

Infopoint TECHNIK

BAUINDUSTRIE



Rohrvortrieb – Empfehlungen Teil 4: Qualitätssicherung „Setzungsarmer Rohrvortrieb“



Der maschinelle Rohrvortrieb hat sich in den letzten Jahren zu einem festen Bestandteil im Spezialtiefbau entwickelt. Die Anforderungen an die Qualität dieser Bauweise sind dabei stark angestiegen. Dies ist vor allem den oft komplexen Zusammenhängen durch Infrastruktur, inhomogene Baugrundverhältnisse sowie dem Vorhandensein von anstehendem Wasser geschuldet.

Wird diesen Randbedingungen im Zuge der Bauvorbereitung zu wenig Beachtung geschenkt, können sich Baugrundumlagerungen einstellen, welche zu nicht tolerierbaren Setzungen führen können.

Die in diesem Infopoint vorgestellten Grundlagen, Einflussfaktoren und Maßnahmen zur Verminderung von Setzungen sollen dazu bei-

tragen, einen setzungsarmen Rohrvortrieb zu gewährleisten.

Setzungen sind beim maschinellen Rohrvortrieb ein wichtiges Thema, das bei der Planung und Ausführung von Rohrvortriebsarbeiten berücksichtigt werden muss.

Ortsbruststützung

Ortsbruststabilität

Die Standsicherheit des Bodens an der Ortsbrust ist eine der wesentlichsten Einflussfaktoren auf das Setzungsverhalten an der Geländeoberfläche. Die Vortriebsmaschine muss so ausgebildet sein, dass sie dem anstehenden Erd- und Wasserdruck entgegenwirken kann, so dass die entnommene Bodenmenge dem aufgefahrenen Hohlraum entspricht. Dabei sind unterschiedliche Nachweise für offene und geschlossene Schilde zu führen.

Blockgleitverfahren zur Bestimmung der Stützkraft

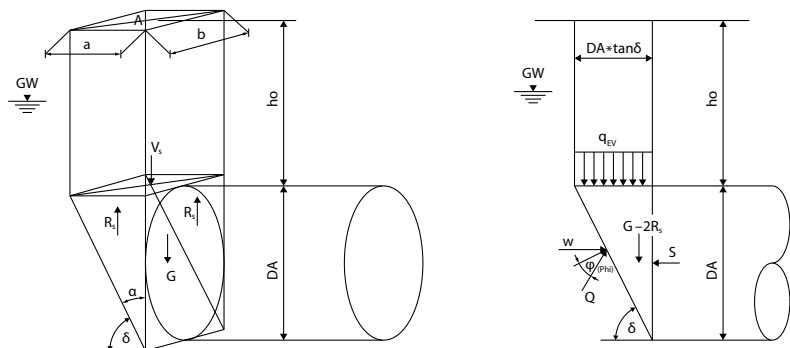


Abbildung 1: Modell des Blockgleitverfahrens (Quelle: Rohrvortrieb – Durchpressung begehrbarer Leitungen; Hermann Schad, Tobias Bräutigam, Steffen Bramm; 2. Auflage; Ernst & Sohn Verlag; 2008)

Nachweisverfahren für geschlossene Schilde

Für die Ermittlung des Stützdruckes an der Ortsbrust gibt es mehrere numerische Methoden, um die zu erwarteten Stützdrücke im Baugrund im Vorfeld eines Rohrvortriebsprojektes berechnen zu können.

Für Vollschnittmaschinen hat sich ein Berechnungsansatz etabliert, der auf dem Kräftegleichgewicht von „Stützmedium an der Ortsbrust der Vortriebsmaschine“ sowie dem Erd- und Wasserdruck des anstehenden Baugrunds basiert.



Um Setzungsschäden an der Oberfläche zu verhindern, muss beim Rohrvortrieb Mehraushub zuverlässig ausgeschlossen werden. (Foto: Dr. Uffmann)

Nachweisverfahren für offene Schilde

Für den Bereich der Teilschnittvortriebe findet in der Regel ein geometrischer Standsicherheitsnachweis statt. Bei diesem wird geprüft, ob sich der natürliche Böschungswinkel des Bodens in der Ausbildung des Vortriebschildes (mit Verbauplatten, Zwischenbühnen, Haubenverlängerung) widerspiegelt.

Der natürliche Böschungswinkel sowie die Kohäsion des anstehenden Bodens sind dafür die maßgebenden Bodenparameter.

Bei anstehendem Grundwasser muss die Ortsbrust zusätzlich mit Druckluft gestützt werden, wenn die Verhältnisse diese Stützung erlauben (Druckluftverlust händelbar, Verdrängung des Grundwassers durch die Druckluft möglich). Anderenfalls muss ein geschlossener Vortrieb ausgeführt werden.

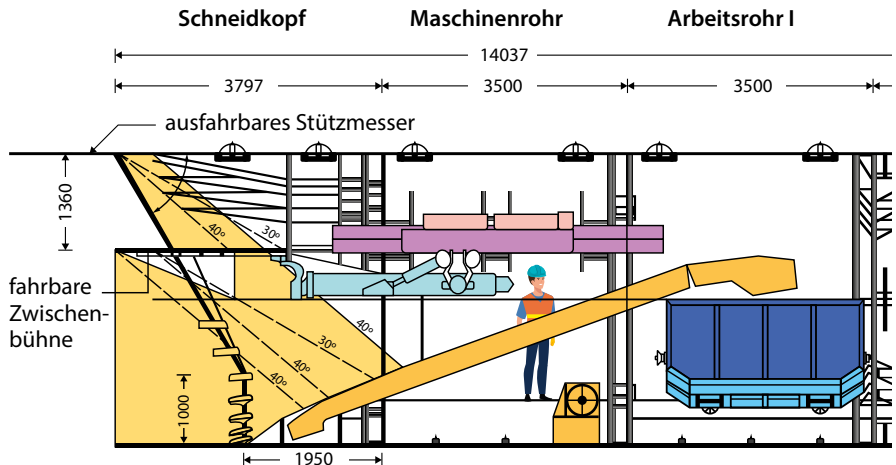


Abbildung 2: Geometrischer Standsicherheitsnachweis bei Teilschnittmaschinen



Abbildung 3: Teilschnittmaschine DA 4700 mit Zwischenbühne (Quellen 3+4: Fa. EPPING)

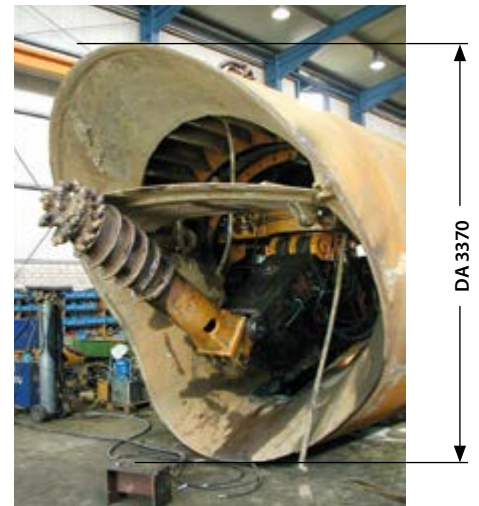


Abbildung 4: Teilschnittmaschine DA 3370 mit Zwischenbühne und Knickgelenkschräme

Stützdruckverläufe

Der Stützdruck ist von mehreren Faktoren abhängig und über die Vortriebslänge an repräsentativen Schnitten nachzuweisen. Die Geländeform hat einen entscheidenden Einfluss auf den Stützdruckverlauf.

Aus den Berechnungen ergibt sich ein Stützdruckband mit maximalen und minimalen Stützdrücken. Der Vortrieb ist innerhalb dieser Werte aufzufahren.

Insbesondere bei Onshore-/Offshore-Projekten können erhebliche Sprünge in den zulässigen Drücken auftreten.

Basierend auf den vorliegenden Randbedingungen können viele Berechnungsschritte erforderlich werden (siehe Abbildung 5).

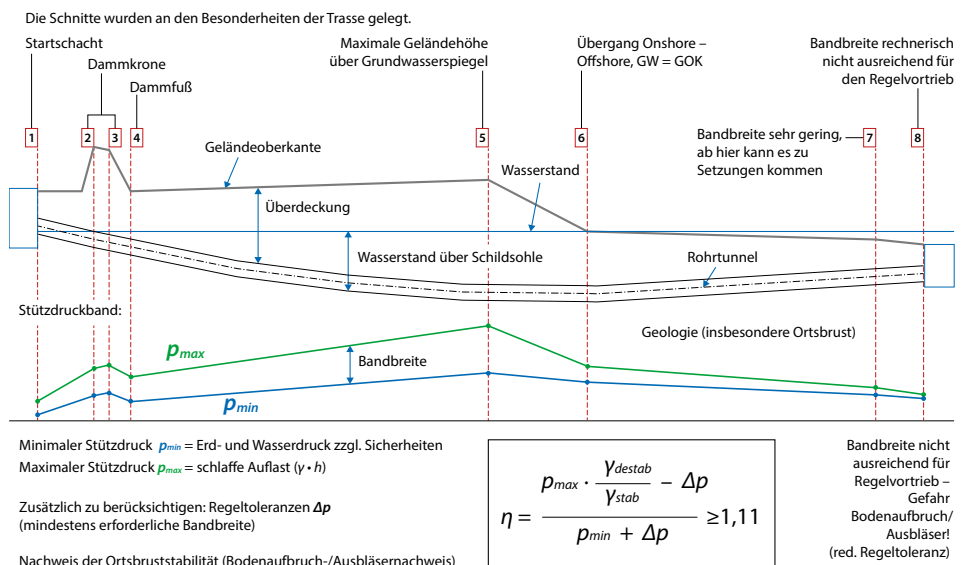


Abbildung 5: Beispielhafter Stützdruckverlauf eines Rohrvortriebes in ein offenes Gewässer (Quelle: Züblin)

Qualitätssicherung für die Planung und Durchführung eines setzungsarmen Rohrvortriebes

Setzungsbeeinflusste Infrastruktur	Beweissicherung	Setzungsmessungen während Vortriebsphase
Autobahnquerung	Nivellement der Fahrbahnränder vor und nach dem Vortrieb	Setzungsmessungen an den Fahrbahnrändern in regelmäßigen Intervallen (mindestens täglich)
Bahnquerung	Nivellement der Gleise vor und nach dem Vortrieb	Setzungsmessungen an den Gleisen in regelmäßigen Intervallen (mindestens täglich), gegebenenfalls Messung mittels automatisiertem Vermessungssystem (automatische Totalstation)
Gewässerquerung	Peilung der Gewässersohle vor und nach dem Vortrieb	Gegebenenfalls vortriebsbegleitende Gewässerpeilung
Flugbetriebsquerung	Nivellement der Flugbahn vor und nach dem Vortrieb	Setzungsmessungen an der Flugbahn in regelmäßigen Intervallen (mindestens täglich), gegebenenfalls mittels automatisiertem Vermessungssystem (automatische Totalstation)
Innerstädtischer Rohrvortrieb (Straßen, Gebäude, Infrastruktur)	<p>Nivellement der Straße oberhalb der Vortriebstrasse/der setzungsbeeinflussten Oberfläche vor und nach dem Vortrieb</p> <p>Höhen- und Lagekontrolle vorhandener Leitungstrassen</p> <p>Beweissicherung naheliegender Bauwerke/ Gebäude vor und nach dem Vortrieb</p>	<p>Setzungsmessungen an der Straßenoberfläche sowie an setzungsgefährdeten Leitungstrassen in regelmäßigen Intervallen (mindestens täglich)</p> <p>Gegebenenfalls Permanentüberwachung setzungsgefährdeter Leitungstrassen</p>

Monitoring während der Vortriebsphase	Bentonitüberwachung	Zusatzmaßnahmen
<p>Aufzeichnung aller vortriebsrelevanten Daten der Vortriebsmaschine gemäß DWA-A 125, Punkt 7.2.6</p> <p>Gegebenenfalls Online-Übertragung zu den Baubeteiligten</p>	<p>Regelmäßige Überwachung der rheologischen Eigenschaften der Stütz- und Ringraumsuspension mit:</p> <p>Marsh-Trichter: Viskosität Kugelharfe: Fließgrenze (Standicherheit der Stützflüssigkeit) Spülungswaage: Dichte der Stützflüssigkeit</p>	<p>Einsatz eines automatischen Bentonit-schmiersystems zur Sicherstellung einer kontrollierten und permanenten Ringraumfüllung</p>
<p>Aufzeichnung aller vortriebsrelevanten Daten der Vortriebsmaschine gemäß DWA-A 125, Punkt 7.2.6</p> <p>Gegebenenfalls Online-Übertragung zu den Baubeteiligten</p>	<p>Regelmäßige Überwachung der rheologischen Eigenschaften der Stütz- und Ringraumsuspension mit:</p> <p>Marsh-Trichter: Viskosität Kugelharfe: Fließgrenze (Standicherheit der Stützflüssigkeit) Spülungswaage: Dichte der Stützflüssigkeit</p>	<p>Einsatz eines automatischen Bentonit-schmiersystems zur Sicherstellung einer kontrollierten und permanenten Ringraumfüllung</p>
<p>Aufzeichnung aller vortriebsrelevanten Daten der Vortriebsmaschine gemäß DWA-A 125, Punkt 7.2.6</p> <p>Gegebenenfalls Online-Übertragung zu den Baubeteiligten</p>	<p>Regelmäßige Überwachung der rheologischen Eigenschaften der Stütz- und Ringraumsuspension mit:</p> <p>Marsh-Trichter: Viskosität Kugelharfe: Fließgrenze (Standicherheit der Stützflüssigkeit) Spülungswaage: Dichte der Stützflüssigkeit</p>	<p>Einsatz eines automatischen Bentonit-schmiersystems zur Sicherstellung einer kontrollierten und permanenten Ringraumfüllung</p>
<p>Aufzeichnung aller vortriebsrelevanten Daten der Vortriebsmaschine gemäß DWA-A 125, Punkt 7.2.6</p> <p>Gegebenenfalls Online-Übertragung zu den Baubeteiligten</p>	<p>Regelmäßige Überwachung der rheologischen Eigenschaften der Stütz- und Ringraumsuspension mit:</p> <p>Marsh-Trichter: Viskosität Kugelharfe: Fließgrenze (Standicherheit der Stützflüssigkeit) Spülungswaage: Dichte der Stützflüssigkeit</p>	<p>Einsatz eines automatischen Bentonit-schmiersystems zur Sicherstellung einer kontrollierten und permanenten Ringraumfüllung</p>
<p>Aufzeichnung aller vortriebsrelevanten Daten der Vortriebsmaschine gemäß DWA-A 125, Punkt 7.2.6</p> <p>Gegebenenfalls Online-Übertragung zu den Baubeteiligten</p>	<p>Regelmäßige Überwachung der rheologischen Eigenschaften der Stütz- und Ringraumsuspension mit:</p> <p>Marsh-Trichter: Viskosität Kugelharfe: Fließgrenze (Standicherheit der Stützflüssigkeit) Spülungswaage: Dichte der Stützflüssigkeit</p>	<p>Einsatz eines automatischen Bentonit-schmiersystems zur Sicherstellung einer kontrollierten und permanenten Ringraumfüllung</p>

Ringspalt

Der Ringspalt (Überschnitt der Vortriebsmaschine in Verbindung mit dem Rohraußendurchmesser) hat beim Rohrvortrieb mehrere wichtige Funktionen zu übernehmen:

- Füllung mit Bentonitsuspension, um die Reibung am Rohrmantel während des Vortriebes zu minimieren
- Ausweichbereich der Vortriebsrohre für Steuerbewegungen, Kurvenfahrten und Rohrtoleranzen

Empfehlungen zur Größe des Ringspalt:

Bei der Dimensionierung des Überschnittes der Vortriebsmaschine sind geologische und hydrologische Verhältnisse, die geplante Trassierung sowie die Dimension von Vortriebsmaschine und Vortriebsrohren zu berücksichtigen.

Geologie und Hydrogeologie:

- Lagerungsdichte
- Überdeckung
- Quelfähigkeit
- Verwitterungszustand

Trassierung/Dimension:

- Kurvenradius
- Rohrlänge
- Rohrdurchmesser

Abhängig von den genannten Kriterien hat sich in der Praxis ein Überschnitt von in der Regel größer als 20 Millimeter, auf den Radius bezogen, bewährt.

Der Überschnitt ist gemäß DWA-A 125 die Hälfte der Differenz von Bohrlochdurchmesser und Rohraußendurchmesser (im Idealfall ein gleichmäßiger Ringspalt um die Rohrleitung).

Verpressen des Ringspalt:

Der aufgefahrene Ringspalt sollte mit einem hydraulisch abbindenden Füllstoff (Dämmen) im Anschluss an den Vortrieb verpresst werden. Diesbezügliche Anforderungen ergeben sich ebenfalls aus der Statik der Vortriebsrohre. Um den Dämmen möglichst gleichmäßig im Ringspalt einzubringen, sollte dies, beginnend vom tiefsten Punkt aus, steigend erfolgen. Ein Austausch der im Ringspalt befindlichen Schmersuspension ist nur bedingt möglich. Allerdings wird die Schmersuspension durch den Verpressdruck des Dämmers in den Porenraum/Klufttraum des umgebenden Bodens – wenn geologisch möglich – verdrängt. Die Injektionsdrücke und Mengen sind zu messen und zu dokumentieren. Im Vorfeld

sind Abbruchkriterien sowohl nach Menge als auch nach Druck festzulegen.

In begehbaren Vortriebsquerschnitten sollte für die Schmierung des Rohrmantels während der Vortriebsarbeiten ein automatisches Bentonitschmiersystem für eine systematische Ringraumfüllung eingesetzt werden. Im Zusammenhang mit einer Überwachung der Vortriebskräfte ist damit auch eine quantitative Aussage über Bereiche mit einer hohen Mantelreibung möglich.

Sinnvoll ist es, den Überschnitt im Rahmen der Ausführungsplanung zwischen Auftraggeber, Planer, Baugrundgutachter und ausführender Firma gemeinsam auf Grundlage der jeweiligen Randbedingungen festzulegen.



Abbildung 6: Automatische Bentonitschmieranlage (Quelle: Max Bögl)

Setzungsverhalten

Jeder Rohrvortrieb unterliegt einem verfahrensbedingtem Setzungsverhalten an der Geländeoberfläche. Dieses ist neben der Stützung der Ortsbrust ebenfalls abhängig von den Bodenkennwerten und dem Überschnitt.

Es gibt dafür eine Vielzahl von Berechnungsansätzen für die zu erwartenden Setzungen. Dargestellt wird die Setzungsmulde meist als Glockenkurve an der Geländeoberkante entlang der Rohrvortriebsachse.

Berechnung der theoretischen maximalen Setzung über der Tunnelachse

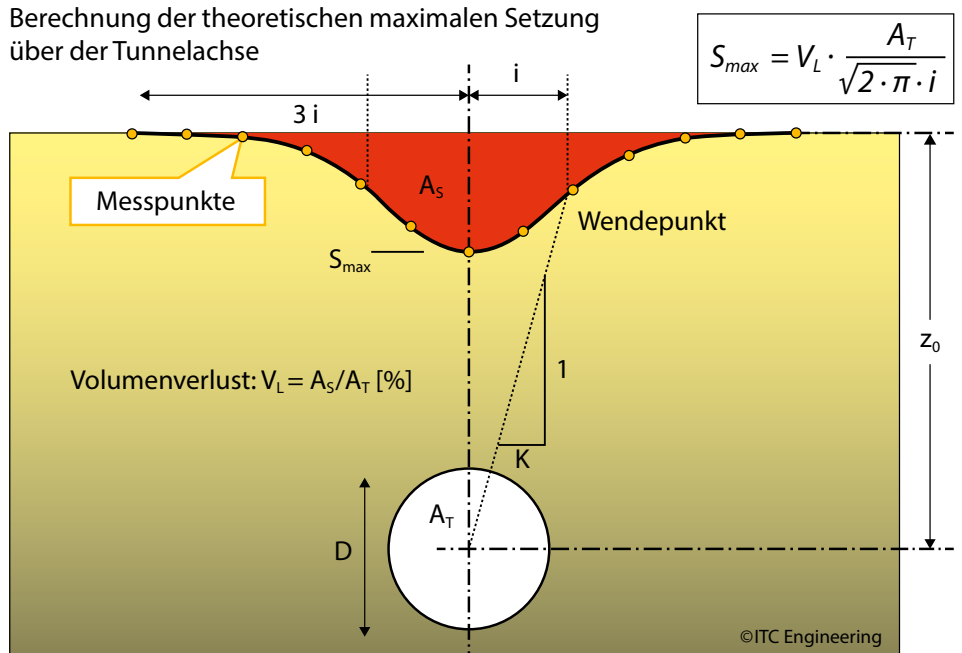


Abbildung 7: Setzungsverhalten über Rohrvortriebsachse (Quelle: Automatisierte Beweissicherung bei Tunnelunterquerungen, Dr. Sascha Schneid, 20. September 2012, Projektdialog Microtunneling)

Aushubkontrolle

Die Kontrolle der Abbaumengen, welche beim Rohrvortrieb abgebaut werden, könnte eine Aussage über eine Bodenmehrentnahme beziehungsweise Bodenverdrängung liefern.

Leider gibt es zum derzeitigen Zeitpunkt kein erprobtes Verfahren, welches hinreichend verwertbare Aussagen in inhomogenen Böden liefert.

Die Kontrolle der Abbauvolumina über Wägung, Volumenkontrolle oder Durchflussmengenmessung ist von sehr vielen Randbedingungen abhängig, welche das Messergebnis stark beeinflussen und somit keine hinreichend genauen Aussagen liefert.



Weiterführende Informationen können der einschlägigen Fachliteratur (z. B. dem Artikel von Dr. Hans-Peter Uffmann aus der BI umweltbau vom 18.10.2022) entnommen werden.
<http://bitly.ws/LnHT>



Kontakt



Dipl.-Ing.
Andreas Hüttemann
Bereichsleitung Technik
Rohrleitungsbauverband e. V.

T +49 221 37668-68
huettemann@rbv-koeln.de



Dipl.-Wirtsch.-Ing., Dipl.-Ing.
Dieter Hesselmann
Geschäftsführer
BFA LTB

Bundesfachabteilung Leitungsbau
(BFA LTB) im Hauptverband der
Deutschen Bauindustrie e. V.,
c/o Rohrleitungsbauverband e. V.
Marienburger Straße 15, 50968 Köln
T +49 221 37668-22, F +49 221 37668-26
leitungsbau@bauindustrie.de
www.bauindustrie.de

Baugrunderkundung für Rohrvortriebe

Die Vorgaben zur Baugrunderkundung von Rohrvortriebsmaßnahmen sind in der DWA-A 125, DIN 4020 und DIN 18319 festgehalten.

So ist beschrieben, dass „Rohrvortriebe als Hohlraumbaumaßnahmen der geotechnischen Kategorie 3 [...] zugeordnet“ sind. Aus dieser Zuordnung ergibt sich, dass Baugrunduntersuchungen einen Untersuchungsaufschluss maximal alle 50 Meter haben sollten.

Die Erkundungstiefe ergibt sich ebenfalls aus dieser Vorschrift mit

- bis 2 Meter unter Rohrsohle in grundwasserfreien Böden und
- bis 3 Meter unter Rohrsohle in grundwasserführenden Böden.

Bundesarbeitskreis Rohrvortrieb

Der Bundesarbeitskreis Rohrvortrieb ist der Zusammenschluss von im Rohrvortrieb tätigen Fachunternehmen. Im Hinblick auf Qualität, Sicherheit und Innovationen bringen deren Experten sowohl Meinung als auch Expertise der Branche in interne und externe Gremien ein. Der Arbeitskreis ist der Bundesfachabteilung (BFA) Leitungsbau des Hauptverbandes der Deutschen Bauindustrie e. V. (HDB) angeschlossen, deren Geschäftsführung beim Rohrleitungsbauverband e. V. (rbv) liegt.

Das vorliegende Dokument ist Bestandteil einer Reihe von Empfehlungen des Bundesarbeitskreises Rohrvortrieb.

Im **Teil 1** werden Empfehlungen zur Arbeitssicherheit gegeben.



Teil 2 gibt Empfehlungen zur Qualität.



Teil 3 beinhaltet Empfehlungen zur „Trassierung von Vortrieben“.



Dieser Infopoint wurde mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Die Herausgeber übernehmen dennoch keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der bereitgestellten Inhalte und Informationen. Die Nutzung erfolgt auf eigene Gefahr.

Impressum

Rohrleitungsbauverband e. V.
Marienburger Str. 15
50968 Köln
T + 49 221 37668-20
info@rohrleitungsbauverband.de
www.rohrleitungsbauverband.de

Bildnachweise:
Titelseite: ©Braumann-Tiefbau GmbH
Seite 6: ©Epping Rohrvortrieb

Die Übernahme und Nutzung der im Infopoint Technik publizierten Inhalte bedürfen der schriftlichen Zustimmung des rbv e. V.

