

HÖRSTEL/DORTMUND - 19.12.2020

Cable & Pipe

# Oberflächennahe Verlegung von Kabelschutzrohren

Cable & Pipe (C&P) ist ein neues modifiziertes HDD-Verfahren, mit dem Kabelschutz- und Produktrohre oberflächennah verlegt werden können, ohne dass es zu ohne Spülsausräuschen kommt.

---

Von Rüdiger Kögler

---

In den letzten fünf Jahren hat es im HDD-Markt in Deutschland eine signifikante Verschiebung der Tätigkeitsschwerpunkte gegeben. Immer mehr Kapazitäten und Know-how werden für die Verlegung von Kabelschutzrohren für Energie- und Datenkabel eingesetzt, während gleichzeitig die Verlegung von Rohrleitungen für den Gas- und Wassertransport stagniert, eventuell sogar rückläufig ist.

Von dieser Entwicklung waren im Bereich der Bohranlagen nicht nur die Mini- und Midi-Bohranlagen betroffen, sondern auch für Maxi- und Mega-Bohranlagen ergaben sich neue Projekte mit Bohrungslängen von über 1 km, teilweise auszuführen in sehr schwierigen Geologien oder in ökologisch besonders sensiblen Bereichen wie z.B. dem Wattenmeer. Während die kleineren Bohranlagen schwerpunktmäßig bei der Verlegung von Schutzrohren für Datenkabel (insbesondere Glasfaserkabel) eingesetzt wurden und werden, kommen viele der größeren Bohranlagen besonders auf den Trassen der Energiekabel zum Einsatz.





Abb. 1: Spülsausruch in kiesig-sandigem Baugrund

## Besonderheiten der Energiekabelverlegung

Die für Energiekabel genutzten Kabelschutzrohre werden in der Regel aus dem Material Polyethylen hergestellt. Die Verlegung solcher Kabelschutzrohre mittels HDD-Verfahren stellt grundsätzlich zunächst keine anderen Anforderungen an die [HDD-Verfahrenstechnik](#) als bei Projekten für die Gas- und Wasserindustrie. Generell müssen bei PE-Rohren besonders die Belastungen durch den Beuldruck (sowohl während des Baus als auch während der späteren Betriebsphase) sowie die beim Rohreinzug in das Bohrloch auftretenden Zugkräfte beachtet werden.

Anders als bei den „konventionellen“ Projekten wird bei der Verlegung von Energiekabeln seitens der Energieversorger bzw. Kabelbetreiber aber eine möglichst flache Verlegung im Boden angestrebt. Diese Vorgabe hängt primär mit der Wärmeentwicklung und Wärmeabgabe der Kabel während der späteren Betriebsphase zusammen. Vereinfacht ausgedrückt gilt: Je tiefer ein Kabel im Boden verlegt wird, desto schlechter ist dessen Wärmeabgabe in den umgebenden Boden und desto größer werden die temperaturbedingten Leistungseinbußen.

Anzeige



### YOUR PARTNER FOR PROFESSIONAL PIPE AND CABLEFLOW SYSTEMS

Tiefenlage entsprechend derjenigen der offenen Verlegung installiert werden, d.h. ca. 1,5 bis 2,0 m unter Geländeoberkante. Dies ist jedoch beim „normalen“ HDD-Verfahren in der Regel nicht möglich, da der Druck der im Bohrloch zurückfließenden Bohrflüssigkeit in einem solchen Fall schnell größer würde als derjenige Druck, den der überlagernde Boden aushalten kann, ohne dass es zu Spülsausräumen an der Geländeoberfläche kommt (Abb. 1).

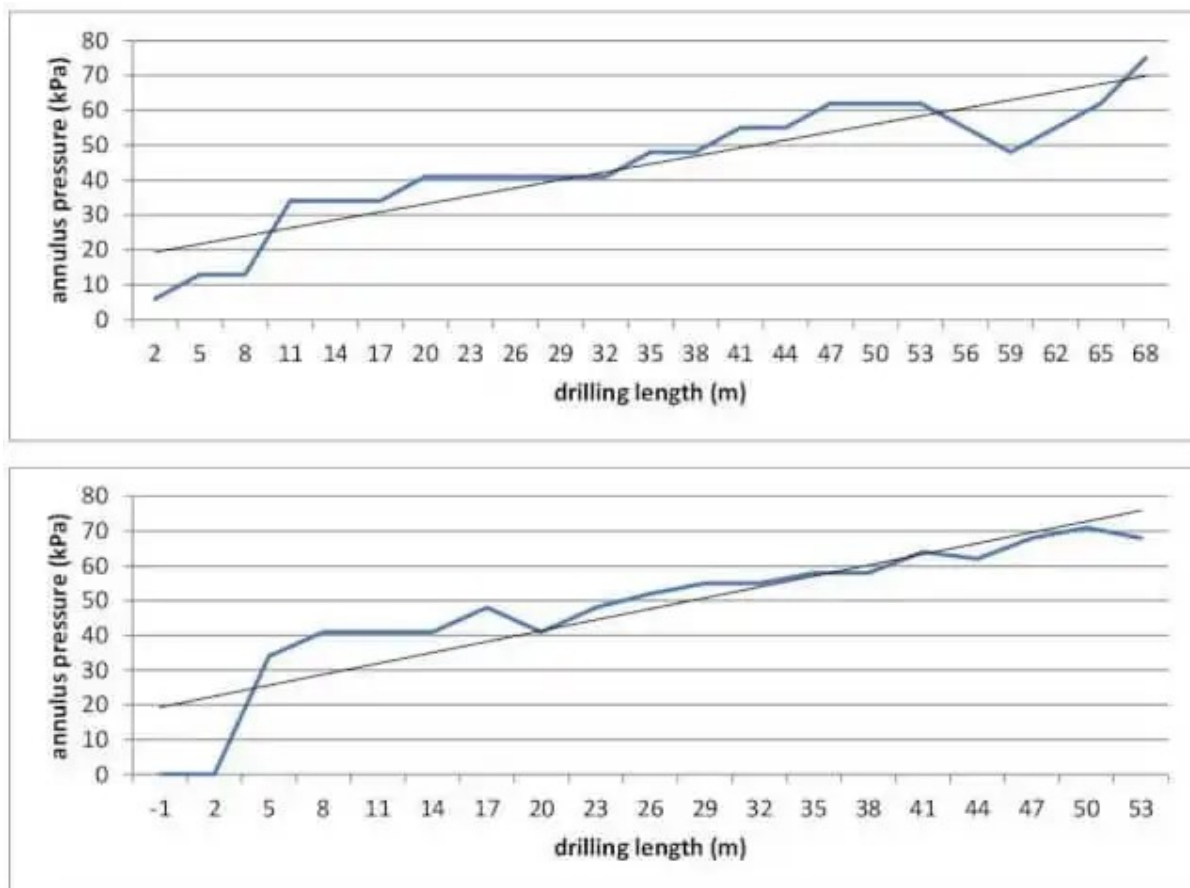


Abb. 2: Dynamischer Druckanstieg bei zwei kleinen Pilotbohrungen in dicht gelagertem Fein- und Mittelsand

Hier gab es somit einen „Zielkonflikt“ zwischen den Wünschen der Energieversorger und Kabelbetreiber auf der einen Seite (möglichst niedrige Verlegetiefe, d.h. ca. 1,5 bis 2,0 m) und den Bohrfirmen auf der anderen Seite (möglichst „normale“ Verlegetiefe, d.h. ca. 10 bis 20 m).

Die oben gemachten Angaben zur Tiefenlage beziehen sich zunächst auf Projekte „auf der grünen Wiese“, d.h. Trassenabschnitte, auf denen eine offene Verlegung aus verschiedenen Gründen (z.B. Umweltschutz) nicht oder nur stark eingeschränkt möglich ist. Sie gelten im Prinzip aber auch für typische HDD-Projekte, wo z.B. ein Gewässer unterquert werden muss. Auch hier besteht seitens der Energieversorger



geringe Bodenüberdeckungen realisieren zu können.

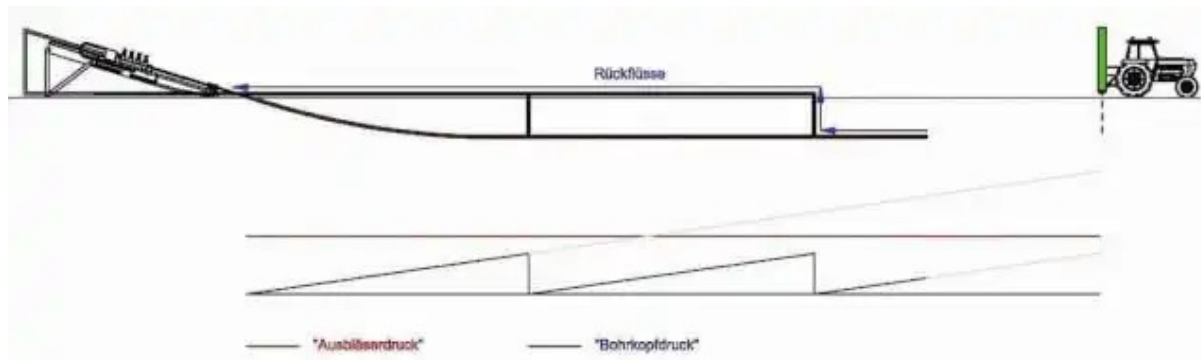


Abb. 3: Prinzipielle Darstellung des C&P-Verfahrens mit vereinfachter Darstellung der Fließwege und Ringraumdrücke

## Motivation für ein neues Verfahren

Geringe Bodenüberdeckungen – unabhängig davon, ob unter einer ebenen Fläche oder einem Gewässer – sind zwar prinzipiell mit dem HDD-Verfahren realisierbar, bergen aber fast immer (abhängig vom Boden) ein großes Potenzial für Spülsausrüche. Insofern musste „nur“ ein Weg gefunden werden, das Spülsausruchrisiko – insbesondere während der Pilotbohrung – zu eliminieren, um den Wünschen der Energieversorger und Übertragungsnetzbetreiber entgegenzukommen.

Die wesentliche Zielsetzung für ein neues Verfahren bestand also darin, den Spülungskreislauf so zu optimieren, dass der im Ringraum entstehende Druck der Bohrflüssigkeit auch bei sehr langen Bohrungen immer niedriger als der zulässige Ringraumdruck bleiben würde. Gleichzeitig sollte aber auch die Forderung erfüllt werden, alle anderen Elemente des bekannten HDD-Verfahrens möglichst beizubehalten, um großen Investitionen in Geräte und die Ausbildung der Bohrmannschaften zu vermeiden und dadurch zu einem wirtschaftlich konkurrenzfähigen Verfahren zu gelangen. Mit anderen Worten: Die gegenüber dem konventionellen HDD-Verfahren zu erwartenden Mehrkosten sollten für ein neues Verfahren maximal etwa 10% betragen.





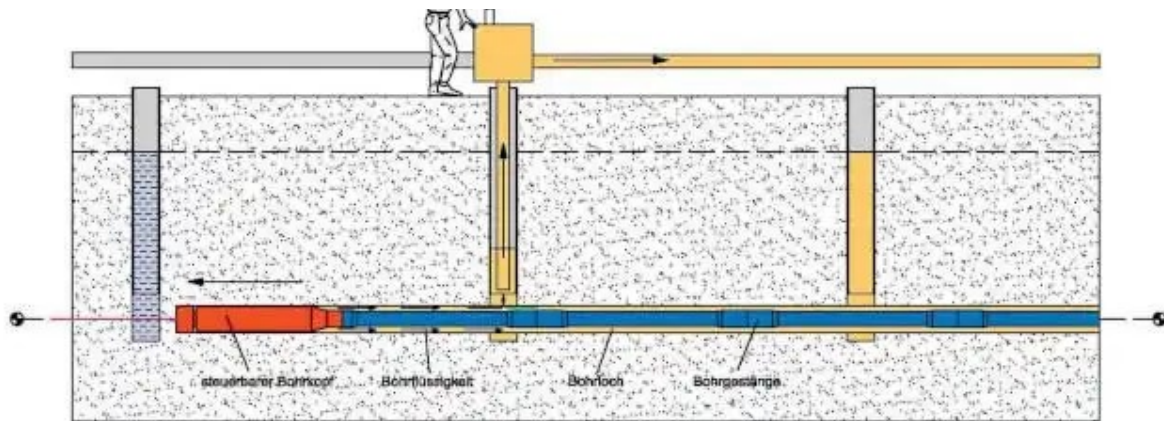


Abb. 4: Prinzipielle Darstellung des Bohrvorgangs und des Bohrspülungskreislaufs beim C&P-Verfahren

## Theoretische Betrachtung des Ringraumdrucks

Anzeige

Der im Ringraum anliegende Druck der Bohrflüssigkeit besteht im Wesentlichen aus einem statischen und einem dynamischen Teil. Der statische Anteil ergibt sich vereinfacht dargestellt aus der jeweiligen Tiefe der Bohrung bezogen auf den Eintrittspunkt. Dieser Höhenunterschied, multipliziert mit dem jeweiligen spezifischen Gewicht der Bohrflüssigkeit im Ringraum, ergibt den statischen Druckanteil. Die Größe dieses Drucks



[Nachrichten](#)[Rohrvortrieb](#)[mehr](#)[Bauverfahren](#)[Termine](#)[Lesen](#)

## Profis für die Baustelle

Der dynamische Druck beschreibt denjenigen Druck, der erforderlich ist, die mit Bohrklein beladene Bohrflüssigkeit durch den Ringraum zwischen Bohrlochwand und Bohrgestänge in Richtung Eintrittspunkt zu drücken. Dieser dynamische Druck wird von mehreren geometrischen und rheologischen Faktoren beeinflusst, z.B. von

- Bohrungslänge
- Bohrlochdurchmesser
- Bohrgestängedurchmesser
- Pumprate
- plastischer Viskosität
- Fließgrenze.



geringem Umfang beeinflussen, da die jeweilige Bohrungstiefe in der Regel durch das Bohrprofil vorgegeben wird und die spezifische Dichte der Bohrflüssigkeit im

Allgemeinen zwischen etwa 1,1 kg/l und 1,3 kg/l schwankt.

Die Berechnung des dynamischen Drucks ist möglich, wenn die oben genannten Parameter genau bekannt sind, also für theoretische Betrachtungen und Abschätzungen. In der Praxis lässt sich aber eine exakte Vorhersage oder Einstellung des dynamischen Drucks nicht umsetzen, da es besonders im Bereich der Eigenschaften der Bohrflüssigkeit zu viele unbekannte Parameter und Veränderungen gibt.

[www.kanalbau.com](http://www.kanalbau.com)





Abb. 5: In ein Walk-Over-System integrierte Messung und Darstellung des Ringraumdrucks

## Praxiswerte zum dynamischen Druck im Ringraum

Durch Feldversuche und genaue Drucküberwachungen der Pilotbohrungen von konventionellen HDD-Projekten hat sich gezeigt, dass der dynamische Druck sich in relativ engen Grenzen bewegt, und zwar zwischen etwa 0,3 und etwa 0,7 bar pro 100 m Bohrungslänge (Abb. 2). Der niedrigere Druck wird eher in Pilotbohrungen mit relativ großem Bohrkopfdurchmesser und/oder relativ niedrigviskoser Bohrflüssigkeit erreicht, der höhere dynamische Druck demgegenüber eher in Pilotbohrungen mit relativ kleinem Bohrkopfdurchmesser und/oder relativ hochviskoser Bohrflüssigkeit.

Nicht berücksichtigt werden können bei diesen Abschätzungen andere Einflussfaktoren, wie z.B.

- Bohrlocheinstürze in Teilbereichen der Bohrung (z.B. in Kies)
- Bohrkleinsedimentation im Bohrkanal



Unter dem Fracture Gradient (auch Frac-Gradient genannt) wird in der Tiefbohrtechnik derjenige Bohrlochdruck verstanden, bei dem eine bestimmte Formation „bricht“. Auch in der Tiefbohrtechnik wird dieser Druck genutzt, um die maximal zulässigen Bohrlochdrücke zu berechnen bzw. abzuschätzen. Hierbei liegt der Fokus jedoch ganz klar auf Festgesteinsformationen und sehr großen Bohrungstiefen. Als Einheit wird dabei in der Ölbohrtechnik in der Regel „psi/ft“ genutzt, für die Anwendung in der HDD-Technik in Deutschland hat sich als Einheit „bar/m“ als sinnvoll erwiesen.

Für die hier betrachtete Anwendung auf oberflächennahe HDD-Bohrungen in Lockergesteinen können die Kennwerte für felsige Formationen nicht genutzt werden. Wie schon für den dynamischen Druck gilt auch für den Frac-Gradient von Lockergesteinen, dass sich dieser zwar theoretisch berechnen lässt, wenn alle erforderlichen bodenspezifischen Kennwerte vorhanden sind, in der Praxis wird eine derart umfangreiche Bodenerkundung aber im Prinzip nie durchgeführt. Aus diesem Grund müssen auch hier wieder Richtwerte genutzt werden, die aus diversen Versuchen und Projekten generiert wurden. Für einige häufige Bodenarten können folgende Richtwerte (!) angenommen werden:

- Grobkies => ca. 0,1 - 0,5 bar/m
- Mittelkies => ca. 0,2 - 0,6 bar/m
- Feinkies => ca. 0,3 - 0,7 bar/m
- Grobsand => ca. 0,4 - 0,8 bar/m
- Mittelsand => ca. 0,5 - 0,9 bar/m
- Feinsand => ca. 0,6 - 1,0 bar/m
- Schluff => ca. 0,7 - 1,1 bar/m
- Ton => ca. 0,8 - 1,2 bar/m

Es ist zu beachten, dass die aufgeführten Richtwerte großen Schwankungsbreiten unterliegen, z.B. aufgrund der Kornform, der Lagerungsdichte, der Klüftigkeit, dem Quellvermögen etc., und im Einzelfall von den obigen Werten abweichen können. Diese Richtwerte müssen deshalb noch durch weitere Praxiserfahrungen verifiziert werden, sie sind aber jetzt schon bei der Planung von C&P-Projekten von großem Nutzen.







Abb. 6: Erstellung einer Test-MFB auf einer befestigten Oberfläche

## Das C&P-Verfahren

Der Grundgedanke des C&P-Verfahrens besteht darin, den Spülungskreislauf vorsätzlich „kurzzuschließen“, indem von der Oberfläche in geeigneten Abständen (abhängig vom anstehenden Boden und der geplanten Tiefenlage) Vertikalbohrungen niedergebracht und diese über ein Pumpen- und Leitungssystem mit der Ein- bzw. Austrittsgrube verbunden werden (Abb. 3).

Dadurch soll der Weg, den die mit Bohrklein beladene Bohrflüssigkeit durch den Ringraum zurücklegen muss, stark eingekürzt werden, wodurch gleichzeitig der dynamische Druckanteil signifikant absinkt. Durch das geeignete Positionieren der Vertikalbohrungen – abhängig von der Tiefenlage der Pilotbohrung und dem Frac-Gradienten des Bodens – können so sehr lange Pilotbohrungen oberflächennah durchgeführt werden, ohne an der Geländeoberfläche zu Spülsausräuschen zu führen (Abb. 4).

Beispiel:

Bohrungslänge => 1.500 m

Tiefenlage => 3 m

Baugrund => Mittelsand



Theoretische Anzahl an Vertikalbohrungen => ca. 5 Stück

Aufgrund der geringen Tiefenlage der Pilotbohrung ist es beim C&P-Verfahren durchaus vorstellbar, die Vermessung mittels Walk-Over-System durchzuführen und dadurch Zeit- und Kostenvorteile gegenüber dem bei sehr langen Bohrungen üblichen Wireline-Verfahren zu generieren. Dies umso mehr, als in modernen Walk-Over-Vermessungssystemen mittlerweile auch ein Drucksensor integriert wurde, mit dem der exakte Ringraumdruck am Bohrkopf kontinuierlich überwacht werden kann (Abb. 5).

## Multifunktionsbohrungen (MFB)

Die beschriebenen Vertikalbohrungen werden beim C&P-Verfahren jedoch nicht nur für die Veränderung des Spülungskreislaufs genutzt, sondern liefern auch wertvolle „Erste-Hand“-Informationen zum tatsächlich anstehenden Baugrund. So konnten in der Praxis schon Geröll- und Tonschichten erkannt werden, die im „normalen“ Baugrundgutachten nicht verzeichnet waren. Dadurch war es möglich, die Bohrspülung für diesen Abschnitt zu optimieren und die bohrtechnischen Beobachtungen (z.B. hohe Drehmomente) richtig zuzuordnen. Die Vertikalbohrungen können außerdem genutzt werden, um nach dem Einzug des Schutzrohrs den verbleibenden Ringraum abschnittsweise „von oben“ zu verdämmen und dabei gleichzeitig die verdrängte Bohrspülung über die benachbarten Vertikalbohrungen und durch die vorhandene Rohrleitung abzuführen. Wegen der Möglichkeit der Mehrfachnutzung der Vertikalbohrungen hat sich in der Praxis der Begriff „Multifunktionsbohrung“ (MFB) für diese Vertikalbohrungen durchgesetzt. Das Abteufen dieser MFB wird je nach Tiefenlage der Pilotbohrung mittels Anbauschnecke und kleinem Bagger oder als Anbauvorrichtung an einen normalen Traktor mit Standard-Dreipunktaufhängung und Hydraulikanschlüssen durchgeführt (Abb. 6).





Abb. 7: Baustelleneinrichtung für den Feldversuch

## Feldversuch an der Ems

Die Firmen [Beermann Bohrtechnik GmbH](#) aus Riesenbeck und Bohlen & Doyen GmbH aus Wiesmoor haben die praxisreife Entwicklung des von Dr. Kögler aus Uplengen-Nordgeorgsfehn konzipierten und inzwischen europaweit für die beiden genannten Bohrfirmen patentierten C&P-Verfahrens in die Tat umgesetzt. Dazu wurde in einem ersten Schritt im März 2018 ein Feldversuch im Emsland durchgeführt, bei dem mehrere Testbohrungen von jeweils ca. 50 – 100 m in nur 1 bis 1,2 m Tiefe in sehr dicht gelagertem Sand durchgeführt wurden (Abb. 7).

Alle Testbohrungen konnten die theoretischen Vorhersagen vollumfänglich bestätigen. Dadurch konnte in der Praxis ein erster Nachweis dafür erbracht werden, dass mit C&P tatsächlich oberflächennahe Horizontalbohrungen ohne Spülsausrüche an der Geländeoberfläche durchgeführt werden können. Die Testbohrungen wurden vom Ingenieurbüro Dr. Veenker aus Hannover unabhängig und objektiv begleitet, dokumentiert und ausgewertet. Neben den genannten Firmen und Personen wurde dieses Testprojekt von vielen geladenen Gästen aus der Industrie (Ingenieurbüros, Kabelbetreiber, Energieversorger etc.) mit großem Interesse vor Ort verfolgt.







Abb. 8: Lage der C&P-Bohrung „Rur“ an der BAB 4 nahe Düren

## Ersteinsatz auf der ALEGrO-Trasse

Im Zuge der von der Fa. Amprion GmbH aus Dortmund gebauten Kabeltrasse von der Umspannanlage Oberzier im Rheinland bis zur belgischen Grenze mussten diverse natürliche (Flüsse, Biotope) und künstliche (Straßen, Bahngleise) Hindernisse unterquert werden. Dazu wurde neben den bekannten Bautechniken Microtunneling, Pressbohrverfahren und konventionelles HDD-Verfahren erstmalig auch das Cable & Pipe-Verfahren eingesetzt. Die Entscheidung der Amprion GmbH, das Cable & Pipe-Verfahren an zwei Kreuzungsstellen (Bahn, Gewässer) einzusetzen, erfolgte nach umfangreichen Diskussionen und Prüfungen durch das von der Amprion GmbH beauftragte Ingenieurbüro H. Berg & Partner GmbH aus Aachen. Letzteres hatte sich intensiv sowohl mit den theoretischen Grundlagen des C&P-Verfahrens als auch mit den projektspezifischen Besonderheiten beschäftigt und gelangte zu der Erkenntnis, dass der Einsatz aus technischer und wirtschaftlicher Sicht sinnvoll und aus risikotechnischer Sicht vertretbar sei. Dieser Empfehlung ist die Amprion GmbH dann nach internen Beratungen gefolgt und hat sich damit bewusst dafür entschieden, das mit dem Ersteinsatz einer neuen Technik immer verbundene Restrisiko auf sich zu nehmen. Der spätere Erfolg sollte die Richtigkeit dieser Entscheidung bestätigen.

Nachfolgend wird beispielhaft die Realisierung des größeren C&P-Projekts auf der ALEGrO-Trasse – die Unterquerung der Rur bei Düren – näher beschrieben.





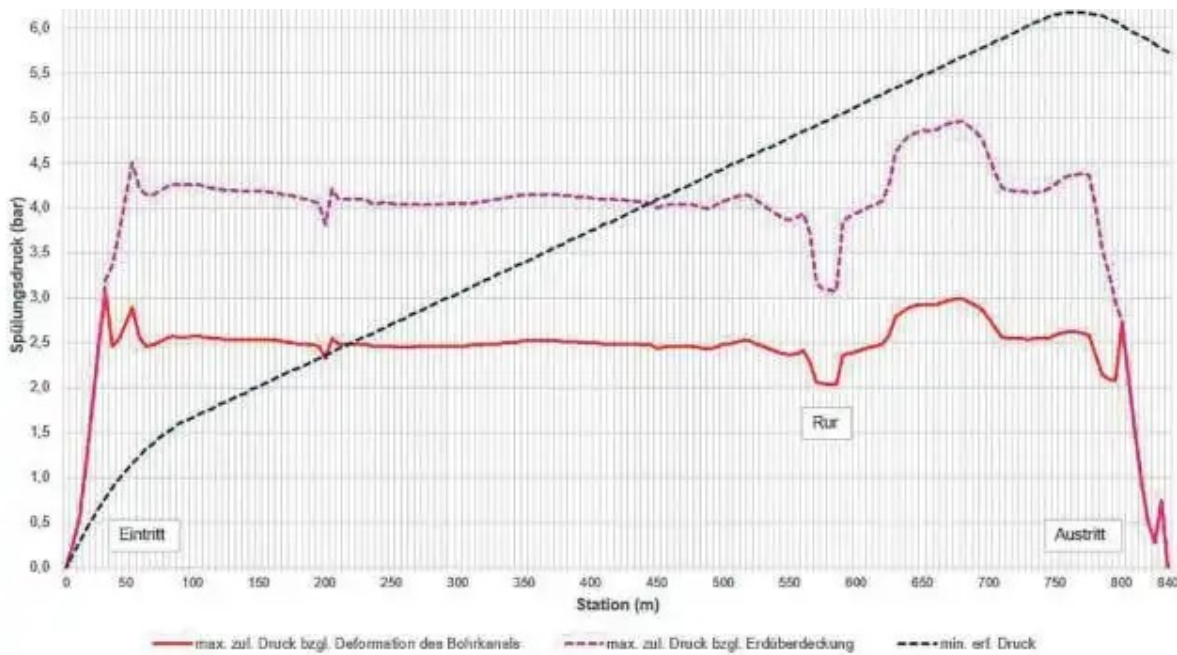


Abb. 9: Mittels „D-Geo Pipeline“ berechnete Druckverläufe für die Pilotbohrungen

## Unterquerung der Rur

Die Unterquerung der Rur (Abb. 8 und Tab. 1) mit drei separat verlegten PE-Schutzrohren 280 mm x 31,2 mm stellte insofern eine große Herausforderung dar, als die horizontalen Abschnitte – zu denen auch der Bereich unter dem Gewässer gehörte – eine maximale Tiefenlage von 102 mNN für die Energiekabel und 99 mNN für die Begleitkabel nicht unterschreiten durfte. Diese Vorgabe war darin begründet, dass in ca. 101 mNN dünne Braunkohleschichten im zugehörigen Baugrundgutachten avisiert waren. Eine Verlegung der Energiekabel in diesen Schichten war wegen der Temperaturentwicklung im Betriebszustand und der daraus resultierenden Brandgefahr nicht zulässig. Diese geringe Tiefenlage würde bei einer fast 850 m langen Horizontalbohrung mit großer Wahrscheinlichkeit zu Spülungsausbrüchen an der Geländeoberfläche führen, insbesondere auch in der Rur selber, da diese erst nach ca. 600 m Bohrstrecke unterquert wurde und hier die Überdeckung nur ca. 4,5 m betrug.

Neben dem Kernparameter (Braunkohleschicht) gab es noch einige weitere technische Herausforderungen bei diesem Projekt zu bewältigen. Nicht alle dieser Herausforderungen waren vor Bohrungsbeginn bekannt und mussten deshalb vor Ort in enger Koordination und Kooperation zwischen Bohrfirma, Bauherr und Ingenieurbüro gelöst werden. Einige dieser Herausforderungen sind nachstehend kurz aufgeführt:



- sehr enge Vorgaben hinsichtlich der horizontalen Lage der Bohrungen (teilweise unter einem öffentlichen Weg)
- sandig-kiesig-toniger Mischboden mit nicht genau bekannten Grenzen
- massive Störungszone etwa in der Mitte der Bohrstrecke (genaue Lage vorab unbekannt)
- kreuzende Fremdleitungen, teilweise nicht in den aktuellen Bestandsplänen verzeichnet
- über weite Streckenabschnitte parallel verlaufende Abwasserleitung
- ein weiteres zu unterbohrendes Gewässer mit hoher Fließgeschwindigkeit (Lendersdorfer Mühlenteich)
- eine zu unterquerende Bundesstraße mit dazu parallel verlaufenden Fremdleitungen nach ca. 80 m Bohrstrecke
- eine massive Kiesschicht im Eintrittsbereich (kompletter Bodenaustausch erforderlich)
- ein sehr harter Tonabschnitt zwischen der Störung und der Rur (vorab nicht bekannt)
- teilweise schwierige Topographie und Zugänglichkeit, insbesondere im letzten Abschnitt der Bohrung
- Schutzrohre mussten wegen zu kurzer Rohrbaulänge jeweils mit einer Garantienaht hergestellt werden (dadurch notwendigerweise Unterbrechung der jeweiligen Einziehvorgänge).

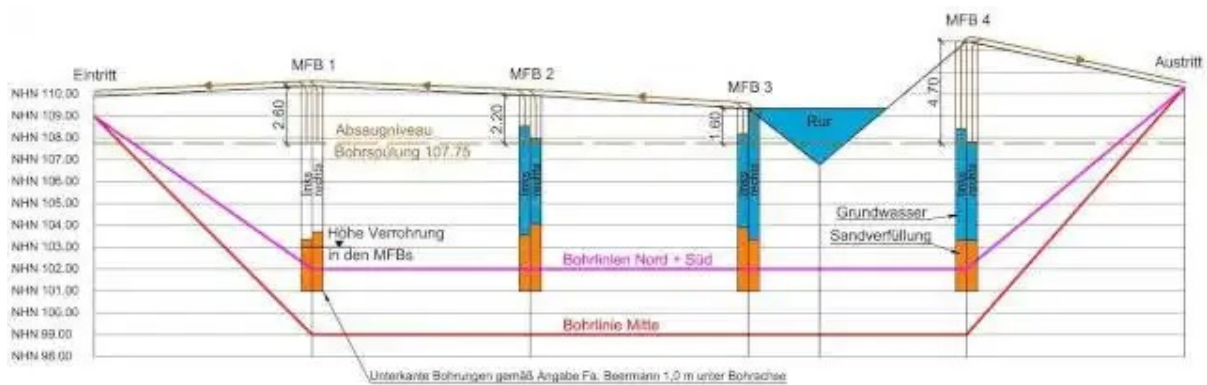


Abb. 10: Prinzipielle Darstellung der geplanten Bohrprofile sowie der Position und Tiefe der Multifunktionsbohrungen (MFB)

Tab. 1: Wichtige Kennwerte der drei Bohrungen unter der Rur

Parameter Energiekabel 1 Begleitkabel Energiekabel 2

Schutzrohrdimension 280 mm x 31,2 mm 280 mm x 31,2 mm 280 mm x 31,2 mm



**Nachrichten**   **Rohrvortrieb**   **mehr**   |   **Bauverfahren**   **Termine**   **Lesen**

Länge 832 m 846 m 833 m

Max. Tiefenlage 101 mNN 98 mNN 101 m

Überdeckung Rur 4,5 m 7,5 m 4,5 m

Bohrlochdurchmesser 480 mm 480 mm 480 mm

Bohrlochvolumen 150 m<sup>3</sup> 153 m<sup>3</sup> 150 m<sup>3</sup>

Eintrittswinkel 11° 10° 10°

Austrittswinkel 8° 8° 8°

Radius horizontal 1.600 m 1.600 m 1.600 m

Radius vertikal 400 m 400 m 400 m

Radius kombiniert 388 m 388 m 388 m

## Planung und Bau der MFB

Basierend auf den vor Bohrungsbeginn bekannten Parametern wurden zunächst die genauen Bohrlinien für die drei Bohrungen optimiert. Dann wurden mit Hilfe des bekannten Programms „D-Geo Pipeline“ die zu erwartenden Ringraumdrücke, Zugkräfte, Materialspannungen etc. berechnet. Schnell wurde klar, dass bei Einsatz eines konventionellen HDD-Verfahrens die Wahrscheinlichkeit von Spülingausbrüchen unvermeidbar hoch sein würde (Abb. 9) und deshalb das C&P-Verfahren zur Anwendung gelangen sollte.

In enger Abstimmung mit den beteiligten Parteien und unter Hinzuziehung von Dr. Kögler als Berater des Bauherrn wurden gemeinsam die Anzahl und die besten Positionen der abzuteufenden Multifunktionsbohrungen festgelegt (Abb. 10). Anschließend wurden die Details der MFB (Tiefe, Verrohrung, Durchmesser etc.) bestimmt und geeignete Maschinenteknik ausgewählt, um die teilweise sehr großen Bohrungstiefen (bis ca. 10 m) zu erreichen.

Eine geringere Tiefenlage als bei ca. 102 mNN war aufgrund der bis ca. 4 m unter GOK (d.h. bis ca. 106 mNN) anstehenden Kiesschicht mit Steinen und Blöcken sowie dem



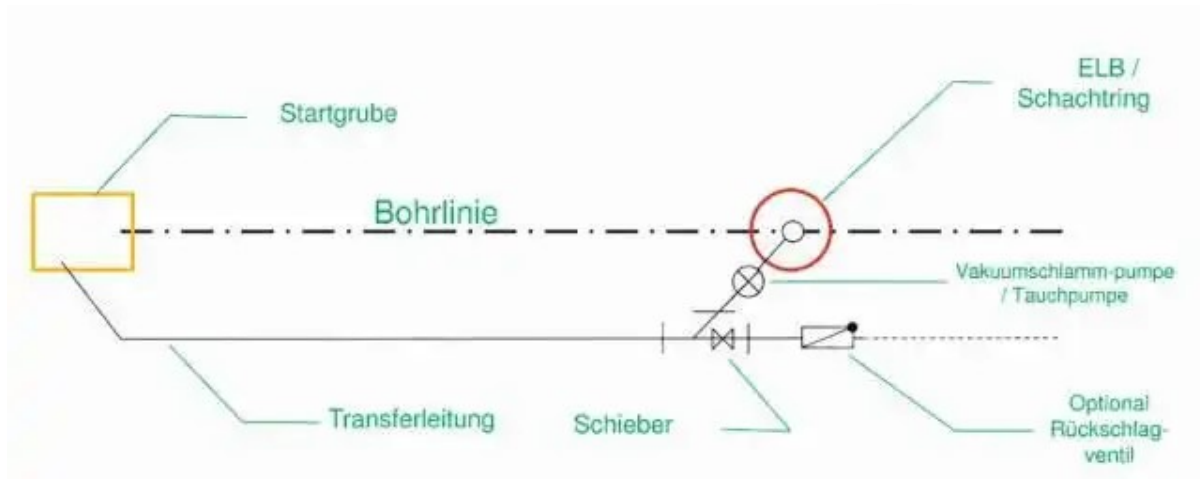


Abb. 11: Wesentliche Elemente des Pumpen- und Leitungssystems sowie deren Anordnung zueinander

## Pumpen und Rückspüleleitung

Einen wichtigen Beitrag zum Gelingen des C&P-Verfahrens musste neben den beschriebenen MFB auch das zugehörige Pumpen- und Leitungssystem erbringen (Abb. 11). Dazu war es zunächst erforderlich, die Bauart, die Förderleistung und den Förderdruck der Pumpen auf die projektspezifischen Bedingungen wie z.B. Straßenüberquerungen abzustimmen.

## Betrieb der MFB

Das Konzept für die Anordnung und Ausgestaltung der MFB und der Rückspüleleitung hat sich insgesamt sehr gut in der Praxis bewährt (Abb. 12). Insbesondere die MFB-3 direkt vor der Rur hat sich als „Match Winner“ erwiesen, da hier noch einmal deutlich der Ringraumdruck gesenkt werden konnte, bevor der Bohrkopf mit sehr geringer Deckung plangemäß unter der Rur hindurchgeführt wurde.

Allerdings gab es auch einige Besonderheiten bei diesem Erstprojekt zu beobachten. Zunächst konnte festgestellt werden, dass geringfügige Überschreitungen des vorgegebenen Maximaldrucks (2,2 bar im „normalen“ Teil der Bohrung, 1,8 bar unter der Rur) zu keinen Spülsausrüchen führten und deshalb die angenommenen Frac-Gradienten als konservative Werte anzusehen sind.





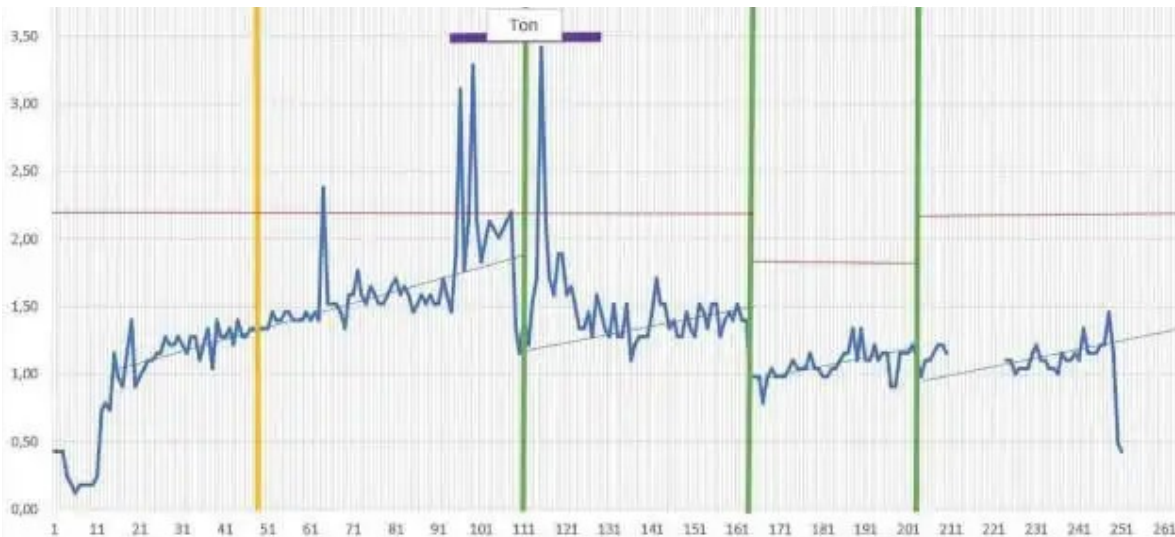


Abb.12: Darstellung der Druckentwicklung im Ringraum der ersten Pilotbohrung mit Angabe der Positionen der MFB und dem wahrscheinlichen Tonabschnitt

Des Weiteren wurde keine der beiden MFB am ersten Standort in ca. 150 m vom Eintrittspunkt entfernt zu irgendeinem Zeitpunkt der Projektdurchführung aktiv. Der Grund hierfür ist nicht eindeutig zu verifizieren. Es könnte sowohl mit der Erstellung der beiden MFB zusammenhängen (z.B. zu starke Verdichtung des untersten Teils) oder mit dem Umstand, dass der tatsächlich entstehende dynamische Druck für den Spülungstransport bis zum Eintrittspunkt mit ca. 0,35 bar einfach zu gering war, um die (planungskonforme) Verfüllung der MFB zu brechen.

Diese letzte Möglichkeit deutet bereits auf eine weitere Besonderheit dieser Bohrung hin: Der erforderliche dynamische Druck im Ringraum war mit ca. 0,25 bar pro 100 m an der Untergrenze der theoretischen Vorhersagen. Im Rückblick lässt sich somit schlussfolgern, dass man mit einer mutigeren Annahme hinsichtlich des dynamischen Drucks (statt 0,50 bar zum Beispiel nur 0,30 bar pro 100 m) auf zwei der insgesamt vier MFB-Standorte sogar hätte verzichten können (und zwar den ersten und den letzten Standort). Eventuell wäre es sogar möglich gewesen (zumindest, wenn es im Bereich der Rur keinen Geländeeinschnitt gegeben hätte), durch Verschiebung bzw. Zusammenführung der Standorte 2 und 3 nur an einer einzigen Position MFB zu installieren. Bei einer mittleren Geländeüberdeckung von ca. 8 m wäre dann nur eine MFB alle 400 m erforderlich. Umgerechnet auf die von den Kabelherstellern angestrebte Tiefenlage von z.B. 2 m würde dies etwa einen MFB-Standort alle 100 m erfordern (mit MFB-Tiefen von nur ca. 2 m).

Eine weitere Besonderheit bei diesem Projekt war die außergewöhnlich wichtige Funktion am dritten Standort vor der Rur. In diesem Bereich mussten sich die Pilotbohrungen durch extrem harten und teilweise zum Quellen neigenden Ton



entstehenden Tonkörper aus dem Bohrloch zu betrieblen und Druckspitzen oberhalb der geplanten Maximalwerte gänzlich zu vermeiden. Selbst Transportlängen von 10 – 20 m führten sehr schnell zum kompletten Verstopfen des Ringraums. Gelöst werden konnte dieses Problem nur durch sehr häufiges Zurückziehen des Bohrkopfs (bis sich wieder Rückfluss einstellte). Allerdings erforderte es schon größte Anstrengungen, diese Rückflüsse alleine bis zur MFB-3 herzustellen. Ohne diese MFB wäre es sehr wahrscheinlich gar nicht möglich gewesen, den Ringraum von den Ton-Cuttings zu befreien. Aber selbst in den kurzen Steigrohren der MFB-3 kam es immer wieder zu Tonstopfen, die mühsam mechanisch beseitigt werden mussten.



Abb.13: 100-t-Bohranlage PD 100/50 RP

## Bohrungsdurchführung

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurden im Eintrittsbereich die schwierig bohrbaren Rurkiese in Tiefen bis ca. 4,8 m erkundet, die regelmäßig grobkiesig und steinig sind und auch Blöcke enthalten. Aus diesem Grund wurde entschieden, in diesem Bereich einen umfangreichern Bodenaustausch vorzunehmen. Als Austauschboden wurde wie bereits bei anderen Projekten zeitweise fließfähiger Verfüllbaustoff (ZFSV) gewählt, der sich bei der späteren Bohrtätigkeit gut bohrbar und ausreichend stabil zeigte.



Pilotbohrung ein 12.1/4"-Rollenmeißel in Kombination mit einem Gyro-Messsystem eingesetzt. Anschließend wurde die Pilotbohrung auf einen Durchmesser von 480 mm mittels Barrel Reamer aufgeweitet, bevor im letzten Arbeitsschritt die PE-Rohre 280 x 31,2 mm eingezogen wurden. Der Ziehkopf wies dabei jeweils Öffnungen auf, so dass die PE-Rohre innen mit Bohrflüssigkeit gefüllt waren und so nur geringen Auftrieb im Bohrloch aufwiesen.

Die schwierigsten Arbeitsschritte aller drei Bohrungen waren die drei Pilotbohrungen, da sowohl die Steuerbarkeit (z.B. im Bereich der Störung) als auch der Bohrkleintransport in der Tonschicht (s.o.) einige Probleme bereiteten, letztendlich aber beherrscht werden konnten. Ebenso waren auch die Stillstandszeiten bei den Einziehvorgängen während der Herstellung der Garantienächte (Stillstand jeweils ca. 2 Stunden) unkritisch, da nach der Weiterführung der Einziehvorgänge weder besondere Anstiege bei der Zugkraft noch beim Drehmoment festzustellen waren (Abb. 14).

Größere Probleme bereitete da schon die Kiesschicht im Austrittsbereich der drei Bohrungen. Hier wurden Bedingungen angetroffen (Steine, Blöcke), die ein kontrolliertes Steuern des Pilotbohrkopf nicht mehr zuließen und deshalb dieser Bereich jeweils aufgegraben werden musste.

Die wichtigsten technischen Parameter der drei C&P-Bohrungen unter der Rur sind im Überblick in Tab. 2 zusammengefasst.

### Tab. 2: Wichtige Kennwerte der drei Einzelbohrungen

#### Parameter Energiekabel 1 Begleitkabel Energiekabel 2

Bohranlage PD 100/50 RP PD 100/50 RP PD 100/50 RP

Bohrgestänge 6.5/8" 6.5/8" 6.5/8"

Bohrkopf 12.1/4" 12.1/4" 12.1/4"

Vermessungssystem Gyro Gyro Gyro

Dauer Pilot 5 Tage 4 Tage 5 Tage

Druckkräfte Pilot 50 – 100 kN 60 – 110 kN 40 – 160 kN



**Nachrichten**   **Rohrvortrieb**   **mehr**   |   **Bauverfahren**   **Termine**   **Lesen**

Dauer Räumen 3 Tage 3 Tage 2 Tage

Zugkräfte Räumen 30 – 60 kN 15 – 20 kN 15 – 30 kNm

Drehmomente Räumen 20 – 30 kNm 10 – 28 kNm 15 – 30 kNm

Dauer Einziehen 1 Tag 1 Tag 1 Tag

Zugkräfte Einziehen 70 – 120 kN 190 – 220 kN 170 – 200 kN

Drehmomente Einziehen 10 – 30 kNm 10 – 31 kNm 8 – 30 kNm

Aktive MFBs 2, 3 und 4 2 und 3 2 und 3

Gesamtbohrzeit inkl.

Rohreinzug 9 Tage 8 Tage 8 Tage



Abb.14: Zugkraftverläufe der drei Rohreinzüge | Fotos und Grafiken: Beermann Bohrtechnik

## Wichtige Erfahrungen

Obwohl dieses erste größere C&P-Projekt keinesfalls idealtypisch für die neue Verfahrensweise war (da die Überdeckung mit 4 – 8 m deutlich höher war als die





- Der dynamische Druckverlust im Ringraum liegt zumindest für die hier verwendete Bohrgarnitur bei nur 0,25 - 0,30 bar pro 100 m.
- Der Fließwiderstand im Boden (Frac-Gradient) kann für den angetroffenen Mischboden etwa mit ca. 0.50 - 0.60 bar pro Meter angesetzt werden.

## umweltbau

Nachrichten und Fachbeiträge aus dem Kanal- und Leitungsbau, Sanierung, Rohrvortrieb, uvm.

## Kontakt Weitere Zeitschriften

Redaktion B\_I baumagazin

Mediaberatung B\_I galabau

Mediadaten

B\_I MEDIEN GmbH [Über uns](#) [Impressum](#) [Kontakt](#) [Datenschutz](#)

Projekt zu finden, bei dem die angestrebte Tiefenlage von 2 - 4 m bei einer Bohrungslänge von 500 - 1.500 m realisiert werden kann. Je nach gefordertem Genauigkeitsgrad könnte dabei eventuell mit einem Walk-Over-System gebohrt werden, was sich ebenso positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirken könnte wie der Einsatz einer einfacheren Bohrausrüstung zum Abteufen der nur ca. 1,5 - 3,5 m tiefen Multifunktionsbohrungen.

## Zusammenfassung

Bei dem ersten größeren Cable & Pipe-Projekt auf der ALEGrO-Trasse der Amprion GmbH hat sich dieses modifizierte HDD-Verfahren trotz sehr schwieriger Rahmenbedingungen hervorragend bewährt. Die dort gewonnenen Erkenntnisse werden schon bei den nächsten C&P-Projekten eine weitere Optimierung der Technik sowie eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ermöglichen. Damit wird der Industrie ein weiteres „Werkzeug“ für die grabenlose Verlegung von Rohrleitungen zur Verfügung gestellt, das anwendungstechnisch zwischen dem klassischen HDD-Verfahren und der offenen Verlegung angesiedelt ist - sowohl technisch als auch wirtschaftlich.

\*Autoren:



[Nachrichten](#)

[Rohrvortrieb](#)

[mehr](#)

[Bauverfahren](#)

[Termine](#)

[Lesen](#)

g. Rainer  
aus,  
ür den  
efbau,  
n GmbH  
g. Timo

isleiter  
hrtechnik,  
ann  
chnik

Ing.  
:  
ecker,  
lschafter  
ieurbüro  
rg &  
er  
†

## tema **Horizontalbohren** ➔

### rtikel



[Zur Startseite](#)

