Die Konstruktion des Doppelkernrohres gewährleistet:

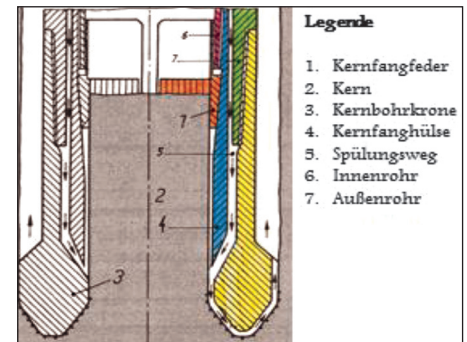
- den Schutz des Kernes vor mechanischen und hydraulischen Einflüssen
- eine sichere Aufnahme des Kernes im Innenrohr
- je nach Baulänge des DK Kernmärsche bis zu 9 m
- eine sichere und zerstörungsfreie Kernentnahme aus dem Innenrohr.

Kernrohrkomponenten

Ein Doppelkernrohr besteht aus dem Kernrohrkopf, Außen- und Innenrohr, Kernfanghülse, Kernfangring und Kernbohrkrone. Das Außenrohr wird je nach Baulänge durch den Einbau von Stabilisatoren stabilisiert. Da das Innenrohr mit einer kugellagerten Spindel mit dem Kernrohrkopf verschraubt ist, wird eine Rotation während des Kernvorganges verhindert, d.h. das Innenrohr steht, das Außenrohr rotiert (Bild 6).



6 Oberteil eines Doppelkernrohres



7 Unterer Teil eines Doppelkernrohres

Der Kernvorgang

Da das Innenrohr nicht rotiert, sondern steht, wird der Kern beim Kernvorgang auch nicht mechanisch beansprucht. Er wird von der Spülung während des Bohrvorganges nicht permanent umspült, da der Spülungsstrom, sobald er das Kernrohr erreicht hat, im Zwischenraum Außen- und Innenrohr bis zur Kernbohrkrone zwangsgeführt wird (Bild 7). Nur im Bereich der Bohrkronen, wo der Spülungsstrom den Zwischenraum Innen-/Außenrohr an der Kernfanghülse verlässt, wird der Kern auf einer Länge von 10 bis 15 cm umspült. An dieser Stelle tritt die Spülung mit Druck und einer hohen Strahlgeschwindigkeit aus und es besteht die Gefahr, dass im Kern befindliche schluffige, tonige Zwischenlagen ausgewaschen werden können. Dem kann entgegengewirkt werden durch

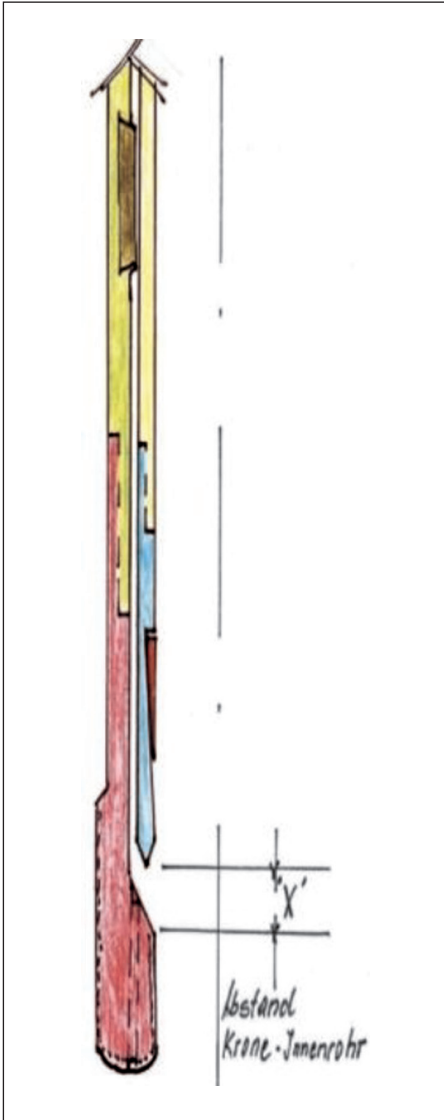
- Einstellung der Spaltbreite (Bild 8) über die Lagerspindel im Kernrohrkopf
- eine entsprechende Konstruktion der Kernbohrkrone zur Druckentlastung
- eine hohe Schnittgeschwindigkeit.

Da beim Einbau des Kernrohres zur Bohrlochsohle Bohrspülung oder Wasser in das Innenrohr eindringt, ist im Kernrohrkopf ein Ventil eingebaut. Beim Kernbohrvorgang verdrängt der einschiebende Kern die Spülungs-/Wassersäule über diesen Auslass, damit diese nicht im Innenrohr komprimiert.

Die Bohrspülung übernimmt dann auf dem Weg über den Ringraum (Raum Bohrlochinnen-/Gestängeaußendurchmesser) bis zu Tage einige ihrer wichtigsten Aufgaben wie:

- Kühlen der Kernbohrkrone
- Reinigen der Bohrlochsohle von Bohrklein
- Austragen des Bohrkleins
- Stabilisieren der Bohrlochwandung.

Einfach- und Doppelkernrohr werden am Bohrgestänge zur Bohrlochsohle eingebaut, um einen Kernmarsch zu beginnen. Ist der Kernmarsch abgebohrt, je nach Baulänge des Kernrohres kann die max. Kernlänge 1,5 m, 3,0 m, 6,0 m oder 9,0 m betragen, muss der gesamte Bohrstrang gezogen werden, um den Kern aus dem



8 Spaltbreite Innenrohr zur Kernbohrkrone

Kernrohr zu entnehmen. Übertage wird der Kern aus dem Innenrohr entnommen, in einer Rinne gelagert, gewaschen, ausgemessen und in Kernkisten, witterungsgeschützt eingelagert und anschließend vom Geologen bearbeitet (Bild 9).

Je nach Bohrlochtiefe ist der Ein- und Ausbauvorgang im Vergleich zum Kern-



9 Kerne bearbeitet

vorgang sehr zeitaufwendig und daher unproduktiv. Es ist im Normalfall jedoch nur bei sehr stabilen Bohrlochverhältnissen und einer kompakten Geologie möglich, die max. Kernlänge abzubohren. Dieser Umstand ist als optimal anzusehen. In Störungszonen, instabilen, feinschichtigen Gebirgsformationen oder in steil/halbsteil einfallenden Schichten, kann sich beim Kernbohrvorgang in der Kernkrone, der Kernfangfeder oder im Innenrohr der Kern verklemmen.

Wird mit einem Kernklemmer der Bohrvorgang fortgesetzt, wirkt das Kernrohr wie ein Vollbohrwerkzeug und der Kern wird zerbohrt. Kernverlust ist die Folge. Des Weiteren kann sich auch der Spülungsweg durch eingepresstes Bohrklein verschließen und dadurch die Zirkulation der Bohrspülung unterbrochen werden. Reagiert der Bohrmeister nicht sofort auf den dann ansteigenden Pumpendruck, nimmt die Kernbohrkrone Schaden, sie verbrennt.

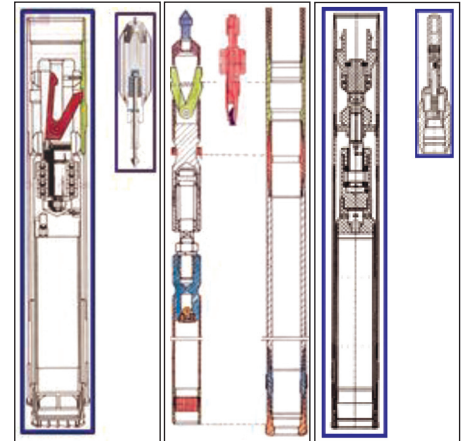
Diese durch einen Kernklemmer verursachten Kurzkerkmärsche, mitunter mit einer Kernlänge von wenigen Zentimetern, erfordern dann Roundtrips, was zusätzliche unproduktive Betriebszeiten bedeutet.

Weitere Umstände können einen regulären Ablauf der Kernbohrarbeit behindern:

- Auf der Bohrlochsohle hat sich Nachfall angesammelt, der erst beseitigt werden muss, um einen neuen Kernmarsch anzusetzen. Verklemmt sich dieser in der Kernkrone oder dem Innenrohr, muss gezogen werden
- Instabile Bohrlochabschnitte können beim Ausbau der Kernrohrgarnitur zu Schwierigkeiten bis zum Festwerden des Bohrstranges führen
- Beim Einbau der Kernrohrgarnitur zur Sohle kann das Beseitigen von Engstellen im Bohrloch ein Nachbohren erforderlich machen.

Sollten diese Problemzonen beim Ein-/Ausbauvorgang ständige Manipulationen erfordern, muss das Bohrloch durch eine Verrohrung gesichert werden, um den Betriebsablauf zu normalisieren und die geplante ET erreichen zu können.

Das bedeutet, eine auf den Kernbohrdurchmesser abgestimmte Rohrfahrt wird installiert mit der Folge, dass nachfolgend mit einem kleineren Kernrohr und folglich auch geringerem Kerndurchmesser weiter gearbeitet wird. Dieser Vorgang kann durch Teleskopierung von Verrohrungen bis zum kleinstmöglichen Kernrohrsystem durchgeführt werden. Wenn ein Kerndurchmesser vertraglich bis zur Endbohrtiefe festgelegt wurde, muss das Bohrloch erweitert werden, um eine Rohrfahrt einzubauen, durch die mit der gleichen Garnitur weitergemacht werden kann.



10 Einklinkensystem Craelius Sk61, Fangvorrichtung

11 Zweiklinkensystem 124 x 79 Wirth/GW

12 Mehrklinkensystem Christensen, CSK-Serie (v.l.n.r.)

Wirtschaftliches Kernen mit dem Doppelkernrohr wird bestimmt durch:

- Die geologischen Verhältnisse
- Die Anzahl der Roundtrips (Ein-/Ausbau der Bohrgarnitur) bezogen auf die Endbohrtiefe (Netto-/Bruttobetriebszeiten)
- Durch geplante und zusätzlich erforderliche Verrohrungsarbeiten
- Eine gemäß Bohrvertrag erforderliche Bohrlocherweiterung, um den Kerndurchmesser zu halten
- Den Kerngewinn

Seilkerntechnik – Wireline core drilling

Historie

Bereits 1940 meldete *Leonhard S. Copelin* ein „Wireline Corbarrel Concept“ als Patent an, im Jahre 1953 Boart Longyear in den USA das Wireline Q-System. Diese Technik war eine Weiterentwicklung des Doppelkernrohrs mit der innovativen Neuerung, dass der Kern gezogen werden konnte, ohne dass es erforderlich wurde, den gesamten Bohrstrang zu ziehen.

Durch die Verbesserung der Einsatzbedingungen, die auch die betriebswirtschaftlichen Ergebnisse positiv beeinflussten, wurde das Seilkernrohr im Laufe der Zeit auf dem Aufschlussbohrsektor vermehrt eingesetzt und verdrängte damit das bis dahin ausnahmslos eingesetzte Doppelkernrohr.

Technologie

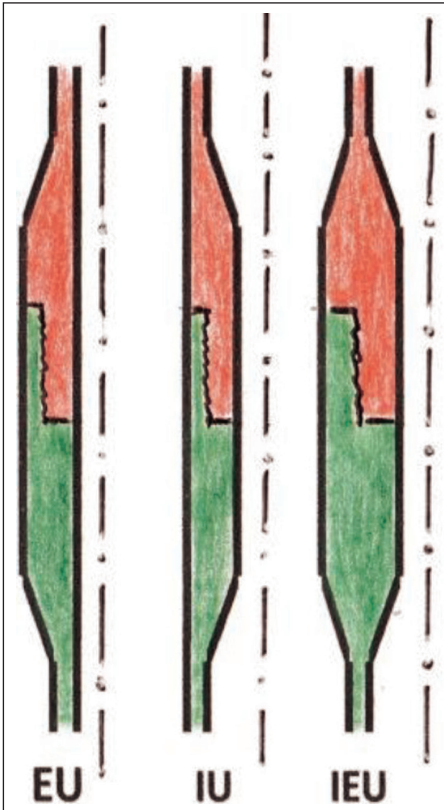
Neben der Longyear Originalversion „Q“ kamen im Laufe der Zeit andere Systeme auf den Markt, und zwar von Craelius (Bild 10), Wirth (Bild 11), Christensen (Bild 12) und Diamant Boart, um nur einige zu nennen, die aber in ihren Grundkomponenten, auch den Durchmessern, vergleichbar waren.

Das wesentlichste Unterscheidungsmerkmal war die Ausführung des Arre-



tierungssystem im Klinkenkopf mit Ein-Zwei- und bis zu Fünfklinken, die über Druckfedern während des Kernvorgangs in Position gehalten werden.

Auf das Klinkensystem ausgerichtet sind auch die Fangvorrichtungen (Overshot's), mit denen das Innenrohr gezogen (gefangen) wird und mit dem dieses auch wieder in Bohrposition eingefahren werden kann. Das Kernfangseil muss drehungsfrei sein und hat einen Seildurchmesser von 8 bis 10 mm.



13 Verbinderkonstruktionen

Ein Seilkernrohr besteht aus: Außenrohr, Landehülse/Landering, Mitnehmer-/Verriegelungshülse, Stabilisator, Kernbohrkrone, Klinkenkopf, Innenrohr, Innenstabilisator, Kernfangfederhülse und Kernfeder.

Bohrgestänge und Seilkernrohr haben in den Originalversionen den gleichen Durchmesser. Das Gewinde ist in die Rohrwandung eingeschnitten, sodass in der gesamten Seilkerngarnitur der äußere Durchmesser durchgehend gleich ist. Das Seilkernrohr ist ein Doppelkernrohr, bei dem aber das Innenrohr mittels eines Seiles gezogen und auch wieder in das Bohrloch eingelassen werden kann, während der Gestängestrang im Bohrloch verbleibt.

Der gesamte Seilkernbohrstrang, Bohrgestänge und Kernrohr hat in den Standardausführungen einen durchgehend gleichbleibenden Aussendurchmesser. In das nach außen unverdickte, (flush joint connection) Bohrgestänge und das Aus-

senkernrohr wird das Zapfen- und Muffengewinde in die Rohrwandung, Wandstärke 7 bis 8 mm, eingeschnitten. Für das Bohrgestänge ist eine hohe Werkstoffgüte erforderlich, mind. N 80, um die Anforderungen in Bezug auf Verschleiß, Korrosion, Abstreiffestigkeit und Übertragung des Drehmomentes in der Gewindeverbindung zu gewährleisten.

Mit zunehmender Bohrtiefe sind Seilkerngarnituren mit Standardgestänge aber nicht mehr einsetzbar, da mit zunehmenden Gestängelasten die Gewindeverbindungen auf Grund Ihrer Konstruktion die vorgenannten Anforderungen nicht mehr gewährleisten werden können.

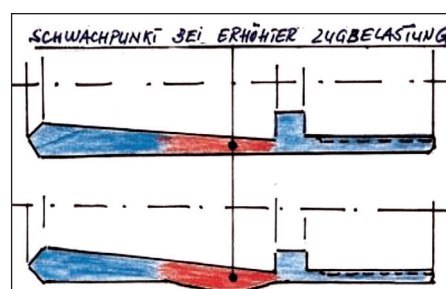
Der für größere Bohrtiefen erforderliche Gewindetypus erfordert in den Verbindern dickere Wandstärken, in die das Gewinde eingeschnitten werden kann, wobei die Rohrwandstärke mit ca. 8 mm auch für größere Bohrtiefen ausreichend bemessen ist. Es gibt 3 konstruktive Möglichkeiten (Bild 13). Nach Innen (IU = Internal Upset), nach Außen (EU = External Upset), nach Innen und Außen (IEU = Internal/External Upset) verdickte Gewindeverbinder. Mit zunehmender Bohrtiefe sind auch Bohranlagen mit entsprechenden Hakenlasten erforderlich.

Für die Auslegung des Bohrgerätes, ein Bohrgestänge der Dimension „H“ (ϕ 88,9 mm), ausgelegt für Bohrtiefen auch über 1000 m hat ein Gewicht von ca. 18 kg/m, bezogen auf eine 1000 m Bohrung damit ein Gesamtgewicht von 18000 kg in Luft, ist aber nicht nur die nominale Gestängelast ausschlaggebend.

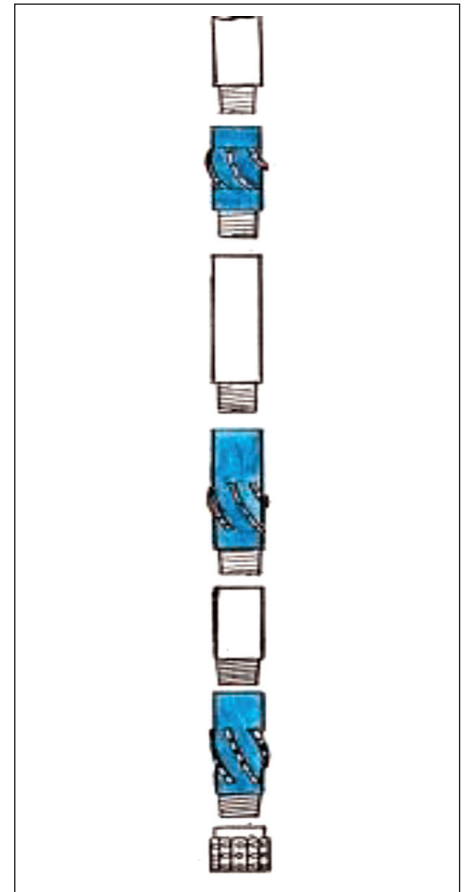
Die max. erforderliche Zugkraft wird beim Ziehen des Bohrstrangs abgerufen. Für nicht kalkulierbare und unvorhergesehene Zwischenfälle ist ein Zuschlag von 30 bis 35% als Sicherheitsreserve erforderlich.

Ursachen dafür sind:

- Schleiflasten beim Ziehen des Bohrstranges, verursacht durch Abweichungen von der vertikalen Bohrlochachse
- Festwerden des Bohrstranges durch Sticking (der Bohrstrang klebt durch Unterdruck an die Bohrlochwand fest) oder durch Bohrklein, das sich beim Kernziehen auf der Kernbohrkrone ab-



14 Durch erhöhte Zugbelastung aufgebördelte KF-Hülse



15 Stabianordnung

lagert, da für diesen Zeitraum der Spülungsumlauf abgestellt wird

- Um den abgebohrten Kern aus dem Gebirgsverbund abzureißen, wobei in quarzitischen Sandsteinen des Rohrkarbons bis zu 15 t erforderlich wurden. Durch diese enorme Zugkraft, die auf das gesamte Innenrohr übertragen wurde, war ein Schwachpunkt die Kernfangfederhülse (Bild 14), die nach außen aufgebördelt wurde.

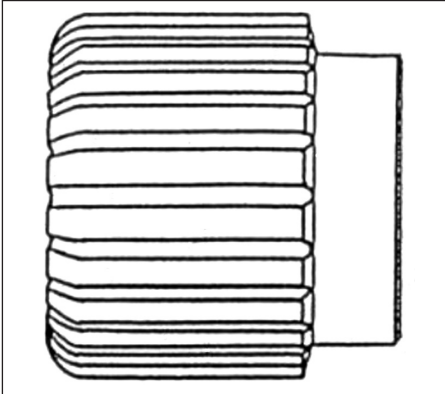
Bei den Explorationsbohrarbeiten für die RAG, in der Großraum- und Vorfelderkundung mit Erkundungstiefen bis 2000 m, kamen Bohranlagen mit Hakenlasten von 30 bis 60 t zum Einsatz, denn es wurden auch Kerndurchmesser von 100 mm gefordert, wozu ein Seilkernsystem 5 1/2 x 4“, Gestängegewicht 29,6 kg/m, erforderlich war. Auch Ablenkungen (Side tracks) aus einer Vertikalbohrung wurden durchgeführt, um das Aufschlussergebnis zu maximieren.

Je nach Länge des Kernrohres von 1,5 m bis 9 m werden im Außenrohr, falls erforderlich auch in einigen Bohrsträngen über dem Kernrohr, Stabilisatoren angeordnet, die im Durchmesser 0,2 bis 0,3 mm Untermaß zum Bohrkronendurchmesser haben. Der Bohrstrang wird in diesem Bereich dann in Segmente unterteilt (Bild 15).



Stabilisatoren und Bohrkronen mit verlängertem Kaliber (Bild 15a) werden eingesetzt, um

- bei Rotation einen ruhigen, schwingungsfreien Lauf und
- einen möglichst richtungsstabilen Bohrlochverlauf zu gewährleisten



15a Krone mit Langkaliber

Kernbohrarbeit

Zu Beginn der Kernbohrarbeit wird das komplette Kernrohr am Bohrgestänge in das Bohrloch zur Sohle eingebaut.

Ist der Kernmarsch abgebohrt, muss das Bohrloch einige Zeit gespült werden, um das in Schwebe befindliche Bohrklein auszutragen. Anschließend wird der Spülungsstrom abgestellt und der Bohrstrang leicht angezogen. Dadurch verklemmt sich der Kern in der Kernfangfeder und wird durch weiteren Zug von der Bohrlochsohle abgerissen. Mit wieviel t Zugkraft der Kern aus dem Gebirgskörper gelöst werden kann, hängt ausschließlich von der Festigkeit des Gesteins ab.

Nun wird der Bohrstrang vom Kraftdrehkopf gelöst und die Fangvorrichtung am Seil in das Bohrgestänge bis zum Klinkenkopf eingefahren, verbindet sich dort mit dem Klinkensystem und beim Anziehen des Kernfangseiles werden die Klinken aus der Verriegelung gelöst und das Innenrohr mit dem erbohrten Kern kann zu Tage gezogen werden.

Der Bohrstrang verbleibt im Bohrloch und übernimmt besonders in brüchigen und nachfälligen Bohrlochbereichen die Funktion einer Hilfsverrohrung.

Über Tage wird der Kern aus dem Innenrohr entnommen (Bild 16), in einer Rinne gelagert, wobei die Verwendung einer Auspressvorrichtung, die durch eine Handpumpe betrieben wird, eine schonende und sichere Entnahme des Kernes aus dem Innenrohr gewährleistet. Anschließend wird der Kern gerichtet, gewaschen, ausgemessen und in Kernkisten eingelagert.

Durch das Ausmessen des Kerns wird kontrolliert, ob die Kernlänge mit der abgebohrten Gestängelänge übereinstimmt. Nach Kontrolle der Kernfanghülse und der Kernfangfeder kann das Innenrohr wieder in Bohrposition gebracht werden.

Während der Entnahme des Kerns aus dem Innenrohr sollte entweder der Spülungskreislauf wieder in Gang gesetzt werden, um das in Schwebe befindliche Bohrklein auszutragen und ein etwaiges Festwerden zu vermeiden oder es wird mit einem 2. Innenrohr gearbeitet, das sofort nach Ablegen des gezogenen Innenrohrs in Bohrposition gebracht werden kann.

Wie das Innenrohr in Bohrposition gebracht wird, ist abhängig von der Lage des Spülungsspiegels im Bohrloch.

Steht der Spülungsspiegel an der Rasensohle, kann das Innenrohr in das im Bohrloch stehende Gestänge eingeworfen werden. Der Bohrstrang wird wieder mit dem Kraftdrehkopf verbunden und der Spülungsumlauf in Gang gesetzt. Ist das Innenrohr im Anschlag, dem Landering, gelandet, steigt der Pumpendruck und zeigt so an, dass das Innenrohr eingerastet und in Bohrposition ist.

Die Klinken im Klinkenkopf werden durch die Druckfeder im Mitnehmer bzw. der Verriegelungshülse aufgeklappt und arretiert und das Innenrohr kann somit beim Kernbohrvorgang nicht im Bohrgestänge hochgedrückt werden.

Wenn, bedingt durch Spülungsverluste, der Spülungsspiegel auch durch Anfüllen des Bohrloches im Bereich der Geländeoberkante nicht gehalten werden kann, muss das Innenrohr am Seil mit der Fangvorrichtung eingefahren werden, um es in Bohrposition abzusetzen. Teufenmarken am Kernseil zeigen dem Bohrmeister an, ob das Innenrohr eingerastet ist. Die auf diesen Arbeitsvorgang eingestellte Fangvorrichtung wird vom Innenrohr gelöst, zu Tage gezogen und der nächste Kernmarsch wird gestartet.



16 Kernentnahme

Kann das Innenrohr nicht aus der Verriegelung gezogen werden, wird die Fangvorrichtung durch einen Mechanismus gelöst und kann von den Klinken abgezogen werden. Im Vergleich zu den Ziehzeiten Doppelkernrohr vs. Seilkernrohr steigt die Effizienz des Seilkernrohres mit zunehmender Teufe an.

Einen 800 m Bohrstrang mit Doppelkernrohr bei normalen Bohrlochverhältnissen zu ziehen, den Kern über Tage zu entnehmen und wieder zur Sohle einbauen (Bild 17) dauert ca. 6 bis 8 Stunden, und zwar, wenn mit 9 m Gestänge gearbeitet wird, dass als Single DP im Turm abgestellt oder auf dem Gestängelager abgelegt wird.

Im Vergleich dazu benötigt man beim Seilkernrohr vom Ende des Kernmarsches bis zum Wiederbeginn Kernen 2 bis 3 Stunden.

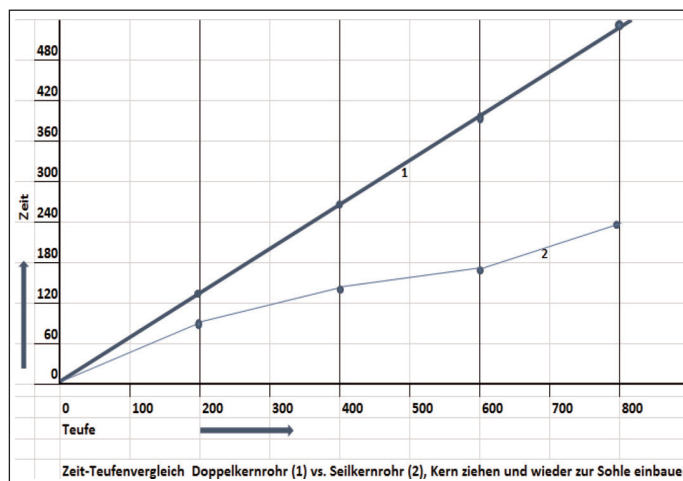
Wird mit einem 2. Innenrohr gearbeitet, ist nochmals eine Reduzierung um 30 Minuten möglich. Mit zunehmender Bohrtiefe nimmt der zeitliche Faktor zu Gunsten des Seilkernverfahrens stetig zu.

Der Ringraum wird bestimmt durch das Verhältnis des Bohrdurchmessers der Kernbohrkrone zum Außendurchmesser des Bohrgestänges.

Der Außendurchmesser einer Bohrkronen kann zwar konstruktiv variabel gestaltet werden und dadurch der Freischnitt (Ringraumspalt) vergrößert werden, aber nur in einem begrenzten Bereich.

Bei einer extremen Vergrößerung der Ringraumfläche wird

- der Vorteil des Seilkernbohrgestänges als temporäre Hilfsverrohrung gemindert
- die für einen schnellen Auswurf des Bohrkleins erforderliche Auftriebsgeschwindigkeit des Spülungsmediums herabgesetzt
- eine verstärkte Stabilisierung im Kernrohrbereich erforderlich. Bei außen glattem Seilkernbohrgestänge, mit in die Rohrwandung eingeschnittenen Gewinden, ist der Ringraumspalt am geringsten.



17 Zeit-Teufen Diagramm



Bei der DCDMA-Normgröße „H“ z.B. beträgt der o.D. des Bohrgestänges 88,9 mm, der Bohrdurchmesser der im Regelfall mit Diamanten besetzten Kernbohrkrone ist mit 94 bis 96 mm eine Standardgröße. Es entsteht so ein Freischnitt, bohrtechnisch Ringraum, von radial 2,5 bis 3,5 mm. Bei einem nur um 2 mm größeren Bohrdurchmesser würde die Auftriebsgeschwindigkeit im Ringraum um ca. 45% reduziert.









Auf Grund dieser sehr geringen Ringraumdimension ist eine Spülungsrate von 150 bis 250 l/min. ausreichend. Hierfür werden Triplex-Pumpaggregate (Dreikolben- oder Plungerpumpen) eingesetzt, die, je nach Fabrikat, mit einem Betriebsdruck von 30 bis 50 bar betrieben werden können. Antriebsleistung von 25 bis 40 kW.

Aber auch das Spülungsmedium muss auf die Spaltmaße im Kernrohr und den Ringraumquerschnitt eingestellt werden.

Eine Klarwasserspülung ist zwar am preiswertesten aber kann speziell bei tieferen Bohrungen nicht die Aufgaben, Eigenschaften und Anforderungen erfüllen, die an ein Spülungsmedium gestellt werden.

Es werden deshalb vorwiegend tw-Spülungen (Ton-Wasser) eingesetzt, wobei dem Wasser in bestimmten Prozentanteilen je m³ Bentonit, ein Tonmehl und Polymere zugemischt werden.

Welche Spülungsrezeptur erforderlich ist, muss nach Sachlage entschieden werden und wird bestimmt von den Faktoren Geologie, Bohrtechnik, Bohraufgabe, Bohrziel, Kosten, Auflagen und Richtlinien.

Lfd. Nr.	Symbol	Kurzzeichen	Spülweg	Type	Bemerkung - Einsatz
1		F	CF	Flaches-Profil	Standardprofil für sehr dünnlippige Bohrkronen: A, B, T2, TT. Geeignet für sehr hartes Gestein, auch zerklüftet. Hohe Drehzahl.
2		RF	CF	Leichtrundes-Profil	wie unter 1, jedoch stärkerer Besatz der Kronenecken. Gebirge hart bis sehr hart und homogen.
3		W	CF	Halbrundes-Profil	wie unter 2, jedoch noch stärkerer Besatz der Kronenkanten.
4		By oder R	CF FD	Vollrundes-Profil	Standard für Oberflächenkronen mit Profil für dicklippige Bohrkronen: Z, T6, D, T6-S, K-3, F, für hartes, abrasives Gestein
5		D	CF	Doppelkonus-Profil	Wie 4, jedoch bessere Führung.
6		E oder T	CF FD	Aussenkonus-Profil (mit unterschiedl. Winkel)	Seilkernkrone mit großem Durchmesser CSK-146, SK6L usw. Für viele Gesteinsarten geeignet - weich, mittelhart bis hart, brüchig, verkarstete Kalksteine usw.
7		K	CF	Innenkonus-Profil	Wie bei 6, jedoch auch für extrem brüchiges Gebirge und Koglomerat. Für dicklippige Kronen und Vollbohrwerkzeuge.
8		S-4	CF FD	4-Stufen-Profil	Standardkrone für Seilkernrohrkronen in weichen bis harten Formationen. Kernrohre: AQ, BQ, NQ, HQ, PQ, CSK, SK6L usw.

18 Kronenformen

Mit einer tw-Spülung kann zwar nicht die optimale Viscosität einer Klarwasserspülung erreicht werden, 28 sec. Auslaufzeit im Marshtrichter, einem Spülungsmessgerät, aber die geringen Spaltbreiten im Kernrohr und im Ringraum erfordern eine Viscosität von max. 36 bis 38 sec., um die Druckverluste im System zu minimieren.

Bohrleistungsfaktoren

Die Bohrleistung ist, vom Bohr-/Kerndurchmesser abgesehen, von einigen Faktoren abhängig, und zwar von den Faktoren Geologie, Kernbohrkrone, Drehzahl, Drehmoment, Andruck, Bohrspülung, Spülpumpe, Bohrstrang und Driller.

Da die Geologie ein gegebener Faktor ist, muss man sich mit den technischen

Möglichkeiten darauf einstellen, die zur Verfügung stehen und die auf die jeweilige Situation abgestimmt werden können.

Zur Verfügung stehen müssen die Parameter, die von der Bohranlage abgerufen werden können. Eine wesentliche Voraussetzung ist ein Drehzahlbereich bis zu 350 U^{-min.1}, der für die Dimensionen „H“ mit einem Bohrdurchmesser von 98 mm bis zur Dimension „P“ mit 158 mm Bohrdurchmesser ausreichend ist, um die erforderliche Umfangsgeschwindigkeit der Bohrkronen zu erreichen, wobei gilt, je kleiner der Bohrdurchmesser, je höher die erforderliche Drehzahl.

Für die Seilkernsysteme „A“, „B“, „N“, mit erforderlichen Drehzahlen bis zu 1000 U^{-min.1}, sind Bohrgeräte mit einer Bohrspindel am besten geeignet. Die Gesteinsart bestimmt die Kriterien für die Auswahl der

Kernbohrkrone. Hierbei ist zu berücksichtigen, ob Sedimentgesteine wie Tonschiefer, Mergel-, Kalk-, Sandsteine, quarzitisch oder ohne Quarzanteile, Konglomerate, eruptive Tiefengesteine oder Lockergesteinsschichten anstehen.

Für jede Gesteinsart gibt es eine passende Kronenform (Bild 18) und die entsprechende Besatzart. Besetzt werden kann eine Bohrkronen mit Diamanten verschiedener Qualität und in abgestuften Steingrößen (Bild 19), polykristallinen Diamanten PKD's (Bild 20), Hartmetallsegmenten in Form von Stiften oder Platten (Bild 21) oder mit einer Corboritauflage, ein Hartlotmaterial (Bild 22).

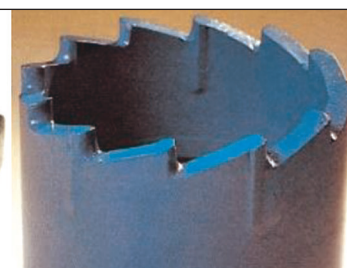
Des Weiteren kann eine Bohrkronen auf der Oberfläche besetzt sein (Bild 19) oder



19 Dia-Krone



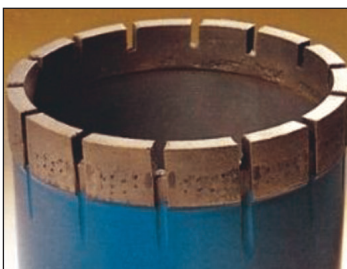
20 PKD-Bohrkrone



21 HM-Krone



22 Corboritkrone



23 Imprägnierte Krone



24 Dia-Stufenkrone



25 Krone mit Pilot



26 Sägezahnkrone



die Diamanten sind in der Kronenmatrix imprägniert (Bild 23). Bei letzterer Ausführung ist das Werkzeug eine Verschleißkrone.

Neben Standardausführungen sind weitere vielfältige Formen und Profile möglich, die für spezielle Einsatzbedingungen gefertigt werden wie Stufenkronen (Bild 24), Bohrkronen mit Pilot (Bild 25), Sägezahnkronen (Bild 26) und Kronen mit Innen- oder Außenkonus Profilen. Um an dem Punkt eine Druckentlastung zu erreichen, an dem die Bohrspülung am unteren Ende der Kernfanghülse mit hohem Druck austritt und den Kern umspült, sind zentrale Spülungskanäle in der Kronenlippe angelegt (Bild 26). Dadurch werden 2 Aspekte erzielt. Zum einen kommt ein Teilstrom der Bohrspülung nicht mit dem Kern in Berührung und die Gefahr, dass sensib-

rohres, genügt schon eine Ablagerung von nur wenigen Zentimetern Bohrklein auf der Bohrkronen, um fest zu werden.

Bohrtechnische Parameter

Mit welchem Andruck die Bohrkronen belastet werden muss, um im Zusammenspiel mit der Drehzahl einen entsprechenden Bohrfortschritt zu erreichen, richtet sich nach der Gesteinsfestigkeit und der durchmesserabhängigen Schneidfläche der Bohrkronen. Die Belastungswerte liegen, je nach Bohrdurchmesser, Drehzahl und Gesteins Härte, zwischen 2 und 10 t, bzw. 30 bis 110 kg/cm² Kronenfläche.

Da die heutigen Bohranlagen meistens über eine hydraulisch steuerbare Nachlassvorrichtung verfügen, kann der Andruck gleichmäßig und über den Drillometer kontrolliert aufgebracht werden, wobei eine 24 h Aufzeichnung aller Bohrstrangbewegungen erfolgt.

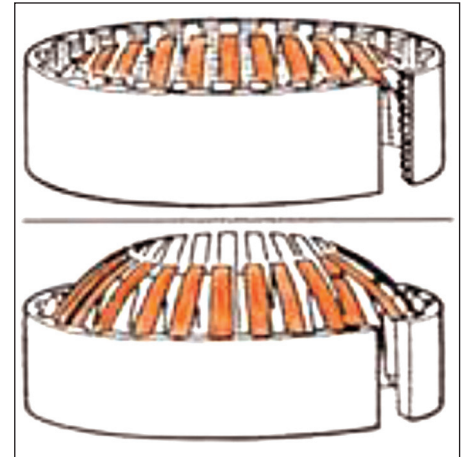
Dass ein ausreichendes Drehmoment, in Abhängigkeit von der Drehzahl, von 350 bis 450 Nm zur Verfügung stehen sollte, der Bohrstrang aus intakten Bohrstangen in Bezug auf Gradheit und Gewindefestigkeit zusammengesetzt ist, die Bohrspülung in Abständen auf die erforderlichen Spülungsparameter kontrolliert wird und die Förderleistung der Spülpumpe mit 250 bis 300 l/min. stufenlos steuerbar ist, sind weitere Grundvoraussetzungen für eine gute Bohrleistung.

Eine besondere Verantwortung im gesamten Betriebsablauf hat aber der Driller, der seine Bohranlage kennen muss, die angezeigten Bohrparameter, Andruck, Drehmoment, Pumpendruck, Bohrfortschritt, Hakenlast beim Ein- und Ausbau des Bohrstranges richtig interpretiert und bei etwaigen Abweichungen zügig und besonnen reagiert.

Kernfangfedern

Neben der Kernbohrkrone ist die Kernfangfeder ein sehr wichtiges Bauteil im System eines Kernrohres.

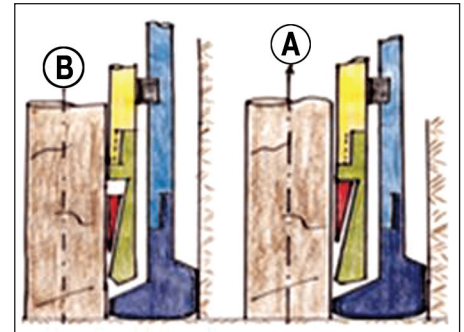
Hergestellt aus Vergütungsstahl werden die Kernfangfedern nach der Bearbeitung gehärtet und anschließend der Spalt geschnitten. Die Ausführung wird der Gesteins- und Bodenbeschaffenheit ange-



32 Kernfangfeder mit kurzem und langem Federkorb

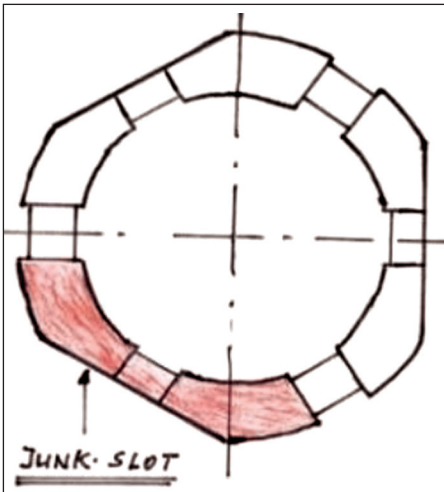
passt. Die Standardfedern mit gezahnten Nuten (Bild 28), glatten Nuten (Bild 29) und aufgelegtem Granulat (Bild 30), sind für fast alle Festgesteine geeignet, die nicht kleinstückig oder ohne feste innere Bindung sind. In Granit, Gneis, Kieselschiefer oder Basalt, also sehr homogenen und massiven Gesteinen, können auch Kernfangfedern ohne Nuten in glatter Ausführung verwendet werden (Bild 31).

Ausführungen mit Federkorb (Basket) mit kurzen oder auch langen Federn werden fast ausschließlich in Lockergesteinsformationen aber auch in gestörten,



33 Arbeitsstellung der Kernfangfeder
A Stellung beim Kernvorgang
B Stellung beim Abreißen des Kerners

kleinstückigen Festgesteinen eingesetzt (Bild 32). Diese Federvariante bewirkt, dass der Kern beim Ziehvorgang im Innenrohr gehalten wird und nicht auf die Bohrlochsohle fällt.

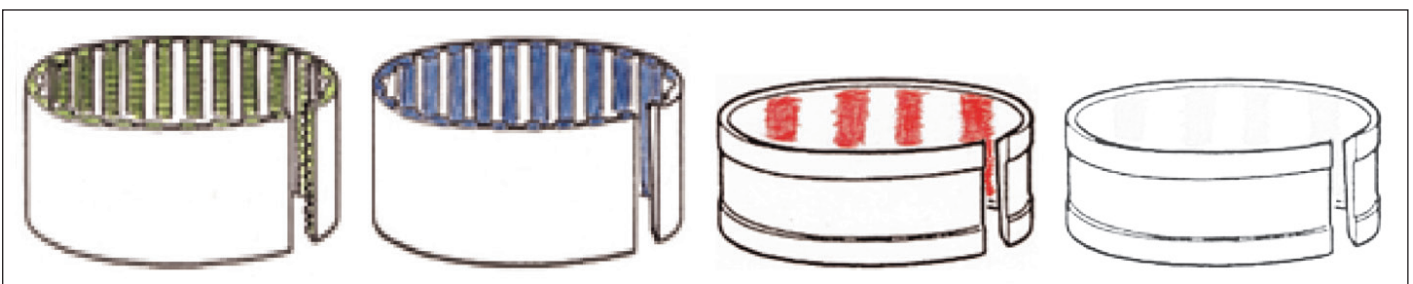


27 Junk Slot Profil

le Schichten zerspült werden können, wird gemindert und zum anderen wird im Zirkulationssystem der Pumpendruck reduziert.

Weitere konstruktive Möglichkeiten, um den Pumpendruck zu reduzieren und eine effektivere Reinigung der Bohrlochsohle zu erreichen, werden durch eine Vergrößerung des Abflussweges im Bohrkronenaußenkaliber mit Junk Slot's erzielt (Bild 27).

Damit wird auch eine potentielle Gefahrenquelle im Kronenbereich minimiert, denn bei Stillstand ohne Spülungszirkulation, hauptsächlich beim Ziehen des Kern-



28 Kernfangfeder mit gezahnten Nuten

29 Kernfangfeder mit glatten Nuten

30 Kernfangfeder, Nuten mit Granulat belegt

31 Kernfangfeder, glatt



struktionsgleich sind. Da bedingt durch die gestörten und steilen Schichten der Kern häufiger gezogen werden muss, da Kernverklebungen dies erfordern, wird das Bohrloch stark beansprucht. Das Bohrlochkaliber vergrößert sich durch Ausbrüche aus der Bohrlochwand und es entstehen Auskesselungen, durch die häufigen Ein- und Ausbauten wird das Bohrloch durch Druckstöße hydraulisch und bei nicht vertikaler Bohrloch-achse durch Schleiflasten mechanisch geschädigt.

Nachfall und ins Bohrloch rutschende Schichten können den Einbau des Kernrohrs zur Bohrlochsohle unmöglich machen, so dass dieser Bohrlochabschnitt dann durch eine Verrohrung gesichert werden muss.

Werden bis zur geplanten Endbohrtiefe mehrere gestörte Sektionen angetroffen, so kann durch Teleskopieren mit der nächst kleineren Rohrfahrt der jeweilige Bohrlochabschnitt gesichert werden.

Das Kernrohr wird entsprechend dem Verrohrungsdurchmesser abgestuft, wobei aber auch der Kerndurchmesser kleiner wird.

In solchen gestörten, brüchigen und steil einfallenden Schichten allerdings lie-

gen die Vorteile eindeutig beim Seilkernrohr.

Da der Seilkernbohrstrang beim Ziehen des Kernes immer im Bohrloch verbleibt, übernimmt er die Funktion einer temporären Hilfsverrohrung.

Aber es gibt auch Situationen wie z.B. ein Festwerden des Bohrstrangs, in denen, um das Bohrziel zu erreichen, auf die nächst kleinere Seilkerngarnitur abgesetzt werden muss, dann bleibt der festsitzende Seilkernbohrstrang als Hilfsverrohrung stehen. Nach Erreichen der Endbohrtiefe wird der Festsitzpunkt bestimmt, das Seilkerngestänge an dieser Stelle durch einen Schnitt mit einem Casingcutter getrennt und der dann freiwerdende Teil ausgebaut.

Dass außerdem mit zunehmender Bohrtiefe die Vorteile der Nettobohrzeiten, Verhältnis Bohr- zu Kernziehzeiten, beim Seilkernverfahren liegen, ist beschrieben worden.

Zum Schluss noch eine Anmerkung:

- Die bisher tiefste vertikale Seilkernbohrung erreichte eine Teufe von 3500 m
- Auf der Schachanlage General Blumenthal wurde im August 1979 mit

1060 m die längste Horizontalbohrung im Seilkernverfahren in querschlägiger Richtung hergestellt

- Einen Vorteil haben die konventionellen Einfach- und Doppelkernrohre gegenüber dem Seilkernrohr. Bei jedem Ausbau kann über Tage die Bohrkronen kontrolliert und bei einem Gesteinswechsel eine entsprechende Bohrkronen eingesetzt werden.

Quellennachweis

Werner Arnold – Flachbohrtechnik
Eastman - Christensen – Produktkatalog
Micon - Christensen – Mining and Construction Products
Craelius – Produktkatalog
Comdrill Bohrausrüstungen
Wirth – Bohrtechnisches Handbuch
TESCO. SA – Diamond Drilling Tools
Boart Longyear – Web Site – History
Seyferle – Bohrfibel 2003
AMS Online – Weiterbildung 03/2009
Glückauf Sonderausgabe 1976
Gewerkschaft Walter – GW – Seilkernsysteme 1993
Bohrgesellschaft Rhein-Ruhr, aus „Unterlagen zur Bohrtechnik“ (ca. 1996)

Apendix

[1] Doppelkernrohre, die in der Tiefbohrtechnik zum Einsatz kommen, sind baugleich mit denen, die in der Flachbohrtechnik eingesetzt werden, jedoch in einer verstärkten Ausführung.

Alle Bilder: Verfasser

Buchbesprechung

„Das Erbe des Erzes“ Band 5

Neue Nachrichten und Geschichten zum Erzrevier Bensberg

In der Schriftenreihe des Fördervereins des Bergischen Museums für Bergbau, Handwerk und Gewerbe e.V., Bergisch Gladbach, ist nun der 5. Band von *Herbert Stahl* (Mitglied im RDB e.V.) unter Mitarbeit von *Alois Döring*, *Gerhard Geurts*, *Herbert Ommert* (Mitglied im RDB e.V.) und *Lothar Speer* herausgegeben worden.

Der Förderverein hat aus dem Nachlass des früheren Direktors der Grube Lüderich (geschlossen 1978), *Dipl.-Ing. Carl-Heinz Kalthoff*, interessante Unterlagen bekommen und veröffentlicht sie nun im vorliegenden Buch.

Im 1. Kapitel sind Verleihungen der einzelnen Grubenfelder aus 1848 bis 1860 mit Original-Verleihungsrissen der Grube Apfel und weiterer Gruben im Bensberger Erzrevier aufgeführt.

Insgesamt werden ca. 55 Grubenfelder beschrieben und ihre jeweiligen Standorte im Amtlichen Stadtkartenwerk Ruhrgebiet-Rheinland-Bergisches Land, 2014, dargestellt. Das dürfte für die Altbergbau-Erkundung eine große Hilfe sein.

Es folgen interessante Bilder vom alten Bergbau und in Kapitel 5 Neuigkeiten zur

Eisenspatgrube Catharina II mit Röstofen (wie früher im Siegerland üblich).

Die bedeutenden Erzgruben Weiß (Stolberger Zink AG) und Berzelius (Metallgesellschaft AG) werden beschrieben.

Die Grube Weiß betrieb seit 1929 eine Flotationsanlage für die Nacharbeitung der alten Schlammteiche (750 t/d Durchsatz).

Herbert Ommert beschreibt ausführlich den Flotationsbetrieb, in dem später auch die Waschbergehalden der verschiedenen Gruben nachgearbeitet wurden. Es wurden ca. 150 T/a Rohmaterial durchgesetzt und ca. 5 bis 7 T/a Zinkkonzentrat hergestellt. Der Betrieb lief bis 1957.

Den Eingriffen des Bergbaus in die Umwelt ist ein besonderes Kapitel gewidmet:

- Verunreinigung von Bächen 1855 bis 1914
- Dambruch des Schlammteiches der Grube Weiß 1932
- Bergschäden an Häusern

Die Geschädigten erhielten kaum Ersatz, das „Recht des Stärkeren“ wurde in diesen Zeiten praktiziert.

Ein Kapitel ist der „Silikoseerkrankung

und dem Obrigkeitsdenken“ gewidmet. Hier wird über den früheren Direktor der Stolberger Zink *Dr. Fritz Herbst* berichtet (nicht positiv!).

Ein Kapitel behandelt „die Grube Berzelius einst und jetzt“, zu der auch die Zinkhütte in Bergisch Gladbach gehörte. Die Grube war von 1854 bis 1924 aktiv.

In den beiden letzten Kapiteln wird eingegangen auf das Bergische Museum in Bensberg und „historische Funde vom Lüderich“ und die Verehrung der heiligen Barbara im Bergischen Land.

Herbert Stahl und seinen Mitarbeitern ist zu danken, dass sie diese Daten gesammelt und in diesem 5. Buch der Reihe „Das Erbe des Erzes“ der Nachwelt erhalten haben.

Dr. Bruno Heide

159 Seiten, reich bebildert mit historischen Fotos, ISBN: 978-3-00-044826-3
Preis: 15,- €

Zu beziehen über:

Bergisches Museum für Bergbau,
Handwerk und Gewerbe
Burggraben 9 bis 21
51429 Bergisch Gladbach