



Der neue Herrenknecht Full Face Hole Opener (FFHO)

Neuentwicklung von Herrenknecht

# Full Face Hole Opener in der Theorie und Praxis

Nach einer mehrjährigen Entwicklungsphase wurde 2015 die Markteinführung der ersten HDD Felsbohrwerkzeuge der Herrenknecht AG gestartet.

*Von Dipl. Ing. (FH) Michael Lubberger, Senior Product Manager Pipeline Herrenknecht AG*

Bis dato assoziierte man Herrenknecht im Bereich der Horizontalbohrtechnik nur mit der Herstellung von großen Premium-Horizontalbohranlagen der Maxi & Megaklasse (600 kN bis 6000 kN Rückzugskraft). So stellt die Herrenknecht AG mit „Rigs“ und „Mud- & Pipe-handling“ Übertage-Equipment (Surface Equipment) her, das den Großteil einer kompletten HDD-Bohrausrüstung abdeckt. Für ein optimales Bohrergebnis hat Herrenknecht dazu passend nun auch Untertage (DTH – down the hole)-Werkzeuge entwickelt und hergestellt. Die Werkzeuge sind eine der

Schlüsselkomponenten beim Horizontalbohrbohren und ein entscheidender Faktor bei der Produktivität des Bauvorhabens.

Mit dem Einstieg in das Segment der Bohrwerkzeuge, im speziellen die Felsbohrwerkzeuge, transferiert Herrenknecht konsequent sein Know-how. Mit über 3.000 gebauten Bohrköpfen hat der Marktführer maschinellem Vortriebstechnik seit Jahren eine große Expertise im Bereich der Schneidwerkzeugtechnologie. Gute und standfeste Schneidwerkzeuge sind der Schlüssel für jede Art von Bohrkopf in Fels. Die Bandbreite ist dabei sehr groß, es gibt erhebliche Unterschiede beim Einsatz der Schneidwerkzeuge Untertage. Allein die Größen der Bohrköpfe,

in welche das Werkzeug eingesetzt wird, variieren zwischen 0,5 bis 19 Meter Durchmesser. Zu unterscheiden ist außerdem zwischen horizontaler und vertikaler Anwendung. Einsatzgebiete sind sowohl weiches Gestein als auch harter, teils sehr abrasiver Fels. Manchmal ist kein Grundwasser vorhanden und die Rollen laufen „trocken“, ein andermal stehen bis zu 50bar Grundwasserdruckhöhe auf den Dichtungen der Schneidrollen. Die Entwicklung bzw. Auswahl der Schneidrollen entsprechend der jeweiligen Einsatzbedingungen ist daher erfolgsentscheidend.

Bei der Entwicklung der HDD Bohrwerkzeuge hat Herrenknecht auf die Schneidrollenentwickler aus dem hauseigenen Kompetenzzentrum für Schneidrollen (Cutter) in Sumner, WA in den USA zugegriffen die zusammen mit der Forschungs- & Entwicklungsabteilung des Hauptsitzes in Deutschland die HDD Anwendung unter die Lupe genommen hat. Das Ergebnis sind neue Werkzeuge, die bei geringerem Investment und Risiko in der Bauausführung eine wesentliche Erhöhung

der Produktionsleistung bei Felsbohrungen ermöglichen.

## Stand der Technik

Die Bohrerherstellung im Fels mit dem HDD-Verfahren ist unter anderem mit folgenden Risiken bzw. technischen Problemen und Kostenverursachern behaftet:

1. Bruch der Bohrgestänge direkt vor oder nach dem Bohrwerkzeug, hervorgerufen durch kontinuierliche Biegebeanspruchung an der Gewindeverbindung. Die Wechselbiegung wird durch einen Achsversatz zwischen Achse des Bohrgestänges im Bohrloch und der Achse des Bohrlochs bzw. dem Bohrwerkzeug hervorgerufen, eine Folge der fehlenden Zentrierung bei den verschiedenen Aufweitstufen.
2. Bruch der Schneidrollen bzw. geringe Standzeiten der Bohrwerkzeuge durch hohe undefinierte Kräfte auf zu kleinen Schneidrollen, die meist fliegend gelagert sind und eigentlich für wesentlich kleinere Pilotbohrungen entwickelt wurden.
3. Hoher Verschleiß an den Schneidrollen und an dem Bohrkopfgrundkörper
4. Bohrspülungsverluste durch natürliche Risse in der Formation und solche, die durch zu hohe Bohrspülungsdrücke hervorgerufen worden sind.
5. Unsaubere Bohrlöcher, auf deren Bohrlochsohle sich größeres Bohrgut ansammelt. Dies kann insbesondere beim Einbau bzw. dem Ausbau des Werkzeugs für Wartungszwecke zum Verkleben führen. Im schlimmsten Fall stellen sich dadurch beim Rohreinzug hohe Reibkräfte ein die bis zum Steckenbleiben der Pipeline führen kann.
6. Geringe Standzeiten des Bohrwerkzeugs, bei denen die Rollen nicht getauscht werden können. Als Folge muss neues Bohrwerkzeug benutzt werden, wenn die Schneidrollen verschlissen sind bzw. die Rollenlagerung defekt ist. (Einmalwerkzeuge)
7. Der Drehfedereffekt der Bohrgestänge in Folge des Drehmoment führt dazu, dass bei länger werdenden Bohrungen die Bohrstangen sich verdrehen und Energie speichern, welche sich ruckartig entladen kann. Dies führt meistens zu einem Bruch des Bohrgestänges oder zu einem Lösen der Gewindeverbindungen. Weithin können dabei unzulässig hohe Drehzahlen und Belastungen für das Bohrwerkzeug



Konventioneller 64“ Hole Opener mit zweifacher vorderer Zentrierung in Form von Fassräumer (Barrel reamer)

zustande kommen.

8. Konvergentes oder nachbrüchiges Verhalten des Baugrunds.
9. Schlüssellochförmiges Bohrloch durch fehlende Zentrierungen bei den verschiedenen Aufweitstufen.

Ausgehend von den obenstehenden Kriterien und Problemstellungen wurde die Entwicklung gestartet mit der Maßgabe, die Risiken zu minimieren bei gleichzeitiger besserer Performance und Kosteneffizienz. Was das Einsatzspektrum der Werkzeuge angeht, wurde eine wesentliche Abgrenzung getroffen: Die Bohrwerkzeuge werden erst ab einem Durchmesser von 30“ (DN700) gebaut und es werden Pilotbohrungen mit einem Durchmesser von 10“ bzw. 12“ bevorzugt. Idealerweise verwendet der Bauunternehmer 6 5/8“ Bohrgestänge besser sogar die neuen größeren 7 5/8“. Für kleinere Durchmesser können allerdings auch die 5 1/2“ Bohrstangen verwendet werden.

Die gängigste Form der Bohrerherstellung im Fels heutzutage ist die mehrstufige Erweiterung der Pilotbohrung, indem man in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten ein Aufweitwerkzeug durch den dadurch immer größer werdenden Bohrkanal zieht. Die Anzahl der Aufweitungs-schritte bzw. der Aufweitungs-durch-

messer legt das Bohrunternehmen selbst fest. Es ist Stand der Technik, dass bei kleinen Aufweitstufen schon Durchmessererweiterungen von bis zu 15“-18“ im ersten Aufweitschritt durchgeführt werden (z.B. eine 8,5“ Pilotbohrung wird im ersten Räumgang auf 24“ erweitert). Im zweiten Räumgang ist die Praxis, dass bis zu 10-12“ aufgeweitet werden (z.B. eine erste Aufweitung von 24“ wird im zweiten Räumgang auf 36“ erweitert). Je größer die Aufweitedurchmesser sich entwickeln, desto kleiner werden die Inkremente der Aufweitschritte. Es ist nicht selten, dass bei Aufweitedurchmessern > 48“ die Inkremente der Aufweitung nur noch zwischen 4-6“ betragen (das bedeutet, dass im Radius nur 2-3“ = 50-75 mm gebohrt werden)

Mit größer werdendem Durchmesser ist es zunehmend schwieriger, das Bohrwerkzeug zu zentrieren. Die auf der Sohle des vorgebohrten Lochs liegende Bohrstange versucht, das Bohrwerkzeug bei jeder Umdrehung zu verkanten. Weiterhin wird bei den Aufweitschritten im großen Durchmesser



## Hochwertige Bohrspülungsprodukte Spülungsservice

**Spezialbentonite für HDD Microtunneling Spezialtiefbau**

Telefon: 0172/6 90 12 25

E-Mail: m.wiedermann@gelteq.de

[www.gelteq.de](http://www.gelteq.de)

nur noch ein geringer Teil der Schneidrollen belastet, welches zu einer ungleichen Lagerbelastung und Verschleiß der Rolle führt. Als Folge der kleinen Ortsbrust (radial nur 2-3“ groß) kommt es bei großen Durchmessern zu einem Abbrechen der Kante zum vorgebohrten Loch. Dieses abgebrochene Material ist meist zu groß, um mit dem Spülstrom der Bohrsuspension abtransportiert zu werden. Es fällt zudem in den Bereich der vorderen Zentrierung und kann von dort nicht durch den Bohrkopf abtransportiert werden. In der Folge sammelt sich Material im Bereich der Zentrierung, welches im Verlauf des Bohrens von der Zentriereinrichtung auf Kosten des Verschleißschutzes zermahlen wird.

Die meisten Hole-Opener werden mit geschweißten Schneidrollen ausgeführt. Dies bedeutet, dass ein Wechsel der Schneidrollen vom Hersteller nicht vorgesehen wird. Die Lebensdauer des gesamten Bohrwerkzeugs ist somit abhängig von der Lebensdauer der Lagerung bzw. dem Verschleißverhalten der Schneidrollen. Die meisten Hersteller sehen Inspektionsintervalle für die Begutachtung der Lager von ca. 80-120 Stunden vor. Die Lebensdauer liegt meist wesentlich unter 150 Stunden.

Mittels HDD-Technologie können die im Bohrstrang eingebauten Bohrwerkzeuge relativ schnell aus einem Bohrloch ausgebaut bzw. auch wieder rasch eingebaut werden. Je länger die Bohrung ist, desto länger dauert aber auch dieses sogenannte „trippen“ des Werkzeugs. Eine Inspektion bzw. ein

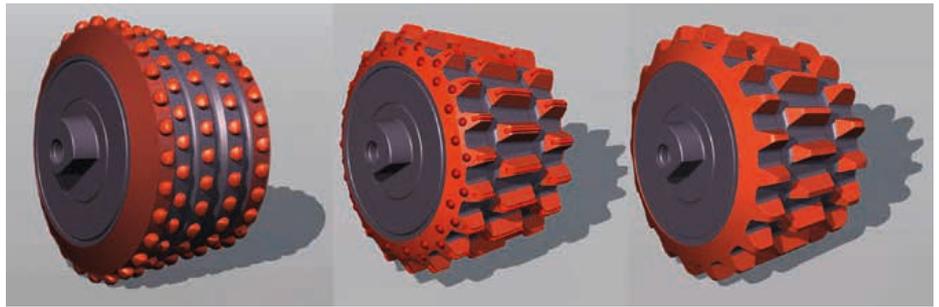


Abbildung der verschiedenen Schneidrollentypen

Werkzeugwechsel kann so bis zu zwei ganzen Schichten dauern. Eine möglichst lange Standzeit der Werkzeuge spart daher erheblich Zeit und Geld.

In heterogener Geologie mit unterschiedlich harten Formationen bietet es sich an, Schneidrollenwechsel durchzuführen, um in der jeweiligen Formation eine schnellere Durchörterung zu erreichen. Bei Werkzeugen mit geschweißten, nicht austauschbaren Rollen bedeutet dies jedoch, dass jeweils mehrere verschiedene Bohrwerkzeuge benötigt werden.

Zum Stand der Technik gehören beim Felsbohren heutzutage Schneidrollen, die mit Wolframkarbideinsätzen (TCI = Tungsten Carbide Inserts, Warzenrollenmeißel) ausgerüstet sind, und gefräste Zahnrollen (MT = Milled Tooth, Zahnrollenmeißel). Weiterhin gibt es seit einiger Zeit auch Bohrwerkzeuge, die mit Polykristallinem Diamanten (PDC) ausgerüstet sind. Die Werkzeuge verspre-

chen zwar bzgl. Verschleiß eine hohe Standfestigkeit, sind aber noch nicht so universell einsetzbar wie MT oder TCI Werkzeuge. Speziell in heterogenen Formationen mit Störzonen kommen diese Werkzeuge durch Verklebung und Blockieren schnell an ihre Grenzen. Dagegen haben PDC Werkzeuge den Vorteil, dass sie statische Werkzeuge sind und somit keine Lagerung benötigen, wie sie ansonsten bei Schneidrollen üblich sind (dynamisches Werkzeug).

Die Lösung aus dem Hause Herrenknecht wird schon mit dem Namen des Produktes angedeutet. Um den finalen Bohrlochdurchmesser zu erzeugen, wird anstatt mehrerer nur eine einzige Aufweitstufe und damit auch nur ein Bohrwerkzeug benötigt. Full Face bedeutet, dass eine komplette Ortsbrust mit nur einem Bohrwerkzeug geschnitten wird. Ein wesentlicher Grund für diese Entscheidung ist die exzellente Zentrierung des antreibenden Bohrstrangs im Pilotbohrloch. Sie reduziert das Verkanten vom Bohrkopf und die schädliche Biegebelastung an dem Bohrstrang. Größere und höher belastbare Bohrstrangen und deren Gewindevverbinder ermöglichen eine einfachere und sicherere Übertragung höherer Drehmomente. Eine Steigerung des Drehmoments wird im Vergleich zu den herkömmlichen Werkzeugen beim neuen Hole Opener jedoch nicht benötigt.

Durch die Reduzierung der Anzahl der Aufweitwerkzeuge werden deutlich weniger Bohrstrangenwechsel und Bohrwerkzeugwechsel durchgeführt. Dies bedeutet eine klare Zeiteinsparung im Betrieb des Werkzeugs. Gleichzeitig kann aus den ersten Baustellenerfahrungen heraus gedeutet werden, dass auch der eigentliche Bohrvorgang schneller von statten geht. Der wesentliche Einfluss ist die gute Zentrierung, welche einen kontinuierlicheren Rundlauf des Werkzeugs garantiert.

Dadurch, dass nur ein Werkzeug benötigt wird, reduziert sich erstens die initiale In-



Neuer Full Face Hole Opener im Bohrloch

vestition gegenüber den konventionellen Aufweitwerkzeugen. Zweitens können die Schneidrollen baustellengerecht schnell und simpel ausgetauscht werden. Das bedeutet auch, dass auf einen Bohrkopfgrundkörper sowohl TCI- als auch MT-Schneidrollen montiert werden können. Ein Tausch der Schneidrollen aufgrund eines Formationswechsels in der Geologie kann im Schnitt mit 20 min pro Schneidrolle einkalkuliert werden.

Die Schneidrollen, die im Herrenknecht-Werk nahe Seattle in den USA entwickelt und hergestellt werden, zeichnen sich durch eine nahezu doppelt so hohe Belastbarkeit aus als marktübliche Schneidrollen. Die höhere erlaubte Anpresskraft/Lagerlast resultiert deshalb auch in einer höheren Penetrationsrate. Auch bei der Lagerlebensdauer der Schneidrollen haben die Herrenknecht Entwickler einen neuen Standard geschaffen. Das erste Inspektionsintervall liegt bei 200 Betriebsstunden, rund halb so häufig wie bei den bisherigen Produkten. Generell können die Schneidrollen komplett überholt werden, solange es der Verschleiß der Wolframkarbideinsätze und der Schneidrollengrundkörper

per zulassen. Die Inspektion und Überholung der Schneidrollen wird von Herrenknecht angeboten, kann aber auch durch den Kunden durchgeführt werden, wenn dieser vorher eine Schulung und Spezialwerkzeug erhalten hat.

Der verschleißgeschützte und deshalb sehr langlebige Grundkörper des Bohrkopfs wird im Hauptwerk der Herrenknecht AG in Schwanau hergestellt. Hier fließt das gesamte Know-how aus der mechanischen Bearbeitung bzw. der verfügbaren Schweißtechnologie in die Produktion der Hightechbohrköpfe ein. Die Grundidee, dass nicht der Bohrkopf, sondern die Schneidrolle das Hauptverschleißteil ist, wird beim Grundkörper konsequent umgesetzt. Der Bohrkopfgrundkörper kann deshalb mehrere Sätze an Schneidrollen überleben und ist somit eine langfristige Anschaffung. Die Schneidrollen hingegen sind stets projektbezogene Investitionen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Werkzeugen wurde besonders darauf geachtet, dass der Materialtransport durch den Bohrkopf optimiert wurde. Dies hilft, sowohl bei den Schneidrollen als auch beim Grundkörper den Verschleiß zu minimieren.

## Baustellenerfahrungen

Eine der ersten Baustellenerprobungen eines Herrenknecht Full Face Hole Opener wurde im Rahmen eines mehrjährigen Testprogramms durch das nordamerikanische Bohrunternehmen Laney Directional Drilling durchgeführt. Es hatte hierfür von der Herrenknecht AG Ende 2013 einen 48" Full Face Hole Opener geliefert bekommen.

### Projekt 1 (Independence)

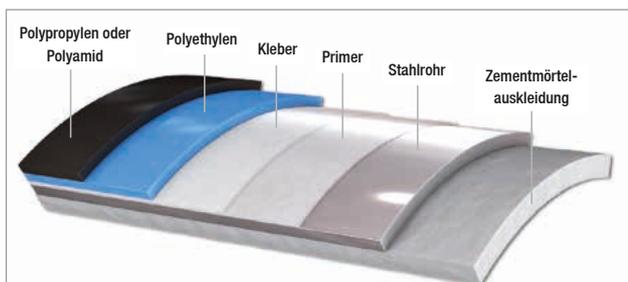
Bei dem ersten Projekt mit dem Namen „Verdigris River Crossing“, welches sich in der Nähe der Stadt Independence im Bundesstaat Kansas in den USA befindet, handelt es sich um ein Teilstück der Flanagan South Pipeline. Diese Pipeline zieht sich parallel zu der existierenden Spearhead Pipeline von Pontiac im Bundesstaat Illinois bis nach Cushing in Oklahoma. Der Zweck der Pipeline ist der Transport von Petroleum.

Die Pipeline sollte bei Independence im HDD Verfahren unter dem Verdigris Fluss verlegt werden. Die Fa. Enbridge hat dafür das Bohrunternehmen „Laney Directional Drilling“ aus Houston im Bundesstaat Texas beauf-

## Grabenlose Rohrverlegung. Sicher und effizient.



Salzgitter Mannesmann Line Pipe ist einer der weltweit führenden Hersteller von HFI-längsnahtgeschweißten Stahlrohren für viele Anwendungsbereiche, z.B. für die Versorgungswirtschaft: Leitungsrohre für Öl und Gas (On- und Offshore), Trink- und Abwasserleitungen.



Grabenlose Bauverfahren gewinnen unter wirtschaftlichen, vor allem aber auch unter umweltrelevanten Aspekten immer mehr an Bedeutung. Für die grabenlosen Bauweisen bieten eine Vielzahl an Rohrausführungen größtmögliche Sicherheit für Verlegung und Betrieb.

- Außendurchmesser von 114,3 mm (4,5") bis 610 mm (24")
- Wanddicken bis 25,4 mm (1") und Rohrlängen bis 18 m
- Epoxy- oder Zementmörtel-Auskleidung
- MAPEC® Kunststoffummhüllung
  - Polyethylen (PE)- oder Polypropylen (PP)-Umhüllung, ggf. mit Faserzementmörtel-Ummantelung (FZM-S) oder GFK-Ummantelung
  - Weitere Kunststoffmehrschichtsysteme mit Kombinationen von Polyethylen (PE) mit Polypropylen (PP) oder Polyethylen mit Polyamid (VESTAMID®)-Decklagen

Die Systemlösung wird durch das MAPUR® Verguss-System als Nachummhüllung ergänzt. Für die verschiedenen Umhüllungsvarianten bietet diese Nachummhüllung im Verbindungsbereich zeitnah einen mechanischen Schutz.

trägt, die Bohrung mit dem Durchmesser 48“ auf einer Länge von 1757 ft (536 m) durchzuführen. Das anschließend in die Bohrung einzuziehende Stahlproduktrohr hat einen Durchmesser von 36“ (DN900).

Die Pipeline war durch eine Geologie aus sich abwechselnden, relativ dünnen, horizontalen Schiefer- und Kalksteinschichten zu verlegen. Die Unterschiede in der Gesteinsfestigkeit waren je Schicht höchst unterschiedlich und gingen von sehr weich bis zu mittelhart auf Werte bis zu 15.600 PSI (108 MPa) axiale Druckfestigkeit ein. Die Deckschicht von ca. 7 m besteht aus weichem Erdreich, welche dann in den Schieferhorizont und später in den härteren Kalkstein übergeht. Die geologischen Daten wurden aus zwei vertikalen Bohrungen ermittelt, die jeweils am Ufer des Flusses bis auf 40m Tiefe gebohrt wurden.

Die Horizontalbohrung wurde mit einem von der Bohrfirma selbst entwickelten und gebauten 3000 kN Bohrgerät ausgeführt. Die Baustelle war auf beiden Seiten des Flusses mit einem Mud-trailer ausgestattet, was das Verarbeiten und Verpumpen von Bohrspülung von jeder Seite aus ermöglichte. Die Kapazität von Separation und Hochdruckpumpe betrug echte 4000 l/min.

Als Bohrgestänge wurden 6 5/8“ Bohrstangen aus dem Werkstoff S-135 verwendet. Die Gestängeverbinder waren mit einer Gewindedgröße von 5 ∞“ FH DS ausgestattet. Diese Bohrstangen erlauben im neuen Zustand ein maximales Verschraubmoment von ca. 80.000 Nm, welches im Betrieb nicht überschritten wurde.

Die Pilotbohrung wurde mit einem 12 ≠“ TCI Tricone Bohrmeisel in Kombination mit ei-

nem Bohrmotor durchgeführt. Die Trassen-tiefe lag bei ca. 30 m, der kalkulierte Verlegeradius war mit 3600 ft (1100m) angegeben. Das eigentliche Bohren war in dieser Formation nicht problematisch. Wesentlich schwieriger war das Beibehalten der Richtung, da der Bohrwinkel in einem sehr kleinen Winkel zur Schichtung des Kalksteins und des Schiefers steht. Im speziellen sind die Übergänge vom weichen ins festere Gestein kritisch. Wird bei solch einem Übergang eine unzulässige Winkeländerung gemessen, versucht man sie auf einen normalen Wert „wegzuschleifen“, was jedoch zeitaufwendig ist. Nach der Pilotbohrung folgte in nur einer Arbeitsstufe die Aufweitung auf 48“ (1219 mm) durch einen 48“ Herrenknecht Full Face Hole Opener (FFHO). Der Hole Opener war mit einem Satz TCI-Schneidrollen für sehr harte Formationen ausgestattet. Ein hinter dem Hole Opener angebaute 47“ Zentrierer erhöhte den Rundlauf des Bohrkopfes.

Im Test wurde untersucht, wie sich eine wenig aggressive Schneidrolle in sehr weichen Formationen verhält. Desweitern galt es, das Verklebungsverhalten des Grundkörpers herauszufinden und wie schnell die Verklebungen wieder gelöst werden können. Drittens galt es, die Bohrlänge für den Höchstwert der Gesteinsfestigkeit (108 MPa) herauszufinden. Die Einsatzgrenze zwischen TCI- und MT-Schneidrollen liegt ca. zwischen 80-100 MPa (Oberhalb TCI, Unterhalb MT).

In den oberen Schichten des Schiefers wurde festgestellt, dass sich der Schiefer unter Druck ähnlich wie Lehm verhält, der mit Wasser vermischt wird. Die Bohrzeiten pro Stange (ca. 9,8m R2 Bohrstangen) lagen in diesen Zonen zwischen 4:10 und 5:40

Stunden. Deutlich zu sehen war ein erhöhtes Drehmoment durch die erhöhte Reibung innerhalb des Bohrkopfes. Das Bohrunternehmen experimentierte in dieser Phase mit dem Einsatz spezieller Polymere (Clay buster) um die Verklebungen im Bohrkopf zu beseitigen, was teilweise eine Verbesserung in den Bohrzeiten erzielte.

Die nächste Zone war geprägt von etwas weniger Schiefer, kompensiert durch Kalkstein. In diesem Bereich der Bohrung konnten Stangenzeiten zwischen 3:00 und 4:00 erreicht werden.

Die Trasse lief auf horizontalem Niveau meist durch Kalkstein. In dieser Sektion konnten die schnellsten Stangenzeiten erreicht werden, welche zwischen 2:30 und 3:00 lagen. Die verpumpte Spülmengenge lag bei ca. 3500 l/min. Die Viskosität der Bohrspülung lag meist unterhalb 60 MV. Eine Erhöhung der Viskosität war deutlich auf den Siebmashinen durch einen Mehraustrag sichtbar. Es wurden zwei Inspektionsläufe an dem Tool vorgenommen. Hierbei wurde festgestellt, dass sich Material hinter dem Räumer angehäuft hat, welches aber ohne großes Drehmoment wieder in den Spülungsstrom hineingearbeitet werden konnte. Somit konnte aus einem Inspektionslauf gleichzeitig ein Reinigungsgang gemacht werden. Der Rohreinzug lief ohne Komplikationen und wurde mit niedrigen Zugkräften unter 300kN durchgeführt, was auf ein sauberes und gerades Bohrloch hindeutet. Wenn man nur die Zeiten im Fels betrachtet, kommt man auf eine Durchschnittliche Bohrzeit pro Stange von 3:00 Stunden. Der Durchschnitt für die gesamte Bohrstrecke betrug 3:30 pro Bohrstange. Berücksichtigt man, dass der Bohrkopf mit Schneidrollen für harten Fels bestückt war, der Großteil der Strecke aber in eher weichem Fels mit weniger als 50 MPa Druckfestigkeit verlief, können diese Werte als voller Erfolg gewertet werden. Die Schneidrollen mit einer Einsatzleistung von 197 Betriebsstunden wurden nach Projektabschluss zur Inspektion nach Seattle geschickt. Da der Grundkörper der Schneidrolle und die Wolframkarbideinsätze wenig Verschleiß zeigten, wurden die Schneidrollen trotzdem sicherheitshalber mit neuen Dichtungen und Lagern bestückt. Der Grundkörper des Bohrkopfes zeigte ebenfalls relativ wenig Verschleiß. Lediglich im Bereich der austauschbaren vorderen Zentrierung wurde für die nächste Bohrung Hartauftrag nachgeschweißt, um den kompletten Austausch der Zentrierung hinauszuzögern.



48“FFHO mit TCI-Schneidrollen und 47“ Zentriererichtung hinten.

### Projekt 2 (Cleveland)

Bei dem zweiten Projekt mit dem Namen „Arkansas River crossing“ handelt sich um eine weitere Flussunterquerung der oben beschriebenen „South Flanagan Pipeline“. Die 3015 ft (920 m) lange und 48“ große Bohrung unter dem Fluss Arkansas liegt in der Nähe der Kleinstadt Cleveland im Bundesstaat Oklahoma.

Die vorherrschende Geologie besteht hauptsächlich aus Sandstein, gepaart mit Schichten aus Schiefer und Kalkstein. Die Felschichten sind moderat gebrochen mit einem RQD Index zwischen 50-60. Das bedeutet wiederum ein moderates Risiko eines instabilen Bohrlochs, da aus der Bohrlochwand Felsbrocken auf die Bohrlochsohle fallen können. Die einachsige Gesteinsfestigkeit wird mit maximal 55 MPa beschrieben, was als nicht besonders hart gilt. Die Schieferschichten bergen das Risiko einer Verklebung des Bohrkopfes. Eine weitere Besonderheit bei dieser Bohrung liegt in einer ca. 40 m über der Eintrittsseite liegenden Austrittsseite. Das bedeutet, dass eine Länge der Bohrung von ca. 230 m trocken liegt. Durch die horizontale Schichtung der einzelnen Formationen kann der im Vergleich zum ersten Projekt etwas längere horizontale Teil der Bohrung in den Sandstein gelegt werden. Der Sandstein erschien hier mit der größten Stabilität die beste zu bohrende Schicht zu sein. Nachteilig, befürchtete man vor Projektbeginn, könnte sich die Abrasivität des Sandsteins aufgrund seines hohen Quarzgehalts auf das DTH-Equipment auswirken.

Das benutzte Equipment war das gleiche wie beim ersten Projekt. Für die Pilotbohrung wurde mit einem 12“ Bohrkopf von der niedrigen Seite zur höheren Seite gebohrt. Die Stangenzeiten für die Pilotbohrung gingen selten über die 45 Minuten hinaus. Nach der Pilotbohrung wurde das HDD-Bohrgerät auf die höhere Seite umgebaut und der 48“ FFHO auf der niedrigeren Seite ans Bohrgestänge geschraubt. Für die Aufweitbohrung hatte man sich aufgrund der geringeren Druckfestigkeiten im Sand- und Kalkstein für einen Satz MT-Schneidrollen entschieden. Generell können mit MT-Schneidrollen in geeigneter Geologie höhere Penetrationsraten gefahren werden als mit TCI-Schneidrollen, dies hängt mit der Zahnhöhe bzw. der Höhe der Wolframkarbideinsätze zusammen. Die MT-Rollen erlauben dadurch eine theoretisch über 2,5-fach höhere Penetration pro Umdrehung des Werkzeugs.

Die Stangenzeiten für das Aufweiten durch



Autor Michael Lubberger mit dem 48“ Full Face Hole Opener | Fotos: Herrenknecht

die klebrigen Schieferformationen konnten immer unter 4:40 Stunden gehalten werden. Der Durchschnitt in den klebrigen Sektionen lag bei 2:30 Stunden. In der längeren Sandsteinformation konnte mit 1:02 Stunden die schnellste Stangenzeit erreicht werden. Die durchschnittliche Stangenzeit für die gesamte Bohrstrecke des FFHO lag bei 1:35. Wie schon bei dem ersten Projekt konnte man in den wenig klebrigen Sektionen gut erkennen, dass ein relativ geringes Drehmoment auch bei Aufbringung der maximalen Anpresskraft von ca. 200kN pro Schneidrolle (1200kN für den gesamten Bohrkopf) ausreicht. Durch eine veränderte Konfiguration der 20 verschiedenen Düsen am Bohrkopf wurden auch in den klebrigen Sektionen annehmbare Zeiten erzielt.

Der Rohreinzug selbst lief wieder mit weniger als 500 kN Zugkraft problemlos. Trotz der abrasiven Strecke durch den Sandstein kann der Verschleiß am Grundkörper des Bohrkopfes als moderat gesehen werden. Allerdings müssen die vordere und hintere Zentriereinheit nach dem zweiten Projekt nun ausgetauscht werden. Die MT-Schneidrollen können ebenfalls nicht mehr für ein weiteres Projekt verwendet werden da die Verschleißgrenze erreicht wurde. Die Flussunterquerung hat belegt, dass die MT-Schneidrollen sehr gut funktionieren und dass der Bohrkopf sehr rund im Bohrloch läuft. Weiterhin hat sich gezeigt, dass den Düsen im Bohrkopf eine wichtige Rolle zufällt und die Bestückung relevant ist für das Verklebungsrisko des Bohrkopfes. ■

# TDC

KUNSTSTOFFE

zertifiziert nach  
DIN EN ISO 9001:2008

www.tdc.de

TDC TECHNICAL DUROPLASTIC CONSTRUCTIONS GMBH





Gewerbepark 8, 17039 Trollenhagen, Fon: 0395-4 29 06 18, Fax: 0395-4 29 06 19, e-mail: info@tdc.de