



Bohrverfahren im Fels

Harald Graf, Bundesanstalt für Wasserbau,
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe
Telefon: 0721 / 9726 - 5770, E-Mail: harald.graf@baw.de

Zusammenfassung

Ich möchte Ihnen hier die verschiedenen Bohrverfahren, die Bohrtechnik sowie die Entnahme von Proben bei Festgesteinsbohrungen näher bringen. Im Wesentlichen ist das ein kurzer historischer Rückblick, bevor die verschiedenen Kernbohrverfahren zur Entnahme von Proben vorgestellt werden. Anschließend wird auf die Ausrüstungsteile und auf verschiedene Bohrkronen eingegangen, bevor dann der Bohrprozess und die Probennahme beschrieben werden.

1 Historisches

Da zu Beginn des 19. Jahrhunderts die oberflächennahen Lagerstätten von mineralischen Rohstoffen in Mitteleuropa zu einem großen Teil erkundet und abgebaut waren, musste die Erkundung auf tieferliegende Lagerstätten ausgedehnt werden. Dies konnte am besten durch erbohrte, zylindrische Gesteinskerne geschehen.

Dieses Ziel konnte man aber nur durch größere, zusammenhängende Gesteinsproben erreichen. Allererste Anfänge einer solchen Technologie sind bereits aus der Antike, vor allem aus Ägypten bekannt. Dort wurde ein Metallrohr und feiner Sand zum Bohren benutzt. Der Sand wirkte dabei gesteinszerstörend. Auch in Frankreich wurden um die Wende 17. und 18. Jahrhunderts kernähnliche Gesteinsproben erbohrt.

An der wirklichen Entwicklung hatte vor allem der Schweizer Tunnelbauingenieur Leschot bemerkenswerten Anteil. Er bohrte 1860 beim Bau des Mont Cenis Tunnels seine Sprengbohrlöcher schon mit Diamantbohrwerkzeugen. Voraussetzung für dieses Verfahren waren aber auch Bohreräte mit drehend-drückender Wirkung. Auch die Einführung solcher Anlagen vollzog sich vorwiegend im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts.

Großen Anteil daran hatte der Schwede Craelius (1854 - 1905) der einen Bohrerätetyp einführte, der günstige Voraussetzungen für das Bohren in beliebigen Richtungen ermöglichte. Die erste Patentanmeldung für ein Doppelkernrohr, allerdings noch mit einem mit dem Außenrohr fest verbundenen Innenrohr, wurde 1892 von C.M. Bulloch in den USA vorgenommen.

Mit dem rotierenden Bohren war die Gewinnung von Bohrkernen aus den damals erreichbaren Tiefen von maximal 1000 m am besten zu realisieren. Wirklich zufriedenstellende Ergebnisse gab es aber erst, als man Diamantbohrkronen, spezifiziert für verschiedene Gesteinseigenschaften und Doppelkernrohre, mit stehendem Innenrohr zur Verfügung hatte.

In festen, abrasiven (starker Verschleiß der Kronen bzw. Bohrwerkzeuge) Schichten war es schwierig, Bohrkern

in der gewünschten Qualität zu gewinnen. Man war gezwungen, das sogenannte „Schrotbohren“ anzuwenden (ähnlich dem System der alten Ägypter). Das Kernrohr bestand aus einem einfachen, im unteren Teil geschlitzten Stahlrohr (Bild 1).

Während des Bohrens wurde der Bohrschrot mit der Bohrspülung an die Bohrlochsohle gespült. Die Gesteinszerstörung erfolgte durch das Zerreiben des Schrots zwischen der Krone und dem zu durchbohrenden Gestein. Der Schrot bestand aus gusseisernen oder stählernen Kügelchen von 2 – 3 mm Durchmesser oder aus kleingehacktem Stahl gleicher Abmessung. Mit diesem Verfahren konnten nur kurze Bohrkern bis maximal 1 m Länge in einem häufig unzulänglichen Zustand gewonnen werden. Im Folgenden werden sie sehen, dass sich im Prinzip an der Technik des Kernbohrrens kaum etwas geändert hat und immer wieder Parallelen zu den Anfängen da sind.

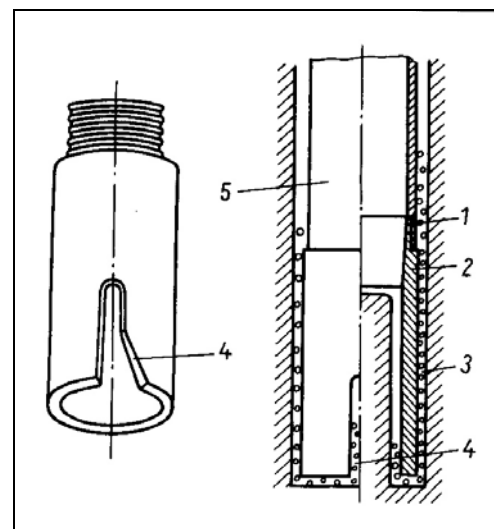


Bild 1



2 Kernbohrverfahren

2.1 Einflussfaktoren

Die Gewinnung von vollständigen und möglichst unbeschädigten Bohrkernen wird in erster Linie von folgenden Faktoren beeinflusst:

- den Festigkeitseigenschaften, der Homogenität und den tektonischen Beanspruchungen der zu kernenden Schicht. Besondere Schwierigkeiten sind gegeben bei lockeren, kohäsionslosen, klüftigen, gebrächen und bei quellenden Schichten.
- der Eignung der gewählten Bohrkronen und des Kernrohrtyps für die jeweils zu kernende Schicht
- Bei unverfestigten und gebrächen Schichten vor allem vom Kernfangring bzw. von dem am unteren Ende des Kernrohres befindlichen Verschluss
- dem durch die Abmessungen der Kerngarnitur bedingten Kerndurchmesser und von der Länge des Kernmarsches
- der Eignung und dem Reinigungsgrad der eingesetzten Bohrspülung
- der Qualität und der Pflege des eingesetzten Bohrgestänges
- der Wahl zweckmäßiger Bohrregime-Parameter (Andruck, Drehdruck, Geschwindigkeit, Spülungsdruck). Diese sollten nicht mit dem Ziel maximaler Bohrfortschritte, sondern einer möglichst schonenden Behandlung des Bohrkerns während des Bohrens festgelegt werden. Leider ist Ersteres auf der Baustelle meistens der Fall.
- dem Richtungsverlauf des Bohrloches. Bei stark gekrümmten Bohrlöchern wird die Gewinnung hochwertiger Bohrkern erschwert.

2.2 Allgemeine Anforderungen an Kernrohre

Kernrohre dienen der Aufnahme des Bohrkerns. Am unteren Ende des Kernrohres in der Kernfanghülse befindet sich ein Kernfangring (Bild 2). Nach Abbohren des Kernmarsches wird die Kerngarnitur angehoben und der Bohrkern verkeilt sich so mit dem Kernfangring in der Kernfanghülse, dass der Bohrkern vom anstehenden Gebirge abgerissen werden kann.

Kernfangringe können verschieden ausgeführt sein, je nach dem zu bohrenden Gebirge.

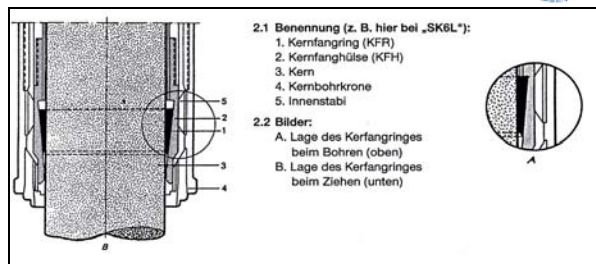


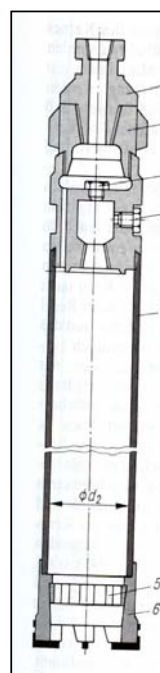
Bild 2

Kernrohre müssen aus hochwertigen Werkstoffen hergestellt werden, damit sie beim Einsatz trotz ihrer geringen Wanddicke nicht ausknicken. Die Innenwand des Kernrohres muss glatt sein, um keine Reibungswiderstände zwischen Kernrohr und Bohrkern entstehen zu lassen. Außerdem muss zwischen Kernrohrinnenwand und Bohrkern ein kleiner Ringraum belassen werden, um Verklebungen zu vermeiden.

Für die möglichst verlustlose Kerngewinnung ist der Kernfangring von ausschlaggebender Bedeutung. Auch die Länge des Kernrohres spielt bei den Anforderungen an Vollständigkeit und Qualität des Bohrkerns eine Rolle. Bei einem kurzen Kernmarsch sind eventuell auftretende Kernverluste auch besser zu lokalisieren.

Bei Baugrunduntersuchungen werden in der Regel Kernrohre mit einer Kernmarschlänge von 1,5 m und 3 m eingesetzt. Es gibt aber auch Längen von 0,35 m, 0,5 m, 1 m, 6 m und 9 m.

Bei Tiefbohrungen in ausgezeichnet kernbarem Gebirge sind schon Kernlängen von 27 m – 54 m gewonnen worden.



2.3 Einfachkernrohr

Das Einfachkernrohr (Bild 3) hat seinen Anwendungsbereich in flachen Bohrungen und harten homogenen, d.h. in sehr gut kernbaren Schichten (Beton, Granit). Die üblichen Kerndurchmesser betragen 22 mm – 132 mm bei Sonderformen auch bis zu 200 mm.

Kernlängen von 0,5 m – 27 m sind möglich; Einfachkernrohre finden aber keine Anwendung in der Tiefbohrtechnik.

Die Vorteile dieses Kernrohres liegen in der einfachen Bauweise, den niedrigen Anschaffungskosten und der dünnen Kronenlippe, daraus folgt ein großer Bohrfort-

Bild 3



schritt, weil weniger Gestein zu zerstören ist. Voraussetzung ist allerdings, dass die zu kernenden Schichten unempfindlich gegen die am Bohrkern mit hoher Geschwindigkeit vorbeiströmende Bohrspülung und gegen die Rotation des Kernrohres sind. Die Nachteile sind, dass der Kern Spülungskontakt hat und als Folge davon Auswaschungen erleidet. Bei tonigen Formationen besteht die Gefahr des Quellens und damit des Verklemmens des Kerns im Mantelrohr. Die Folge ist ein Zermahlen des Kerns oder eine Zerstörung desselben beim Entfernen aus dem Mantelrohr. Wird auf die Spülung verzichtet, ist ein Verbrennen des Kernes unvermeidbar. Da bei all diesen Nachteilen auch die Güteklasse stark verschlechtert wird, hat dieses Kernverfahren nach meiner Meinung bei Baugrunduntersuchungen nichts zu suchen.

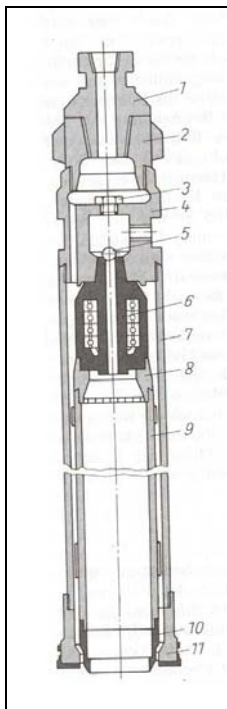


Bild 4

Beanspruchung am Kern blieb. Um diese Beanspruchung auszuschließen, wurde das Innenrohr gegen das Außenrohr so gelagert, dass es nicht mitrotieren konnte. Trotz der Komplizierung der Bauweise hat sich dieser Typ des Kernrohres weltweit durchgesetzt. Doppelkernrohre sind in der Anschaffung wesentlich teurer als Einfachkernrohre. Das Verhältnis zwischen Bohrdurchmesser zu Kerndurchmesser ist, bedingt durch breitlippige Bohrkronen, ungünstiger als bei Einfachkernrohren. Der Kerngewinn mit diesen Kernrohren ist gut und beträgt meist 90 % - 100 %. Entstehen trotzdem Kernverluste, so ist dies meist auf die falsche Bohrkrone zurückzuführen oder auf die schlecht gereinigte Spülung. Daher sollte, wenn nicht zwingend notwendig, auf Umlaufspülung verzichtet werden, so dass immer klares

2.4 Doppelkernrohr

Die Erkundung und Aufschlussstätigkeit in inhomogenen und weichen Gesteinen oder Wechsellagerungen in größeren Tiefen zwang zur Entwicklung des Doppelkernrohres (Bild 4).

Die Erkundung mit dem Einfachkernrohr war hier unzureichend, da der Kerngewinn teilweise nur bei 20 % - 30 % lag. Nun versuchte man, den Kern vor mechanischen und hydraulischen Einflüssen zu schützen. Dadurch entwickelte sich ein Doppelkernrohr, allerdings noch mit mitdrehendem Innenrohr.

Nun war der Kern vor der Spülung weitestgehend geschützt, aber die mechanische

Wasser an der Bohrkronen austritt. Eine andere Möglichkeit ist, dass die Spülpumpe zu wenig Wasser fördert und das Bohrklein nicht richtig ausgetragen wird.

Im Gegenzug ist eine zu große Spülmengemenge für ein Wegspülen des Bodens verantwortlich. In sehr wasserempfindlichen Formationen kann auch mit Luft gespült werden.

Es gibt auch die Verbindung Wasser-Luftspülung. Der technische Aufwand ist allerdings erheblich größer und sollte als Ausnahmefall behandelt werden.

Die wichtigsten Parameter beim Kern mit dem Doppelkernrohr sind der Andruck des Bohrwerkzeuges, der Drehdruck und der Spüldruck sowie die Spülmengemenge.

Das Innenrohr eines Doppelkernrohres muss immer mit einem Druckventil zur Druckentlastung ausgestattet sein. Ebenso sollten Wassermenge und Andruck über hydraulische Ventile unabhängig von der Motordrehzahl des Trägergerätes steuerbar sein. Leider ist das in der Praxis häufig nicht der Fall. Doppelkernrohre sind meines Erachtens für eine Bohrung, bei der nur ein Felsnachweis erforderlich ist (3 m – 5 m), gut geeignet.

2.5 Seilkernrohr

Bei Bohrungen, die eine Baugrunduntersuchung nach sich ziehen und bei denen tiefer als 5m in den Fels gebohrt wird, ist das Seilkernverfahren (Bild 5) vorzuziehen. Das Seilkerngerät ist auch ein Doppelkernrohr und kann in allen Formationen aufgrund einer Vielzahl von Kronensystemen und zwei Bohrmethoden bohren:

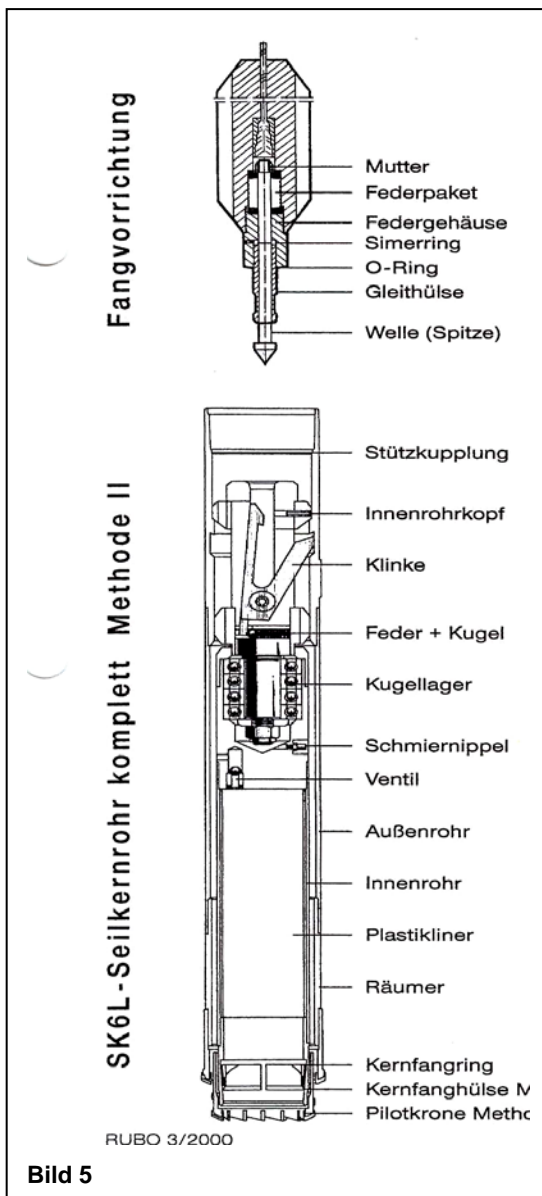
- Methode 1 ist ein Bohren mit einfachem Innenrohr ohne Liner.
- Methode 2 ist ein Bohren mit voreilender Krone. Die Voreilung kann bis zu 60 mm lang sein und hat den Vorteil, dass die Spülung fast nicht mit dem erbohrten Kern in Berührung kommt, da sie über der Voreilung austritt.

Der technische Unterschied besteht darin, dass das Bohrgestänge gleichzeitig als Verrohrung dient. Das Innenrohr wird nach dem Abbohren des Kernmarsches mittels eines Fängers, der am Seil eingeführt wird, geborgen und zutage gefördert. Dadurch entsteht ein enormer Zeitgewinn zum herkömmlichen Ein- und Ausbau des Bohrgestänges. Zudem wird das anstehende Gebirge beim Einbringen des Doppelkernrohres immer wieder mechanisch bearbeitet, und Nachfälle können die Folge sein. Dies entfällt bei der Benutzung eines Seilkernrohres, da das Innenrohr immer nur innerhalb der Verrohrung aus- und eingebaut wird. Die gebräuchlichsten Typen sind das SK6L146 und das Geobohr



S146. Auch Schrägbohrungen sind mit diesem Kernrohrtyp möglich. Allerdings sind die Kronenlippen sehr dick. Verhältnis Kerndurchmesser 101 mm - 102 mm und Bohrdurchmesser 146 mm – 150 mm, je nach Kronentyp. Der Durchmesser des Bohrstranges beträgt 140 mm. Es werden also höhere Anforderungen an das Bohrgerät und vor allem an die Qualifikation des Personals gestellt, weil hierzu hinreichend Erfahrung mit den Besonderheiten dieses Kernrohrtyps benötigt wird (Umgang mit den Parametern in Bezug auf Spülingeschwindigkeiten, breitere Kronenlippen, evtl. große Voreilungen und Sonderversuche etc.).

werden muss, bringt das Seilkernern erhebliche Zeiteinsparung: der Gestängeausbau entfällt und außerdem fällt das Bohrloch bei gebrächen Formationen nicht zusammen, weil es durch die Verrohrung gestützt wird. Zudem können für bestimmte Versuche Gerätschaften innerhalb des Schutzes der Verrohrung eingebracht oder mit einem kleineren Kernrohr durch die Krone hindurch weiter gebohrt werden, um evtl. Seitendruckversuche an der Bohrlochwand zu tätigen. Die Möglichkeiten sind also sehr vielfältig und finden nie in einem ganz offenen Bohrloch statt.



3 Ausrüstungsteile

3.1 Außenrohr

Beim Einfachkernrohr ist an dessen unterem Ende eine Bohrkronen angeschraubt, und in dieser ist ein Kernfänger angebracht. Meistens wird auf den Baustellen aber ein einfaches Rohr, das unten gezackt ist, ohne Kernfänger eingesetzt. Der überwiegende Einsatz ist in Überlagerungen oder im Mürbfels. Bedingt durch den fehlenden Kernfänger wird dann, um die Probe zu gewinnen, so lange gedreht, bis sich der Kern im Rohr festbrennt und damit geborgen werden kann. Da bei heutigen Bohrungen im Lockergestein meist das Rammkernbohrverfahren in Linern oder mit Schappe angewendet wird, kann man auf diese Art des Bohrens gänzlich verzichten, da man mit einer professionellen Rammkernbohrung soweit kommt, dass man dann gleich mit dem Rotationskernern beginnen kann. Es gibt natürlich Sonderfälle, wo dieses Kernrohr durchaus seine Berechtigung hat.

Bei Doppelkernrohren ist an das Außenrohr am unteren Ende eine Bohrkronen angeschraubt, und über dieser sollte ein Räumer angebracht sein. Außerdem sollte der Kernrohrkopf auch mit einer Räumerfunktion ausgestattet sein. Bei gekauften Kernrohren ist dies vom Hersteller schon vorgesehen. Bei manchen selbstgebauten Kernrohren wird es schwierig: Je länger das Kernrohr, umso wichtiger sind diese Räumer, um einen instabilen Lauf (Flattern) des Kernstranges zu vermeiden.

Diese Räumer sind erforderlich, um das Kaliber des Ringraumes für den Austritt der Spülung zu gewährleisten und um das Kernrohr im Bohrloch zu stabilisieren. Denn ein instabiles Kernrohr kann in bestimmten Formationen auch zur Zerstörung des Kerns führen (Kernverluste bzw. Dropsbildung).

Die gängigen Längen betragen 1,5 m – 3,0m. Das ist die Strecke, die in einem Arbeitsgang abgebohrt werden kann. Erhebliche Vorteile bringt das Seilkernbohren in gestörten geologischen Verhältnissen oder Wechsellagerungen. Unter diesen Verhältnissen kommt es nicht selten zu Kernklemmern, bevor der Kernmarsch zu Ende ist. Da in solchen Fällen das Kernrohr ausgebaut

Seilkernrohre, die als komplette Verrohrung eingebracht werden, haben am ersten Rohr wie am Doppelkernrohr eine Bohrkronen - allerdings mit einem Steuerring (zur Stabilisierung des Innenrohres) und darüber einen Räumer. Am oberen Ende des ersten Rohres ist eine sog. „Stützkupplung“ mit Räumerfunktion angebracht. Diese stützt später das Innenrohr gegen das Außenrohr ab und



hat ansonsten dieselbe Funktion wie beim Doppelkernrohr. Allerdings können beim Seilkernrohr, sollte die Bohrung tiefer werden oder sehr instabil laufen, noch Räumler (Stabilisatoren) zwischen die Rohre gebaut werden. Die Gewinde der Rohre laufen konisch und sind so beim Bohren 100 % wasserdicht, auch wenn sich ein Spülungsdruck aufbaut. Innen müssen Seilkernrohre ganz glatt sein, um einen reibungslosen Ein- bzw. Ausbau des Innenrohres zu gewährleisten.

3.2 Innenrohr

Beim Doppelkernrohr ist das Innenrohr unterhalb des gekapselten Kugellagers am Kernrohrkopf befestigt. Am unteren Ende befindet sich die Kernfanghülse mit dem Kernfangring. Oberhalb des Kugellagers am Kernrohrkopf befinden sich die Spülungslöcher, durch welche die Spülung dann zwischen Innen- und Außenrohr geleitet wird. Auf den Kernrohrkopf wird dann ein Außenrohr mit Krone und Räumler aufgeschraubt. Zur Probennahme wird später die Bohrkronen abgeschraubt und die meist gesteckte Kernfanghülse abgezogen. Durch Schrägstellen des Kernrohres wird dann der Kern gewonnen. Verklemmt sich ein Kern im Innenrohr, so muss auch das Außenrohr abgeschraubt werden, da ein Schlagen auf dieses mit einem Gummihammer den Kern meist nicht zum Rutschen bringt.

Beim Seilkernrohr ist der Aufbau identisch, nur hat der Kernrohrkopf (hier Innenrohrkopf) keinen Übergang auf ein Spülgestänge, sondern ist mit einer oder drei Kliniken versehen, die das Innenrohr gegen das Außenrohr abstützen. Zur Probennahme wird hier die geschraubte Kernfanghülse mittels eines speziellen Schlüssels geöffnet. Durch ein Schrägstellen des Innenrohres wird der Kern entnommen. Verklemmt sich hier ein Kern, so kann er gleich mittels eines Gummihammers zum Rutschen gebracht werden. Die geschraubte Kernfanghülse hat auch einen Vorteil gegenüber der gesteckten, denn die gesteckte kann nach unten rutschen und macht dann den Durchgang für die Spülung dicht.

Beide Kernrohrtypen haben ein Entlastungsventil, um zu verhindern, dass die darin befindliche Bohrspülung beim Eintritt des Kerns komprimiert wird bzw. sich den Weg durch den Ringspalt zwischen Innenrohr und Bohrkern sucht und diesen ausspült.

3.3 Räumler

Wie schon erwähnt, hat der Räumler (Bild 6) zwei Funktionen: Zum einen soll er das Bohrloch für die Spülung kalibergerecht halten, und zum anderen hat er eine Stabilisierungsfunktion für das Kernrohr. Es gibt zwei Arten von Räumern:

- Die einen haben eine Matrix mit eingelegten Diamantsplittern.
- Die anderen haben eingeklebte Metallsegmente.

Aufgeschweißte Nähte gibt es leider auch, aber dies ist abzulehnen. Die Bohrfirmen machen dies, um Geld zu sparen. Manche haben diese auch schräg aufgebracht. Aber das ist eine Philosophie. Wichtig ist das Außenkaliber des Räumers im Verhältnis zum Außenkaliber der Krone.



Bild 6

3.4 Kernfanghülse

Die Kernfanghülse ist der untere Abschluss des Innenrohres und dient zur Aufnahme des Kernfangringes (Bild 7). Für die verschiedenen Methoden beim Seilkernfangen gibt es zwei verschiedene Kernfanghülsen. Kernfangring und Kernfanghülse können ihre Funktion nur zusammen erfüllen, da sie konisch gegeneinander zulaufen.

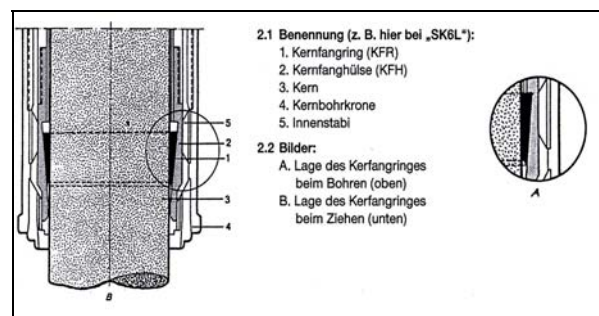


Bild 7

3.5 Kernfangring

Im Gegensatz zur Kernfanghülse kommt dem Kernfangring größere Bedeutung zu. Seine Aufgabe ist es, den Kern beim Abreißen sowie beim Zutagefördern festzuhalten. Die Vorgänge beim Bohren und beim Ziehen gehen folgendermaßen vor sich:



Vorgang Bohren

Beim Kernbohren dringt das Kernrohr in den Boden ein, und der Kern wächst durch die Krone, die Kernfanghülse und den Kernfangring in das Innenrohr hinein. Der außen konische Kernfangring wird durch das Eindringen des Kerns nach oben bis zum Anschlag der innen konischen Kernfanghülse mitgenommen. Der Innendurchmesser der Kernfanghülse ist hier am größten.

Vorgang Ziehen

Ist der Kernmarsch abgebohrt, wird die Rotation abgestellt und das Bohrloch freigespült. Anschließend wird der Bohrstrang angehoben. Der Kernfangring gleitet in der Kernfanghülse nach unten und verkeilt den Kern. Wenn eine ausreichende Zugkraft ausgeübt wird, reißt der Kern ab und wird vom Kernfangring gehalten, während das Kernrohr gezogen wird.

Es gibt Kernfangringe in den unterschiedlichsten Ausführungen je nach Anwendungsbereich (s.a. Anlage 1). Als Standard wird in der Regel der Typ mit Nuten und mit Zahnung eingesetzt.

4 Bohrkronen

4.1 Arten von Bohrkronen

Es gibt je nach Verwendungszweck verschiedene Bohrkronen mit ganz unterschiedlicher Besetzung und verschiedenen Matrixhärten und Profilen (Bild 9):



Bild 8

Diamantbohrkronen

Die in der Bohrtechnik am häufigsten eingesetzten Diamanten werden im Kongo, in Westafrika und in Brasilien gewonnen. Diamantbohrkronen (Bild 9) werden in allen Bereichen der Bohrtechnik in mittelharten bis sehr harten Gesteinen eingesetzt. Der durch sie gewonnene Bohrkern zeichnet sich durch eine glatte, fast geschliffene Oberfläche aus.

Durch den Einsatz von zuverlässigen Kernfangeinrichtungen und ruhigen Lauf der Bohrgarnitur übertrifft die Diamantkrone in Bezug prozentualen Kerngewinn im homogenen Festgestein jedes andere Kernbohrwerkzeug.

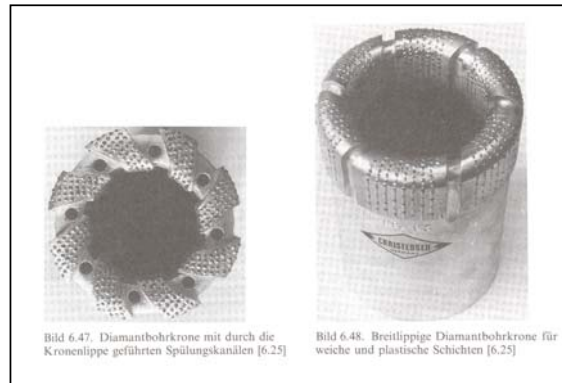


Bild 9

Je nach zu bohrenden Gestein werden die Bohrkronen verschieden besetzt. Diese Besetzung wird in Steine pro Karat angegeben und sagt aus, wie viele Steine pro cm^2 in die Matrix eingesetzt sind.

Je härter der Fels, desto mehr Steine pro Karat werden eingesetzt, und die Diamanten werden immer kleiner.

Die Matrix ist das Bindeglied zwischen dem Diamanten und dem Kronenkörper und gleichzeitig das Einbetungs- und Befestigungsmaterial. Auch hier gibt es verschiedene Härtegrade. Hierbei muss man aber unterscheiden zwischen imprägnierten und oberflächenbesetzten Kronen. Die Bohrkronen für sehr harte Gesteine haben 400 – 800 Steine und mehr (bis zu 7000) pro Karat; diese sind dadurch sehr klein in die ganze Matrix eingebracht. Durch die Abnutzung der Matrix kommen immer wieder neue Steine zum Schneiden. Diese Art der Kronen nennt sich „imprägnierte Krone“.

Bei dieser Kronenart gilt: Je härter das Gestein, um so weicher die Matrix. Die Abnutzung der Matrix ist hier erwünscht, damit immer wieder frische Diamanten zum Schneiden kommen.

Bei der oberflächenbesetzten Krone ist es gerade umgekehrt: Je größer der Diamant, desto geringer der Verschleiß der Schneidwirkung des einzelnen Diamanten. Deshalb darf sich auch die Matrix nicht so schnell abnutzen, denn sonst würde der Diamant herausgelöst.

Ein großer, abgelöster Diamant im Bohrloch ist allerdings der Tod jeder ziemlich teuren Bohrkrone, da er die Matrix zerstört. Der Preis einer Bohrkrone richtet sich nach der Besetzung.



Die Matrix besteht aus hartem, erosionsbeständigem Material, das im pulvermetallurgischen Prozess aus Wolframcarbid und aus weicheren Metallen (dem Binder) gefertigt wird.

Als nächstes ist auch die Form (Profil) der Kronenlippe für das erfolgreiche Kernverfahren ausschlaggebend. Diese Profile sind auf Bohrversuchsständen entwickelt worden und in der Praxis erprobt. Natürlich gibt es hier auch Sonderformen von Stufenkronen mit einer oder mehreren Stufen, je nach eingesetztem Kernverfahren. Das Seilkerngerät hat eine breitere Kronenlippe, verkraftet also mehr Stufen.

| Typ | Profil | Gesteinseigenschaften | Typ | Profil | Gesteinseigenschaften |
|-----|--------|--------------------------------|-----|--------|-------------------------------|
| W | | sehr hart und homogen | M | | mittelhart bis hart |
| B | | hart bis sehr hart und abrasiv | D | | weich bis mittelhart |
| S | | weich, mittelhart bis hart | E | | weich bis mittelhart, brüchig |
| P | | weich bis mittelhart | A | | weich bis mittelhart, brüchig |

Bild 6.46. Profile von Bohrkronenlippen für Schürfbohrkronen für unterschiedliche Gesteinseigenschaften [6.24]

PKD Bohrkronen

Bohrkronen mit PKD Elementen, auch „Syntec“ oder „Syntac“ genannt, haben plattenförmige Schneidelemente in unterschiedlicher Zahl in der Matrix (Bild 10). Um hier gute Ergebnisse zu erzielen, muss eine genaue Schneidgeometrie der Schneidelemente gewährleistet sein. Außerdem muss genügend Freiraum zwischen den Schneidelementen vorhanden sein, durch die es möglich ist, das Bohrklein ohne Nachzerkleinerung mit der Bohrspülung abzutransportieren. Das Bohrklein ist bei diesen Arten von Kronen erheblich gröber.



Bild 10

Allerdings sind diese Bohrkronen billiger als diamantbesetzte. Ihr Einsatz beschränkt sich auf Gesteine mit kleineren Härtewerten und niedriger Abrasivität. Sehr gut haben sie sich bei Wechsellagerungen bewährt. Allerdings braucht das Bohrgerät eine leistungsfähige Spülpumpe, um das grobe Bohrklein abzutransportieren.

Hartmetallbohrkronen

Die Gesteinszerstörung erfolgt bei Hartmetallbohrkronen durch in den Kronenkörper eingelötete oder einge-

klebte Hartmetallstifte oder Hartmetallscheiben. Bei der Verwendung von Stiften hat sich ein achteckiger Querschnitt durchgesetzt. Dabei ist es zweckmäßig, die Stifte mit 10° Neigung in den Kronenkörper einzusetzen. Hierdurch wird das Selbstschärfen dieser Bohrelemente begünstigt, und die Bohrgeschwindigkeit ist weitgehend gleichbleibend. Die Lebensdauer des Bohrwerkzeuges wird dabei auch optimal ausgenutzt.

Bei der anderen Variante, die auch mehrstufig ausgebildet sein kann, werden scheibenförmige Hartmetallkörper am Kronenkörper angebracht, die eine weitgehend schneidende Gesteinszerstörung bewirken.



Bild 11

Corboritbohrkronen

Bei diesem Typ bestehen die Schneidelemente aus gestoßenen, scharfkantigen Hartmetallstücken von 2 – 5 mm (Bild 11). Diese Kronen haben bedeutend mehr Schneidkanten als konventionelle Hartmetallkronen. Unter bestimmten Bedingungen können mit diesem Typ Diamantkronen mit 8-15 St/k ersetzt werden.

Sie sind vorteilhaft beim Einsatz mit Luftspülung, bei Einfachkernrohren und beim Bohren mit hoher Drehzahl, finden aber in der Baugrunduntersuchung kaum Anwendung.

4.2 Richtlinien für die Auswahl und den Einsatz von Bohrkronen

Bei Diamantbohrwerkzeugen werden von den Herstellern in der Regel günstige Einsatzbereiche und zu wählende Bohrparameter angegeben. Letztere liegen jedoch in breiten Streubereichen, so dass der Bohrfachmann auf Grund regionaler Erfahrungen die zu wählende Krone vorgeben muss.

Neben der Beurteilung der Eigenschaften, der zu durchbohrenden Gesteine, der zu erwartenden Bohrgeschwindigkeit, der Lebensdauer des jeweiligen Bohrwerkzeuges und des Preises spielen Tiefe und Durchmesser des Bohrloches eine wichtige Rolle.

Grundsätzlich richtet sich die Wahl einer Bohrkronen auch sehr wesentlich nach der Art des Kernrohres, das zur Gewinnung möglichst verlustloser Bohrkerne erforderlich ist. Ausschlaggebend ist auch die Leistungsfä-



higkeit des eingesetzten Bohrgerätes, vor allem die Drehgeschwindigkeit des Spülkopfes.

In kompakten und wenig klüftigen Gesteinen wo eine hohe Anzahl von Steinen pro Karat eingesetzt wird, ist eine möglichst hohe Drehzahl zu wählen. Eine niedrige Drehzahl wird beim Bohren von Wechsellagerungen mit unterschiedlicher Härte und in stark klüftigen, zertrümmerten Gesteinen gewählt.

Je gröber eine Kernkrone, um so stärker muss der Spülstrom zum Austrag des Bohrkleins sein, d.h. eine gute Spülpumpe muss vorhanden sein.

5 Gestaltung des Bohrprozesses und die Probennahme

Ist dies alles geregelt, geht es an den Einbau der Bohrgarnitur.

Vor dem Einbau muss sich der Geräteführer über die Bohrlochtiefe, über die Anzahl und Einbaureihenfolge der Bohrgestängezüge und deren Länge informieren. Der Einbau muss gleichmäßig und vorsichtig erfolgen, damit das Bohrwerkzeug (Krone) nicht beschädigt wird.

Bei vorangegangenen Kernverlust ist ebenfalls vorsichtig einzubauen, da der Kern eventuell während des Ausbaus aus dem Kernrohr gerutscht ist und sich im Bohrloch verklemmt hat. In verengten Bohrlochabschnitten (drückende oder quellende Schichten) erfolgt der Einbau bei drehendem Bohrstrang mit geringer Drehzahl, begrenzter Belastung und intensivem Spülen. Die Nachlassgeschwindigkeit, also die Geschwindigkeit, mit welcher der Bohrstrang zur Bohrlochsohle abgesenkt wird, darf 2-3mal so hoch sein wie die optimale Bohrgeschwindigkeit.

Der Einbauprozess wird 2 m – 4 m vor Erreichen der Bohrlochsohle gestoppt, ggf. wird nach Einschalten der Spülpumpe die Gegenhaltung (eine Vorrichtung, die erlaubt, das Gewicht des Bohrstranges zu neutralisieren und deshalb beim Bohren nur der auf dem Manometer angegebene Andruck auf die Bohrlochsohle wirkt) eingestellt und dann mit intensiver Spülung langsam bis zur Bohrlochsohle gefahren. Ist beim Ansetzen auf die Bohrlochsohle ein ruckartiges, schlagendes Arbeiten der Bohrgarnitur festzustellen, so ist diese anzuheben und mit vermindertem Vorschub wieder anzusetzen.

Danach sind die ersten 20 cm - 30 cm mit geringer Drehzahl und reduzierter Spülung abzuteufen, danach werden die Bohrparameter langsam bis zu den optimalen Werten erhöht. Die wichtigen Parameter sind Andruck, Drehdruck und Spülungsdruck. Diese Parameter sind auch während des Bohrvorgangs ständig zu beobachten. Sie sind wichtige Anzeichen für eine Störung des Bohrprozesses. Der Bohrfortschritt kann je nach zu

durchbohrendem Gestein schwanken. Verringert sich der Fortschritt ohne Erhöhung des Spülungsdruckes und ohne große Änderung des Drehdruckes, so kann auf eine höhere Gesteinsfestigkeit geschlossen werden. Die Belastung ist gleichmäßig zu erhöhen, wobei sich ein schnellerer Bohrfortschritt einstellen muss.

Beim Eintritt in weiches Gestein erhöht sich der Spülungsdruck bei gleichzeitig leichter Erhöhung des Bohrfortschrittes. Der Andruck ist sofort zurückzunehmen, und die Spülungsmenge ist zu erhöhen. Geht der Spülungsdruck zurück, so kann der Andruck wieder erhöht werden; möglicherweise muss die Spülungsmenge auch erhöht werden.

Verringert sich die Bohrgeschwindigkeit und der Spülungsdruck steigt, so nimmt man den Andruck zurück und zieht den Bohrstrang leicht an. Verringert sich der Spülungsdruck nicht, so kann man von einem Kernklemmer ausgehen. Verringert sich der Spülungsdruck und erhöht sich beim Ansetzen erneut, kann dies auf einen erhöhten Verschleiß der Bohrkrone hindeuten. In diesem Fall ist die Bohrkrone zu wechseln.

Beim Bohren mit imprägnierten Bohrkronen kann eine Verringerung der Bohrgeschwindigkeit auf eine ungleichmäßige Verteilung der Diamanten an der Bohrkrone hindeuten. Die Spülung ist zurückzunehmen, was zu einem erhöhten Verschleiß der Matrix führt, und nach 2 - 3 Minuten sind frische Diamanten freigelegt, und der Andruck kann wieder erhöht werden.

Die Überwachung des Spülungsstromes ist deshalb wichtig, weil eine fehlende Spülung zum Verbrennen der Krone und damit zur Zerstörung derselben führt. Außerdem kann die Bohrgarnitur fest werden, und eine Havarie ist angesagt. Zur Gewährleistung einer hohen Bohrleistung ist eine maximale Kernmarschlänge anzustreben, d.h. die Kernrohrlänge sollte voll ausgenutzt werden.

In Gesteinen mit geringem Bindemittelgehalt und in Wechsellagerungen kann bei normaler Kernmarschlänge der Kern unzureichend sein, d.h. es sind Kernverluste oder Ausspülungen, evtl. auch Dropsbildungen, am Kern entstanden. Dann kann die Verringerung der Kernmarschlänge zu einer Erhöhung des Kerngewinns führen, weil dadurch die Wirkungszeit von kernzerstörenden Faktoren reduziert wird (Spülung, mitdrehende Steine, unrunder Lauf der Kerngarnitur).

Das Ausbauen der Kerngarnitur muss vorsichtig erfolgen; starke Rucke und Schläge sind zu vermeiden. Nach dem Ziehen des Kernrohres wird die Garnitur auf dem Laufsteg abgelegt oder in eine Montagegarnitur eingespannt. Danach wird die Krone und die Kernfanghülse mit entsprechendem Werkzeug gelöst und entfernt. Durch ein Schräghalten des Kernrohres bzw. beim Seilkernen des Innenrohres wird der Kern entnommen.



Sollte der Kern nicht herausrutschen, so kann dies durch leichte Schläge mit einem Gummihammer erzwungen werden. Danach werden die Kerne vorsichtig und schichtengerecht in die Kernkisten gelegt. Sind die Kerne in Liner gezogen, so werden diese genauso wie oben beschrieben entnommen. Danach werden die Liner mit Deckeln verschlossen, beschriftet und in Kernkisten gelagert.

Literatur

ARNOLD, W. (1993): Flachbohrtechnik. 1. Aufl., Dt. Verl. f. Grundstoffindustrie, Leipzig, Stuttgart

SEYFERLE BOHR-CONSULT GMBH: Bohrfibel