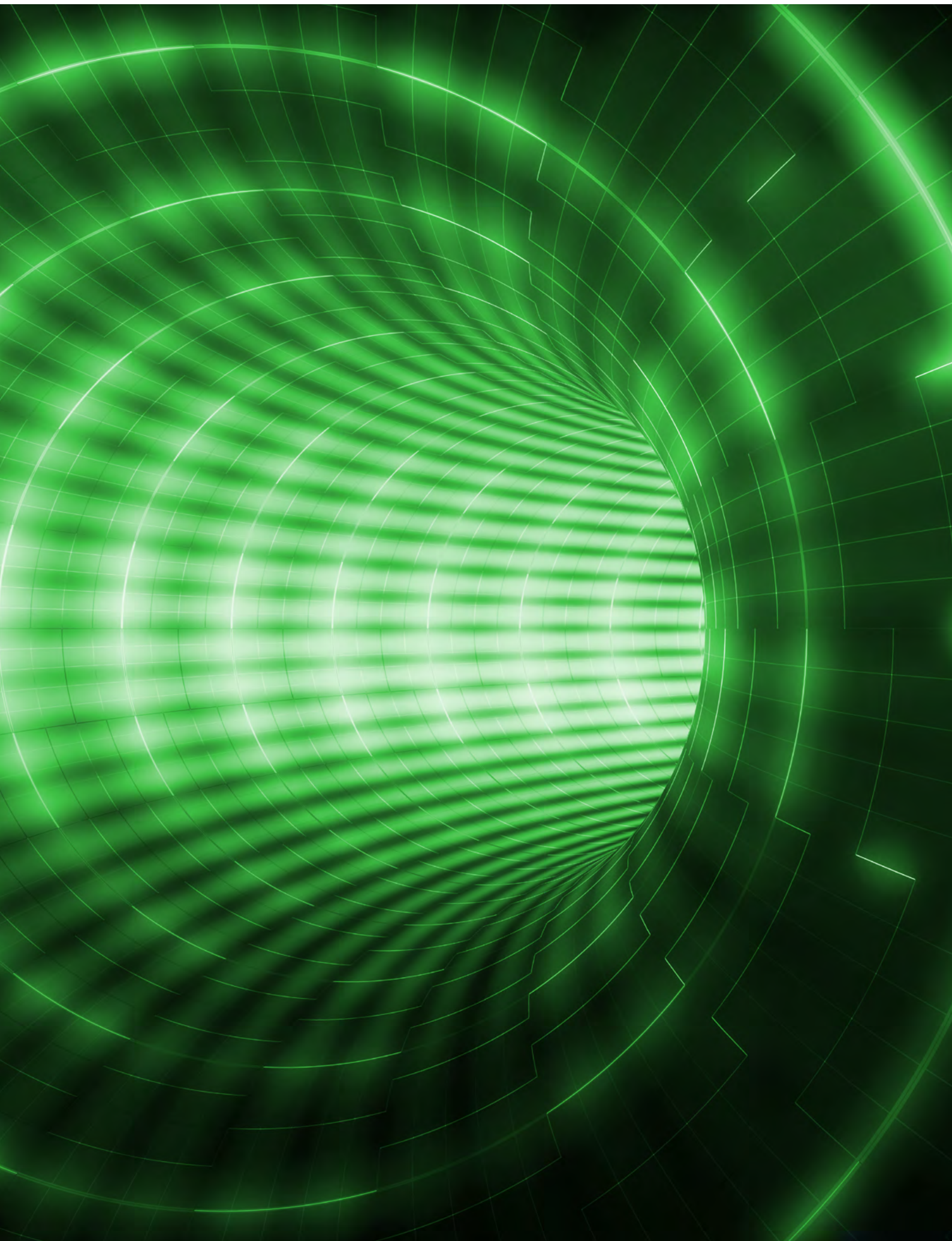


2018 / 19



Inhalt

■ Design und Beratung	4
■ Druckübertragungsmittel	12
Übersicht	13
Übersicht Leistungspakete	16
■ Die Hydraulische Fuge	22
Funktionsweise	23
Technische Ausführung	25
Die Hydraulische Fuge – Qualitätssicherung auch nach dem Vortrieb	26
Planungshilfen zur Hydraulischen Fuge	26
Rohrdesign	28
Montage der Hydraulischen Fuge	29
Die Hydraulische Fuge während des Vortriebs	30
■ Der EDAR®	34
Übersicht und Funktionsweise	36
Der EDAR® als Dichtung und innerer Fugenschluss	37
Planungshilfen zum EDAR®	38
Rohrdesign	38
Einsatz des EDAR®	38
Monitoring Vortrieb	38
■ Qualitätssicherung im Rohrvortrieb – Das Echtzeit-Monitoringsystem	42
Für jeden Vortrieb das optimale Monitoringsystem	43
Grundlagen	44
Systemhardware	48
Software	50
Jack Director®	52
Support	53
Dokumentation des Vortriebs	53
■ Projektablauf und Leistungszuordnung	57

LIEBE FREUNDE DES ROHRVORTRIEBES

Wir freuen uns, Ihnen hiermit erstmals einen Gesamtkatalog, der alle Produkte und Dienstleistungen der Firma Jackcontrol AG kompakt beschreibt, überreichen zu dürfen. Nachdem unser Unternehmen in den letzten Jahren nicht nur volumenmässig stets gewachsen ist, hat sich auch die Palette unserer Produkte und Dienstleistungen laufend verbreitert. Gleichzeitig sind die Informationsbedürfnisse unserer Kunden und Anwender in den letzten Jahren grösser geworden. Ganz nach dem Vorsatz «Information schafft Vertrauen» haben wir uns dazu entschieden, unser ganzes Spektrum an Produkten und Dienstleistungen im vorliegenden Gesamtkatalog vorzustellen, wobei die Informationstiefe gegenüber den bisherigen Produkteblättern vergrössert werden soll – Sie werden staunen, was die Jackcontrol AG alles bietet.

Unverändert bleibt hingegen unser grösstes Bestreben, laufende Vortriebsprojekte optimal und zeitnah zu unterstützen. Dem gemeinsamen Ziel, die Vortriebsrohre in der geforderten Qualität und fristgerecht auf ihre Endlage zu bringen, unterordnen wir unsere gesamte Tätigkeit. Wenn wir zu einem erfolgreichen Durchstich beitragen dürfen, ist es uns grosse Freude und Ehre zugleich.

Mit Ihrer Mitwirkung streben wir laufend eine Weiterentwicklung und Verbesserung der eleganten wie faszinierenden Technik des Rohrvortriebs und Microtunneling an. Die daraus entstehenden neuen Erkenntnisse und Errungenschaften versuchen wir zu praxistauglichen Anwendungen weiterzuentwickeln, die wir Ihnen in unserem regelmässig erscheinenden Gesamtkatalog laufend aktualisiert vorstellen werden.

Wir freuen uns jetzt schon auf Ihre Kontaktaufnahme und auf eine konstruktive Zusammenarbeit mit Ihnen!

Ihr Dr. Stefan Trümpi-Althaus







Design und Beratung

WIR SIND VIELSEITIGER, ALS SIE VIELLEICHT GLAUBEN

Mit unserem gebildeten und erfahrenen Stab an Ingenieuren und Fachexperten decken wir ein breites Spektrum an Disziplinen interaktiv ab:

- Baustatik und Konstruktion
(Stahlbau, Stahlbeton, Holzbau)
- Geotechnik und Bodenmechanik
- Wasser- und Ölhydraulik
- Maschinenbau und -konstruktion
- Elektrotechnik
- Mess- und Regeltechnik
- usw.

Dabei sind wir ausgesprochene Querdenker und versuchen, möglichst auf vorhandenes Fachwissen und Erfahrung – allenfalls auch aus ganz anderen Fachbereichen – zurückzugreifen. Unsere gesamte Firmengeschichte ba-

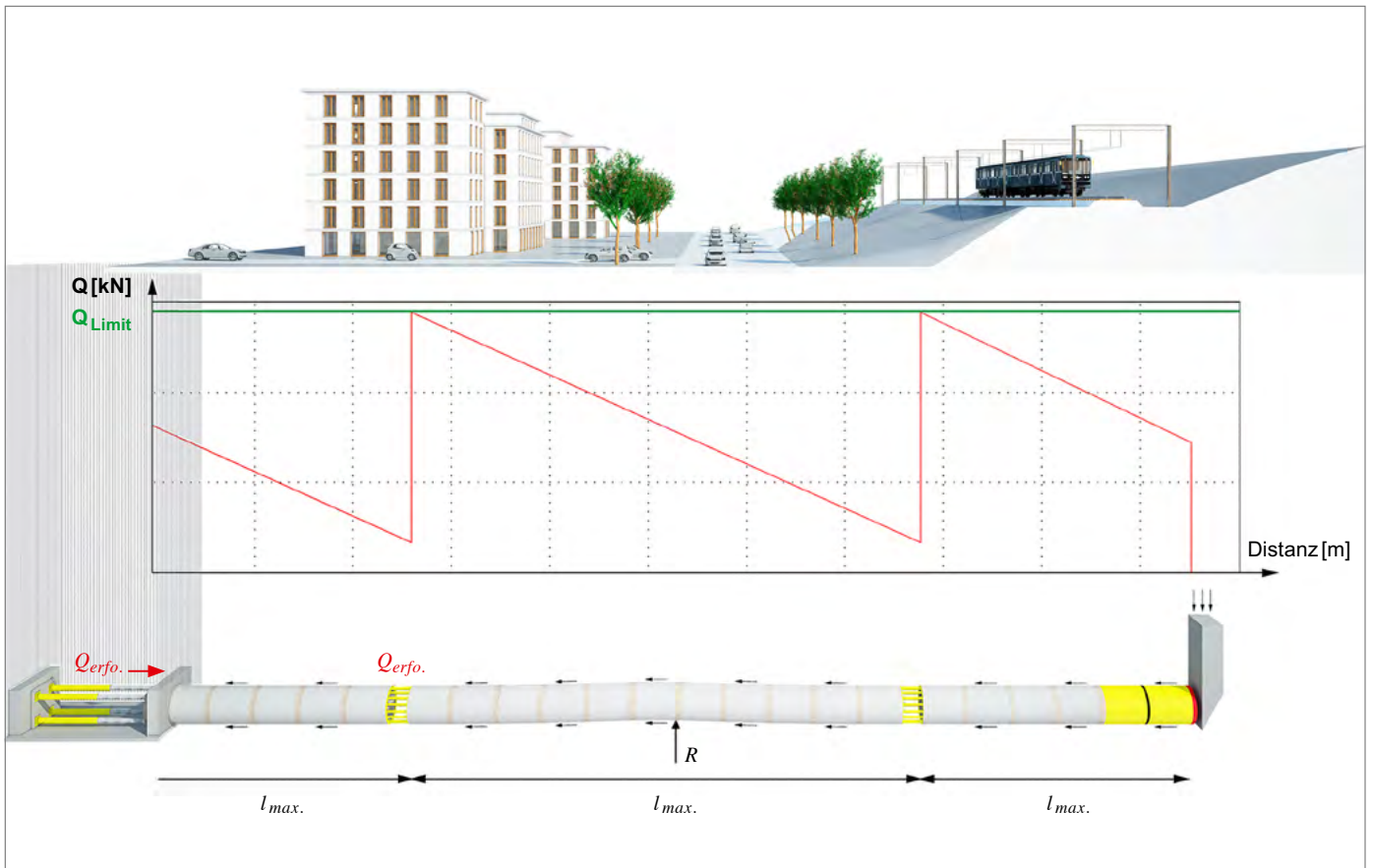
siert auf der Entwicklung von neuen Produkten und Anwendungen und entsprechend gerne nehmen wir neue Entwicklungen mit der nötigen Portion Mut, Innovation und Respekt in Angriff.



FUGENPRÜFSTAND



BEWEHRUNGSKORB IN SCHALUNG



Nebst dem Monitoring von laufenden Vortriebsarbeiten übernehmen wir für Sie rund um den Rohrvortrieb folgende Aufgaben:

- Rohrdesign/-statik
- Vortriebskraftberechnung
- Stützdruckberechnung
- Schachtbauwerke in allen Böden und im Grundwasser unter Anwendung aller Techniken des Spezialtiefbaus
- weitere Hilfseinrichtungen wie Krangehänge, Rohrlager, Hilfsbrücken, Rohrschirme usw.
- Sonderlösungen bei Problemen rund um den Rohrvortrieb
- Entwicklung von Sonderanwendungen
- Expertisen

Dazu sind wir mit unserer breiten wie fundierten Erfahrung und auch aktueller Bemessungssoftware (wie z. B. Plaxis®- oder Cubus®-Programmen) bestens befähigt.

Weiter unterstützen wir Gesamtplaner und Bauherren im Bereich Planung von Rohrvortrieben und Microtunnel im Rahmen von übergeordneten Gesamt- bzw. Grossprojekten, wobei wir von den ersten Planungsstudien über Bewilligungsphase und Ausführung bis hin zur Schlussabnahme die gesamte planerseitige Projektverantwortung und die zugehörigen Dienstleistungen übernehmen können.



ROHRPRÜFSTAND

VORTRIEB KRAFTWERK DOPPELPOWER, SCHWANDEN (CH):
ROHRHUB



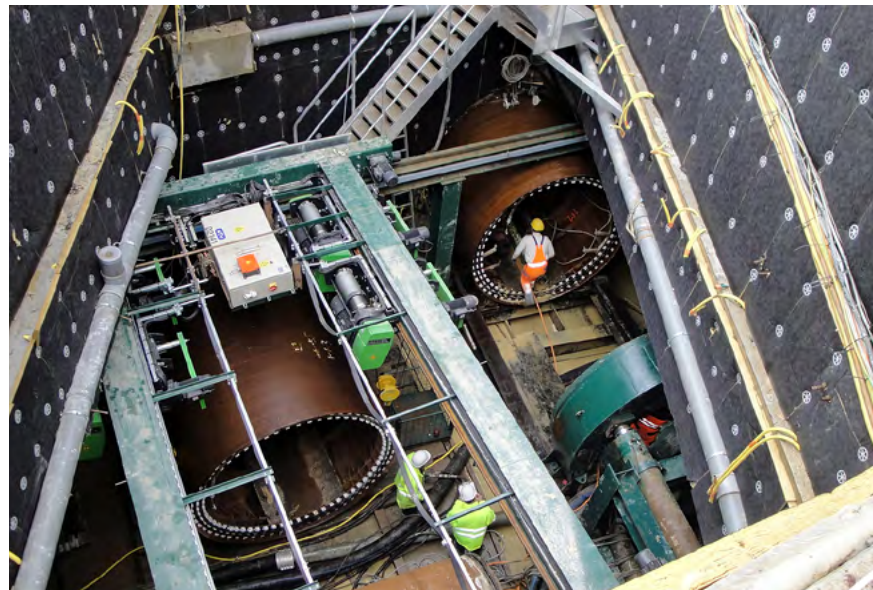
VORTRIEB KRAFTWERK COTLAN, RÜTI (CH): FELDFABRIK FÜR VORTRIEBSDROHRE



VORTRIEB KRAFTWERK DOPPELPOWER, SCHWANDEN (CH):
HILFSBRÜCKE



VORTRIEB HOCHWASSERSCHUTZ REICHENBURG (CH):
ROHRSCHEM



VORTRIEB TUNNEL SCHUMANN-JOSAPHAT, BRÜSSEL (BE):
STAHLROHRE GEFLANSCHT



VORTRIEB WASSERKRAFTWERK RUFİ, HÄTZINGEN (CH):
UNTERWASSERAUSHUB ZENTRALE UND STARTSCHACHT



ROHRSCHEM DURCHMESSERLINIE ZÜRICH (CH):
VORSPANNUNG



EXPERTISE ROHRSCHEM

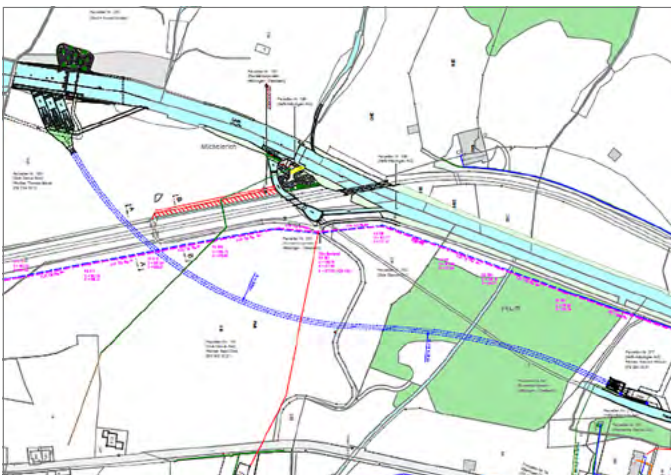
Druckleitung eines Flusskraftwerks in den Schweizer Alpen



Der Standort und die Geometrie der Wasserfassung am Fluss sowie jene der Kraftwerkzentrale und des Unterwasserkanals an einem bestehenden Kanal legten die Tangenten der beiden Enden der Druckleitung fest. Aufgrund der maximalen Überdeckung von 14,3m, der Geologie- und Grundwasserbedingungen sowie des Terrains (bewaldet, Runse) kamen nur geschlossene Microtunnelingverfahren in Frage.

Zur hydraulischen Optimierung und aufgrund vorhandener Infrastruktur über- und untertage stellte sich eine S-Kurve in der Horizontalen mit einer steilen Vertikalkurve am Ende des Vortriebs zur Minimierung der Zielschachttiefe und damit der teuren Wasserhaltung als optimale Linienführung heraus.

Der enge Kurvenradius am Ende des Vortriebs in Kombination mit dem grossen Rohrdurchmesser führte zu grossen Fugenwinkeln, wobei auf der Kurveninnenseite der Fugenspalt lediglich 15 mm betrug, während auf der Kurvenaussenseite eine Spaltweite von bis zu 75 mm gemessen wurde.

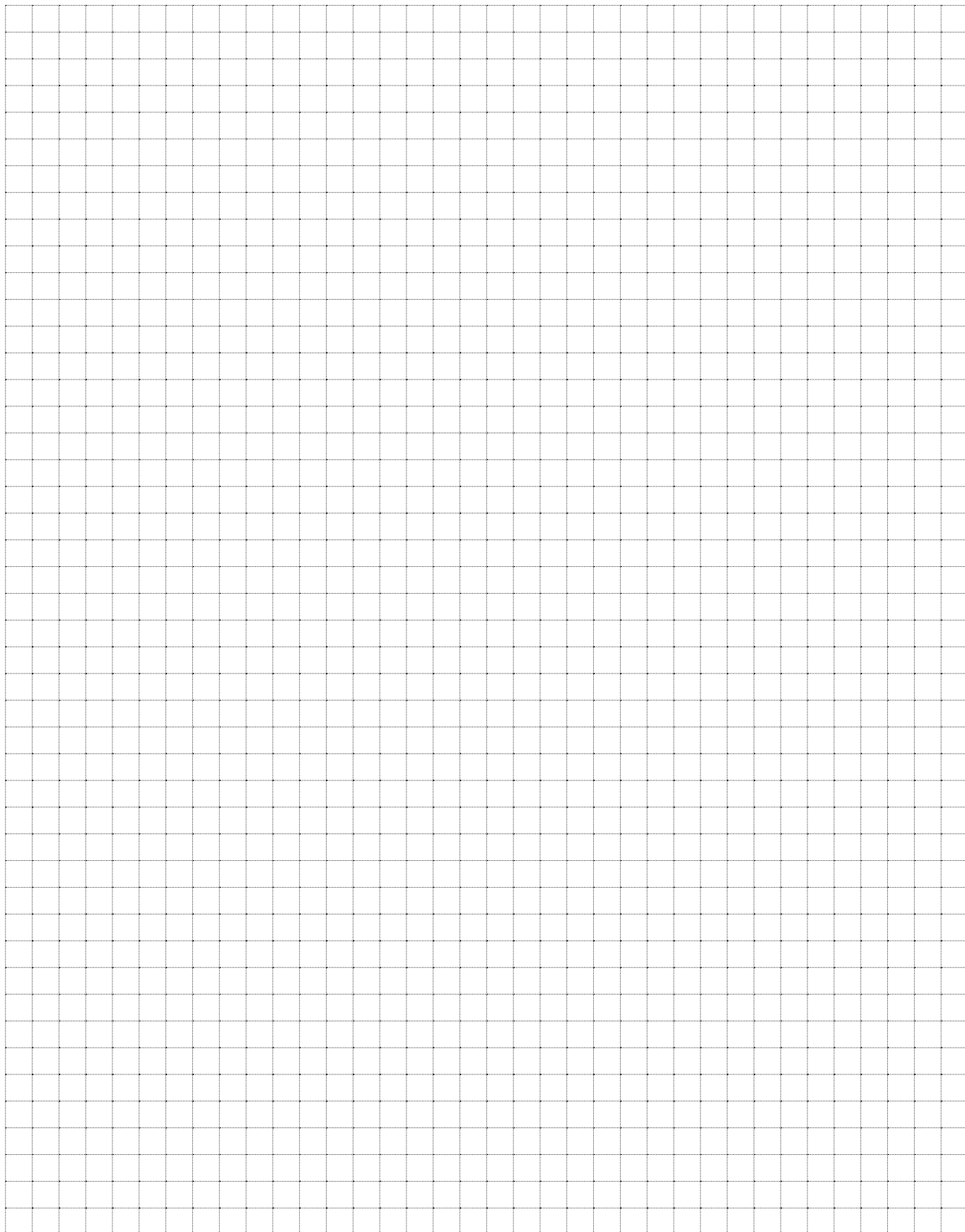


SITUATION

AUF EINEN BLICK

Projektname	Kraftwerk Rufi
Ort	Hätzingen GL Schweiz
Zweck	Druckleitung
Fertigstellung	2016
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Unterquerung eines Gewölbekanal ■ Unterquerung Bahnlinie/ Geomonitoring ■ kleine Überdeckung
Gesamtlänge	534 m
DN	3200 mm
DA	3800 mm
Linienführung	räumliche S-Kurve
Minimaler Kurvenradius	260 m
Rohrwerkstoff	Stahlbeton
Rohrlänge	3m/4 m
Minimale Überdeckung	unter Gewölbekanal: 0,6m unter Bahnlinie: 7,45m
Geologie und Grundwasser	gesättigter Bachschutt/-schotter; stark durchlässiger, loser sandiger/siltiger Kies mit Steinen und Blöcken. Grundwasserpegel 4m über Rohrscheitel.
Hydraulische Fuge	JC250/zwei Umläufe. Zulässige Vortriebskraft 22 000 kN/2240 t.
Navigationssystem	VMT SLS Microtunneling LT
TBM	Herrenknecht AVND3000
Bauherrin	Hefti Hätzingen AG
Planer	Jackcontrol AG, Schweiz
Vortriebsunternehmer	K-Boringen, Belgien

Notizen





Druckübertragungsmittel

Schlüsselement bei jedem Vortrieb



ÜBERSICHT

Die in der Tabelle auf den Seiten 16/17 aufgeführten Leistungspakete (Jackcontrol®-Paket, JC-EDAR®-Paket sowie das JCPipe®-Paket) bieten die passenden Lösungen zur sicheren und effizienten Abwicklung jedes Microtunneling- oder Rohrvortriebprojekts, unabhängig der eingesetzten Vortriebseinrichtung. Insbesondere Kurvenvortriebe, Langstreckenvortriebe sowie Vortriebe mit gerader oder gekrümmter Linienführung in schwierigen hydro- bzw. geologischen Verhältnissen oder sensitiven Umgebungen

können durch Anwendung der Leistungspakete mit wesentlich geringerem Gefährdungspotenzial/Risiko sowohl für Bauherren und Planer als auch für Vortriebsunternehmer bei sichergestellter hoher Ausführungsqualität aufgeföhren werden.

Kernstück bei jedem Leistungspaket ist das bewährte Monitoringsystem der Jackcontrol AG mit der zugehörigen Messausrüstung. Dieses wurde ursprünglich für den Ein-

satz der Hydraulischen Fuge entwickelt, welche einerseits die Übertragung der Vortriebskräfte in Längsrichtung optimiert und andererseits die Bestimmung des Spannungszustandes in Vortriebsrohren auf einfache und zuverlässige Weise ermöglicht. Die Jackcontrol AG wendet dabei am Institut für Baustatik und Konstruktion der ETH Zürich gewonnene Erkenntnisse über Trag- und Verformungsverhalten sowie Versagen von Stahlbeton-Vortriebsrohren an.

Die Systemeigenschaften der Hydraulischen Fuge der Jackcontrol AG erlauben es, das Risiko von Rohrschäden gegenüber der Verwendung herkömmlicher Druckübertragungsringe aus Holzwerkstoffen massiv zu senken. Gleichzeitig kann die installierte Vortriebsleistung durch die Kenntnis des Spannungszustands bis zum Erreichen der entsprechenden Grenzwerte optimal genutzt werden, ohne diese Grenzwerte zu überschreiten. Durch die kontinuier-

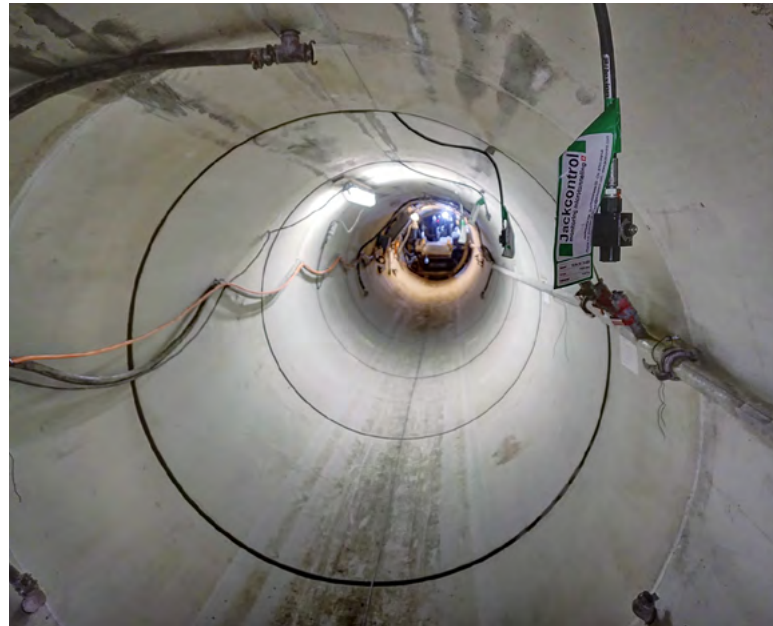


liche Erfassung der relevanten Messgrößen (Fugenspaltweiten zwischen Vortriebsrohren und Flüssigkeitsdruck in Hydraulischen Fugen) wird eine umfassende Dokumentation des Vortriebs und insbesondere der die Vortriebsrohre beanspruchenden Spannungszustände ermöglicht, was dem Bauherrn eine tiefreichende Kenntnis über die erreichte Qualität des fertigen Rohrstrangs bietet; allfällige vom Vortrieb herrührende Rohrschäden – wenn es denn bei der Anwendung der Hydraulischen Fuge überhaupt noch solche gibt – können somit zielgerichtet festgestellt werden.

Die Hydraulische Fuge erlaubt ein Auffahren eines im Vergleich zur Verwendung herkömmlicher Druckübertragungsringe (DÜR) aus Holzwerkstoffen viel grösseren Fügungswinkels zwischen den Vortriebsrohren und damit viel engerer Kurvenradien, dies bei gleichbleibender Rohrlänge und hohen Vortriebskräften. Weiter kann die Hydraulische Fuge in Kombination mit nach dem Vortrieb vom Rohr-Innern auszuführenden Injektionen zur Verbesserung der Dichtigkeit aktiviert werden, beispielsweise im Fall einer Undichtigkeit der primären Abdichtung oder auch als systematische Abdichtung zur Erhöhung der Sicherheit gegenüber Leckagen. Das dabei verwendete zementöse Injektionsmittel führt dank einer Anhebung des pH-Werts im Bereich der Stahlmanschette des Vortriebsrohrs zu einer Passivierung und damit zu einem dauerhaften Korrosionsschutz der Stahlmanschette.

Seit der Markteinführung im Jahre 2005 hat die Jackcontrol AG mit der Hydraulischen Fuge und der darauf basierenden Qualitätssicherung das Spektrum an Einsatzmöglichkeiten von Rohrvortrieb und Microtunneling massiv erweitert. Nach einer Vielzahl von mit Hydraulischen Fugen und dem zugehörigen Monitoringsystem erfolgreich ausgeführten, meist anspruchsvollen Vortrieben folgte die Jackcontrol AG dem Kundenbedürfnis einer gleichwertigen Vortriebsüberwachung für kurze und/oder gerade Vortriebe unter Verwendung von herkömmlichen Druckübertragungsringen aus Holzwerkstoffen und lancierte das JC-Pipe®-Paket, welches bis heute bei zahlreichen Vortrieben erfolgreich eingesetzt wird. 2017 verständigten sich das Ingenieurbüro Baumgartner aus Tuttlingen (D) und die Jackcontrol AG auf eine Übernahme der Technologie und Vertriebsrechte am EDAR® (Elastischer Druck-Ausgleichs-Ring), welcher die Angebotspalette der Jackcontrol AG in idealer Weise ergänzt.

Der modulare Aufbau der einzelnen in der Tabelle auf den Seiten 16/17 aufgeführten Leistungspakete erlaubt ein vollumfängliches Echtzeit-Monitoring aller praxisüblichen Kombinationen von Rohrwerkstoffen und Drucküber-



VORTRIEB KOPENHAGEN (DK)

tragungsmittel, wobei innerhalb eines Vortriebs auch verschiedene Druckübertragungsmittel eingesetzt werden können. Je nach Anforderungen können dabei alle weltweit verbreiteten für den Vortrieb relevanten Normen und Richtlinien berücksichtigt werden, so z. B. DWA-A 125 und 161, EN 1916, SIA 195, ASTM, CSA, CPAA, PJA usw. Insbesondere erlaubt das JCPipe®-Paket das Echtzeit-Monitoring von mit DÜR aus Holzwerkstoffen ausgerüsteten Vortrieben, was in Anwendung des Regelwerks DWA-A 161 im Vergleich zu nicht überwachten Vortrieben eine höhere zulässige Vortriebskraft in Verbindung mit einer gleichzeitigen deutlichen Verminderung der Risiken mit sich bringt. Das Rohrdesign kann durch die Jackcontrol AG erfolgen, es werden aber auch genauso Rohrdesigns Dritter (Rohrhersteller, Projektverfasser usw.) integriert.

Die Vorteile

- grössere Vortriebskräfte
- engere Kurvenradien
- längere Vortriebsrohre
- permanentes Echtzeit-Monitoring
- Interventionsmöglichkeiten
- systematische oder nachträgliche sekundäre Fugenabdichtung

Der Mehrwert

- optimale Qualitätssicherung
- minimales Risiko beim Vortrieb
- kürzere Bauzeiten
- Verzicht auf Zwischenschächte/-installationen
- erhöhte Dichtigkeit der Rohrfügungen
- breiteres Anwendungsspektrum
- bessere Wirtschaftlichkeit

ÜBERSICHT LEISTUNGSPAKETE

		PAKETE
		Einsatzbereich/Beschreibung
MODULE	DRUCKÜBERTRAGUNGSMITTEL	
	ROHRSTATIK	Statische Berechnung der Vortriebsrohre
	BEFESTIGUNG DRUCKÜBERTRAGUNGSMITTEL	RAM (Standard, mechanische Befestigung, Baustellenmontage) COL (Ausnahme/Notfälle, Kleben, Werks- oder Baustellenmontage; Aufpreis) KLEMM (mit EPS-Distanzhalter, Baustellenmontage)
	DRUCKÜBERTRAGUNGSMITTEL ZUR ERHÖHUNG DER DICHTWIRKUNG	In Verbindung mit Zement-Injektion Umlaufend/geschlossener Ring
	ROHR (inkl. Spezialquerschnitte wie Drachenprofile u. Ä.)	Stahlbeton (mit/ohne Inliner) GFK Stahl Polymerbeton Steinzeug
	MONITORINGSYSTEM	
	ALGORITHMUS / ANALYSE	
	MESSAUSRÜSTUNG / SENSORIK	
	MESSWERTSPEICHERUNG	
	MESSWERTAUSWERTUNG IN ECHTZEIT MIT DARSTELLUNG IN STEUERSTAND	
	MESSWERTAUSWERTUNG IM INTERNET	
	JACK DIRECTOR®	
	BAUSTELLENSUPPORT	Telefonische oder Online-Unterstützung
	BAUWERKDOKUMENTATION	

JACKCONTROL®-PAKET	JC-EDAR®-PAKET	JC-PIPE®-PAKET
Kurven-Vortriebe, enge Radien, hohe Anforderungen, innerer Fugenschluss	Kurven-Vortriebe, mittlere Radien, mittlere Anforderungen, innerer Fugenschluss	Gerade Vortriebe und grosse Radien, geringe Anforderungen
Hydraulische Fuge	Elastischer Druckausgleichsring (EDAR®)	Druckübertragungsring (DÜR) aus Holzwerkstoffen
✓	(✓)	(✓)
✓	✗	✗
(✓)	✗	✓
✗	✓	✗
(✓)	(✓)	✗
✗	✓	✗
✓	✓	✓
✓ (in Entwicklung)	✗	✓ (ohne DÜR)
✓ (geflanscht)	✓ (geflanscht)	✓ (ohne DÜR)
✓	✓	✓
✓	✓	✓
✓	✓	✓
Baustatische und geotechnische Nachweise aller Vortriebsrohre in Echtzeit	Druckübertragung nach DWA-A 161	Druckübertragung nach DWA-A 161
✓	✓	✓
✓	✓	✓
✓	✓	✓
✓	✓	✓
(✓)	✗	✗
✓	✓	✓
✓	✓	✓

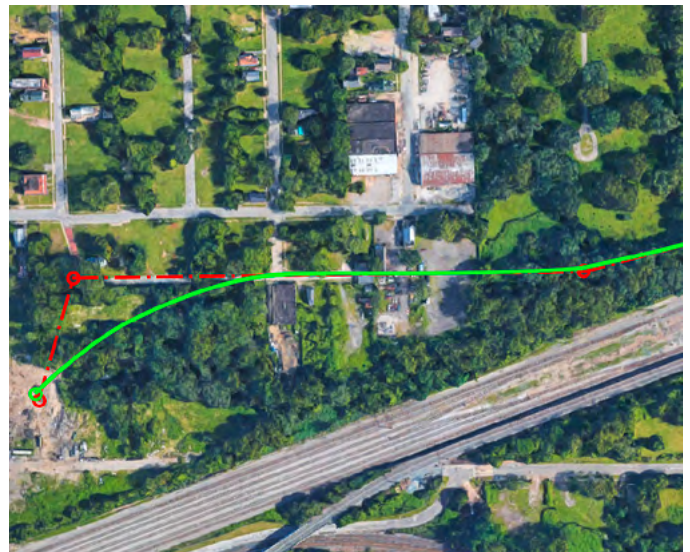
Die Leistungspakete (Seiten 16/17) können beliebig miteinander kombiniert werden, also z. B. das Jackcontrol®-Paket auf einer Kurvenfahrt am Ende einer Haltung mit dem JC-Pipe®-Paket auf dem geraden Rest der Haltung.

Das Jackcontrol®-Paket kann im Fall von einfachen und/oder kurzen Vortrieben auch als Compact-Paket eingesetzt werden. Dabei werden Monitoringsystem und Messausrüstung lediglich zum unerlässlichen Monitoring der Funktion der Hydraulischen Fuge eingesetzt. Die Module Messwertspeicherung, Messwertauswertung in Echtzeit sowie im Internet (Vortriebskräfte/Fugenwinkel), Jack Director® wie auch Baustellensupport und Bauwerkdokumentation stehen beim Compact-Paket dem Anwender nicht zur Verfügung. Gegen Aufpreis können diese Module bei Bedarf (z. B. bei unerwarteten geologischen Schwierigkeiten) jederzeit aktiviert werden; dies erfordert in der Regel weitere Installationen der Messausrüstung (Sensoreinheit).

Beim JC-EDAR®-Paket kann bei einfachen und/oder geraden Vortrieben auf das Monitoringsystem und die Messausrüstung und die damit verbundenen Module gänzlich verzichtet werden, wobei auch in diesem Fall ein Upgrade in Verbindung mit einer nachträglichen Installation von Monitoringsystem und Messausrüstung gegen Aufpreis jederzeit möglich ist.

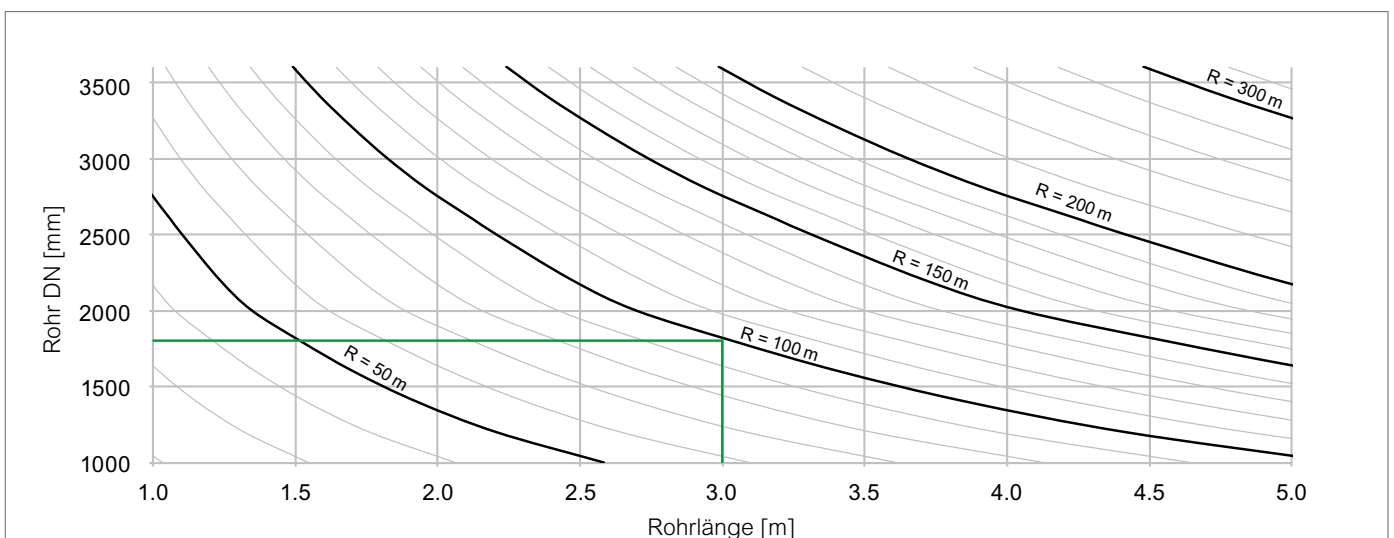
ANWENDUNGSSPEKTRUM

Die untenstehende Grafik gibt schnell und einfach Richtwerte über die minimal möglichen Kurvenradien in Abhängigkeit der Rohrlänge und Rohrdimension. Detailliertere Planungshilfen sind auf Seite 27 abgebildet, wobei neben der Druckübertragung diverse weitere, projektspezifische Faktoren die minimalen Kurvenradien bestimmen. Das Team der Jackcontrol AG berät Sie gerne zu Ihrem individuellen Projekt und hilft Ihnen, die für Ihr Projekt ideale Kombination von Vortriebsrohr und Druckübertragungsmittel zu finden.



VORTRIEB CLEVELAND, OH (USA): OPTIMIERUNG, LINIENFÜHRUNG MIT HYDRAULISCHER FUGE

MINIMAL MÖGLICHE KURVENRADIEN



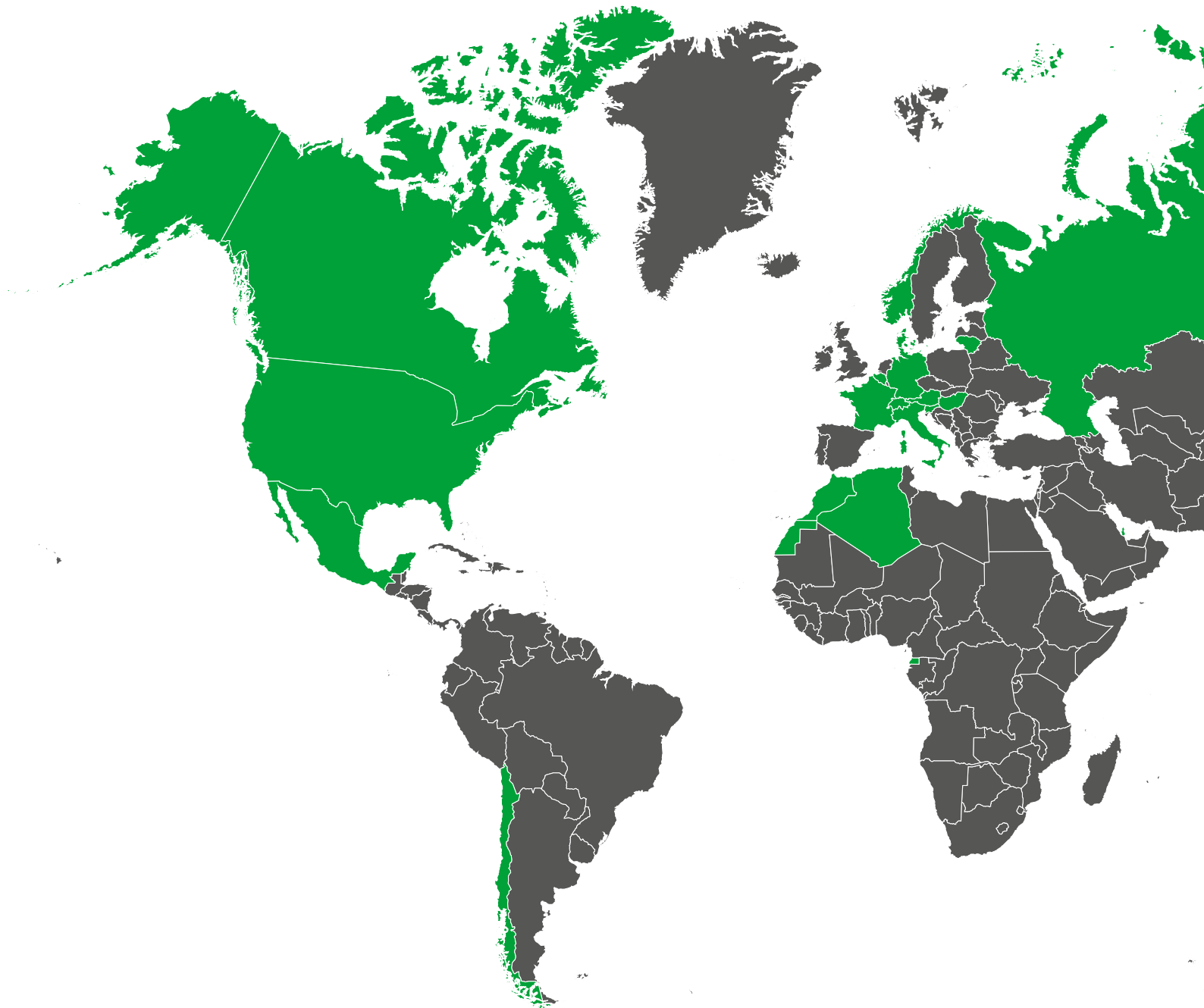
Lesebeispiel

Wie klein kann der minimale Kurvenradius bei einem Vortriebsrohr DN1800 mm bei Baulänge 3 m gewählt werden? Unter Annahme einer üblichen Wandstärke (z. B. 180 mm) kann bei einer Rohrlänge von 3 m ein minimaler Kurvenradius von 100 m aufgefahren werden.



VORTRIEB OSLO (NOR): KURVENRADIUS 80M

Meilensteine





-
- 2005 Erster Einsatz Hydraulische Fuge**
Vortrieb Hardstrasse Zürich, Schweiz
-
- 2007 Erster Vortrieb ausserhalb der Schweiz**
Vortrieb Rothenburg ob der Tauber, Deutschland
-
- 2008 Erster Vortrieb in Russland**
Vortrieb PRiSS St. Petersburg
-
- 2010 Erster Vortrieb auf Stahlrohr**
Tunnel Schuman-Josaphat, Brüssel, Belgien
-
- 2010 Vortrieb mit kleinstem Rohrdurchmesser
DN 800 mm, DA 1100 mm**
Vortrieb Affolternstrasse, Bahnhof Oerlikon (2010),
und Vortrieb Bülach, Unterquerung SBB-Gleisareal,
Schweiz (2016)
-
- 2011 Grösste Vortriebskraft mit Hydraulischer Fuge
(F=26 000 kN) und längste eingesetzte
Hydraulische Fuge (L=35 550 mm)**
Vortrieb GWK Mannheim Block 9, Deutschland
-
- 2011 Kleinster Kurvenradius (R=80 m)**
Vortrieb Oslo, Norwegen
-
- 2012 Erstes Projekt im Mittleren Osten**
Vortriebe Muharraq STP, Manama, Bahrain
-
- 2012 Längster Vortrieb vollständig mit Hydraulischer
Fuge ausgerüstet (L=1378 m)**
Vortrieb Sotschi, Russland
-
- 2013 Vortrieb mit längsten Vortriebsrohren (L=6,1 m),
gleichzeitig erster Vortrieb in Nordamerika**
Vortrieb SARI Mainline Orange County, USA
-
- 2014 Vortrieb mit grösstem Rohrdurchmesser
DN 3500 mm, DA 4200 mm**
Vortrieb Bottrop Boye, Emscher, Deutschland
-
- 2016 Erster Vortrieb in Singapur, Südostasien**
Vortrieb Singapur, Projekt T3003, MH94–MH93
-
- 2017 Einführung EDAR®**
-
- 2018 Erster Vortrieb in Mexiko/Mittelamerika**
Vortrieb Tampico, Landfall Altamira
-
- 2018 Erster Vortrieb mit EDAR®**
Vortrieb Einhausung Schwamendingen Los V,
Zürich, Schweiz,
-





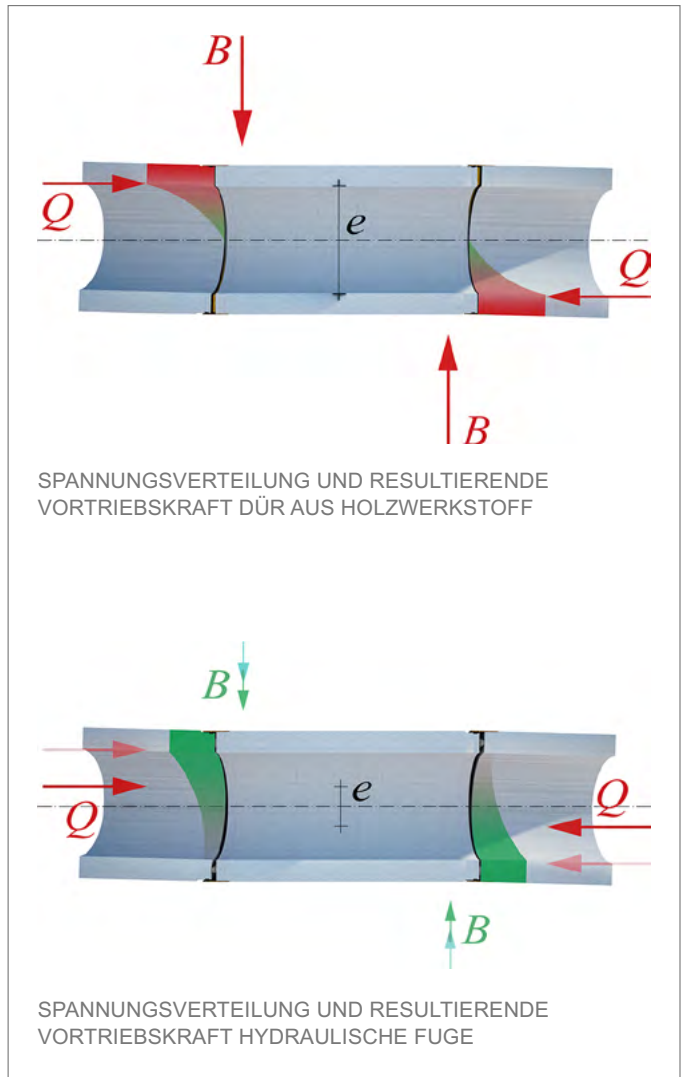
Die **Hydraulische Fuge**

FUNKTIONSWEISE

Die sichere Übertragung der Vortriebskraft von Rohr zu Rohr bis zu Tunnelbohrmaschine und Ortsbrust ist im Microtunneling- und Rohrvortriebsverfahren essenziell. Die Möglichkeit, grosse Vortriebskräfte übertragen zu können, ist für eine effiziente Arbeitsweise unumgänglich.

Die gängigen Druckübertragungsmittel aus Holzwerkstoffen bewähren sich auf geraden und leicht gekrümmten Vortriebsstrecken. Bei grösseren Fugenwinkeln bzw. engeren Kurvenradien stossen sie allerdings schnell an Grenzen, das heisst, dass nur noch bedeutend abgeminderte Vortriebskräfte von Rohr zu Rohr übertragen werden können, ohne dass die Rohre beschädigt werden. Folglich kann sich unter Berücksichtigung dessen die Vortriebsleistung entscheidend verringern. Fugenwinkel zwischen den Vortriebsrohren entstehen nicht nur als Folge einer gekrümmten Linienführung, sondern auch als Folge von Steuerbewegungen der Maschine, als Folge von wechselnden geologischen Verhältnissen und auch infolge von Fertigungstoleranzen bei den Vortriebsrohren. Das charakteristische, irreversibel geprägte Materialverhalten eines herkömmlichen Druckübertragungsrings aus Holzwerkstoff hat zur Folge, dass bei Abwinklungen der Rohrfügung auf der Kurveninnenseite Spannungskonzentrationen entstehen, welche bei unsachgemässer Behandlung die Festigkeit der Rohrwandung überschreiten können, während die Fuge auf der Aussenseite klappt und dort somit keine Vortriebskraft übertragen wird.

Als weitere Folge wirkt die Vortriebskraft exzentrisch auf ein von einer Abwinklung betroffenes Vortriebsrohr. Aus Gründen des Momentengleichgewichts stützt sich das betreffende Rohr gegen den umliegenden Boden ab, mit der seitlichen Reaktions-/Bettungskraft B als Folge: Diese seitliche Bettungskraft wirkt zusätzlich zu den äusseren



HOLZFUGE



DIE HYDRAULISCHE FUGE MONTIERT

Einwirkungen (Erdauflast, Wasserdruck oder Verkehrslasten) in radialer Richtung auf das Rohr. Die in den Jahren 2003 bis 2005 an der ETH Zürich durchgeführten Untersuchungen an Stahlbetonvortriebsrohren haben gezeigt, dass diese seitlichen Bettungskräfte B bei den meisten beobachteten Rohrschäden die Hauptursache darstellen.

Die Hydraulische Fuge wird anstelle eines DÜR aus Holzwerkstoff eingesetzt. Sie besteht aus einer hermetisch abgeschlossenen Schlauchleitung, welche normalerweise auf die nachlaufende Rohrstirnfläche aufgebracht wird. Die Hydraulische Fuge ist mit nicht kompressibler Flüssigkeit gefüllt. Beim Vorpresse wird die Hydraulische Fuge gestaucht. Als Reaktion auf die Vortriebskraft wird die in der Hydraulischen Fuge befindliche Flüssigkeit unter Druck gesetzt und überträgt somit die Vortriebskraft über die Rohrkupplung.

Dem hydraulischen Prinzip der kommunizierenden Gefässe gehorchend, herrscht in der gesamten Hydraulischen Fuge das gleiche Druckniveau. Zusammen mit der perfekt reversiblen Charakteristik des in der Hydraulischen Fuge einge-

schlossenen Flüssigkeitspolsters lassen sich somit grosse Abwinkelungen in der Rohrkupplung ohne Spannungskonzentrationen und Fugenklaffungen auffahren. Die Vortriebskraft wird im Vergleich zu herkömmlichen DÜR aus Holzwerkstoffen viel gleichmässiger über den Rohrumfang verteilt. Dadurch fallen die Exzentrizität der Vortriebskraft und proportional dazu auch die seitliche Bettungskraft B wesentlich geringer aus als bei herkömmlichen DÜR aus Holzwerkstoffen. Die kleineren Bettungskräfte und die wegfallenden Spannungsspitzen erlauben somit das Auffahren grosser Fugenwinkel, ohne dass die Vortriebskraft reduziert werden muss.

TECHNISCHE AUSFÜHRUNG DER HYDRAULISCHEN FUGE

Die Hydraulische Fuge besteht aus einer auf die projektbezogenen Anforderungen abgestimmten hydraulischen Leitung. Diese Leitung besitzt an jedem Ende eine Armatur aus Stahl. Bei einem der Enden handelt es sich dabei nur um einen druckfesten Abschluss der Leitung. Am anderen Ende befindet sich ein Kugelschieber, der mit einer kurzen, dünneren Leitung von der Hydraulischen Fuge abgesetzt

wird. Dem Kugelschieber fallen folgende für den Betrieb der Hydraulischen Fuge relevante Funktionen zu:

- Entlüftung und Befüllung der Hydraulischen Fuge im Werk
- Anbringung des Drucksensors zur Bestimmung des Flüssigkeitsdrucks in der Hydraulischen Fuge
- kontrolliertes Ablassen oder Einpumpen von Fugenflüssigkeit während des Vortriebs (Ausnahmefälle)
- kontrolliertes Ablassen von Fugenflüssigkeit nach dem Vortrieb

Für die Sicherstellung einer ausreichenden Druckfestigkeit ist die Hydraulische Fuge mit einem oder mehreren Stahlgeflechtem armiert, welche in ein umweltverträgliches synthetisches Elastomer (NBR) eingebettet sind. Die Hydraulische Fuge ist in verschiedenen Dimensionen verfügbar. Die Wahl der Dimension richtet sich nach dem Kurvenradius, nach der Rohrlänge, nach dem verfügbaren Platz auf der Stirnfläche bzw. der Wandstärke sowie der angestrebten Vortriebskraft, welche durch die Hydraulische Fuge übertragen werden kann bzw. muss.

Die Hydraulische Fuge wird normalerweise in einem Umlauf auf die Stirnfläche der Vortriebsrohre aufgebracht. In Ausnahmefällen kann die Anzahl der Umläufe aber auch erhöht werden. Jackcontrol bestimmt projektbezogen die effizienteste Variante der Hydraulischen Fuge. Gibt es mehrere zweckmässige Varianten, werden diese entsprechend bei der Projektausarbeitung vorgeschlagen. Der maximale Betriebsdruck der Hydraulischen Fuge wird projektbezogen so festgelegt, dass er unter Einhaltung adäquater Sicherheitsmargen die Festigkeit der Rohrwandung optimal ausnutzt. Aus technischen Gründen kann die Hydraulische Fuge nicht als geschlossener Ring hergestellt werden. Aus diesem Grund weist sie immer zwei Enden auf, die mit druckfesten Armaturen aus Stahl ausgerüstet sind. Die Armaturen machen Anpassungen an der Stirnfläche der Rohre nötig. Diese Anpassungen werden im Kapitel «Rohr-Design (Ausparungen)» auf Seite 28 erläutert. Nach erfolgtem Vortrieb wird die Hydraulische Fuge unter Ablassen der Flüssigkeit zusammengedrückt und verbleibt im Rohrstrang. Es ist in besonderen Anwendungen aber auch möglich, die Hydraulische Fuge nach erfolgtem Vortrieb aus dem Fugenspalt zu entfernen.

Die Flüssigkeit in der Hydraulischen Fuge besteht aus einem Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel (biologisch abbaubar). Die benötigte Menge an Fugenflüssigkeit wird durch die Jackcontrol AG projektbezogen bestimmt und abgefüllt und es werden einbaufertige Hydraulische Fuge ausgeliefert.

DIE HYDRAULISCHE FUGE – QUALITÄTSSICHERUNG AUCH NACH DEM VORTRIEB

Die Hydraulische Fuge kann über die Lebensdauer des Bauwerks zur Erhöhung der Dichtigkeit bzw. als innerer Fugenverschluss weiter verwendet werden. In Verbindung mit einer zementösen Injektion kann dabei die Dichtleistung der Rohrfügung bedeutend verbessert werden, gleichzeitig verbessert das zementöse Injektionsmaterial den Korrosionsschutz der Stahlmanschette des Rohrs entscheidend, indem der pH-Wert so weit angehoben wird, dass der Stahl passiviert wird.

Die Umnutzung der Hydraulischen Fuge zu einem inneren Fugenverschluss erfolgt mittels eines über viele Vortriebe laufend verbesserten Verfahrens in folgenden Schritten (das Verfahren ist auf dickwandige Rohre beschränkt):

- Einbau von Befüll- und Entlüftungsröhrchen bei der Herstellung der Vortriebsrohre
- Durchführung des Vortriebs mit abschliessendem Entleeren und Zusammendrücken der Hydraulischen Fugen
- Ringschluss der Hydraulischen Fuge
- Injektion Ringraum zwischen Manschette, Rohrstirnflächen und Hydraulischer Fuge mit zementösem Material

Dieses Verfahren kann systematisch direkt nach Abschluss des Vortriebs oder auch selektiv später während der gesamten Gebrauchsdauer des Rohrs ausgeführt werden (Zugänglichkeit des Rohres vorausgesetzt). Bei einer einwandfrei beschaffenen Rohr-Stirnfläche kann mit diesem Verfahren eine sehr gute Dichtleistung erreicht werden.

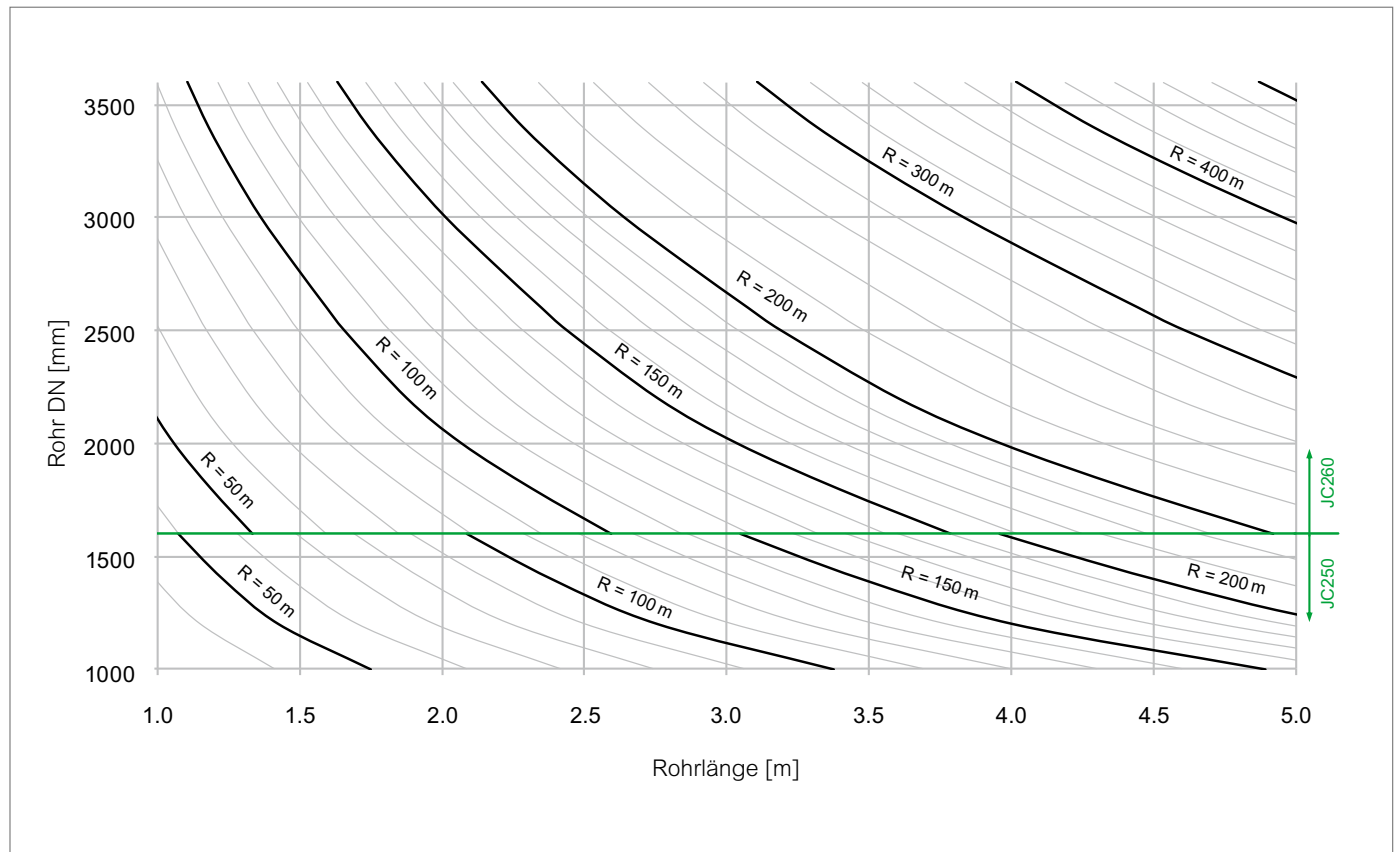
PLANUNGSHILFEN ZUR HYDRAULISCHEN FUGE

Abhängig von der Rohrgeometrie (Rohrlänge und Durchmesser) und den geplanten minimalen Kurvenradien lassen sich projektbezogen optimale Kombinationen Rohr-Hydraulische Fuge entwickeln.

Mit den nachfolgenden Grafiken lassen sich schnell und einfach die möglichen Kurvenradien in Abhängigkeit der Rohrlänge und Rohrdimension bestimmen. Das Team der Jackcontrol AG berät Sie gerne zu Ihrem individuellen Projekt.

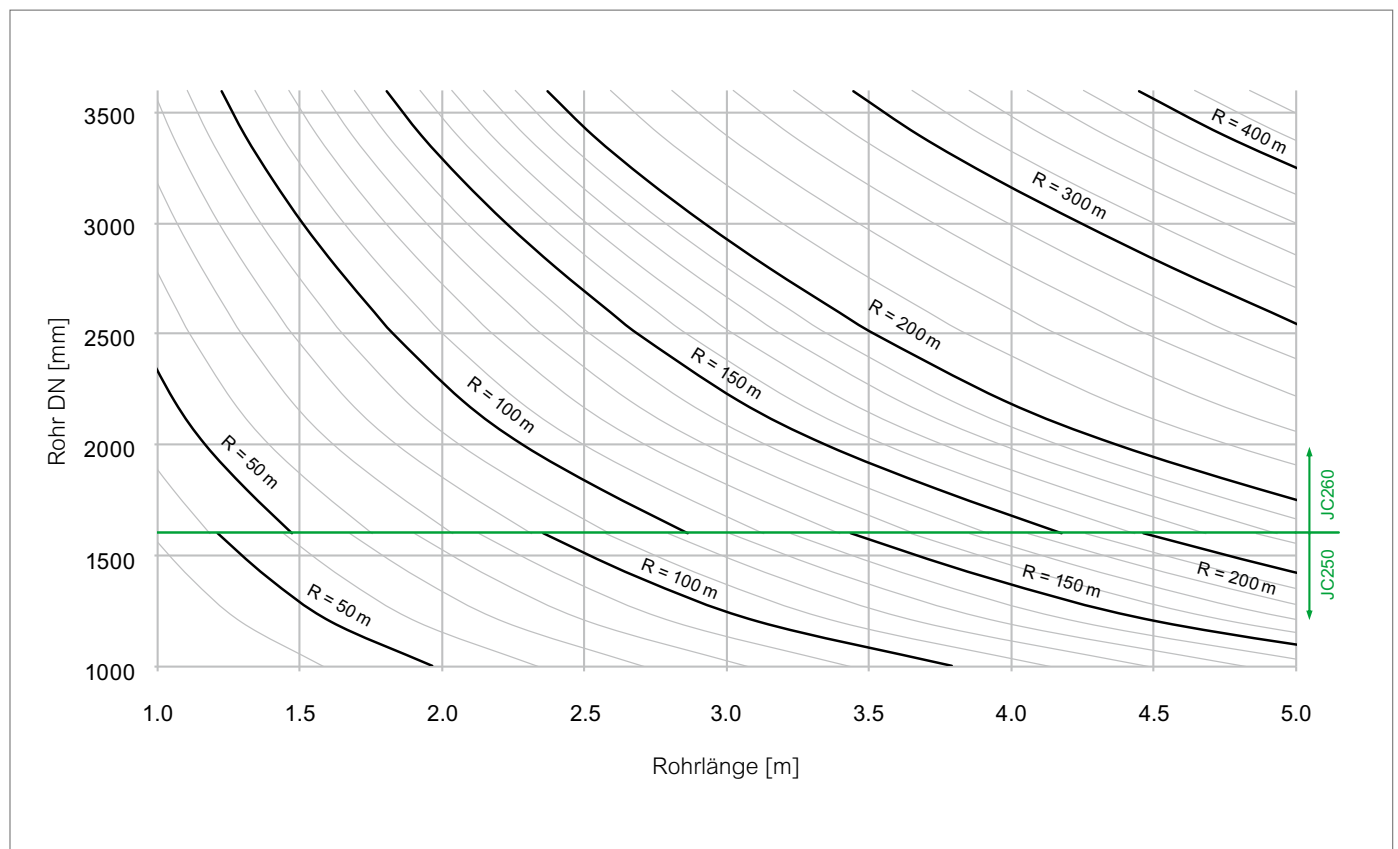
MÖGLICHE KURVENRADIEN HYDRAULISCHE FUGE

(injizierbar)



MÖGLICHE KURVENRADIEN HYDRAULISCHE FUGE

(nicht injizierbar)



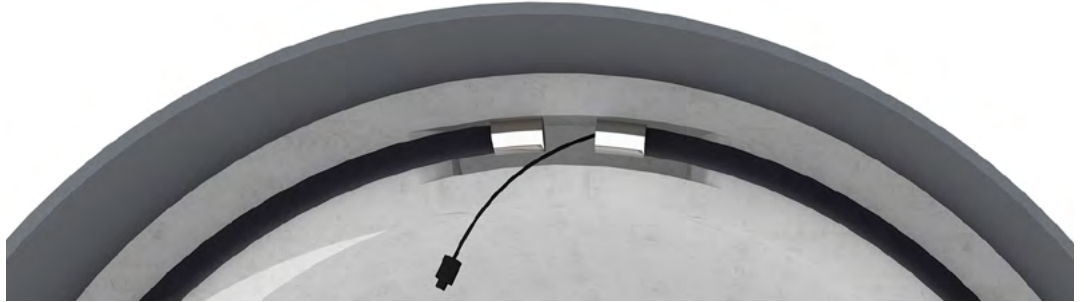
ROHRDESIGN (AUSSPARUNGEN)

Damit die Armaturen der Hydraulischen Fuge nicht zwischen den Stirnflächen der Rohre eingeklemmt und die Rohre nicht beschädigt werden, müssen an den Rohren stirnseitige Aussparungen angebracht werden.

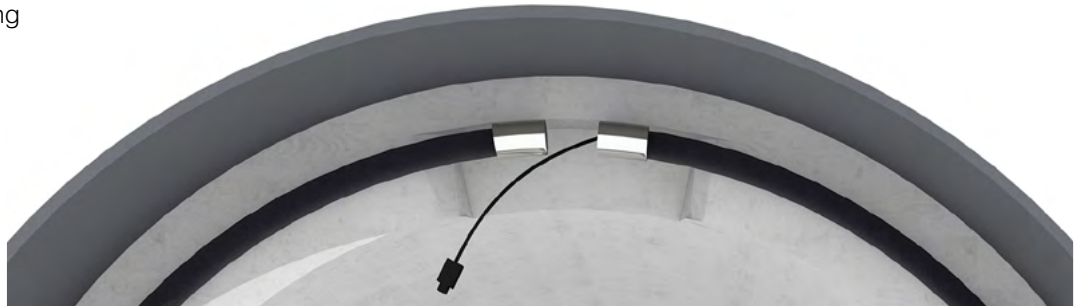
Diese Aussparungen bilden die einzige durch die Hydraulische Fuge hervorgerufene Anpassung an den Rohren. Es gibt folgende Typen von Aussparungen, die projektbezogen bestimmt werden:

Aussparungstyp

Innenliegende Aussparung



Aussenliegende Aussparung



AUSSPARUNGSKÖRPER AUF MANSCHETTENTRÄGER/UNTERMUFFE

Die Aussparungen werden von der Jackcontrol AG in Abstimmung mit den Rohrherstellern projektbezogen entworfen und in entsprechenden Plänen dargestellt. Die Anordnung und Gestaltung ist dabei von folgenden Faktoren abhängig:

- Platzverhältnisse/Wandstärke
- Finish Rohrfügung nach beendetem Vortrieb
- spätere Injektion
- weitere projektbezogene Randbedingungen (z. B. Sohlrinne, Lorenförderung usw.)

Die Negativformen bzw. Schalungseinlagen für die Aussparungen können aus Stahl, Hartholz oder Kunststoff hergestellt werden und werden durch den Rohrhersteller bereitgestellt.

MONTAGE DER HYDRAULISCHEN FUGE

Für die Befestigung der Hydraulischen Fuge am Vortriebsrohr gibt es zwei Möglichkeiten, siehe auch Tabelle auf Seite 16:

- RAM (Standard):
mechanische Befestigung, Baustellenmontage
- COL (Ausnahme/Notfälle):
kleben, Montage Baustelle oder Rohrwerk (Aufpreis)

Nachfolgend werden diese zwei Befestigungsarten näher erläutert.



HYDRAULISCHE FUGE MIT COL-BEFESTIGUNG

Die RAM-Befestigung

Die RAM-Befestigung funktioniert rein mechanisch und kommt witterungsunabhängig ohne Klebungen aus. Sie zeichnet sich aus durch eine einfache Handhabung und eine hohe Robustheit. Die Montage der Hydraulischen Fuge erfolgt dabei einfach und schnell auf der Baustelle durch das Personal der Vortriebsunternehmung. Die Hydraulische Fuge wird in Anlehnung an das System FFR von Dr. Dietmar Bergemann mittels eines Montagebolzens und einer Spannfeder in der Aussparung fixiert und durch am Umfang der Stahlmanschette entlang eingeklemmte Distanzhalter auf der richtigen Lage gehalten. Die RAM-Befestigung kann sowohl vorbereitend neben dem Startschacht als auch direkt unten im Startschacht beim Setzen des Vortriebsrohrs erfolgen.



RAM-BEFESTIGUNG

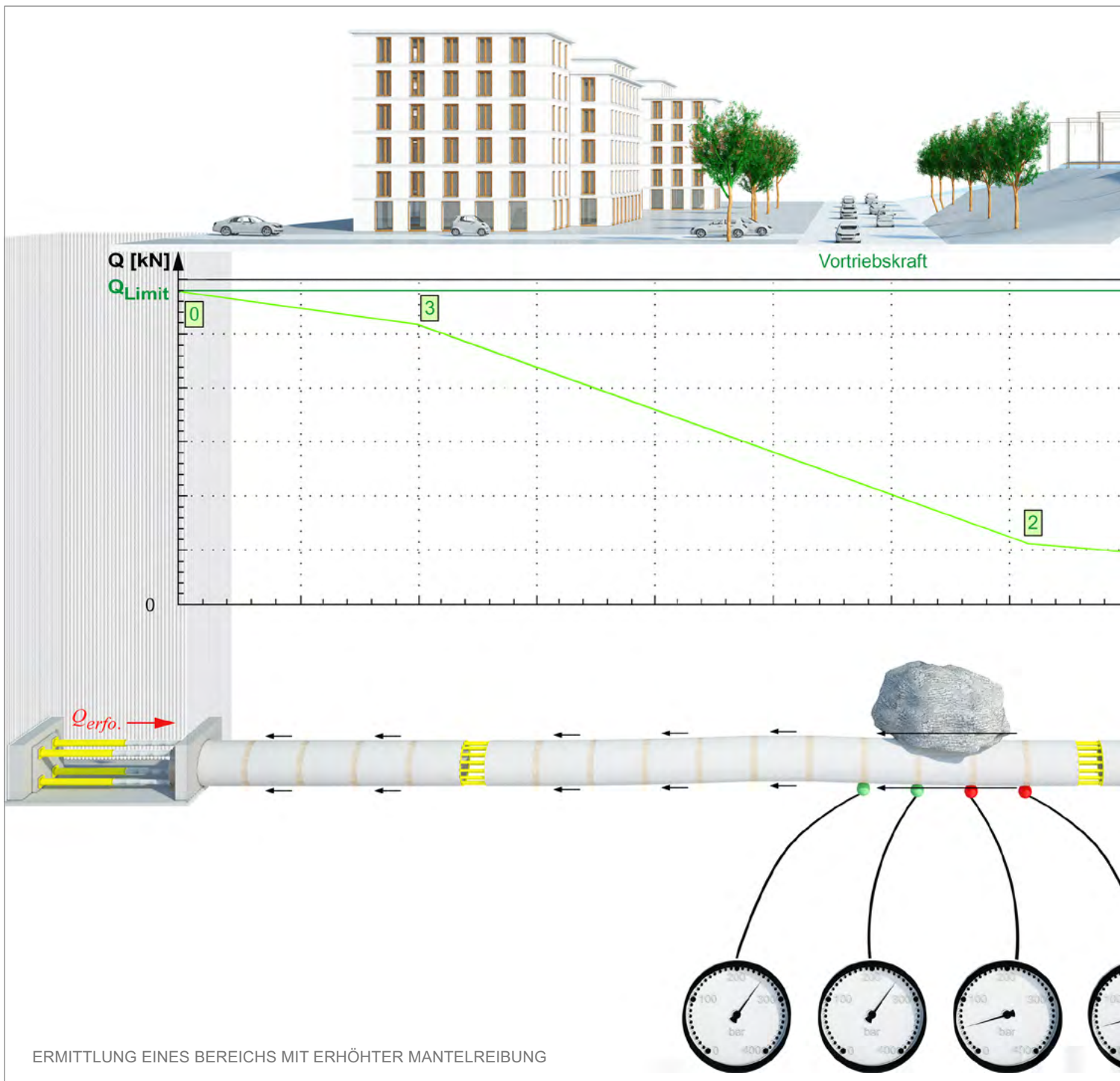
Die COL-Befestigung

Bei der COL-Befestigung wird die Hydraulische Fuge mittels Klebstoffen auf der rückseitigen Stirnwand des Vortriebsrohrs angeklebt. Für eine sichere Befestigung müssen für die Klebung gewisse klimatische Bedingungen eingehalten werden und deren Ausführung erfordert eine erhöhte Sorgfalt der ausführenden Personen; aus diesen Gründen wird die COL-Befestigung in der Regel im Rohwerk ausgeführt. Sie ist aufwändiger und damit teurer als die RAM-Befestigung, erlaubt jedoch die Anlieferung ein-

baufertiger Vortriebsrohre auf die Baustelle. Die COL-Befestigung wird hauptsächlich in Verbindung von Hydraulischen Fugen mit mehreren Umläufen eingesetzt.

DIE HYDRAULISCHE FUGE WÄHREND DES VORTRIEBES

Ist die Hydraulische Fuge am Rohr befestigt, können die Vortriebsarbeiten genauso wie bei der Verwendung von DÜR aus Holzwerkstoffen erfolgen. Das heisst, der Druckring der Hauptpresse drückt direkt auf die am neu gesetzten Rohr befestigte Hydraulische Fuge. Es ist ein-



zig sicherzustellen, dass auf Seiten des Druckrings keine scharfen Kanten und Gräte bestehen, die mit der Hydraulischen Fuge in Berührung kommen und diese beschädigen könnten.

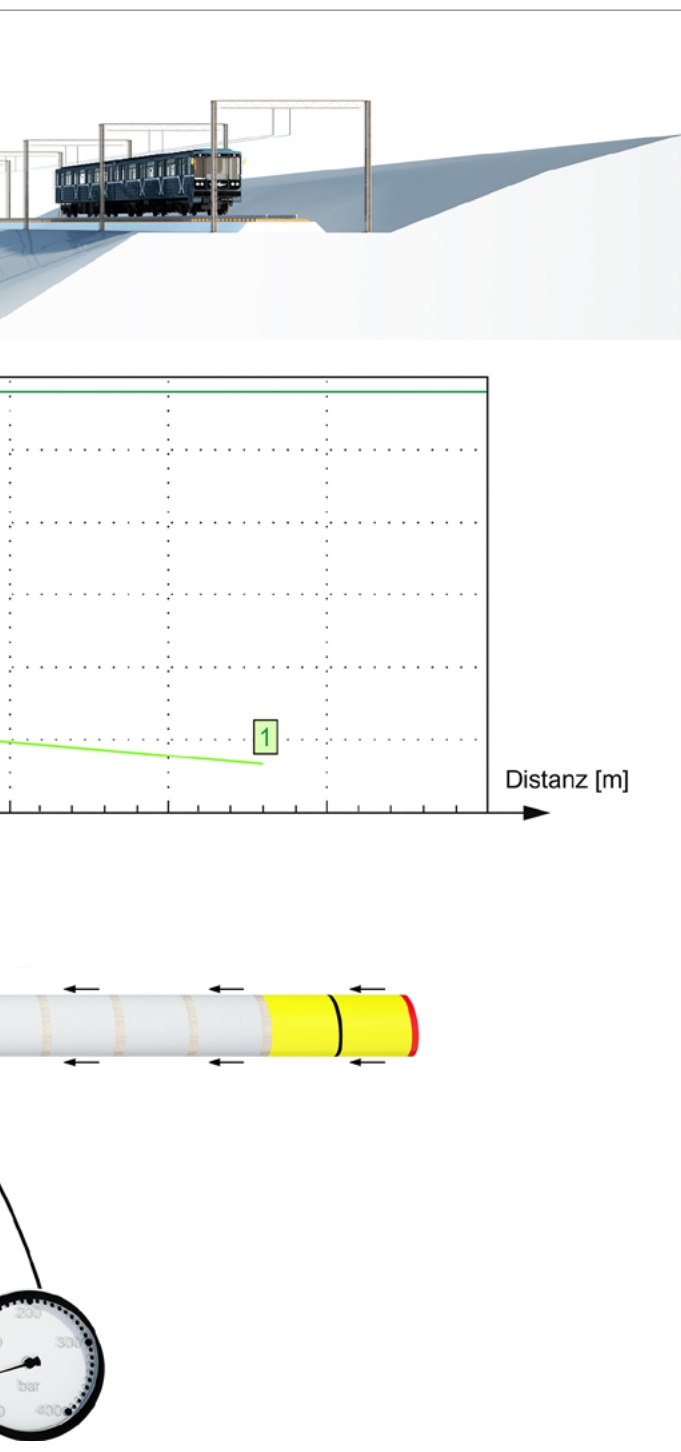
Während des Vortriebs sind an der Hydraulischen Fuge im Normalfall keine Manipulationen nötig; diese ist grundsätzlich wartungsfrei. Bei den Sensoreinheiten wird die Hydraulische Fuge als Kraftsensor eingesetzt, indem der Innendruck und die Spaltweite der Hydraulischen Fuge gemessen werden. Abgesehen von der Funktionalität des

ab Seite 42 beschriebenen Monitoring- und Qualitätssicherungssystems bringt der Einsatz der Hydraulischen Fuge in aussergewöhnlichen Situationen weitere vorteilhafte Möglichkeiten und Optionen mit sich:

- Durch den an der Hydraulischen Fuge angebrachten Füllhahn lässt sich auch während des Vortriebs die Flüssigkeitsmenge in der Hydraulischen Fuge verändern bzw. neuen Verhältnissen anpassen. Dies kann zum Beispiel bei unplanmässigen Anpassungen der Linienführung notwendig sein (ein engerer Kurvenradius als geplant kann z.B. zusätzliche Fugenflüssigkeit notwendig machen).
- Am Hahn lässt sich bei jeder Hydraulischen Fuge der Druck messen. Dies kann im Fall von plötzlichem Ansteigen der Vortriebskräfte infolge eines lokalen Verklemmens der Rohre im Boden helfen, die problematische Stelle zu lokalisieren, denn da, wo erhöhte Druckveränderungen gemessen werden, geht die Vortriebskraft verloren bzw. liegt eine erhöhte Mantelreibung vor.
- Ein verklemmter Rohrstrang kann durch gezieltes Entleeren und Auffüllen der Hydraulischen Fugen wieder in Bewegung gebracht werden.
- Durch Ablassen der Fugenflüssigkeit in mehreren Hydraulischen Fugen kann in Verbindung mit im Hause Jackcontrol AG vorhandenen hydraulischen Spreizkeilen Platz zwischen zwei Rohren für Interventionen geschaffen werden. Damit kann z. B. eine beschädigte Hydraulische Fuge ausgewechselt werden.

Auch nach erfolgtem Durchstich bleibt die Hydraulische Fuge benutzerfreundlich. Um den Fugenspalt zu minimieren, wird sie entleert. Dies wird durch abschnittsweises Öffnen der Kugelhähne (von Zwischenpressstation zu Zwischenpressstation) erreicht. Nach dem Öffnen wird der entsprechende Vortriebsabschnitt mit dem Dehner oder der Hauptpresse vorgeschoben resp. zusammengedrückt, und so werden die Fugen entleert. Die Spaltweiten zwischen den Rohren werden so auf der Kurveninnenseite resp. den Geraden minimal. Anschliessend wird der allenfalls vorhandene Dehner ausgebaut und ebenfalls zusammengeschoben und das gleiche Verfahren wird mit dem darauffolgenden Vortriebsabschnitt durchgeführt, bis alle Fugen entleert und die Dehner ausgebaut sind.

Zum Schluss werden die in das Rohr ragenden Bestandteile der Hydraulischen Fuge entfernt. Dies geschieht normalerweise gleichzeitig mit der Deinstallation des Monitoringsystems.



Rohrvortrieb mit S-Kurve

unter Geleisen und zwischen Pfählen



Östlich der Schweizer Bundesstadt Bern musste ein bestehender Mischwasserkanal ersetzt und auf ein tieferes Niveau gelegt werden, um den Bau eines Eisenbahntunnels inmitten eines sich in Betrieb befindenden Gleisfeldes zu ermöglichen. Ursprünglich war eine möglichst direkte Verbindung von Start- und Zielschacht geplant, was aber aufgrund von Pfahlfundationen eines zu unterfahrenden Gebäudes sowie der hydraulischen Eigenschaften der angrenzenden Kanalisationsleitungen nicht möglich war. Die Lösung bestand in einer S-förmigen Kurve, welche durch Rohrvortrieb ausgeführt wurde. Der Abbau des weichen Bodens unter den Geleisen und zwischen den Pfahlfundationen eines stark frequentierten Einkaufszentrums erforderte besondere Massnahmen, zumal der Vortrieb in die Lastausbreitzzone der Pfähle zu liegen kam. Ein enger Ringspalt von nur 10 mm wurde gewählt, um die Auswirkungen einer möglichen Lastumlagerung zwischen den Pfählen zu minimieren. Zusätzlich wurden Setzungsmessungen an Bahngleisen und Gebäuden durchgeführt, um eine schnelle Reaktion im Falle von Störungen zu ermöglichen. Die Hydraulische Fuge und das Jackcontrol®-Monitoringsystem wurden nicht nur gewählt, um den Vortrieb mit S-Kurve sicher voranzutreiben, sondern auch, um die Entwicklung der Mantelreibung zwischen Boden und Pfahlfundationen zu kontrollieren.

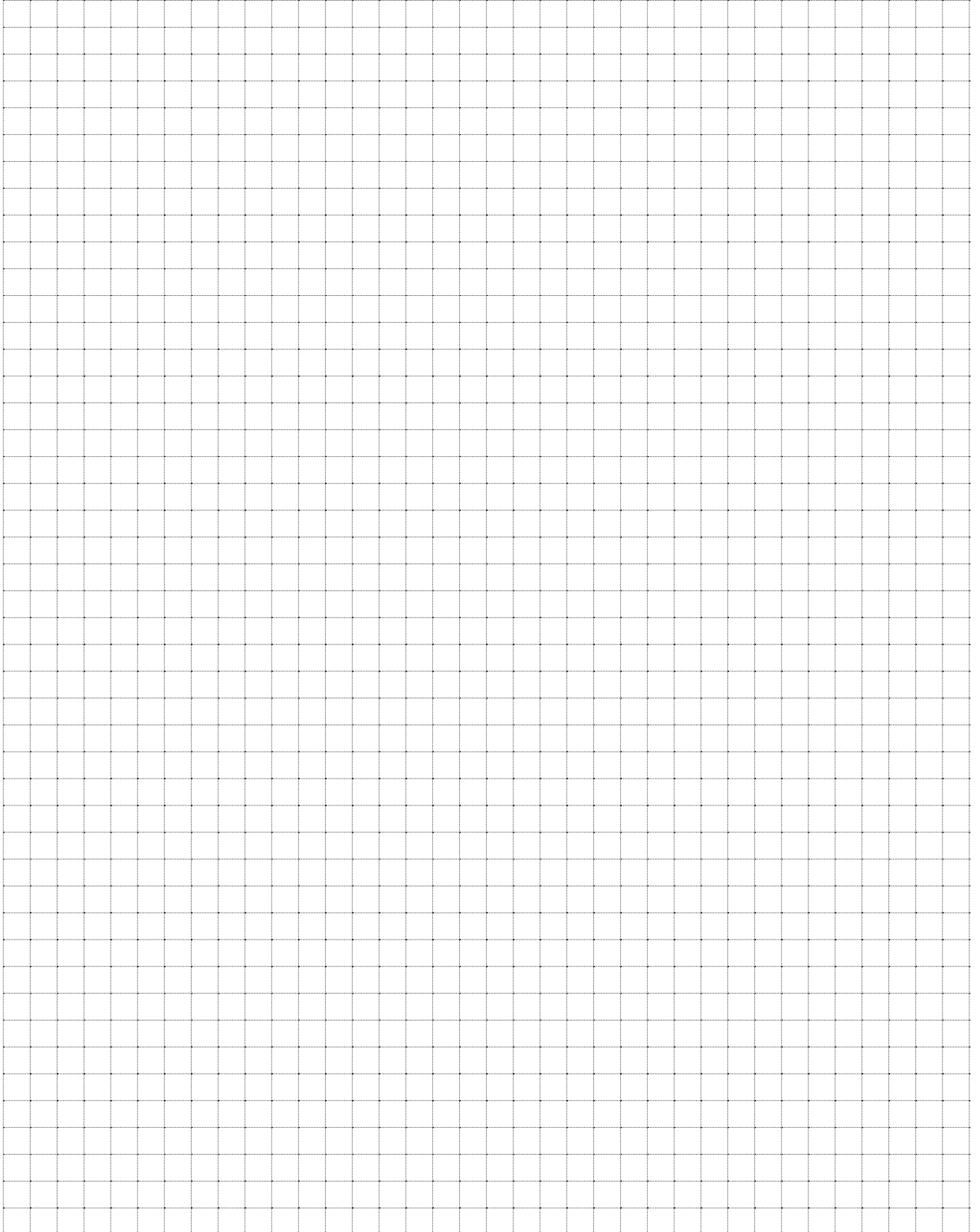


SITUATION

AUF EINEN BLICK

Projektname	ZEB Bern Wylerfeld Entflechtung
Ort	Bern, Schweiz
Zweck	Mischwasserkanal
Ausführung	2017
Spezielles	<ul style="list-style-type: none"> ■ 4 Geleise im laufenden Betrieb ■ pfahlfundierte Gebäude ■ erschütterungsempfindliche Gebäude ■ weicher Boden
Vortriebslänge	264 m
DN	1600 mm
DA	1960 mm
Linienführung	S-Kurve
Minimaler Kurvenradius	200 m
Rohrmaterial	Stahlbeton
Rohrlänge	3 m
Max. Überdeckung	19 m
Geologie und Grundwasser	kompakte Moräne (Kiessand), Rückstausedimente, Schotter und Auffüllungen. Potenzial für Bodenverflüssigung. Zwei Grundwasserschichten.
Hydraulische Fuge	JC250/ein Umlauf, zulässige Vortriebskraft 6600 kN
Vermessungssystem	VMT U.N.S. mit Schlauchwasserwaage
TBM	Herrenknecht AVND 1600
Bauherrin	Stadt Bern, Schweiz
Planer	C+S Ingenieure AG, Schweiz
Vortriebsunternehmer	Braumann Tiefbau GmbH, Österreich

Notizen





VORTRIEB KOPENHAGEN (DK): EDAR® AUF ROHR DN 2500 MM



Der **EDAR®**

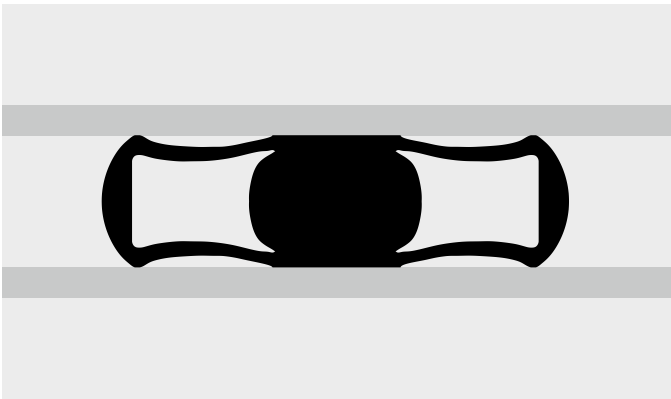
Der EDAR® (Elastischer Druck-Ausgleichs-Ring) ist der ideale Druckübertragungsring, wenn es um einfachere und gemässigt anspruchsvolle Vortriebe mit erhöhten Dichtigkeitsanforderungen geht. 2017 hat die Jackcontrol AG die EDAR®-Technologie vom Ingenieurbüro Baumgartner, Tuttlingen (D), übernommen und diese weiterentwickelt. Namentlich wurde der EDAR®-S für kleinere Vortriebsrohre entwickelt und der EDAR® in die Software des Jackcontrol®-Monitoringsystems implementiert. Weiter konnte der Einbau des EDAR® im Vortrieb vereinfacht werden. Der EDAR® erweitert das Spektrum an multifunktionalen Druckübertragungsmitteln für Rohrvortrieb und Micro-tunneling entscheidend.

ÜBERSICHT UND FUNKTIONSWEISE

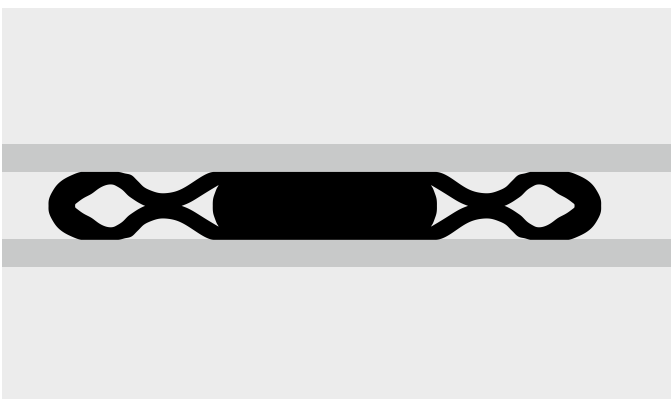
Der EDAR® wird aus einem reinen Elastomer-Profil gebildet, welches zu einem geschlossenen Ring verklebt wird. Ähnlich wie bei der Hydraulischen Fuge bringt der EDAR® bei wie auch immer begründeten Abwinklungen der Rohr-fügung im Vergleich zu Druckübertragungsringen (DÜR) aus Holzwerkstoffen eine gleichmässige Verteilung der Drücke über den Fugenumfang mit sich. Der EDAR® wurde eigens dafür entwickelt, wobei die mechanischen Eigenschaften des verwendeten Elastomer-Materials und der Profil-Querschnitt des EDAR® die massgeblichen Parameter bilden. Beides – Materialeigenschaften und Profil-Querschnitt – wurde im Hinblick auf den Einsatz von dickwandigen Vortriebsrohren optimiert. Durch den in langjährigen Versuchen und Piloteinsätzen optimierten Profil-Querschnitt können die auf das Vortriebsrohr wirkenden Spaltzugkräfte auf ein zulässiges Mass begrenzt werden.

Im Vergleich zu herkömmlichen DÜR aus Holzwerkstoffen zeichnet sich der EDAR® durch folgende für den Vortrieb relevante Eigenschaften aus:

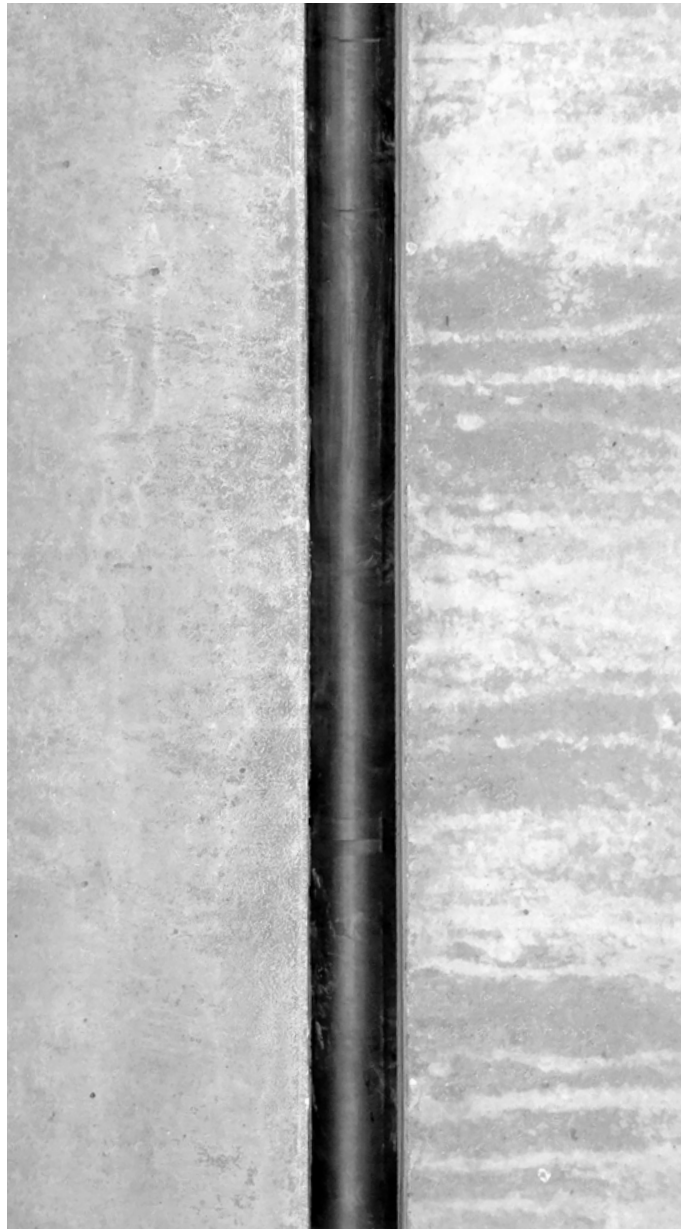
- höhere Vortriebskräfte in Kurven
- längere Vortriebsrohre in Kurven
- zuverlässiges Monitoring dank reversiblen mechanischen Eigenschaften



EDAR® UNVERFORMT



EDAR® UNTER LAST/WÄHREND VORTRIEB



FUGENBILD AUF DER ROHRINNENSEITE MIT EDAR®

Über die Bauphase hinaus bringt der EDAR® während der gesamten Nutzungsdauer des Bauwerks noch weitere Stärken mit sich:

- tadelloses und kontinuierliches Fugenbild über den gesamten Rohrumfang
- innerer Fugenschluss mit einem anorganischen, chemisch inerten und damit auch in den extremen Bedingungen eines Abwasserkanals dauerhaft stabilen Material (dies im Gegensatz zu DÜR aus Holzwerkstoffen, die verrotten und die Pilzbildung fördern)
- in Verbindung mit entsprechenden Rohroberflächen Möglichkeit der Aktivierung als innere Fugendichtung, je nach Projektanforderungen in Verbindung mit Injektionen

KRÄFTE

Der EDAR® wurde in seiner Entwicklung so ausgelegt, dass er in geraden Vortrieben vergleichbare Vortriebskräfte zulässt wie herkömmliche DÜR aus Holzwerkstoffen. In der Kurve lässt der EDAR® dagegen aufgrund seiner mechanischen Eigenschaften deutlich höhere Vortriebskräfte zu als DÜR aus Holzwerkstoffen. Dabei werden nur so grosse Fugenwinkel zugelassen, dass der Kontakt Rohr–EDAR®–Rohr vollflächig bleibt (bei noch engeren Kurvenradien empfiehlt sich der Einsatz der Hydraulischen Fuge). Mit den beiden vorhandenen Typen EDAR®-M und EDAR®-S können folgende Rohrdimensionen vorgepresst werden:

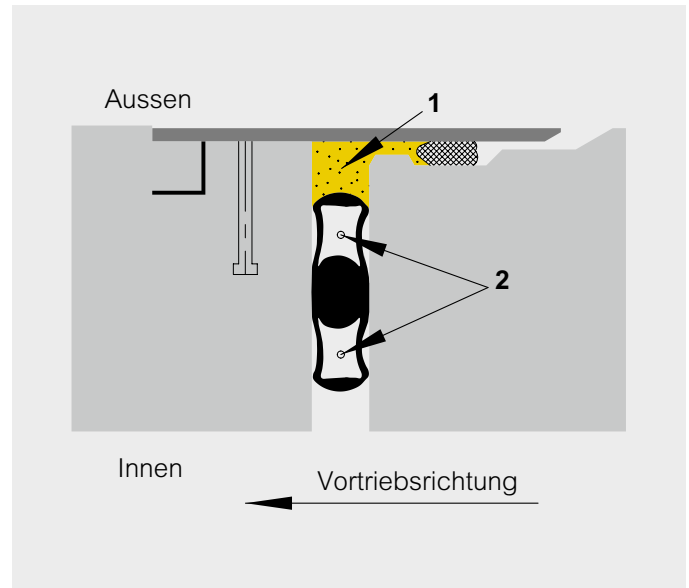
- EDAR®-S
Rohr-Durchmesser: DN 1000 bis DN 2000 mm
- EDAR®-M
Rohr-Durchmesser: DN 2000 bis DN 3200 mm

In der Anwendung gilt es zu beachten, dass der EDAR® im Vergleich zu Hydraulischer Fuge und DÜR aus Holzwerkstoffen eine erhöhte Rückfederung bei der Entlastung und damit beim Rohrwechsel aufweist. Aus diesem Grund kann es in einigen Fällen – v.a. bei längeren Vortrieben – notwendig sein, eine Rohrbremse im Startschacht einzubauen. Gerne berät Sie das Jackcontrol-Team diesbezüglich im Hinblick auf Ihr Projekt. Die gleichen elastischen Eigenschaften führen umgekehrt dazu, dass nach längeren Stillständen und verfestigtem Bentonit im Ringspalt bedeutsam geringere Vortriebskräfte erforderlich werden, um den Strang wieder in Bewegung zu bringen, da quasi jedes einzelne Rohr wieder in Bewegung gebracht wird und nicht gleichzeitig ein ganzer Abschnitt zwischen zwei Dehnern.

DER EDAR® ALS DICHTUNG UND INNERER FUGENVERSCHLUSS

Da der EDAR® einen geschlossenen Ring aus dauerhaftem Elastomer bildet, eignet er sich vorzüglich als innerer Fugenverschluss und – entsprechende Rohr-Stirnflächen vorausgesetzt – auch als Innendichtung von Vortriebsrohren, wobei dazu je nach Anwendung der EDAR® mittels zusätzlicher Injektionen in die Ringräume im EDAR® oder zwischen EDAR® und Stahlmanschette zur Dichtung aktiviert werden kann.

Der Ringraum (1) zwischen EDAR® und Stahlmanschette wird dazu mit Niederdruck-Zementinjektionen ausgefüllt, analog wie dies bei der Hydraulischen Fuge gemacht wird, vorzugsweise unter Nutzung von vorgängig in die Rohrwandung eingelegten Röhrchen für Einfüllung und Entlüftung. Erwähnt sei an dieser Stelle noch einmal der daraus



PRINZIPSKIZZE INJEKTIONEN:
MÖGLICHE INJEKTIONSKAMMERN

resultierende hochwertige Korrosionsschutz für die Stahlmanschette infolge hohen pH-Werts bzw. Passivierung des Stahls.

Die beiden geschlossenen Ringräume innerhalb des EDAR®-Profils (2) werden nach dem Vortrieb zum Zweck der Injektion angebohrt und mit einem Packer ausgerüstet. Anschliessend kann wiederum zementöses Injektionsgut eingepresst werden, und zwar unter erhöhtem Druck, was die Rohrfügung mit dem EDAR® unter eine Längsvorspannung setzt und damit die Dichtleistung entscheidend erhöht. Nach der Injektion wird der Packer verschlossen und das zementöse Injektionsgut kann aushärten, was den Spannungszustand bzw. die Vorspannung quasi «einfriert». Bei dieser Art der Injektion gilt es sicherzustellen, dass die Endbereiche des Rohrstranges bei den Endschächten ausreichend in Rohr-Längsrichtung gehalten bzw. verankert sind, da ansonsten die Gefahr besteht, dass sich die Rohre infolge des Injektionsdrucks in Richtung der Endschächte bewegen, was den Aufbau der Vorspannung verhindern würde.

PLANUNGSHILFEN ZUM EDAR®

Die beiden unten aufgeführten Diagramme zeigen in Abhängigkeit der Rohrgeometrie den Einsatzbereich des EDAR® übersichtlich auf. In Anwendung des deutschen Regelwerks DWA-A 161, 10.3 können bei der Bestimmung der zulässigen Vortriebskräfte geringere Toleranzen in Rohrgeometrie und Steuerbewegungen angenommen werden, wenn die effektiv auftretenden Fugewinkel gemessen und berücksichtigt werden. In Anwendung dessen ergeben sich die beiden untenstehenden Diagramme, welche für den EDAR®-S und den EDAR®-M in Abhängigkeit der Rohrgeometrie die minimal möglichen Kurvenradien darstellen (Lesebeispiel Seite 18).

ROHRDESIGN

Der EDAR® kann ohne weitere Anpassungen an jedem dickwandigen Vortriebsrohr eingesetzt werden. Folglich kann der EDAR® auch improvisiert in jeder Phase eines laufenden Vortriebs zum Einsatz gebracht werden.

EINSATZ DES EDAR®

Die Montage des EDAR® erfolgt ganz einfach während des Einbaus eines neuen Vortriebsrohres im Startschacht, indem das Anschieben des neuen Rohrs unterbrochen wird, wenn die Spaltweite zwischen vor- und nachlaufendem Rohr etwa 6 bis 8 cm beträgt. In diesem Zustand wird der EDAR® in den offenen Fugenspalt eingelegt bzw. eingeklemmt. Die Feineinstellung der richtigen Lage auf der Rohr-Stirnfläche erfolgt unter Zuhilfenahme von leichten Distanzhaltern, die ebenfalls in die Fugenspalte eingelegt

werden. Ist der EDAR® richtig positioniert, wird das nachlaufende Rohr ganz angepresst und der Vortrieb kann fortgesetzt werden.

Während des Vortriebs erfordert der EDAR® keine weiteren Massnahmen. Jedoch gilt es die mit der Entlastung beim Rohrwechsel verbundene Rückfederung durch angepasste Handhabung von Dehnern und Rohrbremse zu minimieren bzw. kontrollieren. Mit etwas Einsatzerfahrung ist es auch bei langen Vortrieben möglich, ein neues Rohr ohne Aktivierung der Rohrbremse einzubauen.

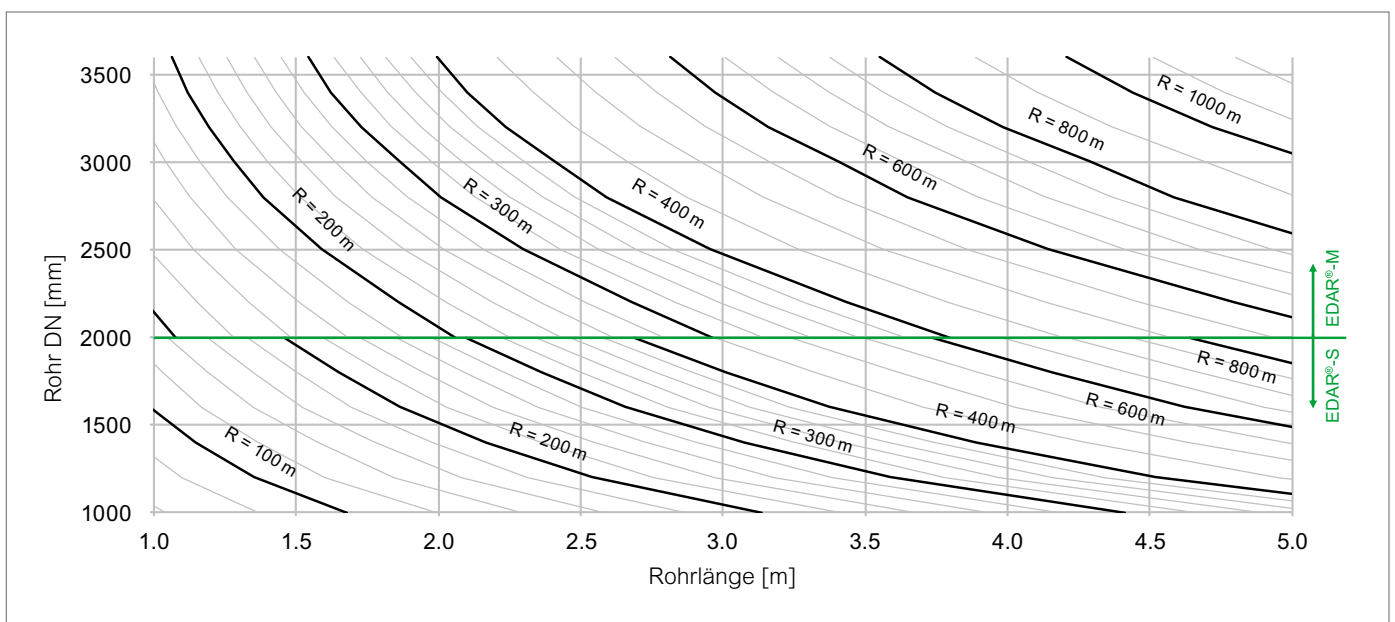
Nach dem Vortrieb kann der EDAR® grundsätzlich ohne weitere Massnahmen in der Rohrfügung belassen werden. Im Falle einer Nutzung bzw. Aktivierung des EDAR® als innerer Fugenschluss oder sekundäre Innendichtung sind die auf Seite 37 aufgeführten Arbeitsschritte durchzuführen.

MONITORING VORTRIEB

Ein mit dem EDAR® ausgerüsteter Rohrvortrieb lässt sich mit dem Jackcontrol®-Monitoringsystem begleiten, wobei der von der Richtlinie DWA-A 161 beschriebene Algorithmus angewendet wird. Bei längeren und anspruchsvollen Vortrieben empfiehlt sich der vortriebsbegleitende Einsatz des Monitoringsystems zur Qualitätssicherung. Infolge seiner einfachen und robusten Ausführungsform lässt sich der EDAR® bei kürzeren und/oder einfacheren Vortrieben auch ohne Monitoringsystem einsetzen.

ANWENDUNGSBEREICH EDAR® MIT MONITORING

(reduzierte Steuerbewegungen nach DWA-A 161, 10.3)

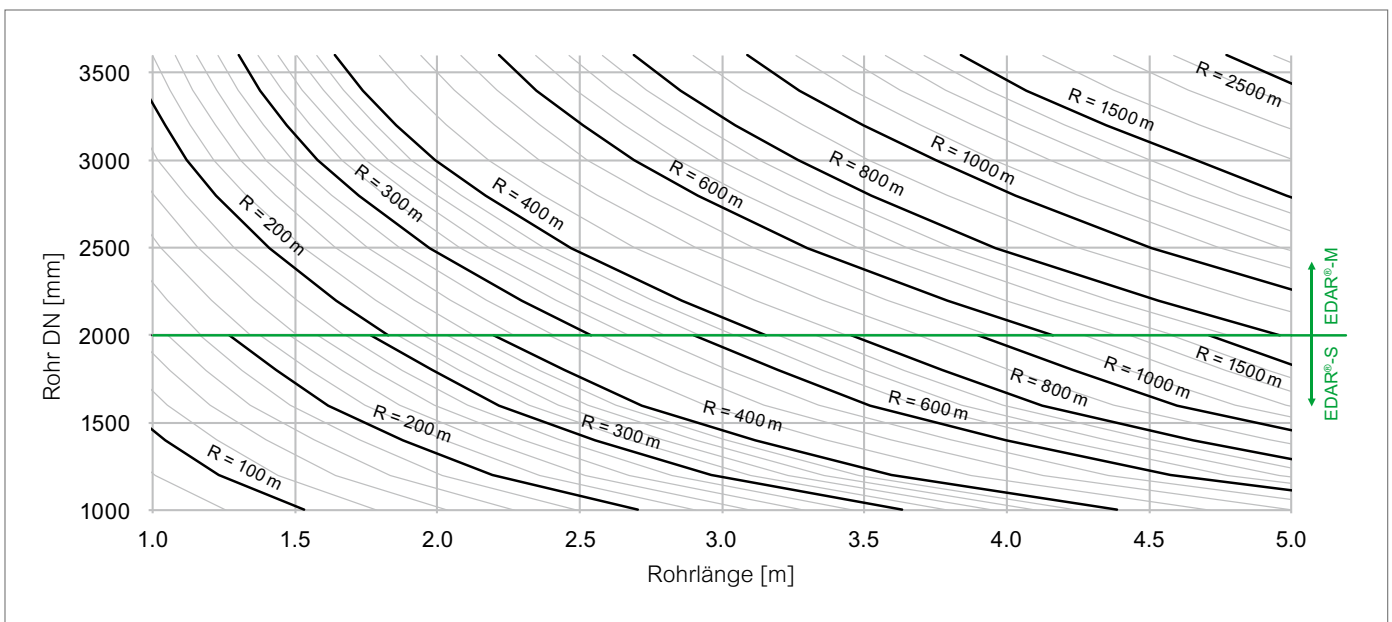




EINBAU EDAR®

ANWENDBEREICH EDAR® OHNE MONITORING

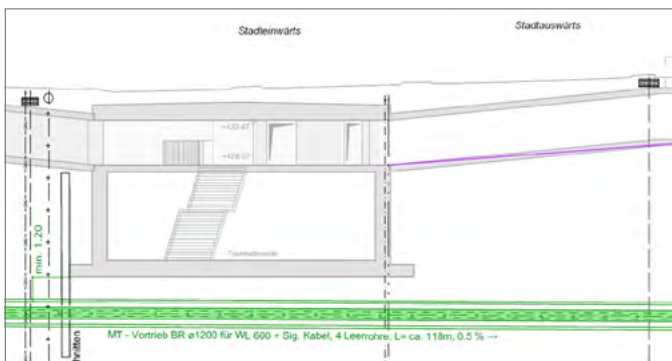
(mit Berücksichtigung der Steuerbewegungen nach DWA-A 161, 10.3)



Vortrieb mit EDAR®- Druckübertragungsringen unter Tramlinie und Autobahn



Im Osten der grössten Schweizer Stadt Zürich, genauer gesagt in Schwamendingen (Kreis 12), wird die in den 1980er-Jahren gebaute Autobahn mittels eines Tagbautunnels eingehaust. Durch diesen Tagbautunnel entsteht ein in der Schweiz einzigartiger, knapp einen Kilometer langer und rund 30 Meter breiter Nutzbau, über welchen das durch die Autobahn einst getrennte Quartier wieder verbunden werden soll. Der durch Treppen, Rampen und Liftre erreichbare, auf dem Dach des Baus entstehende Grün- und Freiraum soll für die Bevölkerung als Begegnungs- und Erholungszone dienen. Aufgrund der zusätzlich nötigen Foundationen für den Tagbautunnel muss eine bestehende Wasserleitung DN600 der Wasserversorgung Zürich (WVZ) aufgehoben und neu gebaut werden. Da diese neue Leitung die Autobahn und auch die unter der Autobahn liegenden Tramlinie und Tramhaltestelle unterqueren muss, wurde entschieden, dafür ein Leerrohr mittels Rohrvortriebs zu erstellen und die neue Wasserleitung anschliessend in dieses Leerrohr einzuziehen. Für den Vortrieb wurde ein Rohr mit der Nennweite DN1200 mm gewählt. Die Herausforderung bei diesem Projekt liegt darin, dass der Vortrieb nur gerade 1,20 m unter der bestehenden Tramhaltestelle zu liegen kommt. Für die Ausführung wurden der Druckübertragungsring EDAR®-S und das Echtzeit-Monitoringsystem von Jackcontrol gewählt.

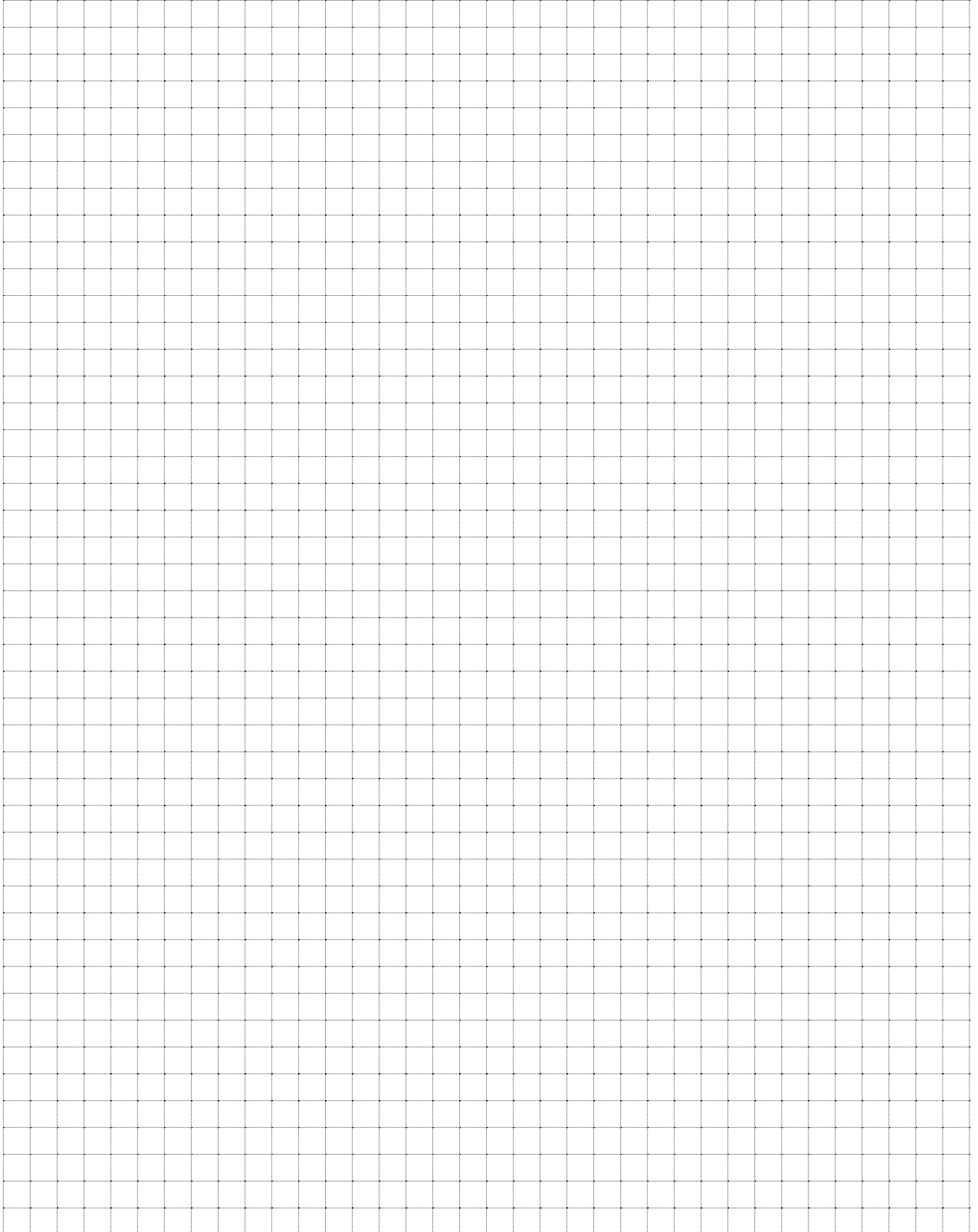


LÄNGENPROFIL

AUF EINEN BLICK

Projektname	N01/40, Zürich Unterstrass – Zürich Ost, Einhausung Schwamendingen Los V, Abschnitt Schörli, Unterquerung WVZ
Ort	Zürich, Schweiz
Zweck	Leerrohr zur Aufnahme einer Trinkwasserleitung und von Leerrohren
Ausführung	2017
Spezielles	<ul style="list-style-type: none"> ■ Unterquerung von Tramgeleisen und darüber liegender Autobahn ■ Bohrung bei laufendem Betrieb von Tram und Strassenverkehr ■ erster Einsatz des Typs EDAR®-S ■ erster Einsatz von EDAR® unter Jackcontrol
Vortriebslänge	121 m
DN/ID	1200 mm
AD	1490 mm
Linienführung	gerade
Minimaler Kurvenradius	gerade
Rohrmaterial	Stahlbeton
Rohrlänge	3 m
Max. Überdeckung	12 m
Geologie und Grundwasser	Auf dem Niveau Rohrvortrieb, sandige/siltige Seeablagerungen
Druckübertragungsmittel	EDAR®-S
TBM	Herrenknecht AVN 1200
Bauherr	Bundesamt für Strassen ASTRA, Filiale Winterthur
Planer	INGE K12plus
Vortriebunternehmen	Braumann Tiefbau AG, Schweiz

Notizen





Qualitätssicherung im Rohrvortrieb

Das Echtzeit-Monitoringsystem



FÜR JEDEN VORTRIEB DAS OPTIMALE MONITORINGSYSTEM

Angepasst an die Projektanforderungen und die verwendeten Rohrwerkstoffe bietet die Jackcontrol AG das optimale Monitoringsystem für jeden Rohrvortrieb. Dank modularem Aufbau ist für alle praxisüblichen Kombinationen Rohr-Druckübertragungsmittel (siehe Seiten 16/17) ein vollumfängliches Echtzeit-Monitoring der Rohrstruktur während des Vortriebs möglich, wobei innerhalb des gleichen

Vortriebes auch verschiedene Druckübertragungsmittel eingesetzt werden können (sog. Hybridbauweise). Für das Software-Setup können dabei alle im Rohrvortrieb gängigen Normen berücksichtigt werden, so z.B. DWA-A 125 und 161, EN 1916, SIA 195, CPAA, PJA usw.

Das Rohrdesign kann durch die Jackcontrol AG erfolgen, Rohrdesigns Dritter (Rohrhersteller, Projektverfasser usw.) können aber genauso integriert usw. übernommen werden.

GRUNDLAGEN

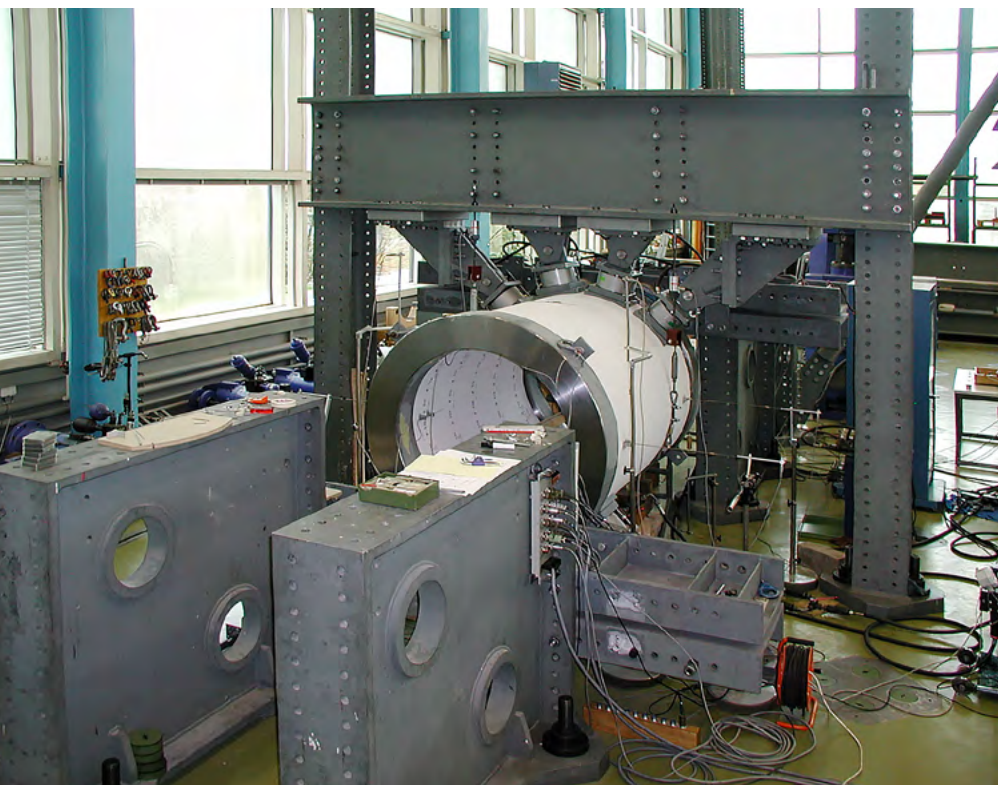
Bei einem Rohrvortrieb sind die Vortriebsrohre während der Bauphase zusätzlichen Belastungen ausgesetzt. Axial wirkende Vortriebskräfte schieben die Rohre hinter der Bohrmaschine durch den Boden. Diese Kräfte gilt es, durch geeignete Druckübertragungsmittel sicher von Rohr zu Rohr zu übertragen. Das Jackcontrol®-Monitoringsystem misst in Echtzeit die Vortriebskräfte sowie die Fugenwinkel und schützt die Rohre dank Sicherheitsreserven und rechtzeitiger Alarmierung vor Überbelastung und Beschädigung.

Das Jackcontrol®-Monitoringsystem basiert auf Forschungsarbeiten, welche in der Schweiz an der ETH Zürich am Institut für Baustatik und Konstruktion unter der Leitung von Prof. Dr. P. Marti durchgeführt wurden. Anhand grossmassstäblicher Versuchsserien an Vortriebsrohren sowie theoretischer Überlegungen wurden das Trag- und Verformungsverhalten sowie die massgebenden Bruchmechanismen von exzentrisch gedrückten Stahlbetonrohren untersucht. Die Forschungsarbeiten zeigten, dass üblicherweise verwendete Druckübertragungsringe aus Holzwerkstoffen vor allem bei geplanten wie unvorhergesehenen Kurvenfahrten und Steuerbewegungen zu grossen Beanspruchungen in den Rohrwandungen führen und damit ein erhebliches Schadenpotenzial darstellen. Mit der Hydraulischen Fuge verringert sich bei nichtparallelen Rohrspiegeln, also insbesondere in Kurven, die Exzentrizität der

Vortriebskraft bezüglich der Rohrachse und reduziert somit die Beanspruchung der Rohre quer zu ihrer Achse wesentlich. Gleichzeitig wird die Ermittlung des Spannungszustands in den Fugen ermöglicht. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde das Jackcontrol-Echtzeit-Monitoringsystem entwickelt, in seiner Ur-Form auf den Einsatz der Hydraulischen Fuge ausgelegt.

Bei sämtlichen im Rohrvortrieb verwendeten Druckübertragungsmitteln einschliesslich der Hydraulischen Fuge erfolgt die Übertragung der Vortriebskräfte zwischen den Vortriebsrohren im Fall von Abwinklungen der Rohr-Stirnflächen zueinander exzentrisch bezüglich der Rohrachse. Dabei bilden sich jedoch bei Verwendung der Hydraulischen Fuge viel kleinere Exzentrizitäten aus als bei der Verwendung von Druckübertragungsringen (DÜR) aus Holzwerkstoffen (siehe Grafiken Seite 46).

Aus Gleichgewichtsgründen folgen aus der exzentrischen Belastung der Rohre zusätzliche quer zur Rohrachse wirkende Kräfte, sogenannte seitliche Bettungskräfte (B). Diese wirken während des Vortriebs überlagert zu den ständigen Einwirkungen auf die Rohre (Erddruck, Wasserdruck, Verkehrslasten usw.). Je nach räumlicher Orientierung der Fugenverwinklung können die seitlichen Bettungskräfte in allen radialen Richtungen auf die Vortriebsrohre einwirken, wie dies auf den beiden Grafiken auf Seite 46 dargestellt ist.



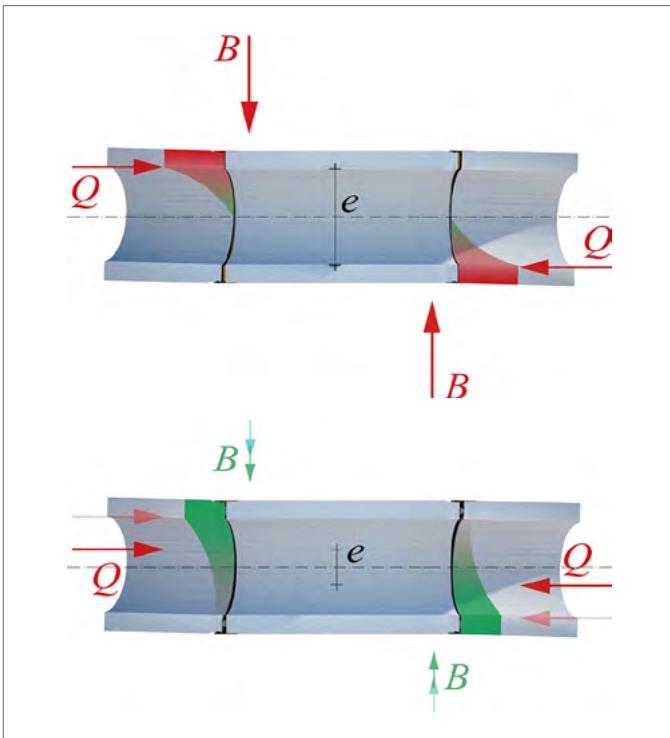
GROSSMASSTÄBLICHE VERSUCHE AN STAHLBETON-VORTRIEBSDRUCKROHREN AN DER ETH ZÜRICH (2003/04)



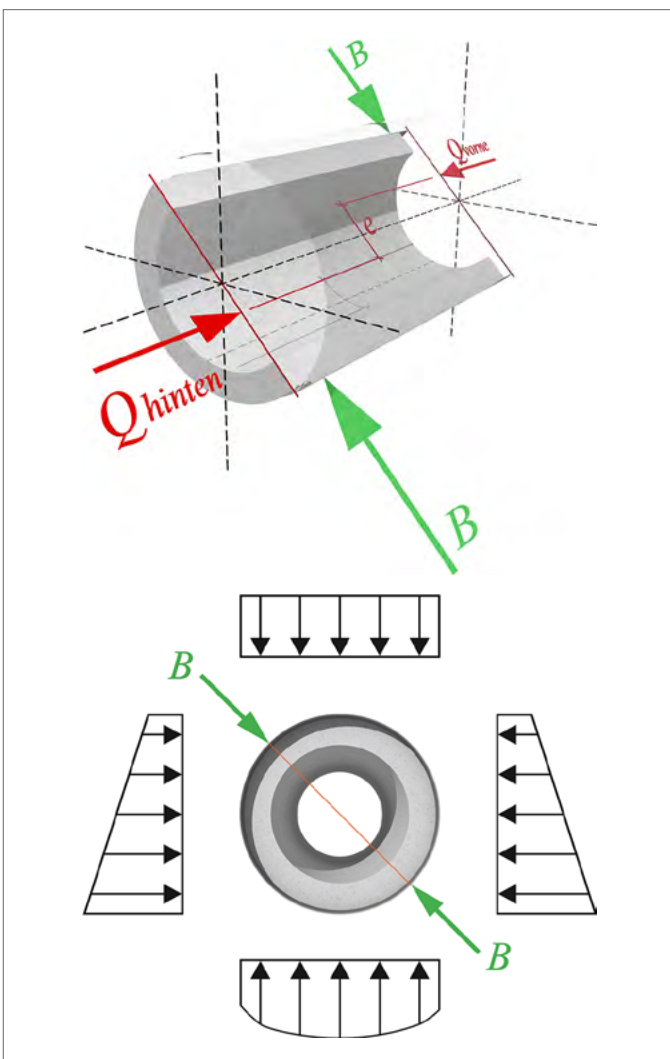
VERSAGENSMECHANISMEN AN VORTRIEBSDRUCKROHREN



VORTRIEB WASSERKRAFTWERK RUF1, HÄTZINGEN (CH)



VERGLEICH ROHREXZENTRIZITÄT HOLZRING (OBEN)
UND HYDRAULISCHE FUGE (UNTEN)



KRÄFTE WÄHREND VORTRIEB

In Abhängigkeit der räumlichen Orientierung der seitlichen Bettungskräfte, der mechanischen Eigenschaften der Vortriebsrohre und der Beschaffenheit des Baugrundes erreichen die seitlichen Bettungskräfte eine maximal zulässige Grösse, bei welcher die Tragsicherheit der Vortriebsrohre noch gewährleistet ist. Daraus ergibt sich für jedes Projekt ein Bereich, in welchem die Vortriebskraft Q und deren Exzentrizität e liegen können, ohne dass das Vortriebsrohr eine Beschädigung erfährt, der grüne Bereich im Beispiel auf Seite 47 oben, eines sogenannten Grenzwert-Diagramms.

Aus dem Diagramm (Seite 47 oben) ist erkennbar, dass bei zunehmender Exzentrizität e die Vortriebskraft Q reduziert werden muss, um im zulässigen grünen Bereich zu bleiben. Diese Gefahr besteht bei abrupten Steuerbewegungen, engen Kurvenradien usw.

Die Funktionsweise des Jackcontrol®-Monitoringsystems ist so, dass basierend auf den effektiv gemessenen Fugenspaltweiten und Drücken in der Hydraulischen Fuge für jedes Rohr alle 3 Sekunden automatisch das Wertepaar $[Q;e]$ bestimmt und in das der Lage und Belastungsrichtung entsprechende Grenzwertdiagramm eingetragen wird. Basierend auf dem e -Wert wird somit für jedes Rohr die maximal zulässige Vortriebskraft Q_{zul} bestimmt und mit der effektiv vorherrschenden Vortriebskraft Q_{eff} verglichen. Sobald Q_{eff} den wie beschrieben bestimmten zulässigen Wert Q_{zul} überschreitet, wird die Baustellenmannschaft durch das Monitoringsystem automatisch alarmiert und auf das Problem aufmerksam gemacht. Dank der Berücksichtigung von Sicherheitsmargen/-faktoren erfolgt diese Alarmierung vor dem tatsächlichen Eintreten einer Beschädigung der Rohre, was den entscheidenden Sicherheitsmechanismus des Monitoringsystems darstellt und die Einhaltung der im Projekt geforderten Qualitätskriterien sicherstellt.

Der Vergleich vorhandene Vortriebskraft zu zulässige Vortriebskraft wird dem Schildfahrer auf einem Bildschirm in Echtzeit dargestellt, so dass er jederzeit den Überblick über den Verlauf der Vortriebskräfte und die vorhandenen Reserven hat.

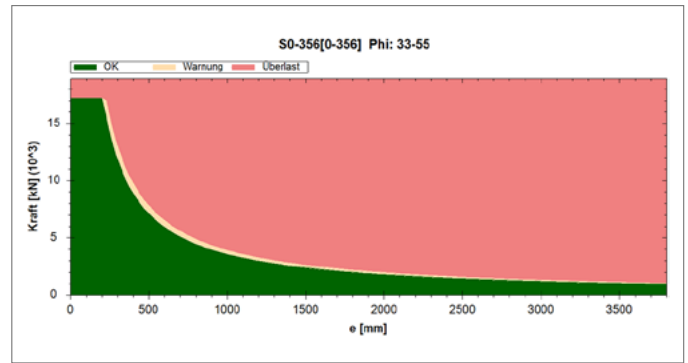
Ausgewählte Rohrfügungen im Rohrstrang werden durch das Monitoringsystem mit einer sogenannten Sensoreinheit permanent ausgemessen und die Messwerte der Stationierung zugeordnet. Damit wird für jedes Rohr ein (identischer) Fugenwinkelverlauf entlang der Stationierung bestimmt. Dieser Fugenwinkelverlauf wird bei jedem Durchgang einer neuen Sensoreinheit aktualisiert. Die Sensoreinheiten bestehen aus je drei Weggebern zur Messung der Fugenspaltweite und einem Druckgeber zur Bestimmung des Druckes in der Hydraulischen Fuge. Dies erlaubt

am Ort der Sensoreinheit nebst der Bestimmung der Fugenwinkel auch eine zuverlässige Bestimmung der Grösse der resultierenden Vortriebskraft und von deren Angriffspunkt im Rohrquerschnitt. Mit einer linearen Interpolation der Vortriebskräfte zwischen zwei Sensoreinheiten kann die Vortriebskraft in jeder Rohrfuge angegeben werden, ohne dass jede Fuge vermessen werden muss.

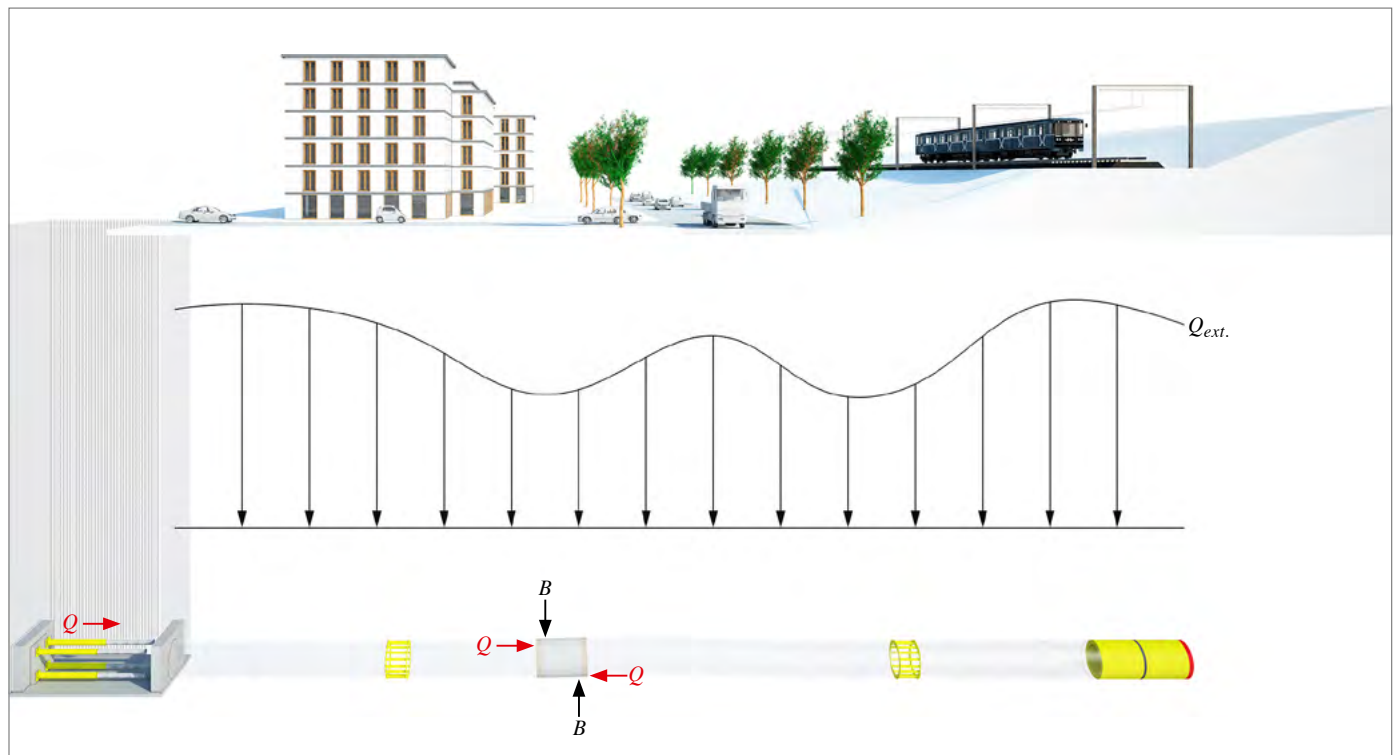
Für die Berechnung der Grenzwertdiagramme wird die Vortriebsstrecke projektspezifisch in sich unterscheidende geologische Sektoren aufgeteilt. Die Berechnung der Grenzwertdiagramme erfolgt unter Anwendung der normgemässen Verfahren und Nachweise aus der Konstruktionslehre zur Bestimmung der Belastungswiderstände der Rohre. Dabei können folgende Tragsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitskriterien berücksichtigt werden:

- Rissbildung
- Betonabplatzungen
- Tragsicherheit Biegung
- transversales Abscheren
- Ermüdungsfestigkeit
- Betriebsdruck der Hydraulischen Fuge

Projektbezogen können auch weitere Kriterien berücksichtigt oder einzelne vernachlässigt werden (wie z. B. die Rissbildung bei einem Rohr mit einer kurzen Nutzungsdauer).



BEISPIEL GRENZWERTDIAGRAMM HYDRAULISCHE FUGE



ÜBERLAGERUNG DER BETTUNGSKRÄFTE AUS DEM VORTRIEB MIT DEN EINWIRKUNGEN AUS DEM BAUGRUND

SYSTEMHARDWARE

Übersicht

Das Jackcontrol®-Monitoringsystem besteht aus folgenden Haupt-Systemkomponenten:

- Kontrolleinheit
- Startschacht-Sensorik
- mindestens einer Sensoreinheit im Tunnel
- Sensoreinheit Jack Director® (optional)

Die Messausrüstung ist so aufgebaut, dass sie unabhängig von der Vortriebsausrüstung funktionieren kann und lediglich einen Netzanschluss benötigt. Sie ist robust und baustellentauglich aufgebaut und wird, wo nötig, mit mechanischen Schutzvorrichtungen versehen. Der Schutzgrad beträgt durchgehend IP67 oder höher. Dank kompakter Verpackungseinheiten kann sie auch problemlos luftverfrachtet und damit kurzfristig weltweit eingesetzt werden. Nachfolgend werden diese Haupt-Systemkomponenten detaillierter beschrieben.

KONTROLLEINHEIT ①

Die Kontrolleinheit umfasst folgende Komponenten und Hauptfunktionen:

Baustellencomputer

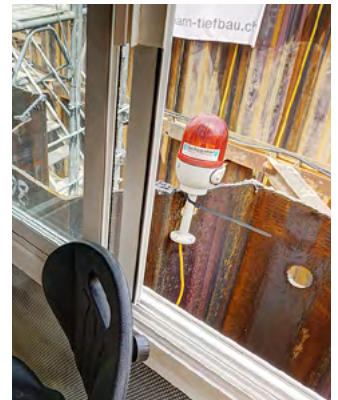
- Speicherung der Messwerte
- Auswertung und Berechnung der zulässigen Vortriebskräfte für jedes Rohr in Echtzeit
- automatische Alarmierung vor Schadeneintritt
- Stromversorgung Messausrüstung



BAUSTELLENCOMPUTER



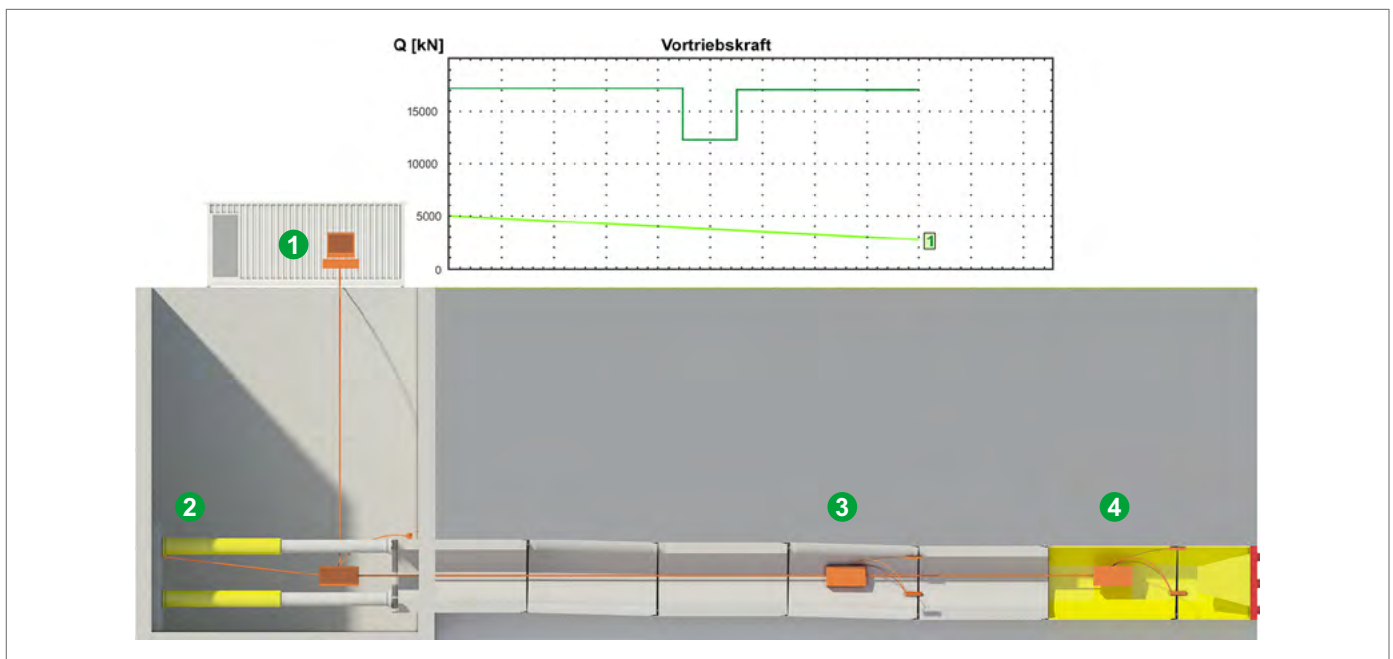
TOUCHSCREEN / MONITOR



WARNLAMPE

Touchscreen / Monitor

- grafische Darstellung der Resultate in Echtzeit
- Eingaben durch Systemanwender
- Auswahl der verschiedenen grafischen Darstellungen



ÜBERSICHT MONITORINGSYSTEM

Internet-Verbindung

- Datenübertragung in die Einsatzzentrale der Jackcontrol AG
- Fernzugriff auf Baustellencomputer für Jackcontrol-Personal über VPN-Verbindung

Warnlampe

- Alarmierung Baustellenmannschaft vor Schadeneintritt

STARTSCHACHT-SENSORIK ②

Die Startschacht-Sensorik umfasst folgende Komponenten und Hauptfunktionen:

Messrad

- Bestimmung der Vortriebslänge und der Positionierung der einzelnen Vortriebsrohre

Druckgeber

- Messung des Drucks der Hauptpresse

Sensorbox

- Verbindungselement zu Messrad und Druckgeber

Hybridkabel

- Datenübertragung zur Kontrolleinheit
- Speisung/Stromversorgung



MESSRÄDER

SENSOREINHEIT ③

Die Sensoreinheit umfasst folgende Komponenten und Hauptfunktionen:

Weggeber

- Messung Spaltbreiten an drei Stellen des Fugenumfangs

Druckgeber

- Messung Druck in Fuge (an Hydraulischer Fuge oder Dehnerzylinder)

Sensorbox

- Verbindungselement zu Weggeber und Druckgeber

Hybridkabel

- Datenübertragung zur Kontrolleinheit
- Speisung/Stromversorgung

JACK-DIRECTOR®-SENSOREINHEIT (OPTIONAL) ④

Die Jack-Director®-Sensoreinheit umfasst folgende Komponenten und Hauptfunktionen:

Weggeber

- Messung Stellung Steuerzylinder in der Tunnelbohrmaschine

oder elektronische Schnittstelle

zu Datenbus der Tunnelbohrmaschine

- elektronische Übertragung der Stellung Steuerzylinder in der Tunnelbohrmaschine

Sensorbox

- Verbindungselement zu Weggeber oder zur Schnittstelle zu Datenbus der Tunnelbohrmaschine

Hybridkabel

- Datenübertragung zur Kontrolleinheit
- Speisung/Stromversorgung

Installation

Vor Vortriebsbeginn wird im Bereich der Steuerzylinder der Bohrmaschine die geeignete Messhardware für den Jack Director® installiert, falls dieser eingesetzt wird. Das Monitoringsystem wird ansonsten nach Vortriebsbeginn installiert, wenn die Tunnelbohrmaschine in den Boden eingefahren ist und die ersten beiden Produktrohre gesetzt sind. Mitarbeiter der Firma Jackcontrol AG installieren den Baustellencomputer, die Startschacht-Ausrüstung und eine Sensoreinheit zwischen den ersten beiden Produktrohren. Weitere Sensoreinheiten werden bei Bedarf während des Vortriebs installiert nach den Zwischenpressstationen zur Erfassung der Dehnerkräfte und Aktualisierung der Spurdaten/Fugenwinkel.



SENSOREINHEIT

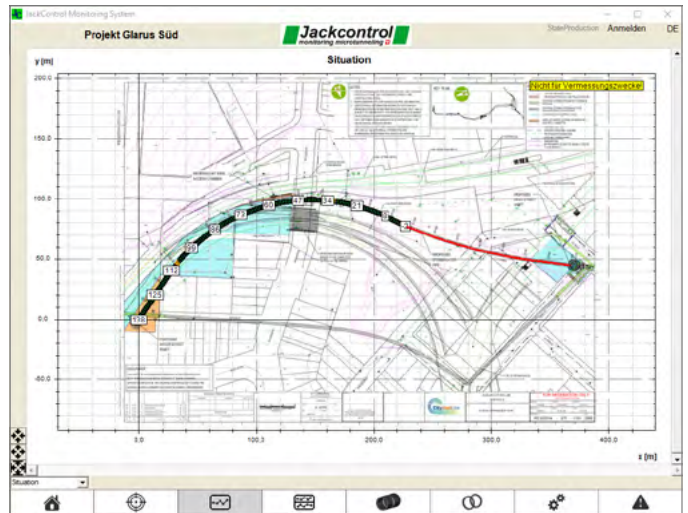
SOFTWARE

Visualisierung der Vortriebsdaten/-analysen

Die Messwertanalyse erfolgt auf der Baustelle/Baustellencomputer unabhängig vom Vorhandensein einer Internet-Verbindung und die Resultate werden auf dem Monitor des Baustellencomputers in Echtzeit übersichtlich grafisch dargestellt. Auf der Übersicht sind die wichtigsten Vortriebsdaten zusammengestellt. Die wichtigste Grafik bildet dabei die Darstellung des aktuellen Vortriebskraftverlaufs, welche in der gleichen Grafik über die Länge des Rohrstrangs mit dem Verlauf der zulässigen Vortriebskräfte verglichen wird, siehe auch Bild unten. Darunter ist die Rohrfolge/-sequenz samt Rohrnummerierung dargestellt, zusammen mit der Länge des Rohrstranges im Boden bzw. Kilometrierung.

Ausserdem können auf dem Bildschirm zahlreiche weitere Grafiken mit Analysewerten aus dem Vortriebsprozess dargestellt werden, wie z. B. die Verläufe der maximal aufgetretenen Vortriebskräfte für jedes Rohr, der Rohrexzentrizität, der Fugenwinkel räumlich/absolut sowie aufgeteilt in vertikale und horizontale Komponenten die Wirkungsrichtung der seitlichen Bettungskräfte und weitere mehr.

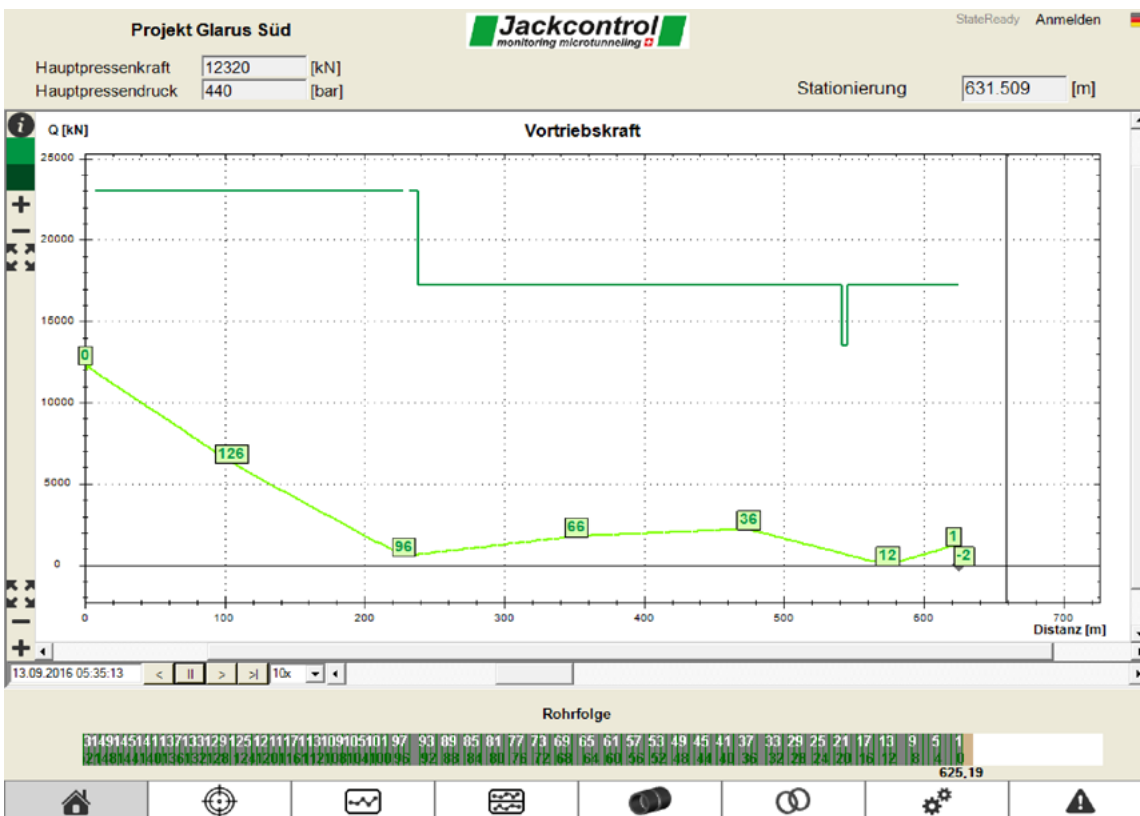
Dank verschiedener Zoom- und Darstellungsfunktionen und der Möglichkeit der kombinierten Darstellung von meh-



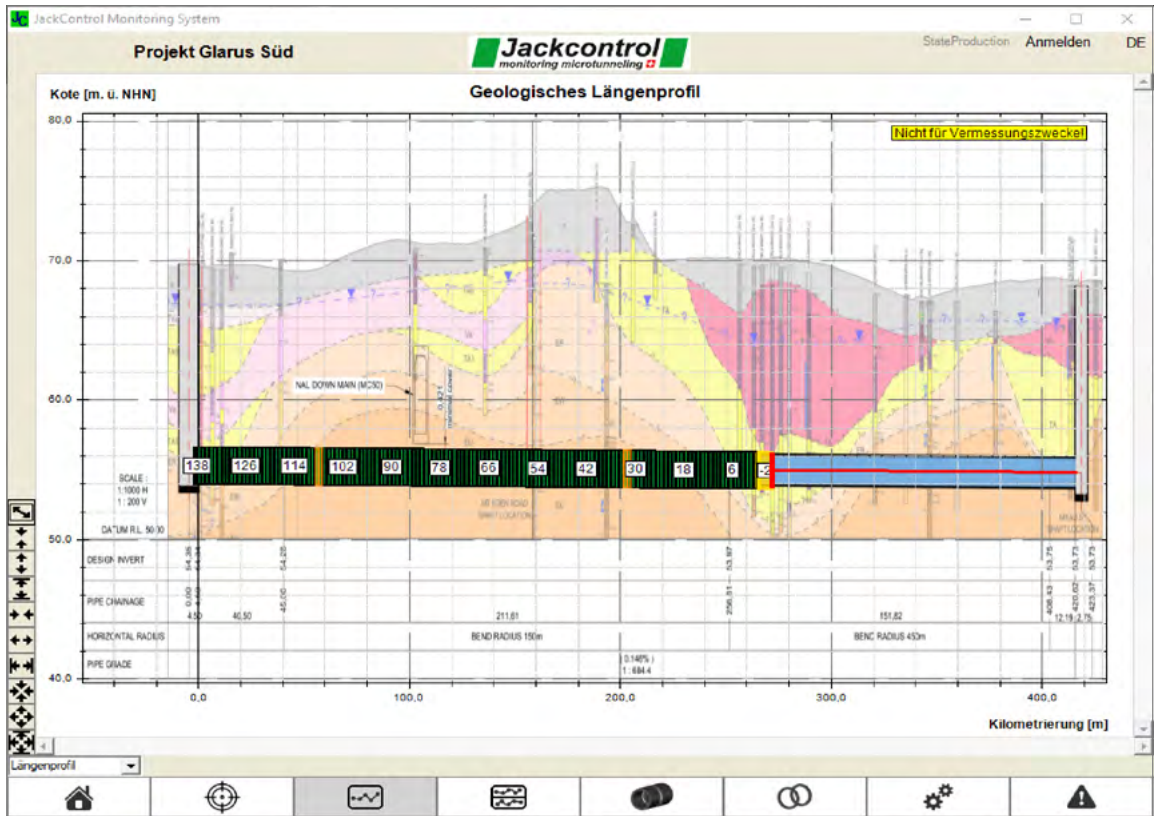
VISUALISIERUNG SITUATIONSPLAN

ren Grafiken kann der Systemanwender den seiner aktuellen Vortriebsituation ideal angepassten Informationsmix übersichtlich darstellen.

Zusätzlich können über Schaltflächen und Pop-up-Fenster viele wertvolle Informationen zum Vortrieb abgerufen werden, wie z. B. die Rohrdaten, Messwerte der einzelnen Sensoren, Funktionsstatus der einzelnen Hardware-Komponenten. Dank der Touchscreen-Funktionalität erfolgen die Bedienung des Systems sowie die (wenigen erforderlichen) Dateneingaben ohne Maus und Tastatur auf intuitive und baustellenkonforme Weise.



HAUPTBILDSCHIRM MIT VERLAUF VORHANDENE UND ZULÄSSIGE VORTRIEBSKRÄFTE



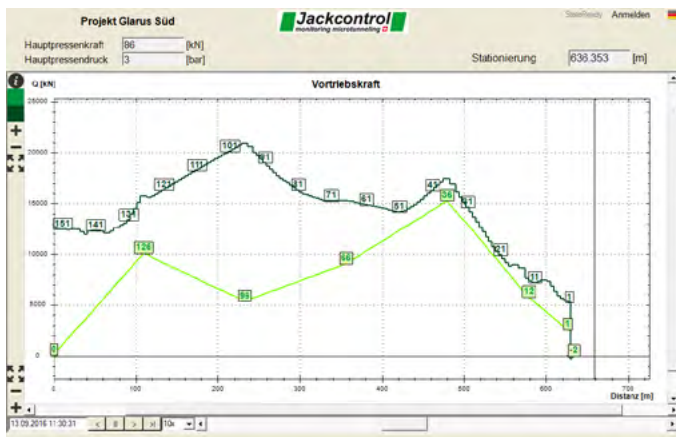
VISUALISIERUNG LÄNGENPROFIL MIT GEOLOGIE UND AUFGEFAHRENEM ROHRSTRANG

Visualisierung von Situation und Längenprofil

Zur schnellen Orientierung im Projekt bzw. Gelände dienen die in der Software implementierten Projektpläne, welche in der Regel den Situationsplan und das Längenprofil umfassen. In diese Projektpläne werden die aktuell aufgefahrene Rohre in Echtzeit eingetragen. Damit ist jederzeit sichtbar, an welcher Vortriebsposition sich die Bohrmaschine, einzelne Dehner oder Rohre befinden. Mittels Zoom können bei längeren Vortriebsstrecken auch Teilabschnitte vergrößert dargestellt werden. Bei einem einfachen Doppelklick auf ein Rohr öffnet sich ein Zusatzfenster, welches Parameter und Messwerte des Rohres und der zugehörigen

gen Fuge anzeigt. Die Abweichungen vom Solltrasse werden in der aktuellen Softwareversion nicht dargestellt, die Ansichten können somit für Vermessungszwecke nicht verwendet werden.

Auch im Längenprofil, welches auch das geologische Baugrundmodell umfassen kann, ist durch die automatische Eintragung des Baufortschritts sichtbar, wo sich die Bohrmaschine gerade befindet, was hinsichtlich vorhandener Infrastruktur im Boden (wie Werkleitungen, Fundamente usw.) sehr wertvolle Kenntnisse bzw. das rechtzeitige Wahrnehmen von Risiken mit sich bringt. Ebenso ersichtlich ist,



VERLAUF DER MAXIMAL AUFGETRETENEN VORTRIEBSKRÄFTE FÜR ALLE ROHRE

Rohr-/Fugenhinformaton			
Rohrnummer	79	Q max	15915 [kN]
Name	Rohr 4.0 m	Datum Q max	05.09.2016 04:37:54
Länge	4.02 [m]	Q Limite	17200 [kN]
Innendurchmesser	3000 [mm]	Q aktuell	[kN]
Aussendurchmesser	3800 [mm]	Tunnelposition	305.85 [m]
Fugenhinformaton		Boxadresse	
Fugenummer	70		
Name	HF JC250		
Tunnelposition	338.01 [m]		
Fugen Spaltweiten			
First	38.4 [mm]		
Links	53.9 [mm]	Rechts	29.0 [mm]
Sohle	44.5 [mm]		

ROHR- UND FUGENINFORMATIONEN

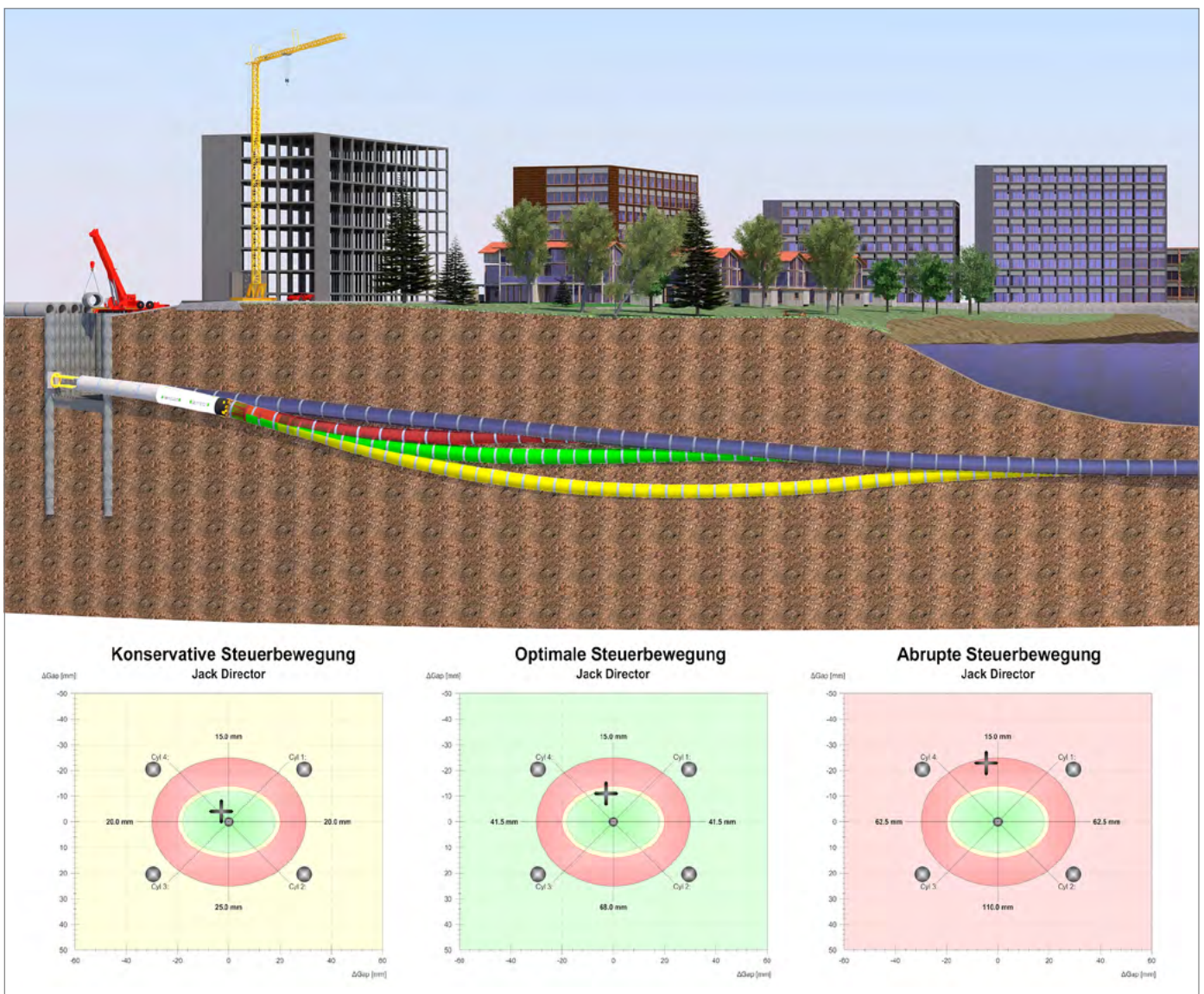
in welchen Bodenschichten sich die Bohrausrüstung und die Rohre gerade befinden. Anhand eines Vergleiches zwischen abgetragenem Boden und Baugrundmodell kann Letzteres auf effiziente Art und Weise kalibriert und bei Bedarf angepasst werden. Auch das Längenprofil kann zoomt werden.

JACK DIRECTOR®

Der Bohrmeister verfolgt in der Regel instinktiv das Ziel, dem geplanten Trasseeverlauf möglichst genau zu folgen. Daneben ist aber fast ebenso wichtig, dass über den gesamten Rohrstrang die vollen maximal zulässigen Vortriebskräfte auf die Rohre aufgebracht werden können. Grosse Winkeländerungen im Rohrstrang müssen dabei vermieden werden, denn sie führen zu Reduktionen der zulässigen Vortriebskräfte. Doch wie soll der Schildfahrer die Bohrausrüstung steuern, damit zu grosse Winkeländerungen und damit kleinere zulässige Vortriebskräfte

vermieden werden können? Hier bietet das Software-Modul Jack Director® wertvolle Unterstützung: Unter Nutzung der gemessenen Bewegungen bzw. Stellungen der Steuerzylinder der Bohrausrüstung wertet der Jack Director® die Steuerbewegungen der Tunnelbohrmaschine aus und vergleicht sie mit den effektiv an den nachfolgenden Rohren gemessenen Fugenwinkeln und damit verbunden den zulässigen Vortriebskräften. Aus dieser «Lernkurve» zieht der Jack Director® die Kenntnis, in welchem Bereich die künftigen Steuerbewegungen der Tunnelbohrmaschine liegen können, um keine Reduktionen der zulässigen Vortriebskräfte zu erhalten, siehe auch untenstehendes Bild.

Liegt der aktuelle Steuerwinkel der TBM bzw. das Fadenkreuz im grünen elliptischen Bereich der grafischen Darstellung, können die Vortriebsrohre ohne erforderliche Abminderungen der zulässigen Vortriebskräfte durchgepresst werden. Muss zur Einhaltung des Trasseeverlaufs eine



Kurskorrektur vorgenommen werden, kann der Steuerwinkel bis zum Rand des grünen Bereichs verändert werden. Dort ist das Optimum einer Kurskorrektur unter Beibehaltung der maximal möglichen Vortriebskräfte erreicht. Gerät das Fadenkreuz ausserhalb des grünen Bereichs, ist mit einer Reduktion der zulässigen Vortriebskraft durch das Monitoringsystem zu rechnen bzw. mit Schäden an den Rohren, wenn die Vortriebskraft nicht reduziert wird. Der Jack Director® unterstützt somit den Schildfahrer darin, die Vortriebssteuerung und die zulässigen Vortriebskräfte im optimalen Gleichgewicht zu halten.

SUPPORT (FERNBEDIENUNG, DATENANALYSEN, FEHLERBESEITIGUNG, BERATUNG)

Die Messdaten und Auswertungen des Baustellencomputers werden auf der Jackcontrol-Webseite für am Projekt beteiligte Dritte bereitgestellt. Damit ist ein vielseitiger Support möglich. Berechtigte Personen können über die Webseite www.jackcontrol.com und entsprechende Log-in-Daten Messgrafiken aufrufen zur Information über den Bauzustand und Baufortschritt.

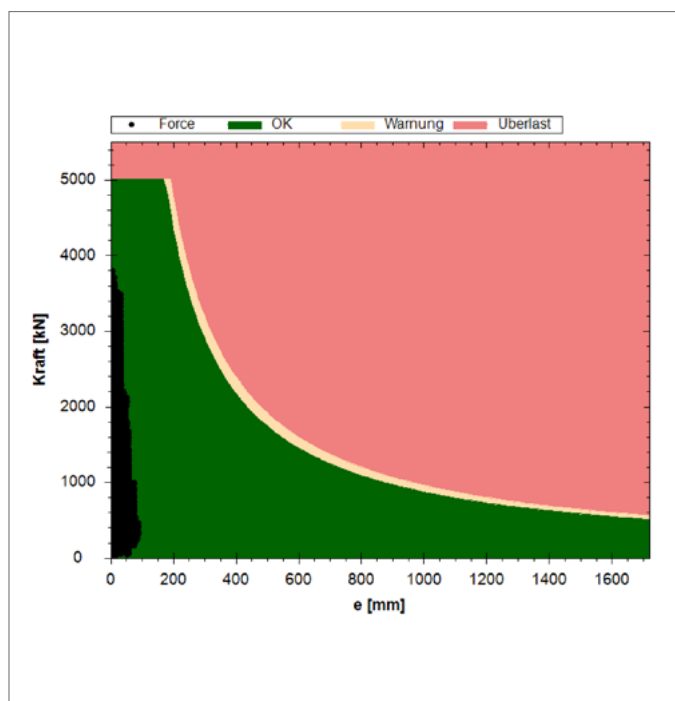
Von der Jackcontrol-Einsatzzentrale aus kann eine Fernbedienung zum Baustellencomputer aufgebaut und damit ein direkter, schneller und effizienter Support für die Baustelle angeboten werden. Jackcontrol erstellt während des Vortriebs täglich einen Statusreport des Baufortschritts und nimmt Kontakt mit der Baustelle auf, wenn aufgrund der durchgeführten Analysen sich ungünstige Entwicklungen abzeichnen und Massnahmen erforderlich sind. Fragen

des Baustellenpersonals zu Messdaten und Grafiken werden damit von Jackcontrol-Mitarbeitern analysiert und beantwortet. Allfällige Störungen werden über diesen Kanal meist effizient und schnell behoben.

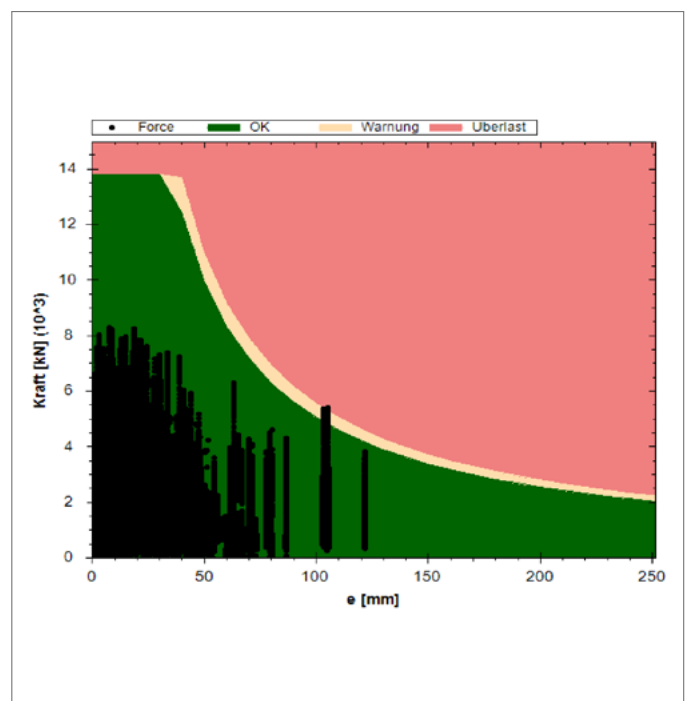
DOKUMENTATION DES VORTRIEBES

Nach Vortriebsende werden die Messwerte und ausgewerteten Daten des Vortriebs in einem Schlussbericht zusammengefasst. Darin werden alle wichtigen Punkte zum Vortrieb auch textlich festgehalten. Der Schlussbericht umfasst in der Regel die Kapitel Projektgrundlagen, Rohrstatik, Projektübersicht, Rohrproduktion, Konfiguration Monitoringsystem, Auswertung Messdaten, Auswertung Grenzwertdiagramme, verbleibende Hydraulische Fuge und Abdichtungsinjektion sowie die dazugehörigen Pläne.

Der Schlussbericht zeigt namentlich die Belastungen der einzelnen Rohre durch die Vortriebskräfte auf und weist nach, ob die Vortriebskräfte während des gesamten Vortriebs im zulässigen Bereich der Grenzwertdiagramme blieben oder ob es Verletzungen gab. Für die Auswertung sämtlicher im Bauzustand aufgetretenen Vortriebskräfte werden der Maximalkraftverlauf der Rohre betrachtet und die Kräfte aller Rohre in die Grenzwertdiagramme eingetragen. Im Fall von Grenzwertverletzungen wird im Schlussbericht aufgezeigt, wann und bei welchen Rohren diese aufgetreten sind, welche Bemessungskriterien betroffen sind und welche Schäden an den Rohren potenziell erwartet werden müssen.



BEISPIEL AUSWERTUNG GRENZWERTDIAGRAMM



GRENZWERTDIAGRAMM MIT ÜBERSCHREITUNG DER ZULÄSSIGEN VORTRIEBSKRAFT

Eliminieren von Schächten und Optimierung des Bauablaufs in Washington DC

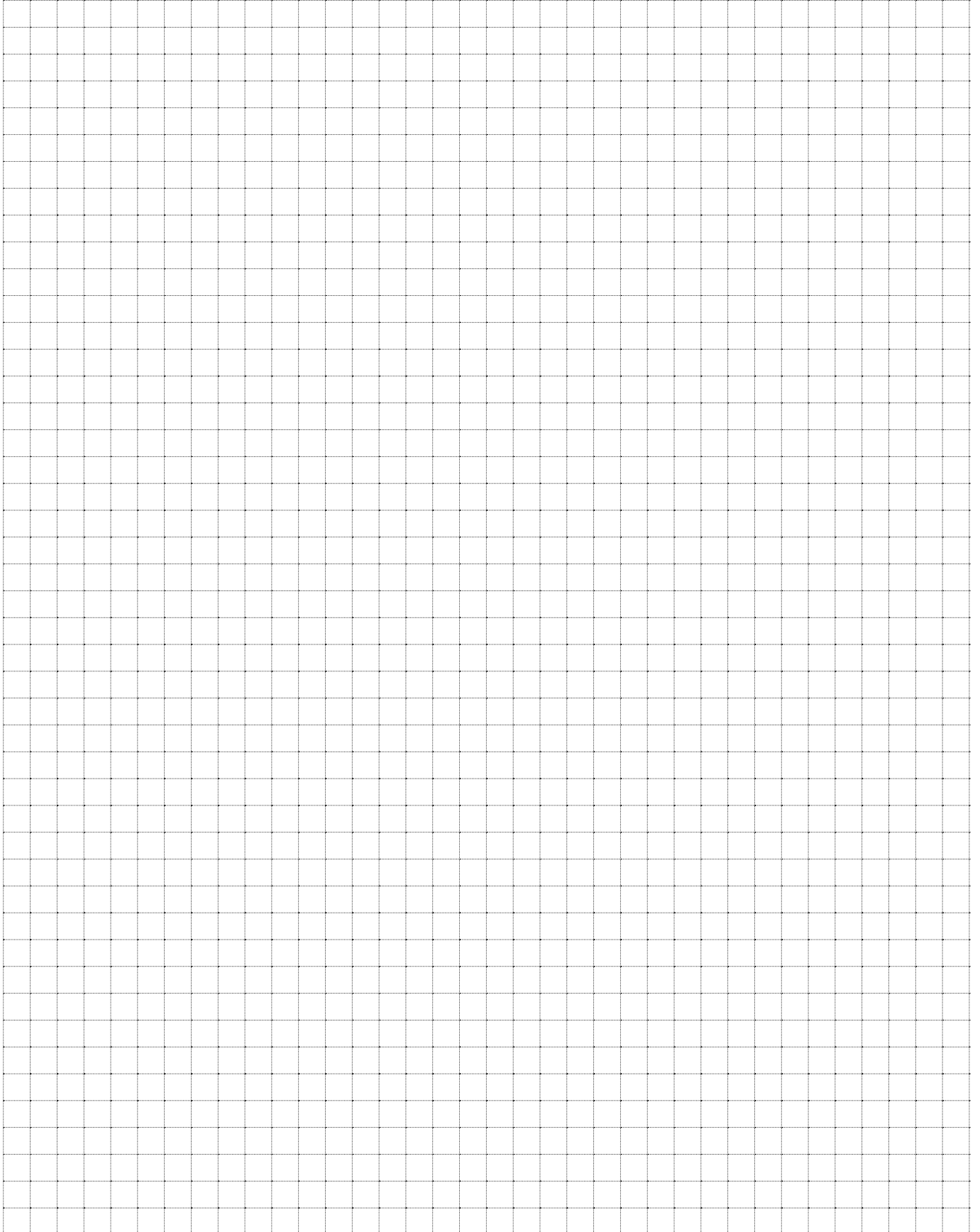


Bradshaw Construction Corp. hat die Arbeiten für das Kanalsanierungsprojekt in der Oregon Avenue NW von DC Water ausgeführt, das die Erstellung von zirka 1311 m PVC-Abwasserleitungen unter Verwendung von 823 m im Mikrotunnelbauverfahren hergestelltem Mantelrohr und 488m in offener Bauweise umfasst. Der westliche Abschnitt entlang Bingham Drive NW bestand aus vier kurzen, geraden Mikrotunneln, die innerhalb des Strassenkorridors liegen mussten. Zwei der Schächte hätten in der Strassenmitte gebaut werden sollen und somit den Zugang zum östlichen, offen verlegten Abschnitt versperrt, was das gleichzeitige Arbeiten verunmöglicht hätte. Die Jackcontrol AG hat die Linienführung durch Implementierung einer S-Kurve und die Kombination von drei Tunneln zu einem einzigen neu konstruiert, um diese beiden Schächte zu eliminieren. Der Bauherr genehmigte Bradshaw diese Unternehmervariante einschliesslich der Änderung des Stahlmantelrohrs zu einem Stahlbetonmantelrohr, um die Kurve auffahren zu können. Die Mikrotunnelarbeiten starteten am 9. Januar und der Durchstich erfolgte am 5. Februar. Die durch das Echtzeit-Monitoringsystem von Jackcontrol gemessenen und kontrollierten Vortriebskräfte sowie die Kraftexzentrizitäten waren gering und die Gebrauchstauglichkeit sowie Tragsicherheit der Vortriebsrohre war nie gefährdet. «Ich hatte wesentlich höhere Vortriebskräfte in der Kurve erwartet, aber die Hydraulische Fuge trug massgeblich dazu bei, die Vortriebskräfte tief zu halten», sagte AJ Haverly, Schildfahrer von Bradshaws Mikrotunnelbohrmaschine, der mit sorgfältiger Steuerung der Tunnelbohrmaschine einen entscheidenden Beitrag zum reibungslosen Vortrieb geleistet hat.

AUF EINEN BLICK

Projektname	Oregon Avenue, Kanalsanierung
Ort	Washington DC, USA
Zweck	Werkleitungsträger
Ausführung	2018
Spezielles	Unternehmer-Alternative, S-Kurve im Fels
Vortriebslänge	128 m
DN	1219 mm
DA	1524 mm
Linienführung	S-Kurve
Minimaler Kurvenradius	190 m
Rohrmaterial	Stahlbeton
Rohrlänge	3,05 m
Geologie und Grundwasser	geringe Durchlässigkeit, weicher Fels, wenig Grundwasser
Hydraulische Fuge	JC 250/ein Umlauf
Vermessungssystem	VMT SLS LT
TBM	Herrenknecht AVN1200
Bauherr	DC Water
Planer	JMT Johnson, Mirmiran & Thompson, USA
Vortriebunternehmen	Bradshaw Construction Corp., USA

Notizen







Projekttablauf und Leistungs- zuordnung

In der nachfolgenden Tabelle werden die mit Jackcontrol in einem Zusammenhang stehenden Teilleistungen näher beschrieben und den entsprechenden Leistungserbringern zugeordnet. Angebote für einen durch Jackcontrol unterstützten Vortrieb basieren auf dieser Leistungszuordnung. Sie stellt somit eine verbindliche Kalkulationsgrundlage für die Submission dar. Gegenüber konventionellen Vortrieben werden unveränderte Arbeitsschritte nicht weiter erwähnt.

Weiter ist zu jeder Teilleistung ein zeitlicher Ablauf für den entsprechenden Standort des Projektes (Europa/Übersee) angegeben. Diese Abläufe sind für eine reibungslose Umsetzung des Projekts erforderlich.

Pakete	LEISTUNGSZUORDNUNG							
	Jackcontrol®-Paket				JC-EDAR®-Paket			
	Planer/Bauherr	Jackcontrol AG	Rohrhersteller	Vortriebsfirma	Planer/Bauherr	Jackcontrol AG	Rohrhersteller	Vortriebsfirma
Leistungserbringer								
Planung / Auslegung Rohrvortrieb, Kosten, Linienführung, Ausschreibung, Vergabe	✓	(✓)		(✓)	✓	(✓)		(✓)
Auftragserteilung Druckübertragungsmittel und/oder Monitoringsystem	(✓)			✓	(✓)			✓
Ausführungsstatik Rohre, inkl. Bewehrungsplan	(✓)	✓	(✓)		(✓)	✓	(✓)	
Prüfung Rohrstatik	✓			(✓)	✓			(✓)
Definitiver Entscheid Injektion (→ Befüll- und Entlüftungsröhrchen)	✓			✓	✓			✓
Rohrdesign (Ausparungen, Anordnung Druckübertragungsmittel) inkl. Ausführungspläne		✓				✓		
Fragekatalog Jackcontrol und Rohrfolgeplan				✓				✓
Herstellung Rohr inkl. stirnseitiger Ausparungen nach Ausführungsplänen Jackcontrol			✓				✓	
Herstellung Druckübertragungsmittel		✓ Hydr. Fuge				✓ EDAR®		
Auslieferung Monitoringsystem und Hilfsmittel auf die Baustelle		✓				✓		
Auslieferung Druckübertragungsmittel inkl. Befestigungsmaterial und Hilfsmittel, i. d. R. auf die Baustelle		✓				✓		
Lagerplatz für Hydraulische Fugen und Installationsplatz für Monitoringsystem zu Verfügung stellen				✓				✓
Montage der Druckübertragungsmittel am Rohr				✓				✓

✓ LEISTUNGSERBRINGER

(✓) ALTERNATIVER LEISTUNGSERBRINGER

				PROJEKTABLAUF		
JC-Pipe®-Paket				Zeitpunkt Leistungserbringung		Bemerkung
Planer/Bauherr	Jackcontrol AG	Rohrhersteller	Vortriebsfirma	Europa	Übersee	
✓	(✓)		(✓)	Jederzeit	Jederzeit	Jackcontrol: Unterstützung, Richtpreise, Angebot
(✓)			✓	VS -12 Wochen VS = Vortriebsstart	VS -16 Wochen	Die Auftragserteilung für das JC-Pipe®-Paket kann rund 8 Wochen vor Vortriebsstart erfolgen.
	(✓)	(✓)	✓	VS -11 Wochen	VS -15 Wochen	Gemäss Projektgrundlagen Linienführung, Geologie, Rohrabmessungen
✓			(✓)	VS -10 Wochen	VS -14 Wochen	
✓			✓	VS -10 Wochen	VS -14 Wochen	Nicht bei JC-Pipe®-Paket
		✓		VS -10 Wochen	VS -14 Wochen	Nicht bei JC-Pipe®- und EDAR®-Paket
			✓	VS -9 Wochen	VS -13 Wochen	Bei JC-Pipe®-Paket -4 Wo.
		✓		VS -8 Wochen	VS -8 Wochen	Aussparungen nur bei Jackcontrol®-Paket
		✓ DÜR Holz		VS -8 Wochen	VS -13 Wochen	Hydraulische Fuge inkl. Füllung durch Jackcontrol
	✓			VS -2 Wochen	VS -9 Wochen	Übersee: bei Seefracht! ¹
		✓		VS -2 Wochen	VS -9 Wochen	Übersee: bei Seefracht! ¹
			✓	VS -2 Wochen	VS -2 Wochen	
		✓		VS -1 Tag	VS -1 Tag	

¹ Projekttafelauf Übersee: Im Bedarfsfall kann der Versand der Druckübertragungsmittel und des Monitoringsystems mit Flugfracht erfolgen. So kann in etwa der gleiche zeitliche Projekttafelauf eingehalten werden wie beim Projekttafelauf EUROPA. Entsprechend kann der Versand der Materialien später erfolgen (Achtung: Dauer für die Verzollung).

Pakete	LEISTUNGSZUORDNUNG							
	Jackcontrol®-Paket				JC-EDAR®-Paket			
	Planer/Bauherr	Jackcontrol AG	Rohrhersteller	Vortriebsfirma	Planer/Bauherr	Jackcontrol AG	Rohrhersteller	Vortriebsfirma
Leistungserbringer								
Start Vortriebsarbeiten (=VS)				✓				✓
Anschlussmöglichkeit für Druckgeber in Hydraulikkreislauf der Hauptpressenstation				✓				✓
Standort zur Verfügung stellen für Monitoringsystem mit Stromversorgung 110V/220V. Ganze Vortriebsdauer.				✓				✓
Startinstallation Monitoringsystem und erste Sensoreinheit		✓				✓		
Installation Sensoreinheiten bei Zwischenpressstationen. Verzögerung der Vortriebsarbeiten bei Einbau Sensoreinheit max. 1 h pro Sensoreinheit. Bei Einbau durch Vortriebsunternehmer → Support durch Jackcontrol AG.		✓		(✓)		✓		(✓)
Unterbruch Datentransferkabel beim Einsetzen von Rohren				✓				✓
Ende Vortriebsarbeiten (=VE)				✓				✓
Öffnen der Kugelhähne und Zusammenfahren der Fugen und Dehner				✓				✓
Entfernen der Überstände der Hydraulischen Fuge		✓		(✓)				
Entsorgung übrigbleibendes Material (Überstände Hydraulische Fuge, Reserve Druckübertragungsmittel usw.)				✓				✓
Deinstallation des Monitoring-Equipments und Bereitstellung für Versand		✓		(✓)		✓		(✓)
Abtransport Monitoring-Equipment		✓						
Retablierung des Monitoringsystems		✓				✓		
Abdichtungsinjektionen inkl. Materiallieferungen		✓		*		✓		*
Benutzung Baustellenkran/Startinstallation/ Installation Sensoreinheiten/Injektionen/Deinstallation				✓				✓

✓ LEISTUNGSERBRINGER

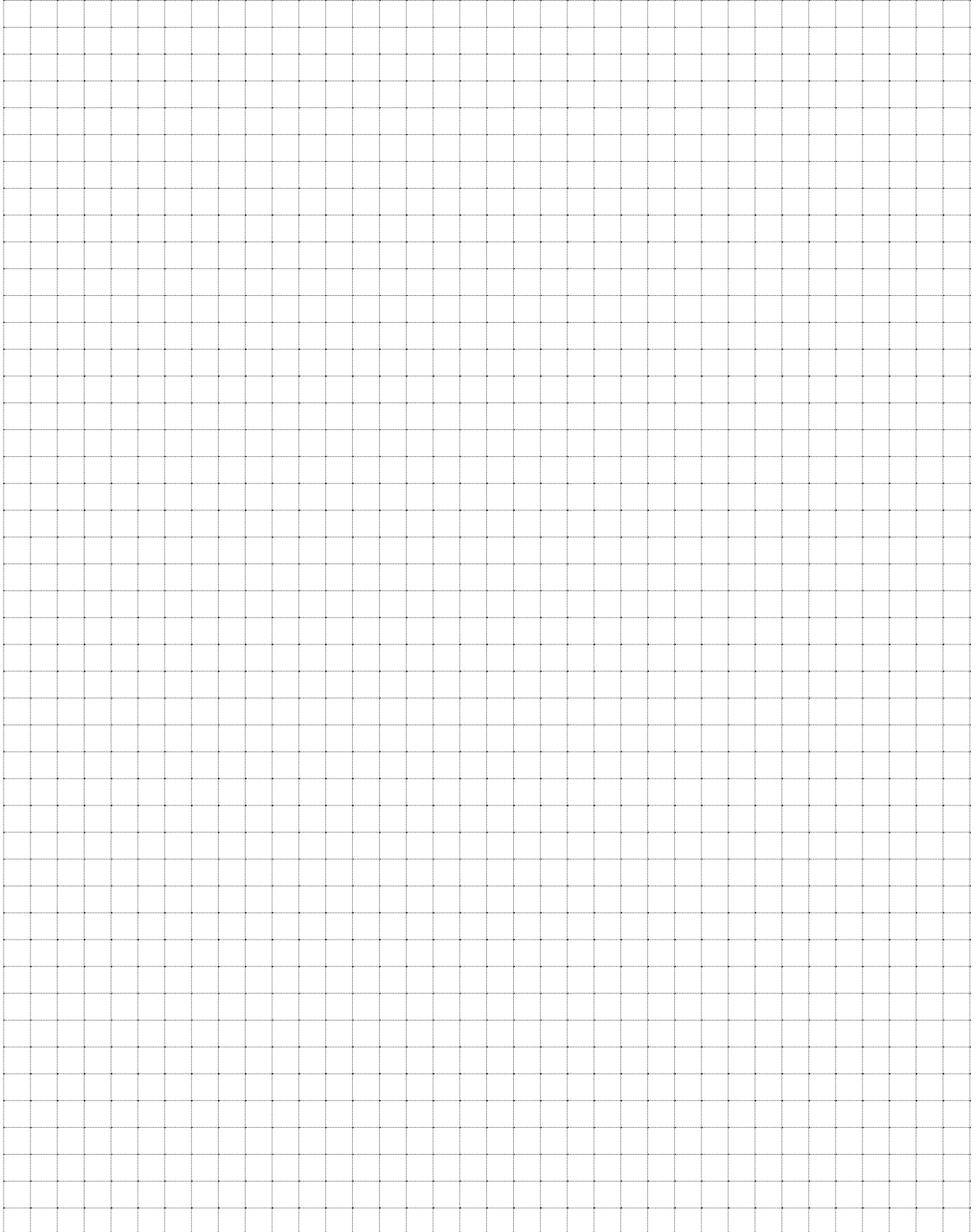
(✓) ALTERNATIVER LEISTUNGSERBRINGER

* ÜBERNAHME DER LEISTUNG (OHNE GEWÄHRLEISTUNG DURCH JACKCONTROL AG)

				PROJEKTABLAUF		
JC-Pipe®-Paket				Zeitpunkt Leistungserbringung		Bemerkung
Planer/Bauherr	Jackcontrol AG	Rohrhersteller	Vortriebsfirma	Europa	Übersee	
			✓	VS = Vortriebsstart	VS = Vortriebsstart	
			✓	VS	VS	
			✓	VS	VS	
	✓			bis VS +1 Tag	bis VS +1 Tag	i. d. R. zwischen Rohr 1 + 2 JC-Pipe®-Paket: 2 Sensoreinheiten für gesamten Vortrieb. Zwischen Rohr 1 + 2 und 3 + 4.
	(✓)		✓	laufend	laufend	JC-Pipe®-Paket: Installation von Kraftmesspunkten durch Anschluss an Dehner-Hydraulik. Zeitbedarf zirka 15 Minuten unter laufendem Betrieb.
			✓	laufend	laufend	
			✓	VE = Vortriebsende	VE = Vortriebsende	
			✓	VE	VE	In Koordination mit Ausbau Dehner/Zwischenpresstationen
				Alle Rohre auf Endlage	Alle Rohre auf Endlage	Zeitpunkt in Koordination mit Ausbau des Equipments der Vortriebunternehmung
			✓	Alle Rohre auf Endlage	Alle Rohre auf Endlage	Zeitpunkt in Koordination mit Ausbau des Equipments der Vortriebunternehmung
			✓	Alle Rohre auf Endlage	Alle Rohre auf Endlage	Zeitpunkt in Koordination mit Ausbau des Equipments der Vortriebunternehmung
				VE +2 Wochen (max.)	VE +2 Wochen (max.)	
	✓					
				Termin nach Vereinbarung	Termin nach Vereinbarung	Für die Injektionsarbeiten müssen die Vortriebe komplett leergeräumt und auf der gesamten Länge mit einem Stollen- mobil befahrbar sein. Der Zugang zu den Vortrieben muss ebenerdig ausgeführt sein.
			✓	laufend	laufend	

Die Angaben im Projekttablauf sind Richtwerte und sollen allen Projektbeteiligten aufzeigen, wann welche Tätigkeiten auszuführen sind.

Notizen



Jackcontrol AG

Buchholzstrasse 50 | 8750 Glarus | Schweiz

Telefon +41 (0)55 650 20 20 | Fax +41 (0)55 650 20 30

info@jackcontrol.com | www.jackcontrol.com

