

Wirtschaftliche und umweltgerechte Herstellung von Abwasserkanälen und -leitungen durch Mikrotunnelbau

Dipl.-Ing. Knut Möhring...

...ehem. Leiter des Unternehmensbereiches Netze der Berliner Wasserbetriebe (BWB)

Normungs- und Verbandstätigkeiten (u.a.):

- Vorsitzender der ATV-DVGW-Arbeitsgruppe "Grabenlose Bauverfahren"
- Mitglied zahlreicher Arbeitsausschüsse im NA Wasserwesen des DIN sowie von CEN-Gremien
- Mitglied im HA 1 der ATV
- ehem. Obmann des DIN-Arbeitsausschusses Steinzeugrohre
- ehem. Mitglied im Technisch- Wissenschaftlichen Beirat der Forschungsgesellschaft Steinzeugindustrie
- Gründungsmitglied und langjähriger Vorstand Gütegemeinschaft Kanalbau

Ehrungen (u.a.):

- Goldene Ehrennadel der ATV
- Bundesverdienstkreuz der Bundesrepublik

Inhaltsverzeichnis

- 1. Einleitung**
- 2. Die Vorzüge des Mikrotunnelbaues**
- 3. Die Verfahren des Mikrotunnelbaues**
 - 3.1 Nichtsteuerbare Verfahren
 - 3.2 Steuerbare Verfahren
 - Pilot-Rohrvortriebe
 - Preßbohr-Rohrvortriebe
 - Schild-Rohrvortriebe
- 4. Entscheidungskriterien für die Wahl von Vortriebssystemen**
- 5. Anwendungen des Mikrotunnelbaues**
 - 5.1 Die Berliner Bauweise
 - 5.2 Das pipe-eating
- 6. Planung und Bauvorbereitung**
 - 6.1 Arbeitsblatt ATV A 125 Rohrvortrieb
 - 6.2 Arbeitsblatt ATV A 161 Statische Berechnung von Vortriebsrohren
 - 6.3 Standardleistungsbücher Leistungsbereich 085 Rohrvortrieb
 - 6.4 DIN 18319 Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Rohrvortriebsarbeiten
 - 6.5 Hindernisse
 - 6.6 Der Güteschutz Kanalbau
- 7. Die Wirtschaftlichkeit**
 - 7.1 Kostenvergleich Kanalbau; Oberfläche unbefestigt
 - 7.2 Kostenvergleich Kanalbau; Oberfläche Verbundsteinpflaster
 - 7.3 Kostenvergleich Kanalbau; Oberfläche Betondecke

7.4 Kostenvergleich Kanalbau; Oberfläche Bitu-Decke

7.5 Kostenvergleich Hausanschlußkanäle

7.6 Die sozialen Kosten

8. Der Mikrotunnelbau als Chance für niedrigere Abwasserentgelte

9. Empfehlungen zur Durchsetzung des Mikrotunnelbaues

1. Einleitung

Der planmäßige Bau der ersten Generation städtischer Kanalisationen der Neuzeit begann im vorigen Jahrhundert. Viele dieser mit beträchtlichem manuellen Aufwand, sorgfältig und in guter Qualität verlegten Abwasserkanäle und -leitungen werden auch heute noch betrieben.

Für eine lange Zeit gab es beim Bau von Kanälen nur zögerliche technische Fortschritte; sie beschränkten sich vor allem auf die Mechanisierung des Baustellenbetriebes, den Bodenaushub und die Einführung alternativer Verbaumethoden für die Herstellung der Leitungsgräben und Schachtbaugruben. Baustellenbilder früherer Jahrzehnte belegen, dass die Handarbeit überwog und der Kanalbau sehr lohnintensiv war. Deutliche wirtschaftliche Vorteile waren erst erzielbar, nachdem die Tunnelbauweisen beim Bau 'begehrter' Kanäle möglich wurden. Voraussetzung hierfür waren hochwertige Rohre und Rohrverbindungen sowie leistungsfähige hydraulische Preß- und Fördereinrichtungen in Verbindung mit zuverlässigen Meß- und Steuerungstechniken. Insbesondere wo Sammler in großen Tiefen unterhalb des Grundwasserspiegels erforderlich waren, konnten mit diesen 'bemannten' Vortrieben bedeutende Einsparungen gegenüber dem Bau von Kanälen in offenen Gräben erzielt werden. Vortriebe dieser Art sind heute alltäglich. Vortriebslängen von jeweils mehr als 1000 m aus einer Startgrube heraus sind ebenso möglich, wie das Auffahren von Raumkurven. Auch unterschiedliche geologische Verhältnisse bereiten keine Schwierigkeiten, weil Rohr- und Schildvortriebe für 'begehrte' Kanäle in allen Locker- und Festgesteinen und im Grundwasser möglich sind.

Für 'bemannte' Vortriebe sind indessen sicherheitstechnische Bestimmungen einzuhalten, die sich auf Mindestabmessungen des Arbeitsraums im Rohr beziehen. So mußten früher für kreisförmige begehrte Tunnel, Stollen oder Vortriebe

bei Längen **bis 50 m** 800 mm lichter Innendurchmesser

und bei Längen **über 50 m** 1000 mm lichter Innendurchmesser

eingehalten werden. Kreisquerschnitte, die diese Anforderungen nicht erfüllten, galten als 'nicht begehrte'. Die heute gültigen Regelungen gemäß Arbeitsblatt ATV A 125 Rohrvortrieb, September 1996, schreiben für 'bemannt' arbeitende Rohrvortriebe im Regelfall einen Innendurchmesser von 1 200 mm vor, der nur in Ausnahmefällen auf 1000 mm verringert werden darf, wenn

- eine Vortriebsstrecke von 80 m nicht überschritten wird und
- ein vorgeschaltetes Arbeitsrohr (Innendurchmesser 1200 mm) von mindestens 2000 mm Länge vorhanden ist.

Ein Blick auf die deutschen Abwassernetze zeigt, dass diese überwiegend aus 'nicht begehrten' Querschnitten bestehen. Aus Unterlagen der ATV ergibt sich, dass etwa 80 % der öffentlichen Abwasserkanäle Nennweiten < DN 800 aufweisen. In Berlin, wo rd. 77 % der Kanallängen zum Trennsystem gehören, beträgt der Anteil der Nennweiten < DN 800 sogar rd. 90 %.

Für die privaten Abwassernetze in Deutschland, das sind hauptsächlich Grundstücksleitungen und Hausanschlußkanäle, geht man von Längen zwischen 700 000 und 1000 000 km aus. Hier überwiegen die kleinen Nennweiten.

Aus diesen Zahlen läßt sich das besondere Interesse der Betreiber an unterirdischen Bauverfahren für die kleinen und mittleren Nennweiten ableiten. Eine solche ‚geschlossene‘ Bauweise für die Herstellung nicht ‚begehbaren‘ Abwasserkanäle und -leitungen läßt sich nur maschinell durch Bodenverdrängung oder Bodenentnahme für den einzubringenden Rohrquerschnitt erreichen und erfordert in der Regel eine Fernsteuerung.

Nach einer Phase subventionierter Forschungsvorhaben begann etwa ab 1984 die verstärkte Anwendung der ‚geschlossenen Bauweisen für nicht begehbare Querschnitte‘ in Deutschland. Durch die vornehmlich in Hamburg eingesetzten Forschungsmittel der Bundesregierung hat es auf der Grundlage japanischer Entwicklungen die nötige Anschubentwicklung auch in Deutschland gegeben. Die Initialzündung hat den technischen Fortschritt in Gang gesetzt.

In der Anfangszeit ist der ferngesteuerte und unbemannte Vortrieb zunächst auf die maschinentechnisch notwendigen und machbaren Nennweiten zwischen DN 250 und DN 1000 beschränkt worden. Dafür war die Bezeichnung Mikrotunnelbau oder Microtunnelling korrekt.



Inzwischen ist die technische Entwicklung der unbemannten ferngesteuerten Vortriebe aber längst auch jenseits von DN 1000 angesiedelt; das Prinzip des Mikrotunnelbaues gilt mittlerweile auch bis DN 1600 und darüber hinaus, so dass von einer nach oben offenen Entwicklung gesprochen werden kann. Dieser Trend zu noch größeren Nennweiten wird allein wegen der Vorzüge in arbeitsmedizinischer Hinsicht anhalten. Seit einiger Zeit sind aber auch Vortriebssysteme verfügbar; die den Mikrotunnelbau für die Nennweite DN 200 in ausreichender Länge (Haltungslänge) ermöglichen. Um den sprachlichen Problemen bei der Verwendung des Begriffes ‚Mikro‘ auch für große Dimensionen zu entgehen, unterscheidet das Arbeitsblatt A 125 Rohrvortriebe, Ausgabe September 1996, daher zwischen

- Verfahren für unbemannt arbeitende Rohrvortriebe und
- Verfahren für bemannt arbeitende Rohrvortriebe.

In der gegenwärtig entstehenden europäischen Norm ‚Grabenlose Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen‘ (zur Zeit Entwurfsstadium pr DIN EN 12889) wird der Begriff Microtunnelling für den unbemannten ferngesteuerten Vortrieb ≥ 1000 mm Innendurchmesser verwendet, allerdings mit dem ergänzenden Hinweis, dass aufgrund der technischen Entwicklungen inzwischen auch größere Nennweiten vorgetrieben werden können.

Den wirtschaftlichen Durchbruch des Mikrotunnelbaues in Deutschland haben die Berliner Wasserbetriebe (BWB) mit der Entwicklung der 'Berliner Bauweise' und dem 'pipe-eating' erreicht. Dabei ist bewußt auf Subventionen verzichtet, der Markt jedoch ständig zur Angebotsabgabe für grabenlose Verlegeverfahren herausgefordert worden. Abb. 1 zeigt die Entwicklung des Microtunnelling in Berlin zwischen 1984 und 1997 in Form einer Summenlinie. Die Tendenz ist weiterhin steigend. In den letzten Jahren lag der Anteil des Mikrotunnelbaues an der Gesamtlänge der eingebauten Abwasserkanäle bei den BWB im Mittel jeweils bei rd. 50 %, zum Teil auch noch darüber.

So lange es technisch nicht möglich war; kleine Rohrquerschnitte gesteuert vorzutreiben, ist insbesondere bei Kanalbauvorhaben der Nennweiten zwischen DN 400 und DN 800 in großen Tiefen und unterhalb des Grundwasserspiegels auf andere Weise versucht worden, die Baukosten zu senken.

Es sind begehbare Querschnitte ggfs. auch unter Druckluft vorgetrieben und darin anschließend kleinere Produktenrohre entsprechend den betrieblichen Erfordernissen verlegt worden. Dies waren wirtschaftlichere Lösungen als der Kanalbau in offenen Gräben mit entsprechend teurem Verbau und Bodenaushub sowie aufwendigen Grundwasserhaltungen. Auf Dauer - insbesondere für noch kleinere Nennweiten - konnte diese zweischalige Bauweise indessen nicht befriedigen, zumal damals der große Hohlraum zwischen den beiden Rohrquerschnitten auch nicht anderweitig genutzt werden konnte.

2. Die Vorzüge des Mikrotunnelbaues

Rohrvortriebssysteme zeichnen sich durch einen hohen Mechanisierungsgrad aus und erfordern daher gegenüber dem konventionellen, offenen Kanalbau einen wesentlich geringeren Umfang an manuellen Tätigkeiten. Aus der Tatsache, dass Vortriebe mit punktförmigen gegenüber den linienförmigen Baustellen bei den offenen Bauweisen auskommen, leiten sich die zahlreichen Vorzüge mit zum Teil erheblichen wirtschaftlichen und umweltrelevanten Konsequenzen ab.

Beeinträchtigungen an der Oberfläche ergeben sich in der Regel nur an den Start-, Ziel- und ggfs. Zwischen- oder Hilfsschächten. Dadurch reduzieren sich Straßenaufbrüche und spätere Wiederherstellungen und die damit verbundene Beeinträchtigung des Verkehrs auf ein Minimum. Vorherige Umlegungen von anderen Leitungen oder unterirdischen Einrichtungen längs oder im Kreuzungsbereich von offenen Leitungsgräben für den Kanalbau lassen sich verringern. Der in der Regel durch den Vortriebs-Container abgedeckte Startschacht garantiert ein lärmarmes und witterungsunabhängiges Arbeiten.

Aufgrund der örtlichen topographischen Verhältnisse weisen Einzugsgebiete oft kaum Höhenunterschiede auf; die Abwasserkanäle müssen dann zum Teil auch in größeren Tiefen verlegt werden. Damit ergibt sich bei offenen Bauweisen mit zunehmender Tiefe nicht nur ein aufwendiger Grabenverbau, sondern auch ein beträchtlicher Bodenaushub. Im Stadtgebiet oder in dicht bebauten Ortschaften läßt sich der ausgehobene Boden aber nur selten in unmittelbarer Nähe der Baustellen lagern, so dass lange Transportwege mit mehrfacher Be- und Entladung entstehen können. Häufig darf der ausgehobene Boden auch nicht wieder verfüllt werden, wenn sich mit ihm die geforderte Lagerungsdichte im Straßenland nicht erreichen läßt. Vielfach wird nicht erlaubt, weder das Straßenaufbruchmaterial noch den Bodenaushub zur freien Verwendung des Bauunternehmers abzufahren; beides sind möglicherweise Bauabfälle, die dann auf ausgewiesene Deponien zu verbringen sind. Entsprechende Untersuchungen mit Eignungsnachweisen müssen erbracht werden.

Abb. 2: Kostenanteile beim Bau von Schmutzwasserkanälen DN 200 und DN 250 in offener Bauweise

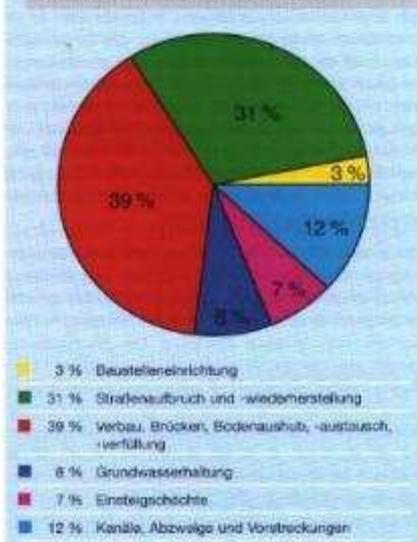


Abb. 2: Kostenanteile beim Bau von Schmutzwasserkanälen DN 200 und DN 250 in offener Bauweise

Abb. 3: Kostenanteile beim Bau von Schmutzwasserkanälen DN 200 und DN 250 in geschlossener Bauweise

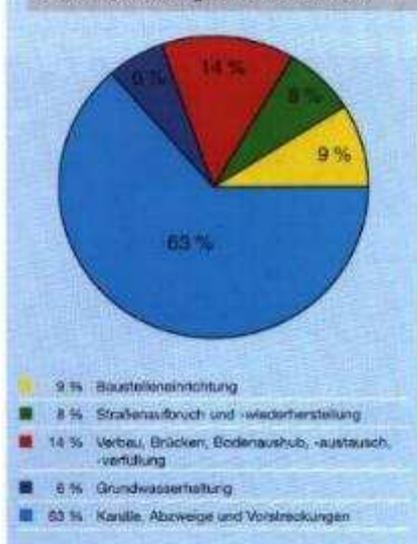


Abb. 3: Kostenanteile beim Bau von Schmutzwasserkanälen DN 200 und DN 250 in geschlossener Bauweise

Die Herstellung von Leitungsgräben ist ohnehin sehr aufwendig und wird durch die vorgenannten Auflagen noch teurer. Die Ermittlung der Kostenanteile für den Bau von 12252 m Schmutzwasserkanälen DN 200 und DN 250 bei 14 Bauvorhaben in Berlin-Heiligensee und Tegelort in den Jahren 1983 und 1984 im Werte von rd. 9,2 Mio. DM (o.Ust) hat ergeben, dass der Verbau solcher Gräben, der Aushub des Bodens, sein Transport, der ggfs. notwendige Bodenaustausch, anfallende Deponiekosten sowie die Wiederverfüllung und Verdichtung des Leitungsgrabens und die Beseitigung des Verbaus zusammengenommen rd. 39 % der Baukosten ausmachen. Weitere rd. 31 % müssen für den Straßenaufbruch und die endgültige Wiederherstellung aufgebracht werden. (Abb. 2). In der Addition bedeutet dies, dass rd. 70 % der bei offenen Bauweisen entstehenden Baukosten mit der eigentlichen Kanalverlegung nichts zu tun haben und mithin volkswirtschaftlich fragwürdig sind.

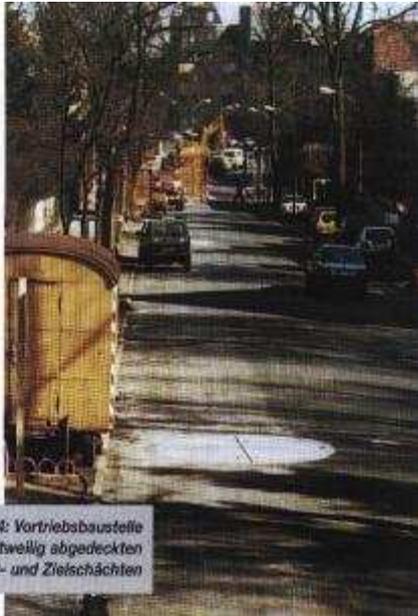


Abb. 4: Vortriebsbaustelle mit zeitweilig abgedeckten Start- und Zielschächten

Abb. 4: Vortriebsbaustelle mit zeitweilig abgedeckten Start- und Zielschächten

Ganz andere Kostenverhältnisse entstehen für die angezogenen Beispiele, wenn der Kanalbau in grabenloser Weise ausgeführt wird. Die Eingriffe in Oberflächenbefestigungen beschränken sich auf die wenigen, für den Vortrieb erforderlichen Schächte. Der Flächenbedarf hierfür ist bei der Verwendung zylindrischer Querschnittsformen sogar noch kleiner als bei der Anlegung von rechteckigen Baugruben für normale Einsteigschächte der Kanalisation entsprechend den Anforderungen nach DIN 4124. Mit grabenlosen Bauverfahren läßt sich der Kostenanteil des Straßenaufbruchs und der Straßenwiederherstellung bei den zuvor erwähnten Bauvorhaben von rd. 31 % auf rd. 8% reduzieren (Abb. 3). Schächte, an oder in denen nicht gearbeitet wird, werden zwischenzeitlich mit Fertigteilelementen abgedeckt (Abb. 4) und bilden somit keine Hindernisse für den fließenden Verkehr

Der Mikrotunnelbau gewährleistet eine qualitativ hochwertige Bauleistung. Die Vortriebsrohre weisen extrem niedrige Toleranzen auf. Sie sind Spitzenerzeugnisse und mit Sicherheit besonders langlebig, da sie den besonderen Anforderungen und Belastungen des Bauzustandes 'Vortrieb' widerstehen müssen. Durch den Vortrieb entsteht ein weitgehend ungestörtes Auflager, und die ausgereiften Steuerungstechniken der Maschinen gewährleisten eine höhere Verlegegenauigkeit als im konventionellen Kanalbau.

Durch den Mikrotunnelbau bieten sich auch neue Lösungsansätze für die generelle Planung entwässerungstechnischer Einzugsgebiete an. Unterirdisch verlegte Kanäle verteuern sich bei größeren Tiefenlagen fast ausschließlich durch die Schachtbauwerke, weil die Kosten des eigentlichen Vortriebs relativ tiefenunabhängig sind. Die in den nachfolgenden Betrachtungen über die Wirtschaftlichkeit enthaltenen Fallbeispiele belegen dies. Für die generelle Planung ergibt sich daraus, dass Einzugsgebiete weniger von den örtlichen topographischen Verhältnissen beeinflusst werden. Sie können durch tiefer geplante Kanäle bei gleichzeitigem Wegfall von Pumpwerken vergrößert werden. Dadurch lassen sich Einsparungen durch den Verzicht auf den Bau und Betrieb solcher Pumpwerke erzielen.

Außerdem bietet der Mikrotunnelbau weitere ökonomische, sicherheitstechnische und ökologische Vorteile:

Aufgrund der Tauglichkeit von Vortriebssystemen für den Einsatz im Grundwasser können Wasserhaltungen entfallen oder sich auf das Abpumpen der mit einer Unterwasserbetonsohle auftriebssicher verschlossenen Start- und Zielschächte beschränken.

Häufige Unfallursachen auf Kanalbaustellen sind Fehler und Mängel im Zusammenhang mit dem Verbau offener Gräben oder Gruben. Beim Vortrieb stellen die Start- und Zielgruben, die meistens aus vorgefertigten Stahlbetonschächten oder Linerplates bestehen, für die Beschäftigten absolut sichere Arbeitsräume dar. Auf Baustellen des Mikrotunnelbaues hat es in Berlin bislang keinen einzigen schweren Unfall gegeben. Es sind weder benachbarte Baulichkeiten in Mitleidenschaft gezogen worden, noch gab es Schäden bei Verkehrsteilnehmern im Bereich der wenigen offenen Baugruben.

Erst mit dem Microtunneling werden zeitgleiche Baudurchführungen in allen Straßenzügen eines Einzugsgebietes möglich, weil immer ausreichende Zufahrten für Feuerwehren und andere Einsatzfahrzeuge gewährleistet werden können.

Wesentliche ökologische Vorteile ergeben sich durch die Verringerung der Emissionsbelastungen, die Beschränkung von Verkehrsbeeinträchtigungen oder die Schaffung von Umleitungsstrecken und durch die Schonung von Grünflächen und Bäumen, die man schadlos unterfahren kann.

3. Die Verfahren des Mikrotunnelbaues

Im ATV A 125 sind die derzeit üblichen Verfahren für unbemannt arbeitende Rohrvortriebe beschrieben. Es wird unterschieden zwischen

- nichtsteuerbaren Verfahren und
- steuerbaren Verfahren.

Wegen der hohen Anforderungen hinsichtlich der Lagegenauigkeit sollten gemäß ATV A 125, Abschnitt 5 für den Vortrieb von Abwasserkanälen und -leitungen nur steuerbare Verfahren zur Anwendung kommen. Die nachfolgend aufgeführten Werte der maximalen Abweichungen in mm von der Soll-Lage (Tabelle 11 im A 125) sollten nicht überschritten werden.

DN	vertikal	horizontal
< 600	± 20	± 25
>= 600 bis <= 1000	± 25	± 40
> 1000 bis < 1400	± 30	± 100
>= 1400	± 50	± 200

Max. Abweichung in mm von der Soll-Lage für Abwasserkanäle und -leitungen

3.1 Nichtsteuerbare Verfahren

Beim Bau von Anschlußkanälen kommen auch nichtsteuerbare Horizontal-Preßbohrgeräte zum Einsatz, die hauptsächlich für die Nennweite DN 150 und begrenzte Vortriebslängen verwendet werden. Bei günstigen örtlichen Gegebenheiten mit entsprechenden Gefällen sind Vortriebslängen unter 20 m möglich.

Mit dem Horizontal-Preßbohrgerät wird ein Stahlmantelrohr bei gleichzeitigem mechanischen Abbau des Bodens an der Ortsbrust mittels eines Bohrkopfes und Förderung des Bohrgutes durch Schnecken vorgetrieben. (Abb. 5). Das Preß gerät wird im Startschacht höhen- und richtungsgenau eingebaut und verspannt. Nach dem Erreichen der Zielgrube und dem Ziehen der Schnecken werden die Stahlmantelrohre unter Einfügung eines Übergangsstückes mit Produktenrohren gleichen Außendurchmessers in die Zielgrube gepreßt und dort entnommen.

Abb. 5: Nicht steuerbares Horizontal-Preßbohrgerät

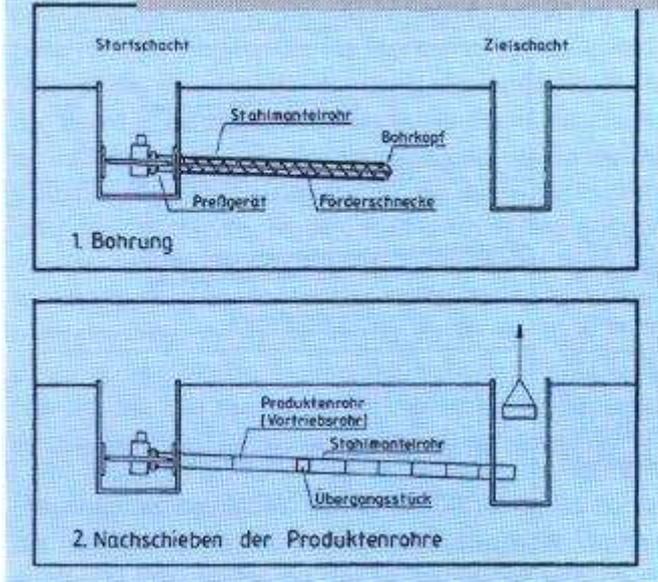


Abb. 5: Nicht steuerbares Horizontal-Preßbohrgerät

Gelegentlich kommt es vor; dass der Standort für den Zielschacht auf dem anzuschließenden Grundstück aus unterschiedlichen Gründen noch nicht zur Verfügung steht. Um für solche Fälle Zwischenschacht-Lösungen im Gehwegbereich vor dem Grundstück zu vermeiden, sind sogenannte Sacklochbohrungen entwickelt worden. Sobald mit dem Horizontal-Preßbohrgerät der Zielpunkt des Vortriebes erreicht ist, werden die Förderschnecken mit Bohrkopf zurückgezogen und die Produktenrohre mit Verschlussdeckel an der Spitze in die Stahlmantelrohre eingeschoben. Danach werden die Stahlmantelrohre bei gleichzeitigem Zurückhalten der Produktenrohre in den Startschacht zurückgezogen. (Abb. 6). Der entstehende Ringspalt zwischen Stahl- und Produktenrohr kann bei entsprechender Abstimmung so klein gehalten werden, dass mögliche Setzungen vernachlässigbar sind und auch für die Vortriebsrohre wegen der fehlenden seitlichen Stützung aufgrund ihrer größeren Wanddicke keine Probleme entstehen. Größere Ringräume sind jedoch zu verfüllen.

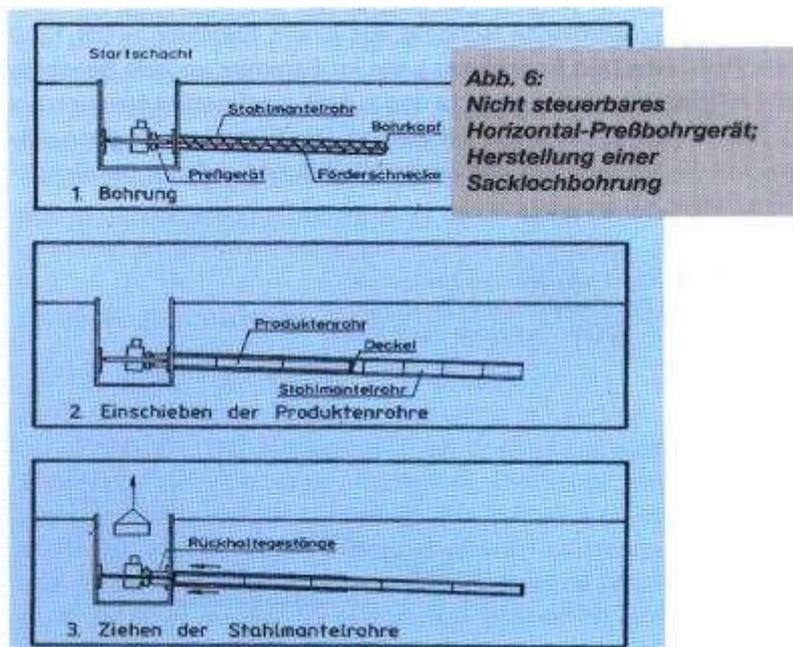


Abb. 6: Nicht steuerbares Horizontal-Preßbohrgerät; Herstellung einer Sacklochbohrung

Abb. 6: Nicht steuerbares Horizontal-Preßbohrgerät, Herstellung einer Sacklochbohrung

Die Sacklochbohrung, mit der Möglichkeit unterirdisch an vorhandene Sammler \geq DN 300 oder Schächte anzuschließen ist vor einigen Jahren von der Firma Bohrtec entwickelt worden. Zusätzlich zum Horizontal-Preßbohrgerät wird hierfür ein Bohrgestänge, eine Diamantbohrkrone und ein Spezialdichtelement benötigt. Nachdem die Preßbohrung den Sammler oder Schacht erreicht hat, werden Förderschnecken und Bohrkopf zurückgezogen und das Bohrgestänge mit Diamantbohrkrone eingezogen. Das Anbohren des Sammlers erfolgt unter Kameraüberwachung aus dem Sammler heraus. Dort wird auch der Bohrkern entnommen. Danach wird der Anschlußkanal aus Steinzeugrohren DN 150 eingezogen. Auf der Spitze dieses Stranges befindet sich das Spezialdichtelement, das einen ordnungsgemäßen Anschluß des Produktenrohres an den Sammelkanal gewährleistet. Abschließend werden die Stahlmantelrohre zurückgezogen und der Ringraum mit einem speziellen Schlackematerial verfüllt. (Abb. 7).

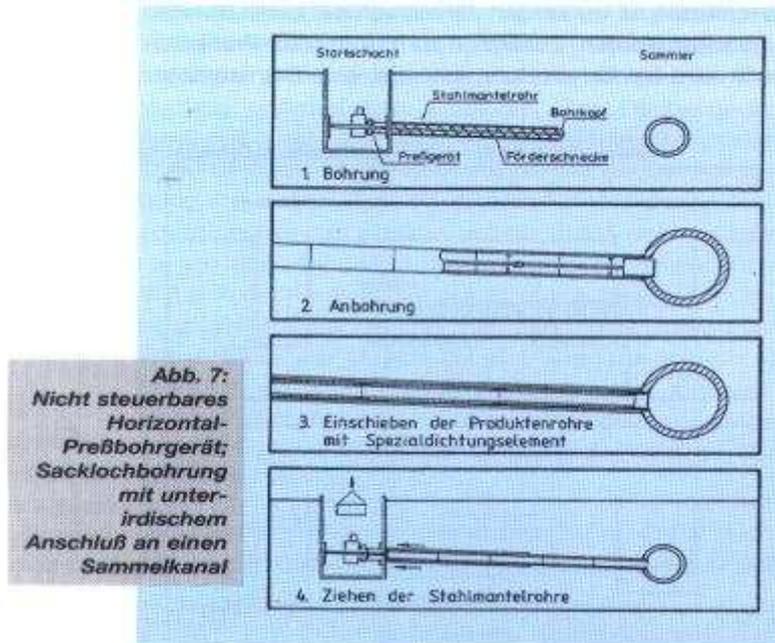


Abb. 7: Nicht steuerbares Horizontal-Preßbohrgerät; Sacklochbohrung mit unterirdischem Anschluß an einen Sammelkanal

Eine weitere Variante ungesteuerter Vortriebe stellt die unterirdische Bohrung aus einem Sammler ³ DN 1200 dar. Ein Fahrwagen kann im Sammler an jede beliebige Bohrstelle gebracht und auf die gewünschte Neigung bis zu 90° ausgerichtet werden. Der Sammler wird dann mittels Adapter und Diamantbohrkrone auf den gewünschten Außendurchmesser durchbohrt. Die anschließende Erdbohrung erfolgt mit Stahlmantelrohr und Förderschnecken. Nach Erreichen des Preßziels werden die Förderschnecken zurückgeholt und Kellerwand oder Revisionschacht mittels Bohrgestänge und Diamantbohrkrone durchbohrt. Schließlich wird das Produktenrohr eingeschoben und das Stahlmantelrohr bei gleichzeitigem Rückhalten des Produktenrohres gezogen. Sollte das Preßziel genügend Arbeitsraum bieten, können die Produktenrohre alternativ auch nachgeschoben und die Stahlmantelrohre am Ziel entnommen werden. (Abb. 8).

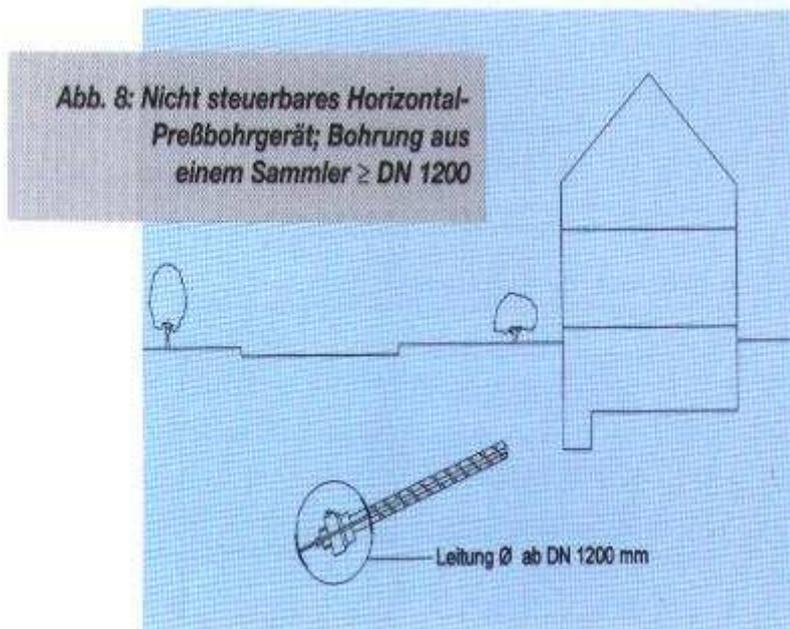


Abb. 8: Nicht steuerbares Horizontal-Preßbohrgerät; Bohrung aus einem Sammler \geq DN 1200

3.2 Steuerbare Verfahren

Für den Bau von Abwasserkanälen und -leitungen haben sich in der Praxis insbesondere drei Vortriebsverfahren durchgesetzt:

- Pilot-Rohrvortriebe, sowie
- Vortriebe mit Stahlgelenkköpfen und mechanischer oder hydraulischer Bodenförderung (Schnecken- oder Spülförderung).

Pilot-Rohrvortriebe

Hierbei wird zunächst ein hohles und dadurch mit einer optischen Gasse versehenes Pilot-Stahlrohr in Baulängen von in der Regel 100 cm und einem Außendurchmesser von rd. 10 cm bodenverdrängend von einem Start- zu einem Zielschacht gepreßt. Die Überwachung der Richtungsgenauigkeit erfolgt meistens über einen im Startschacht positionierten Theodoliten mit CCD-Kamera und einer in der optischen Gasse im ersten Pilotrohr angebrachten Diodentafel. Die Stellung des außen abgeschrägten ersten Pilotgestänges wird laufend auf einen Monitor im Startschacht übertragen. Bei Abweichungen von der Sollachse wird das Pilotgestänge so gedreht, dass der schräge Kopf an der Spitze des Stranges beim weiteren Vorpressen eine Richtungskorrektur bewirkt. Nachdem das Pilotgestänge zielgenau den Zielschacht erreicht hat und dort Rohr für Rohr geborgen worden ist, folgt mittels eines Übergangsstückes eine Aufweitungsstufe aus Stahlmantelrohren mit Förderschnecken. Der Boden wird in den Startschacht gefördert. Wenn die Stahlrohre den Zielschacht erreicht haben, werden die Förderschnecken zurückgezogen, unter Einfügung eines Adapters die Produktröhre nachgeschoben und die Stahlmantelrohre im Zielschacht geborgen. (Abb. 9).

Abb. 9: Pilot-Rohrvortrieb

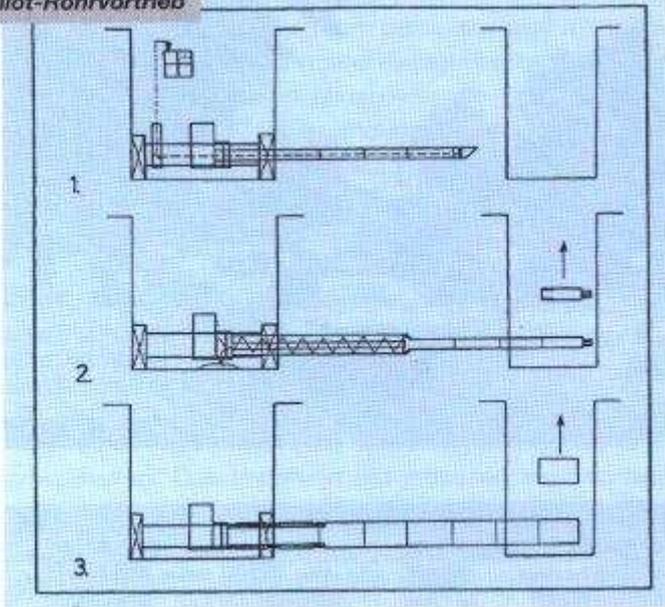


Abb 9: Pilot-Rohrvortrieb

Abb. 10: Pilot-Rohrvortrieb letzte Phase: Nachschieben des Steinzeugrohres aus einem Startschacht DN 2000



Abb. 10 zeigt die letzte Phase eines Pilot-Rohrvortriebes mit Steinzeugrohren DN 150.

Diese Verfahrenstechnik hat sich über Jahre hinweg beim Einbau von Hausanschlußkanälen bis 20 bzw. max. 30 m Länge bewährt. Bei locker gelagerten Böden ohne Steineinlagerungen ist gelegentlich auch die zweiphasige Anwendung, d.h. ohne Stahlmantelrohr, üblich.

Durch zahlreiche Verbesserungen im Detail, insbesondere bei der Kupplung für die Pilotrohre kann diese Technik seit etwa zwei Jahren auch bei der unterirdischen Verlegung von Kanälen DN 200 und DN 250 mit den in der Kanalisation üblichen Haltungslängen eingesetzt werden. Wie alle Pilot-Rohrvortriebe setzt dieses Verfahren indessen einen verdrängbaren Boden ohne größere eingelagerte Hindernisse voraus. Seit kurzem ist der Pilotrohrstrang auch in wasserdichter Ausführung lieferbar, so dass mit einer modifizierten Schneckenförderung auch unterhalb des Grundwasserspiegels gearbeitet werden kann.

Der nunmehr mögliche Vortrieb von Kanälen DN 200 in Haltungslänge gewinnt eine herausragende Bedeutung. Das zielgenaue unterirdische Auffahren von Kanälen dieser Nennweite in den üblichen Haltungslängen war nämlich bisher mit den am Markt vorhandenen Vortriebssystemen nicht möglich. Die innerhalb des Vortriebsrohres für den Transport des abgebauten Bodens mitzuführenden Fördereinrichtungen einschließlich der Schutzrohre für Kabel, sowie die unerläßliche optische Gasse für den Laser-Leitstrahl zur Steuerung des Vortriebs schrieben die Nennweite DN 250 seit Beginn des Microtunnelling als kleinsten unterirdisch auffahrbaren Querschnitt in Haltungslänge fest. Für die Betreiber bedeutete dies, auf die sehr gebräuchliche kleinste Nennweite DN 200 im Sammlerbau verzichten zu müssen, wenn aus wirtschaftlichen Gründen oder wegen örtlicher Zwänge geschlossenen Bauweisen der Vorzug vor dem konventionellen Kanalbau zu geben war.

Wie verbreitet DN 200 in den öffentlichen Abwassernetzen ist, zeigen Zahlen aus den Misch- und Schmutzwassernetzen der BWB; rd. 32 % des 8613 km langen Kanalnetzes der BWB bestehen aus dieser Nennweite. Insbesondere in den Schmutzwassernetzen der Trennsysteme lassen sich große Teile der Einzugsgebiete mit Kreisquerschnitten DN 200 erschließen und werden in hydraulischer Hinsicht allen betrieblichen Anforderungen gerecht. Betrachtet man die Berliner Schmutzwassernetze allein, so liegt der Anteil der Nennweite DN 200 sogar bei rd. 65 %. Wegen dieser besonderen Bedeutung ist von den Betreibern der Wunsch und die Forderung niemals aufgegeben worden, im Zuge der weiteren technischen Entwicklung eines Tages auch Rohre DN 200 gesteuert vortreiben zu können. Dies ist nun durch die Aktivitäten insbesondere dreier deutscher Maschinenhersteller möglich geworden und schafft für die Planenden und die Betreiber weitere Alternativen und die Möglichkeit, mit den Ausgaben für Investitionen sparsamer umzugehen, weil der Kanalbau wirtschaftlicher wird.

Die Anforderungen des ATV A 125, Abschnitt 6.2.2 an die Ausführung von Vortrieben hinsichtlich der Vermessung und Protokollierung des Rohrstranges werden erfüllt. So kann während des Vortriebsvorgangs z.B. das Bild des Monitors im Startschacht kontinuierlich von einem Videorecorder aufgezeichnet werden. Dadurch werden alle möglichen Abweichungen registriert. Darüber hinaus kann beim Nachschieben der Produktenrohre der Vorpreßdruck mittels Druckaufnehmer mit Speicherung des Maximalwertes im Meßintervall durch einen Druckschreiber festgehalten werden.

Preßbohr-Rohrvortriebe

Hierbei erfolgt der Vortrieb der Produktenrohre bei gleichzeitigem Bodenabbau an der Ortsbrust durch einen Bohrkopf. Der Boden wird kontinuierlich mittels Schnecken zum Startschacht gefördert. Die Schnecken liegen in einem Stahlrohr innerhalb des Vortriebsrohres. Mit jedem eingebauten Rohr werden der Schnecken- und Förderrohrstrang verlängert. Die Förderrohre haben Gleitkufen und werden ebenso wie die Schnecken dem jeweils aufzufahrenden Rohrdurchmesser angepaßt.

Im Startschacht wird der Boden während eines Vortriebsintervalls in einem Stahlkübel gesammelt und während des Kopplungsvorgangs zutage gefördert. Auf diese Weise erhält man eine zuverlässige Kontrolle über die an der Ortsbrust tatsächlich abgebaute Bodenmenge. Eine Alternative zur Kübelförderung stellt die Anlegung eines Sumpfes im Startschacht und die Förderung mittels einer Pumpenanlage dar. Abb. 11 zeigt einen Vortriebs-Container mit einem Preßbohr-Rohrvortriebssystem der Firma Soltau.



Abb. 11: Baustelle eines Preßrohr-Rohrvortriebs

Bohrkopf und Förderschnecken werden in der Regel vom Startschacht aus angetrieben. Für schwere Böden ist es notwendig, ein konstant hohes Drehmoment zur wirkungsvollen Zerkleinerung des Abbaumaterials zur Verfügung zu haben. Daher werden ab DN 400 Rohrvortriebsmaschinen auch mit direkt angetriebenem Bohrkopf und separat angetriebenen Förderschnecken angeboten.

Elemente der Steuerung sind die elektronische Zieltafel, der Vortriebslaser und der hydraulisch verschwenkbare Stahlgelenkkopf mit drei Steuerpressen. Das Lasergerät wird im Startschacht unabhängig vom Widerlager installiert. Dies ist sehr wichtig, damit die Ausrichtung des Lasers auf die Sollachse nicht durch Bewegungen des Widerlagers während des Vortriebs verändert wird. Aus dem gleichen Grund ist auch besonderes Augenmerk auf die standsichere, unverschiebbare Herstellung der Startschächte oder -gruben zu legen. Der auf den Zielschacht vermessene Laserstrahl markiert die geplante Lage des Kanals. Er trifft auf die im Maschinenrohr (dem Stahlgelenkkopf nachlaufend) angebrachte elektronische Zieltafel, dem sog. target. Die Koordinaten des Laserempfangspunktes sowie die Verrollung und Längsneigung des Steuerkopfes werden gemessen und die Werte auf ein Display im Steuerstand übertragen. Die gemessenen Parameter werden schließlich von einem Rechner in Steuerbefehle für die Steuerpressen umgesetzt. Diese Steuerungsvorgänge spielen sich in kurzen Vortriebsintervallen automatisch ab, können jedoch auch von Hand übertragen werden. Ein Meßprotokoll mit allen aufgenommenen Parametern kann für beliebige Zeit- oder Wegintervalle ausgedruckt werden. Dies gilt auch für die nachfolgend beschriebenen Schild-Rohrvortriebe. Abb. 12 zeigt ein Protokoll für einen solchen Vortrieb mit einer Schild-Rohrvortriebsmaschine AVN 700 der Firma Herrenknecht.

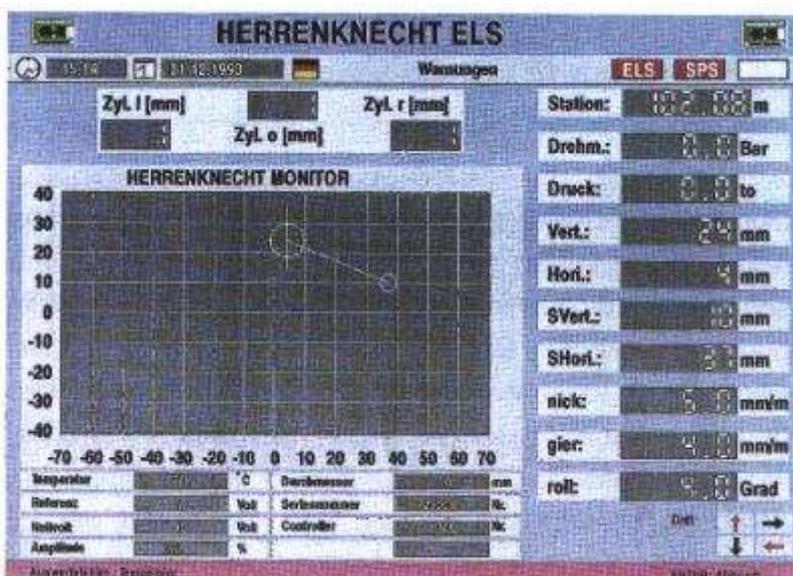


Abb. 12: Beispiel eines Vortriebsprotokolls

Spalte 1: Daten
 Spalte 2: Zeit
 Spalte 3: Station in mm
 Spalte 4: Laser vertikal in mm
 Spalte 5: Laser horizontal in mm
 Spalte 6: Schneidrad vertikal in mm
 Spalte 7: Schneidrad horizontal in mm
 Spalte 8: nick (Neigung) in mm/m
 Spalte 9: gier (Richtungswinkel) in mm/m
 Spalte 10: roll (Verrollung) in Grad
 Spalte 11: Drehmoment in bar
 Spalte 12: Druck in to
 Spalte 13: Zylinder links (Stellung) in mm
 Spalte 14: Zylinder oben (Stellung) in mm
 Spalte 15: Zylinder rechts (Stellung) in mm
 Spalte 16: Temperatur in Zieltafel in °C
 Spalte 17: Referenzspannung (Zieltafel) in Volt
 Spalte 18: Nullvolt (Spannung Zieltafel) in Volt
 Spalte 19: Laseramplitude (Zieltafel) in %
 Spalte 20: Laserdurchmesser (Zieltafel) in mm

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21.6.94	17:27:39	0,10	8	1	6	6	-1,3	3,2	-1,2	102	3	0	0	0	28	3	0	1511	16
21.6.94	17:49:02	0,20	9	-1	4	8	-2,6	4,9	-15	107	3,6	0	0	0	30	3	0	1451	19
21.6.94	17:49:40	0,30	9	1	3	9	-3,3	3,9	1,3	132	2,5	0	0	0	30	3	0	1451	17
21.6.94	17:51:10	0,40	9	1	3	9	-3,1	-2,9	1,3	140	3,0	0	0	0	30	3	0	1491	19
21.6.94	17:54:04	0,50	7	3	-1	5	-5,2	-2,0	-1,5	174	4,1	0	0	0	30	3	0	1571	16
21.6.94	17:54:09	0,60	6	3	-1	3	-6,0	-2,0	-1,4	196	5,1	0	0	1	30	3	0	1591	15
21.6.94	17:54:17	0,70	9	3	.5	3	-7,7	2,6	-1,5	152	3,1	0	0	1	30	3	0	1551	14

Der Anwendungsbereich erstreckt sich in der Regel auf Nennweiten zwischen DN 200 und DN 1000 und auf Vortriebslängen bis max. 100 m im Lockergestein. Bei bindigen Böden fester Konsistenz können Abbau und Förderung des Bodens durch Wasserzugabe an der Ortsbrust erleichtert werden. In wasserführenden Böden sind Zusatzmaßnahmen erforderlich. So kann bei Einsätzen im Grundwasser bis max. 1,50, höchstens aber 2,50 m die Ortsbrust mit Druckluft beaufschlagt werden. Dabei werden die ersten Förderrohre beispielsweise mit modifizierten Schnecken geringerer Ganghöhe bestückt, damit sich Bodenpfropfen bilden, die die Druckluft nicht entweichen lassen. Eine andere Möglichkeit ist, die Start- und Zielschächte mit Schleusen zu versehen und unter Druckluft zu arbeiten. Bewährt hat sich hierfür eine kombinierte Personen-/Materialschleuse, die es gestattet, Personal und Materialien in getrennten Druckkammern in den Arbeitsraum zu schaffen. Der Steuerstand wird über der Vortriebsmaschine und außerhalb der Druckluftkammern installiert, so dass hier unter atmosphärischen Bedingungen gearbeitet werden kann. Diese Druckluftvariante ist sehr aufwendig und Sonderfällen vorbehalten. Das Verfahren hat indessen zwei Vorteile; einerseits entfällt wegen der Schneckenförderung die Separieranlage, so dass bei strengem Frost keine besonderen Maßnahmen zu ergreifen sind. Zum anderen sind ggfs. notwendige Bergungen von Vortriebshindernissen an der Ortsbrust und damit zusammenhängende Arbeiten am Steuerkopf mit den auf der Baustelle vorhandenen Drucklufteinrichtungen möglich, ohne dass aufwendige Grundwasserhaltungen nötig sind.

Aufgrund der sehr erfolgreichen zwei- bzw. dreistufigen Vortriebssysteme mit Pilotgestänge und Aufweitungsbohrungen beim Bau von Hausanschlußkanälen und Nennweiten für kleinere Sammler bis DN 400 ist ein neues Preßbohr-Rohrvortriebssystem zu erwähnen, das erstmalig auf der Bauma '98 von der Firma Bohrtec vorgestellt worden ist.

Es beruht auf einem zweiphasigen Vortrieb und ist hinsichtlich der Anschaffungskosten eine preisgünstige Alternative zu den Preßbohr-Rohrvortrieben, mit denen bisher Kanäle der Nennweiten DN 400 bis DN 800 verlegt worden sind.

Im ersten Verfahrensschritt wird ein Stahlmantelrohr von 420 mm Außendurchmesser mit innenliegenden Förderschnecken aus einem Startschacht mit lichter Weite von 320 cm bis max. 60 m zu einem Zielschacht vorgetrieben. Die Förderschnecken haben - vergleichbar mit den Pilotrohren - eine hohle Achse und an der Spitze des Schneckenstranges eine Abschrägung. Je nach Stellung dieser schrägen Ebene zum Boden an der Ortsbrust können beim Vortreiben Steuerbewegungen vorgenommen werden. Dieses Prinzip der sog. 'Steuerschnecke' erlaubt es, die Bodenförderung auch hinsichtlich von Steineinlagerungen zu optimieren, weil hierfür der gesamte Querschnitt des Stahlmantelrohres zur Verfügung steht; die optische Gasse verläuft in der hohlen Achse des drehbaren Schneckenstranges und nicht mehr oberhalb eines gesonderten Förderrohres im Zwischenraum bis zum Mantelrohr. Die Überwachung der Richtungsgenauigkeit erfolgt wiederum mit Hilfe eines Theodoliten mit CCD-Kamera und des Monitors im Startschacht sowie der Diodenzieltafel in der Steuerschnecke. Der erste Verfahrensschritt wird für alle vorzutreibenden Nennweiten mit der gleichen Ausrüstung praktiziert und fördert den Boden mit rechtsdrehendem Schneckenstrang in den Startschacht. Mit der Ankunft von Steuerschnecke und erstem Mantelrohr im Zielschacht beginnt der zweite Verfahrensschritt; eine Aufweitungsstufe mit direkt angetriebenem Bohrkopf wird an das Ende des Stahlrohrstranges angedockt und fördert nunmehr linksdrehend den anstehenden Boden durch den Stahlrohrstrang der ersten Vortriebsstufe in den Zielschacht. Die Größe der Aufweitungsstufe ist von der Nennweite der Produktröhre abhängig.

(Abb. 13).

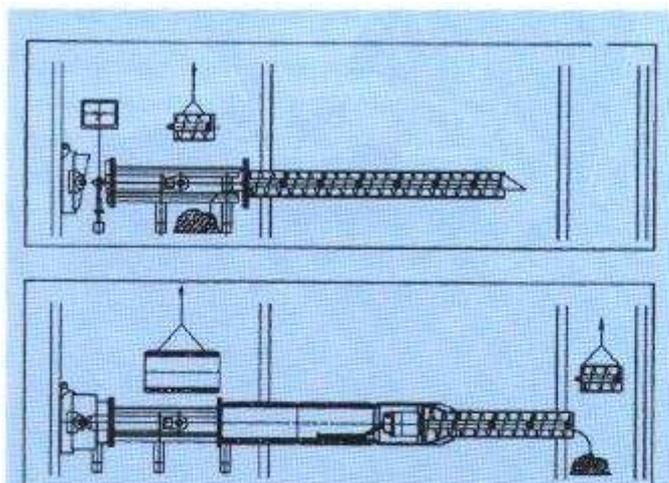


Abb. 13: Zweiphasiger Vortrieb mit Steuerschnecke, Förderschnecken und Aufweitungsstufe rechts- und linksdrehend

Abb. 13: Zweiphasiger Vortrieb mit Steuerschnecke, Förderschnecke und Aufweitungsstufe rechts- und linksdrehend

Schild-Rohrvortriebe

Hier erfolgt der Vortrieb der Produktenrohre bei gleichzeitigem vollflächigen Bodenabbau an der mechanisch und flüssigkeitsgestützten Ortsbrust durch einen direkt angetriebenen, links- wie rechtsdrehenden Bohrkopf.

Im Gegensatz zu den Maschinen mit Schneckenförderung wird bei den Spülfördermaschinen der Boden durch einen geschlossenen Flüssigkeitskreislauf transportiert. Im Regelfall wird Wasser als Fördermedium verwendet. Bei locker gelagerten, nicht bindigen Lockergesteinen ist die Verwendung einer Bentonitsuspension zur Vermeidung von unkontrollierten Bodenentnahmen angebracht. Damit ist dieser Maschinentyp gut geeignet für grobkörnige Bodenarten bei beliebig hohen Grundwasserständen.

Für den Betrieb der Spülförderanlage sind eine Speisepumpe, die in der Regel auf Geländeniveau installiert wird, und eine Saugpumpe im Startschacht erforderlich. Durch entsprechende Steuerung der beiden Pumpen kann an der Ortsbrust jeder notwendige Druck eingestellt und damit jeglichem Wasserdruck entgegengewirkt werden. In alle Spülfördersysteme sind Brecher integriert, damit das abgebaute Material so zerkleinert werden kann, dass der anschließende verstopfungsfreie Transport durch die Förderleitung gewährleistet ist. In Verbindung mit entsprechenden Abbauwerkzeugen sind Spülfördersysteme geeignet, auch große Hindernisse zu durchhörern. Voraussetzung ist die feste Lagerung des Hindernisses im Boden und ein Auftreffwinkel, der keine Ablenkung des Vortriebskopfes verursacht. Wenn der Bohrkopf mit Rollenmeißeln ausgerüstet wird, sind Vortriebe auch im Festgestein und besonders schweren Böden möglich. (Abb. 14).

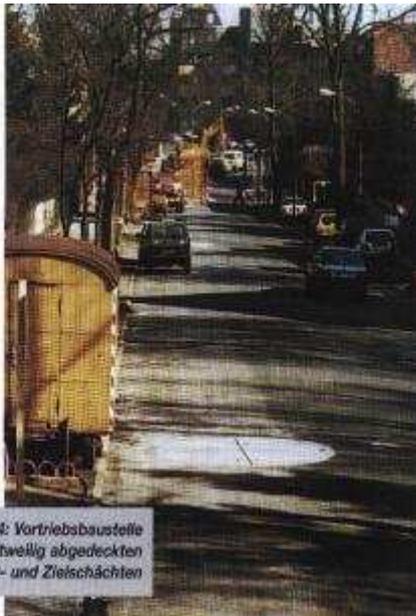


Abb 4: Vortriebsbaustelle mit zeitweilig abgedeckten Start- und Zielschächten

Abb. 14: Felsbohrkopf DN 800 mit Rollenmeißeln

Die Steuerungstechnik unterscheidet sich in der Regel nicht von den zuerst beschriebenen Preßbohr-Rohrvortrieben. Der Anwendungsbereich erstreckt sich von DN 200 bis weit in den Bereich der bemannten Vortriebe hinein und dementsprechend auch - je nach Nennweite - auf Vortriebslängen bis zu mehreren hundert Metern. Abb. 15 zeigt die Hinteransicht einer AVN 800 der Firma Herrenkecht mit target und Versorgungsleitungen.



Abb. 15: Rückansicht einer AVN 800 mit Target und Versorgungsleitungen (Herrenknecht)

Abb. 15: Rückansicht einer AVN 800 mit Target und Versorgungsleitungen (Herrenknecht)

Alle aufgeführten Systeme des Mikrotunnelbaues sind so konzipiert, dass sie wenig Bedienungsaufwand erfordern. Zur Durchführung des Vortriebs allein reichen drei bis vier Mitarbeiter aus. Die Ausdehnung der Baustelleneinrichtung ist gering und die Gerätschaften für den Preßvorgang lassen sich in relativ kleinen Startschächten installieren. So erlaubt es die kompakte Bauweise, die Maschinen einschließlich aller Aggregate in baustellengerechten Stahlcontainern unterzubringen. Sie werden als stationäre Anlagen mit einer Bodenöffnung über den Startschacht gestellt. Die Containerbauweise optimiert nicht nur den Platzbedarf, sondern gestattet darüber hinaus auch ein witterungsunabhängiges Bauen. In Berlin sind Preßbohr-Rohrvortriebe aus beheizten Containern heraus noch bis -20°C betrieben worden. Eine offene Rohrverlegung ist bekanntlich schon bei geringen Kältegraden und gefrorenem Boden nicht mehr möglich. Unternehmen mit Vortriebseinrichtungen können daher auch in sonst umsatzlosen Jahreszeiten Einnahmen erzielen. Sie fördern damit die ganzjährige Arbeit in der Bauwirtschaft und tragen zur Entspannung des Arbeitsmarktes bei.

Alternativ zu den stationären Vortriebscontainern werden auch mobile Einheiten angeboten, bei denen die Baelemente auf einem Anhängermodell montiert sind. Damit werden schnelle Baustellenwechsel ohne Tieflader möglich und Lösungen des Microtunneling auch für kurze Vortriebslängen und kleine Baustellen wirtschaftlich. Dieselaggregate mit integrierten Stromerzeugern sorgen bei dieser Variante für eine völlige Unabhängigkeit vom öffentlichen Elektrizitätsnetz. (Abb. 16).



Abb. 16: Mobile Vortriebseinheit der Firma Soltau

Abb. 16: Mobile Vortriebseinheit der Firma Soltau

4. Entscheidungskriterien für die Wahl von Vortriebssystemen

Sobald am Markt unterschiedliche Systeme vorhanden sind, stellt sich die Frage, welches sinnvollerweise für welche Fälle zum Einsatz kommen sollte. Pauschal lässt sich diese Frage nicht beantworten, weil die Systeme jeweils Vor- und Nachteile haben, die Möglichkeiten des Einsatzes übergreifend und die Randbedingungen der Aufgabenstellungen oft sehr komplex sind.

Wichtig ist, dass der Bauherr bzw. Auftraggeber den potentiellen Ausführenden nicht nur eine zweifelsfreie Planung mit umfassenden Unterlagen vorlegt, sondern insbesondere möglichst genaue und ausreichende Aufschlüsse über die geologischen und bodenmechanischen Gegebenheiten der geplanten Kanaltrasse und über die Grundwasserverhältnisse zur Verfügung stellt. Die Entscheidung über das zum Einsatz vorgesehene Vortriebssystem sollte - auch im Sinne einer vernünftigen Risikoverteilung - letztlich dem Bieter, d.h. der späteren Baufirma vorbehalten bleiben.

Die Investitionen sind für Pressbohr-Rohrvortriebssysteme niedriger. Sie benötigen weniger Platz und Personal, so dass sich für die Einrichtung der Baustelle eine Zeitersparnis bis zu 35 % gegenüber den Schild-Rohrvortriebssystemen ergibt.

Die nachfolgenden beiden Tabellen mit Auswertungen erreichter Vortriebsleistungen, auch unter Berücksichtigung der Rüstzeiten, vermitteln weitere Aufschlüsse. Die erste Zusammenstellung zeigt, dass die mittleren Vortriebsleistungen für Pressbohr-Rohrvortriebe mit steigender Nennweite deutlich abnehmen. Für > DN 500 gehen sie auf ca. 66 bzw. 71 % der für DN 250 erzielten Leistungen zurück.

BWB: Pressbohr-Rohrvortriebe, mittlere Vortriebsleistung je 8 Stunden in m		
	Vortrieb	Vortrieb mit Rüstzeiten
DN 250	9,93	6,08
DN 300	8,61	5,20
DN 400	8,32	4,91
DN 500	8,46	5,00
> DN 500	6,58	4,34

Im Gegensatz dazu ist bei Schild-Rohrvortrieben, also mit hydraulischen Förderungen, eine von den Nennweiten eher unabhängige Vortriebsleistung einschließlich der Rüstzeiten festzustellen.

Die Auswertungen beziehen sich auf rd. 167 000 m Vortriebe bis Ende 1994 in Berlin. Es ist zu berücksichtigen, dass in den Zahlenwerten naturgemäß auch alle örtlichen Randbedingungen, aber auch die Geschicklichkeit und Leistungsbereitschaft der Mitarbeiter vor Ort und der gesamte Background des ausführenden Unternehmens enthalten sind.

BWB: Schild-Rohrvortriebe, mittlere Vortriebsleistung je 8 Stunden in m		
	Vortrieb	Vortrieb mit Rüstzeiten
DN 250	10,83	6,19
DN 300	9,82	5,41
DN 400	11,22	6,52
DN 500	11,91	6,69
DN 600	10,82	6,30
DN 800	11,01	6,00

DN 1000	11,65	6,71
DN 1200	11,99	7,23

Auffallend ist indessen die Tendenz, dass mit Schild-Rohrvortriebssystemen bei Nennweiten \geq DN 400 deutlich höhere Leistungen zu erreichen sind. Das erklärt sich auch damit, dass bei größeren Nennweiten der kontinuierliche Bodentransport durch Spülförderung dem mit Förderkübeln deutlich überlegen ist. Darüber hinaus wirkt sich die höhere Abbau- und Zerkleinerungsleistung insbesondere bei schwierigen Baugrundverhältnissen aus. Der stets direkte Antrieb des Bohrkopfes, die geringeren Verluste gegenüber dem Schneckenantrieb und damit die Möglichkeit, größere Längen aufzufahren, machen sich gleichfalls zugunsten der Spülfördersysteme bemerkbar.

Die Wahl des Vortriebssystems mit den jeweils erforderlichen Abbauwerkzeugen wird jedoch am stärksten durch die geologischen Verhältnisse und den Grundwasserstand beeinflusst. Hierzu wird auf eine Veröffentlichung von W. Becker; Berlin über „Möglichkeiten und Grenzen des Mikrotunnelbaues unter Berücksichtigung der Abbauwerkzeuge“ verwiesen. (Sonderdruck aus der Zeitschrift „Tiefbau“, Heft 7/1996, zu beziehen bei Steinzeug GmbH 50858 Köln, Max-Planck-Straße 6). In dem Beitrag werden unter Zugrundelegung der Bodenklassifikationen nach den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen, ATV DIN 18319, VOB Teil C' Empfehlungen zur Auswahl geeigneter Vortriebssysteme gemacht.

5. Anwendungen des Mikrotunnelbaues

Mit den auf dem Markt verfügbaren Vortriebssystemen sind Bauaufgaben für alle in Kanalisationen vorkommenden Nennweiten sowohl für Erweiterungs- wie auch für Erneuerungsmaßnahmen möglich. Auch Ei-Querschnitte, die wegen ihrer hydraulischen Vorzüge eine gewisse Renaissance in der Abwassertechnik erleben, können unterirdisch vorgetrieben werden. Das äußere Profil muß natürlich als Kreisquerschnitt gestaltet und darüber hinaus gewährleistet werden, dass die Sohllinie exakt eingehalten wird. Das setzt einen verrollungsfreien Vortrieb voraus, der bei Verbindung benachbarter Rohre durch Scherbolzen und beim Einsatz von Maschinen mit Spülförderung und damit rechts- wie linksdrehenden Bohrköpfen erreicht werden kann.

Folgende Aufgabenstellungen sind lösbar:

- Die unterirdische Herstellung von Anschlußleitungen und Hausanschlußkanälen als Sacklochbohrung oder mit Start- und Zielschächten. Der Startschacht kann sowohl über dem Sammelkanal als auch auf dem Grundstück liegen.
- Die unterirdische Herstellung von Hausanschlußkanälen mit dem unterirdischen Anschluß an Sammelkanäle.
- Die unterirdische Herstellung von Kanälen zur Erweiterung von Abwassernetzen.
- Die unterirdische Herstellung von Kanälen und Hausanschlüssen in einem Taktverfahren (Berliner Bauweise).
- Die Erneuerung von Kanälen durch die unterirdische Verlegung in freien Trassen. Die alten Anlagen dienen bis zur Umschließung der Aufrechterhaltung des Betriebes. Bei erneuerungsbedürftigen Kanälen und Hausanschlüssen ist auch die Anwendung der Berliner Bauweise möglich, ggfs. in Kombination mit dem pipe-eating.
- Die unterirdische Erneuerung von Kanälen durch das Überfahren schadhafter Haltungen (pipe-eating).
- Das unterirdische Auffräsen eines in seiner ursprünglichen Querschnittsgröße nicht mehr benötigten und vorher mit Dämmen verfüllten Kanals.

5.1 Die Berliner Bauweise

Ausgangspunkt war die Überlegung, die zahlreichen Straßenaufbrüche zu reduzieren. Entscheidet man sich lediglich beim Bau des öffentlichen Kanals für den Vortrieb, während die zugehörigen Hausanschlüsse in offener Bauweise hergestellt werden, ergibt sich eine Perforierung der Oberfläche senkrecht zur Straßenachse für jeden einzelnen Hausanschluß. Den heutigen technischen Möglichkeiten wird eine solche Verfahrensweise nicht gerecht. Abhilfe schafft die Berliner Bauweise, die in der konsequenten Anwendung von gesteuerten Rohrvortrieben für Sammel- und Anschlußkanäle in einem Taktverfahren besteht.

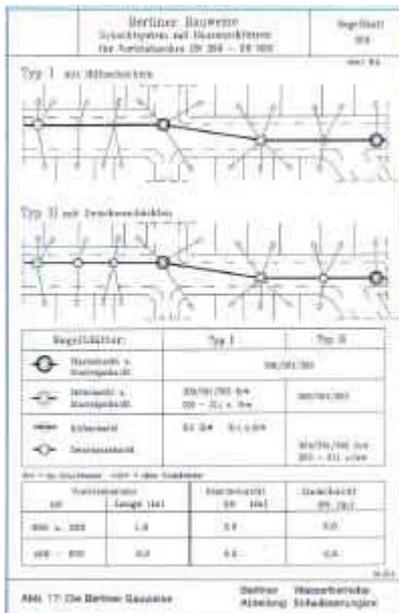
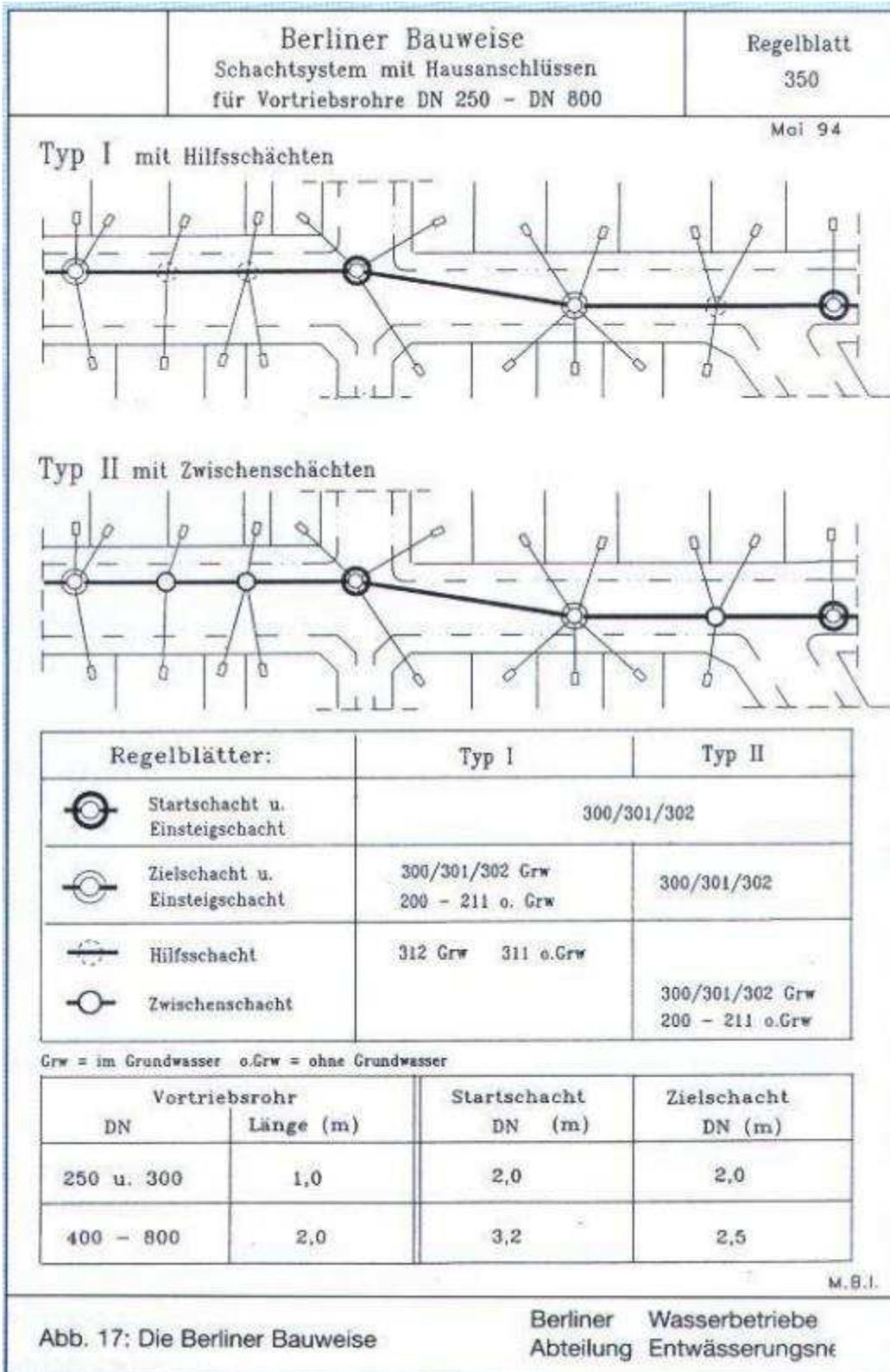


Abb. 17: Berliner Bauweise - Schachtsystem mit Hausanschlüssen für Vortriebsrohre DN 250 - DN 800



Vorschau: Abb. 17: Berliner Bauweise - Schachtsystem mit Hausanschlüssen für Vortriebsrohre DN 250 - DN 800

Bitte klicken Sie auf das Bild um eine Vollbildansicht zu sehen

Hierbei können für Nennweiten \leq DN 800 vorgefertigte zylindrische Start und Zielschächte mit Innendurchmessern von 2000 bzw. 3200 mm und Vortriebsrohre mit Baulängen von 1000 und 2000 mm verwendet werden. Abb. 18 zeigt einen 3,20 m weiten Startschacht mit einem Schild-Rohrvortrieb von Steinzeugrohren DN 500.

Bei größeren Nennweiten als DN 800 müssen in der Regel rechteckige Baugruben angelegt werden. Alternativen für alle Nennweiten sind bewehrte Startschächte aus Spritzbeton, die sich gut bei beengten Verhältnissen anwenden lassen oder die aus England kommenden ONE-PASS-SHAFT LININGS. Letztere sind vorgefertigte und vor Ort zusammensetzbare Beton-Tübbings, die für eine Vielzahl von Innendurchmessern zwischen 1,52 m und 10,67 m verfügbar und wiederverwendbar sind.

Die für den Vortrieb der Straßenkanäle notwendigen Schächte sind auch Ausgangspunkt für den Vortrieb der Hausanschlußkanäle, die sternförmig zu den Grundstücken vorgetrieben werden. Bei geschickter Anordnung der Schächte entsprechend den örtlichen Gegebenheiten können aus einem Schacht mehrere Grundstücke erreicht werden, ohne dass Überlängen für den jeweiligen Hausanschluß entstehen oder fremde Grundstücke unterfahren werden müssen.

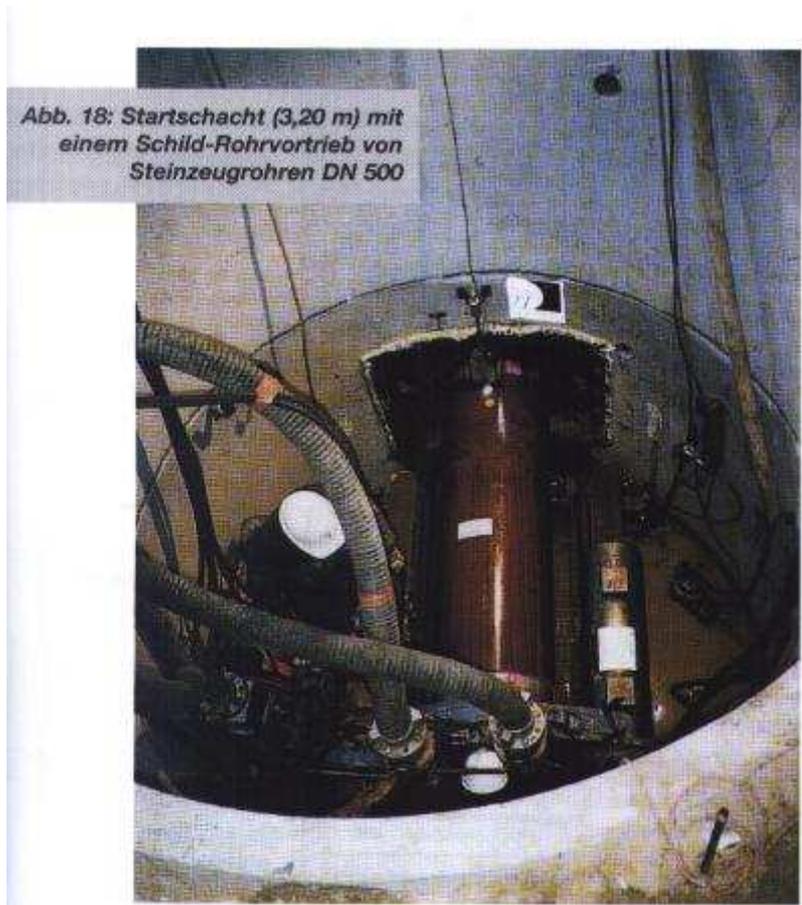


Abb. 18: Startschacht (3,20 m) mit einem Schild-Rohrvortrieb von Steinzeugrohren DN 500

Abb. 18: Startschacht (3,20 m) mit einem Schild-Rohrvortrieb von Steinzeugrohren DN 500

Bei der Berliner Bauweise Typ 1 werden die von den Start- oder Zielschächten aus nicht erreichbaren Grundstücke - gleichfalls sternförmig - von abgeteuften 'Hilfsschächten' aus erschlossen. Im 'Hilfsschacht' werden die Anschlußkanäle über senkrechte Aufständungen und Formstücke an den Sammelkanal angeschlossen. Liegt dieser oberhalb des Grundwassers, wird der 'Hilfsschacht' aus Linerplate-Ringen nach dem vollendeten Vortrieb des Sammelkanals abgeteuft und nach Herstellung der Anschlußkanäle zur Wiederverwendung gezogen.

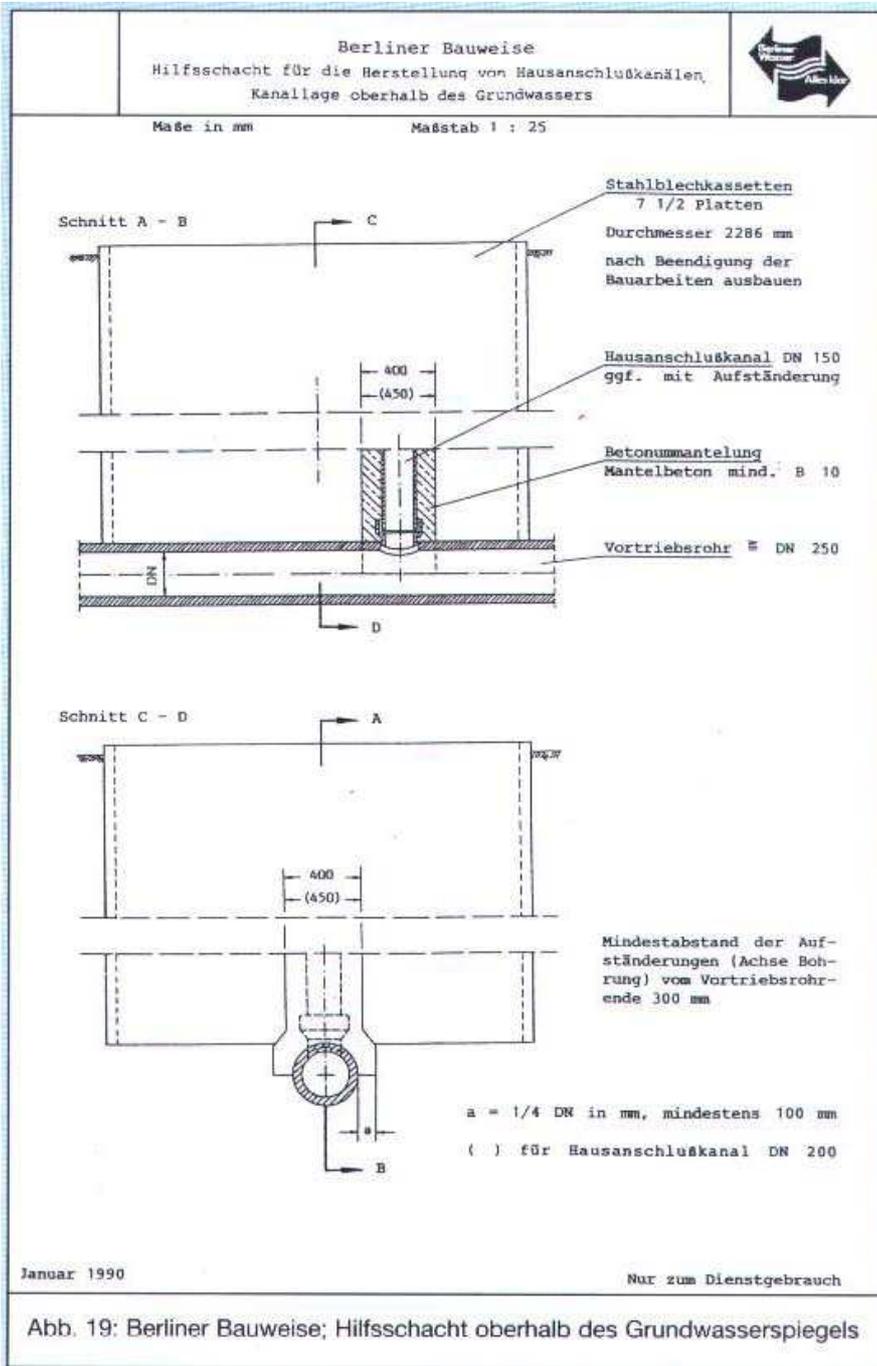


Abb. 19: Berliner Bauweise; Hilfsschacht oberhalb des Grundwasserspiegels

Vorschau: Abb. 19: Berliner Bauweise - Hilfsschacht für die Herstellung von Hausanschlußkanälen, Kanallage oberhalb des Grundwassers
 Bitte klicken Sie auf das Bild um eine Vollbildansicht zu sehen

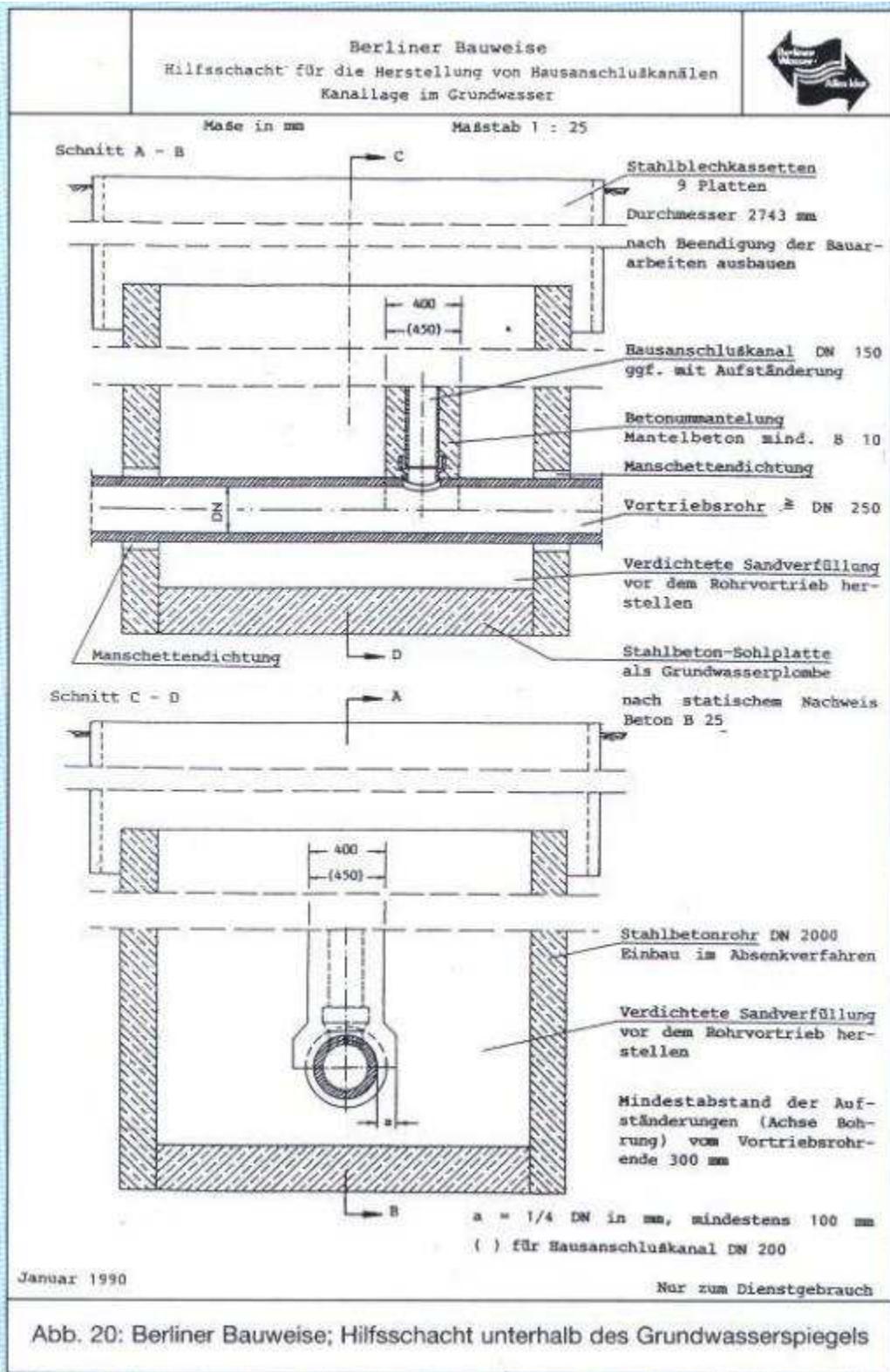


Abb. 20: Berliner Bauweise; Hilfsschacht unterhalb des Grundwasserspiegels

Vorschau: Abb. 20: Berliner Bauweise - Hilfsschacht für die Herstellung von Hausanschlußkanälen Kanallage im Grundwasser

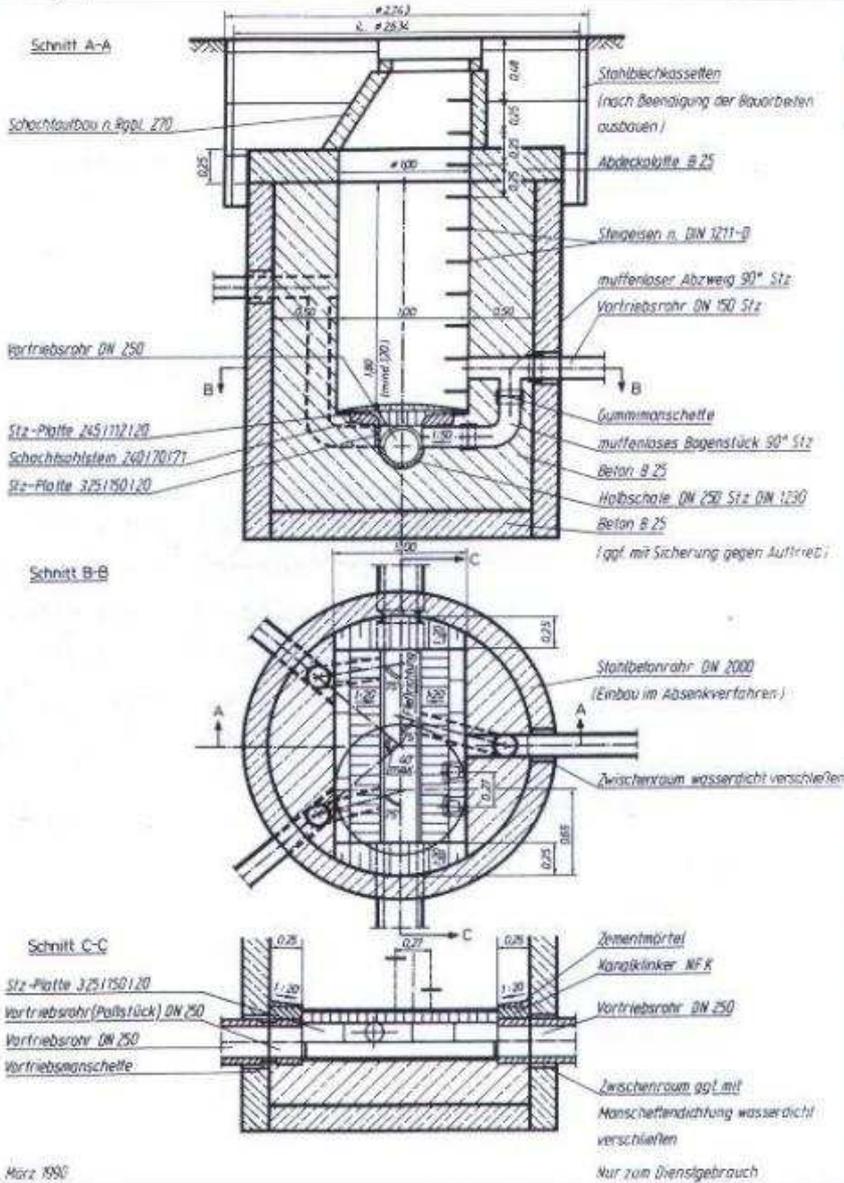


Abb. 21: Berliner Bauweise; Start-, Zielschacht ausgebaut als Einsteigschacht

Vorschau: Abb. 21: Berliner Bauweise - Einsteigschacht für Rohrvortriebe DN 250 und DN 300 mit Hausanschlüssen

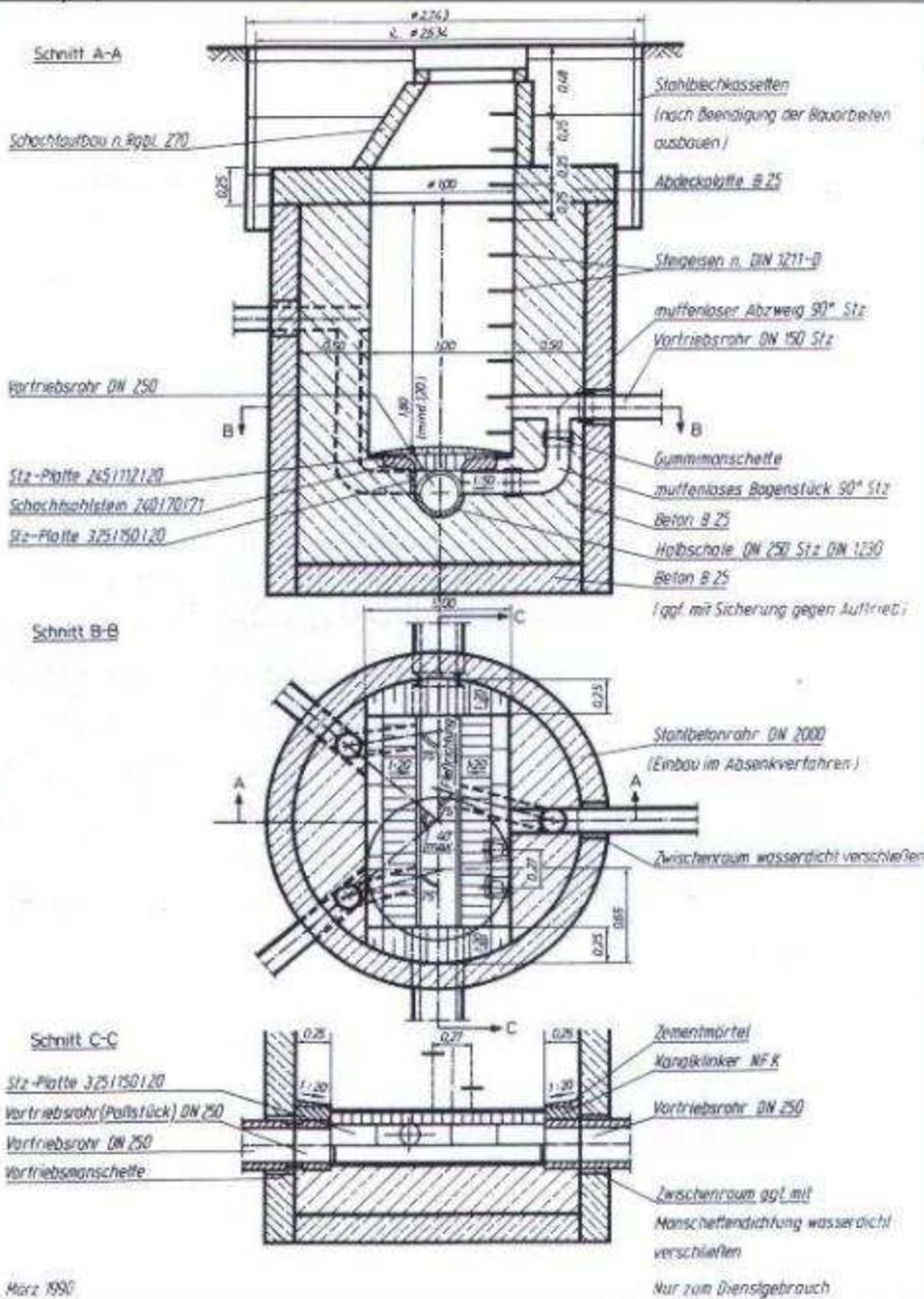


Abb. 21: Berliner Bauweise; Start-, Zielschacht ausgebaut als Einsteigschacht

Vorschau: Abb. 22: Berliner Bauweise - Start-/Zielschacht mit eingebautem Einsteigschacht

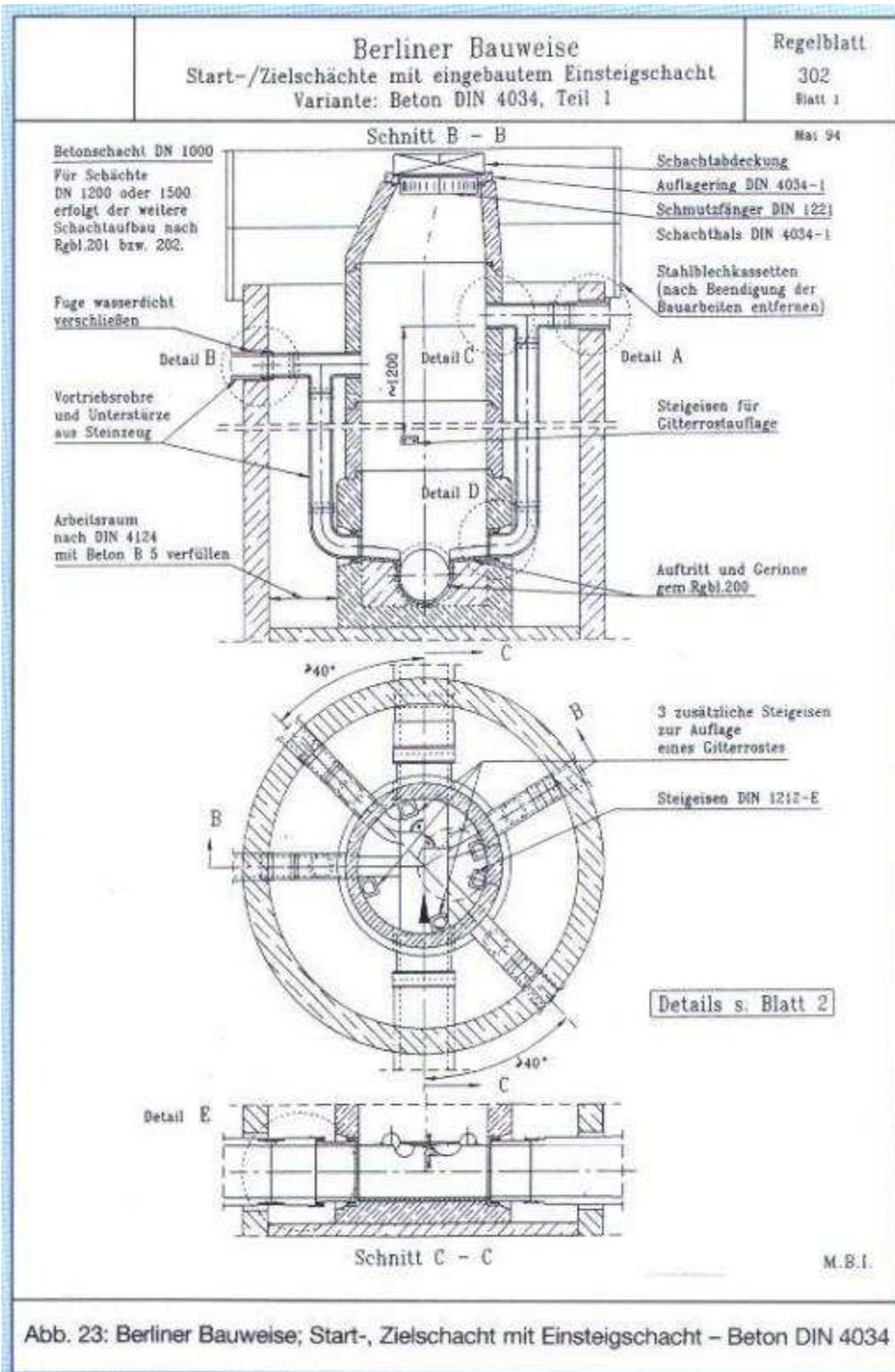


Abb. 23: Berliner Bauweise; Start-, Zielschacht mit Einsteigschacht – Beton DIN 4034

Vorschau: Abb. 23: Berliner Bauweise - Start-/Zielschacht mit eingebautem Einsteigschacht

Wenn der Sammelkanal im Grundwasser liegt, werden für die 'Hilfsschächte' vorgefertigte Stahlbetonschächte gewählt und vor Beginn aller Vortriebe abgesenkt. Sie werden ebenso wie die Start- und Zielschächte unterhalb der Kanalsohle mit einer auftriebsicheren Betonplombe druckwasserdicht verschlossen. Der Rohrvortrieb erfolgt dann durch vorbereitete Öffnungen mit Dichtungsmanschetten gegen das drückende Grundwasser vom Start- zum Zielschacht, durch die im Erdreich verbleibenden 'Hilfsschächte' hindurch. (Abb. 20). Im letzten Takt werden die Start- und Zielschächte zu Einsteigschächten mit den üblichen Abmessungen ausgebaut.

Bei der Berliner Bauweise Typ II treten an die Stelle der 'Hilfsschächte' weitere Start-, Ziel-, oder Zwischenschächte mit sternförmigen Anschlüssen der Hausanschlußkanäle, die nach Abschluß der Baumaßnahme reguläre Einsteigschächte der Kanalisation werden. (Abb. 17). Diese Lösung entspricht der Anforderung des ATV A 142, wonach in Wassergewinnungsgebieten der Schutzzone II alle Anschlußkanäle an Schachtbauwerke anzuschließen sind.

Die für die Ausbildung bzw. Umwandlung der Start-, Ziel- und Zwischenschächte in reguläre Einsteigschächte der Kanalisation üblichen Varianten sind aus Abb. 17 in Verbindung mit den Darstellungen auf den Abb. 21 bis 23 zu ersehen. Neben den Schacht-in-Schacht-Varianten sind auch andere Lösungen denkbar. Hier liegt ein weites Feld, das durch innovative und komplexe Lösungen unter Berücksichtigung des späteren Betriebes genutzt werden sollte, denn Schachtbauwerke sind nach wie vor - und insbesondere beim Vortrieb - relativ kostenträchtige Anlagen, bei denen sich mit Sicherheit noch weitere Einsparungen erzielen lassen.

Der strahlenförmige Vortrieb der Anschlußkanäle mit der Einführung in die Einsteigschächte erlaubt eine geringst mögliche Tiefenlage, meistens oberhalb des Grundwasserspiegels. Andererseits sind Absturzleitungen am Schacht erforderlich, die jedoch Änderungen der Fließrichtung zulassen und damit den hydraulisch einwandfreien Anschluß von spitzwinklig gegen die Fließrichtung des Sammelkanals ankommenden Leitungen gewährleisten.

Anschlußkanäle an Einsteigschächte heranzuführen, bietet neben den wirtschaftlichen auch eine Reihe von betrieblichen Vorteilen, insbesondere deswegen, weil an beiden Enden der Rohrleitung Öffnungen bestehen. Dadurch wird die Reinigung und Überprüfung erleichtert. Wegen der technisch einfachen Verschließbarkeit lassen sich Wasserdichtheitsprüfungen schnell und sicher ausführen. Ein so hergestellter Anschlußkanal kann später durch Relining-Verfahren problemlos saniert werden. Vorteilhaft ist auch, dass sich die Zusammensetzung des Abwassers separat von jedem Grundstück überprüfen läßt. Darüber hinaus gibt es keine Formstücke in der Kanalhaltung und damit in der Zukunft weniger Schadensfälle, denn die gegenwärtigen Zustandserfassungen der Abwassernetze zeigen, dass an Anschlußstellen innerhalb der Haltung die meisten Schäden auftreten.

5.2 Das pipe-eating

Die ersten Erfolge mit dem Mikrotunnelbau in Deutschland haben sogleich zu der Überlegung geführt, diese Technik auch für Erneuerungen in der Trasse des alten Kanals anzuwenden, d.h. erneuerungsbedürftige Kanäle mit neuen Vortriebsrohren zu überfahren. Ein solches Verfahren macht die Trassensuche im Querschnitt der ohnehin stark belegten Straßen überflüssig. Gleichzeitig erhält man einen größeren und leistungsfähigeren Kanalquerschnitt, eine Forderung, die sich für viele alte Abwasserkanäle ergibt. Ein Vorteil gegenüber vielen anderen Sanierungsverfahren ist außerdem, dass nach dem Überfahren ein qualitativ hochwertiger neuer Kanal mit einer entsprechend langen Lebensdauer zur Verfügung steht. Die gemeinsamen Überlegungen von Betreibern, Auftragnehmern und Maschinenherstellern führten zu folgender technischen Entwicklung des pipe-eating:

Die Grundausstattung der Maschinen für Preßbohr und Schild-Rohrvortriebe bleibt erhalten, die Stahlgelenkköpfe und Abbaugeräte sind für die neue Aufgabenstellung modifiziert. Sowohl die Schnecken-, wie auch die hydraulische Förderung sind geeignet. Um den Kreislauf der Spülförderung nicht zu unterbrechen, muß der zu erneuernde Kanal entweder vorher verdämmert oder dem Fräskopf ein abdichtendes Packersystem vorausgeschickt werden.

Alle unbewehrten Kanal- oder Rohrwerkstoffe können zerkleinert und durch das Fördersystem abtransportiert werden.

Die Verwendung aller handelsüblichen Vortriebsrohre ist möglich.

Die bei beidseitiger sohlengleicher Einbindung einzelner zu erneuernder Kanalhaltungen erforderlichen exzentrischen Rohrvortriebe sowie seitliche und höhenmäßige Veränderungen gegenüber der vorgefundenen Kanallage werden durch die exakte Steuerbarkeit ermöglicht.



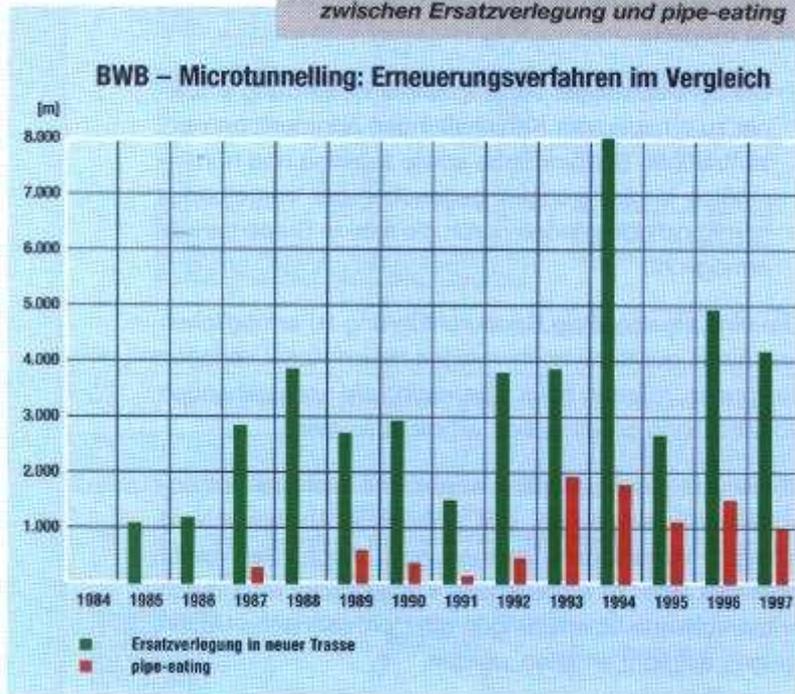
Um eine einwandfreie Baudurchführung zu ermöglichen und einen qualitativ hochwertigen neuen Kanal verlegen zu können, müssen beim pipe-eating die nachstehenden Vorleistungen gewissenhaft erbracht werden:

Vor Beginn des pipe-eating werden die bestehenden Anschlüsse unterbrochen, das anfallende Abwasser wird mittels Hebeanlagen übergepumpt. Auch die Vorflut oberhalb einer zu erneuernden Kanalstrecke muß durch entsprechende Überleitungen oder provisorische Umleitungen aufrecht erhalten werden.

Von besonderer Wichtigkeit ist eine vorherige eindeutige Zustandserfassung hinsichtlich möglicher Versackungen des zu überfahrenden Kanals, damit der neue Kanalquerschnitt eine einwandfreie Auflagerung erhält. Sind die Versackungen zu groß, müssen besondere Maßnahmen ergriffen werden. So kann beispielsweise ein größerer Rohrquerschnitt aufgefahren, eine Tieferlegung des gesamten Abschnitts oder eine örtliche Auffüllung in Erwägung gezogen werden. Die vorherige Kanaluntersuchung muß auch die Anschlußkanäle erfassen. Ist ihr Zustand noch gut, können sie an gleicher Stelle später wieder angeschlossen werden. Wenn indessen auch die Anschlußkanäle erneuert werden müssen, bietet sich das pipe-eating in Kombination mit der Berliner Bauweise an, d.h. der sternförmige Anschluß an Schächte. Abb. 24 zeigt einen pipe-eating-Vortrieb in Berlin; hier wird eine rd. 100 Jahre alte Steinzeugrohr-Haltung DN 180 sohlengleich durch Steinzeug-Vortriebsrohre DN 250 ersetzt.

Ein höherer Verschleiß, die geringere Vortriebsgeschwindigkeit und die Aufwendungen zur Aufrechterhaltung der Vorflut für Hausanschlüsse und oberhalb der Einbaustelle liegende Netzteile macht das pipe-eating teurer als den normalen Rohrvortrieb. Daher ist es bei Erneuerungsmaßnahmen in der Regel wirtschaftlicher - sofern im Straßenquerschnitt eine freie Trasse zur Verfügung steht - dort einen neuen Kanal aufzufahren und den alten zunächst noch zur Aufrechterhaltung der Vorflut zu benutzen. Dennoch ist das pipe-eating bei den immer enger werdenden Räumen unter Straßen von Ballungsräumen und auf Industriegrundstücken sowie für Sonderanwendungen mittlerweile unverzichtbar geworden. Abb. 25 gibt Aufschluß über die Häufigkeit der Anwendung des pipe-eating im Vergleich zur Ersatzverlegung bei den BWB.

Abb. 25: Vergleich der Anwendungen zwischen Ersatzverlegung und pipe-eating



6. Planung und Bauvorbereitung

Für Planung, Entwurf, Ausschreibung, Bauvorbereitung, Durchführung und Abrechnung von Vortrieben gelten neben den allgemeinen Standards die folgenden speziellen technischen Regelwerke, die zu beachten sind:

- Arbeitsblatt ATV A 125 Rohrvortrieb, September 1996
- Arbeitsblatt ATV A 161 Statische Berechnung von Vortriebsrohren, Januar 1990
- Standardleistungsbücher für das Bauwesen, Leistungsbereich 085 Rohrvortrieb, März 1997

DIN 18319 Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Rohrvortriebsarbeiten, VOB, Teil C, Juni 1996

Darüber hinaus sollten auch die einschlägigen Güte- und Prüfbestimmungen vom April 1998 des Güteschutzes Kanalbau 'Gütegemeinschaft Herstellung und Instandhaltung von Entwässerungskanälen und -leitungen e.V.' berücksichtigt werden.

6.1 Arbeitsblatt ATV - A 125 Rohrvortrieb

Ein Leitfaden für die in Planung und Ausführung tätigen Fachleute ist das bereits mehrfach zitierte Arbeitsblatt ATV A 125 Rohrvortrieb. Es beschreibt in zwei Kapiteln alle Verfahren für unbemannt und bemannt arbeitende Rohrvortriebe und gibt deren Anwendungsbereiche an. Im Abschnitt über bauliche und maschinelle Einrichtungen, Vortriebsrohre und Rohrverbindungen sowie Schächte werden erstmalig in einem technischen Standard spezielle Anforderungen an Vortriebsrohre aller Werkstoffe und deren Verbindungen formuliert. Besonders wichtig sind hierbei die zulässigen Toleranzen bei Rohren hinsichtlich der Baulängen, Rechtwinkligkeit der Stirnflächen, Abweichungen von der Geraden und den Rohraußendurchmessern sowie der Sohlengleichheit. Die allgemeinen Anforderungen für die Rohrverbindungen betreffen u.a. die Dichtheit, Abwinkelbarkeit, Querkraftstabilität, Übertragung von Längskräften sowie die Konstruktion der Rohrverbindungen und des Fugenverschlusses. Ziel ist es, diese Anforderungen an Vortriebsrohre in den einschlägigen künftigen Werkstoffnormen zu berücksichtigen. Mit der inzwischen in allen Mitgliedsländern eingeführten EN 295-7 Steinzeugrohre und Formstücke sowie

Rohrverbindungen für Abwasserkanäle und -leitungen - Teil 7: Anforderungen an Steinzeugrohre und Verbindungen beim Rohrvortrieb; Deutsche Fassung DIN EN 295-7:1993 ist dies schon parallel zur Erarbeitung des A 125 sehr frühzeitig und sogar auf europäischer Ebene geschehen.

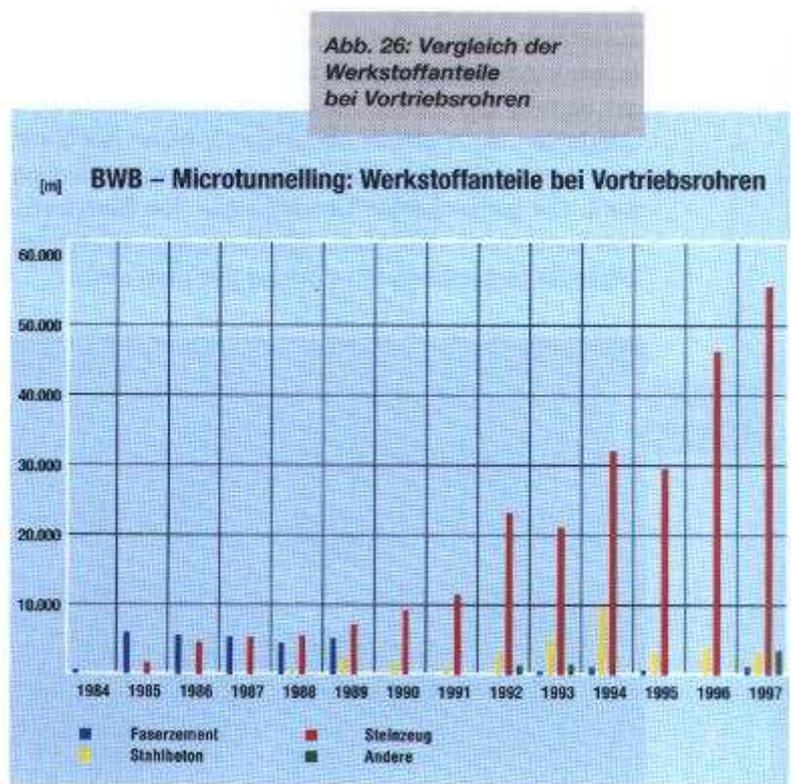


Abb. 26 zeigt die Werkstoffanteile bei den BWB in Berlin verwendeter Vortriebsrohre.

Ein Kapitel über vorbereitende Planungen enthält u.a. die weiter vorn schon aufgeführten max. Abweichungen von der Soll-Lage sowie Anforderungen an die Bestandsaufnahme über vorhandene Baulichkeiten und Einrichtungen, Baugrund- und Grundwasserverhältnisse und Angaben zu Setzungen. Mit der Deklaration bevorzugter Nennweiten soll der bisher auf dem Markt bereits erzielte Rationalisierungseffekt hinsichtlich der zahlenmäßigen Beschränkung der Vortriebsköpfe, aber auch der Lagerhaltung für die Rohre gestützt werden. Der Abschnitt Durchführung fordert fachkundige Unternehmen, Vortriebsprotokolle mit den für die einzelnen Vortriebsarten relevanten Parametern. Darüber hinaus werden Abbau und Förderung, Ein- und Ausfahröffnungen, Wasserhaltungen sowie Stütz- und Gleitmittel behandelt. In Sonderkapiteln sind die speziellen Anforderungen bei Vortrieben unter Bahngelände der Deutschen Bahn AG, unter Bundesfern- und Bundeswasserstraßen enthalten. Normative Verweisungen erleichtern die Suche nach weiteren Standards und Vorschriften.

6.2 Arbeitsblatt ATV A 161 Statische Berechnung von Vortriebsrohren

Das Arbeitsblatt A 161 regelt, welche Belastungen für Vortriebsrohre in den verschiedenen Phasen zu berücksichtigen sind, wie die Bemessung erfolgt und der Sicherheitsnachweis zu führen ist. Grundsätzlich sind zu unterscheiden:

Bauzustand;	Beanspruchung in der Rohrachse
	Beanspruchung quer zur Rohrachse,
Betriebszustand;	Beanspruchung quer zur Rohrachse
	Dauerfestigkeitsnachweis,
Mindestbemessung;	Beanspruchung aus Zwängungskräften.

Die Rohrhersteller sind in der Regel bereit, die statischen Berechnungen für Vortriebsrohre aufzustellen und haben hierfür Formblätter für die Kunden vorbereitet, in die sowohl die örtlichen Randbedingungen wie auch die jeweiligen Vortriebsparameter einzutragen sind.

6.3 Standardleistungsbücher Leistungsbereich 085 Rohrvortrieb

Die Ausschreibungstexte des Standardleistungsbereichs Rohrvortrieb ermöglichen es, alle im A 125 enthaltenen Vortriebsverfahren in konkrete Ausschreibungen umzusetzen. Die standardisierten Texte beschreiben die Leistungen so eindeutig und erschöpfend, dass die Preise sicher berechnet werden können. Damit ist zugleich die Basis gegeben, auch die Bauleistungen von Vortriebsarbeiten automatisch zu vergeben und abzurechnen. Die Texte sind konform zu den Anforderungen der VOB und der technischen Standards. Der modulartige Aufbau der Texte aller Standardleistungsbücher schafft mit Hilfe der EDV die Möglichkeit, die gewünschten Textkombinationen schnell zusammensetzen und darüber hinaus auch auf Datenträgern zwischen Auftraggebern, Ingenieurbüros und Auftragnehmern auszutauschen. Damit werden Angebotsprüfungen und Preisvergleiche erleichtert und die Installierung von Preisdateien mit Mittelpreisbildungen ermöglicht. Das ist ein wirkungsvoller Beitrag zur Rationalisierung im Bauwesen, der die Arbeiten zur Auftragsvergabe und Abrechnung vereinfacht und im übrigen auch zu einer Zunahme der Akzeptanz von Rohrvortrieben führen dürfte. Häufig sind nämlich in der Vergangenheit Rohrvortriebe unterblieben, weil die betroffenen Stellen Schwierigkeiten mit der Aufstellung entsprechender Leistungsverzeichnisse hatten. Das Standardleistungsbuch hat folgende Gliederung:

- Baustelleneinrichtung für Rohrvortrieb
- Start-, Ziel- und Zwischenbaugruben
- Vortriebsrohre, Rohrvortrieb
- Rohrvortrieb in Sonderbereichen, Zulagen zum Rohrvortrieb, Schutzmaßnahmen
- Tragwerksplanung, Planung besonderer Anlagen
- Beweissicherung
- Vermessungsleistungen, Bestandspläne
- Messungen, Meßpunkte

- Dokumentation
- Verwertung, Entsorgung.

6.4 DIN 18319 Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Rohrvortriebsarbeiten

Wenn für einen Bauvertrag die VOB vereinbart wird, sind die ggfs. anfallenden Arbeiten von Rohrvortrieben gemäß den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen innerhalb des Teils C der VOB auszuschreiben (DIN 18319). Zu deren Geltungsbereich gehören alle hier aufgeführten Verfahren. Nicht in den Geltungsbereich fallen Erdarbeiten für das Herstellen der Schächte oder Gruben und der Abtransport des Bodens. Auch Verbauarbeiten für Baugruben, Arbeiten im Zusammenhang mit Wasserhaltungen und übliche Rohrverlegungen sind im Leistungsverzeichnis gesondert zu erfassen.

Die Bodenklassifikationen entsprechen den Besonderheiten des Vortriebs. Es gibt

- 6 Klassen für nichtbindige Lockergesteine ≤ 63 mm Korngröße mit den Hauptbestandteilen Sand und Kies entsprechend ihrer Lagerungsdichte (locker, mitteldicht, dicht) und Korngrößenverteilung
- 6 Klassen für bindige Lockergesteine ≤ 63 mm Korngröße mit den Hauptbestandteilen Schluff, Ton, bzw. Sand, Kies mit hohen Massenanteilen von Schluff und Ton entsprechend ihrer Konsistenz (breiig-weich, steif-halbfest, fest)
- 4 Zusatzklassen für Lockergesteine mit Korngrößen > 63 mm entsprechend dem Massenanteil der Steine und ihrer Größe
- 8 Klassen für Festgesteine entsprechend ihrer einaxialen Druckfestigkeit und dem Trennflächenabstand
sonstige Stoffe (z.B. Halden des Bergbaus oder unter Mülldeponien)

Mit dieser detaillierten Klassifizierung wird berücksichtigt, dass der Auftragnehmer für die Auswahl des Vortriebsverfahrens und seine Kalkulation genaue Kenntnisse über den Boden haben muß. Die Ausschreibung für einen Rohrvortrieb muß folgende Positionen umfassen:

- Das Herstellen und Verfüllen der Start- und Zielschächte,
- die Lieferung des Rohrmaterials,
- die Vortriebsarbeiten, getrennt nach Nennweiten und Bodenklassen,
- das Bergen von Hindernissen,
- das Führen von Vortriebsprotokollen entsprechend den Anforderungen des A 125,
- die Bodenabfuhr.

6.5 Hindernisse

Trotz der technischen Fortschritte bei der Durchörterung von Steinen und deren Zerkleinerung durch integrierte Brecher sowie der kontinuierlichen Förderung, führt eine Häufung unvermuteter Hindernisse immer zu einer Verlangsamung des Vortriebs. In ungünstigen Fällen müssen Hindernisse auch geborgen werden, ggfs. mit gleichzeitiger Richtungskorrektur des Steuerkopfes. Dies sind besondere Risiken des Vortriebs, die um so größer werden, je kleiner die Nennweite ist. Steineinlagerungen werden aber auch - sofern es die örtliche Lagerungsdichte zuläßt - entweder seitlich verdrängt oder vor der Ortsbrust hergeschoben. Wenn größere Steine nicht zentrisch angefahren werden, besteht auch die Gefahr, dass der Steuerkopf abgelenkt wird.

Es gibt derzeit noch keine sicheren Methoden, Steinhindernisse schon im Planungsstadium für den definierten Bereich des aufzufahrenden Querschnitts hinreichend genau zu orten. Daher ist es wichtig, immer wieder darauf hinzuweisen, dass der Bauherr hinsichtlich der Risikoverteilung als Besitzer des Bodens anzusehen ist. Er muß in der Planungsphase geologische Karten auswerten und sollte 'historische Recherchen' hinsichtlich der örtlichen Situation durchführen. Baugrundgutachten müssen die notwendigen Informationen und Kenngrößen enthalten, die für die statische Berechnung und den Vortrieb im A 161 und A 125 aufgeführt sind. Die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse sind nach DIN 4022 als Bohrprofile und Rammogramme möglichst in Baugrundlängsschnitten darzustellen. All diese Unterlagen liefern indessen Aussagen, die streng genommen nur für jeweils einen Punkt gelten. Es muß dennoch mit vorher nicht erfaßten Einlagerungen gerechnet werden, so dass in den Ausschreibungen Aussagen über die Abrechnungsmodalitäten zu treffen sind. Folgerichtig bestimmt DIN 18319, dass die Art der Beseitigung von Steinen, die im Hinblick auf den Vortriebsvorgang ein Hindernis darstellen, gemeinsam festzulegen ist, d.h. für das Bergen von Hindernissen ist eine Position im Leistungsverzeichnis vorzusehen. Die Größe der Steine, die Hindernisse darstellen, sind in dieser Position zu definieren. In Berlin hat sich folgende Verfahrensweise bewährt:

Probebohrungen, Ramm- bzw. Drucksondierungen und deren Auswertungen werden in der Regel in Abständen zwischen 50 und 100 m im Bereich der geplanten Trasse durchgeführt und werden Bestandteil der Ausschreibung. Die Wahl des Vortriebssystems ist im Regelfall dem Bieter vorbehalten. Er muß im Angebot jedoch das gewählte System angeben und die Hindernisgröße fixieren, die von der Maschine nicht mehr zerkleinert und gefördert werden kann. Die für das Bergen von Hindernissen oberhalb dieses Durchmessers erforderlichen Baugruben und die während der Zeit der Bergung entstehenden Vorhaltekosten werden gesondert vergütet. Dies geschieht, indem vom Auftraggeber aufgrund von Erfahrungswerten eine bestimmte Anzahl von Bergungsruben in entsprechenden Größen, Tiefenlagen und Verbauarten vorgegeben werden, für die vom Bieter Preise anzugeben sind. Auf diese Weise wird die Hindernisbeseitigung mit der Vorhaltung der Vortriebseinrichtung dem Wettbewerb unterworfen. Dadurch können die Kosten für den Vortrieb risikofreier kalkuliert werden und dem Auftraggeber wird die Angebotsprüfung erleichtert.

Fehlende oder mangelhafte Baugrunderkundungen in Verbindung mit unvollständigen oder fehlerhaften Ausschreibungen führen immer wieder zu Problemen, Pannen und Streitereien im Zuge der Bauausführung. Die Folge ist oft, dass alle Beteiligten verärgert und enttäuscht sind und sich völlig zu Unrecht vom Mikrotunnelbau auf Dauer verabschieden. Deswegen gilt, dass für geschlossene Bauweisen dem Planungs-, Ausschreibungs- und Bauvorbereitungstadium eine größere Bedeutung zukommt, als im konventionellen Kanalbau.

Wie bereits erwähnt, kann der Vortrieb kleiner Nennweiten in hindernisreichen und schweren Böden Probleme bereiten. Sofern gegenüber anderen Lösungen wirtschaftlich vertretbar, ist es in solchen Fällen auch üblich, zur Verringerung des Risikos von Unterbrechungen für die Bergung von Hindernissen, eine zweischalige Variante anzuwenden; es wird zunächst ein größeres und besonders belastbares Vortriebsrohr - z.B. DN 500 - mit einem stärkeren Vortriebssystem vorgetrieben und in ihm anschließend der betrieblich erforderliche kleinere Rohrstrang untergebracht.

Alternativ kann auch ein sog. „Verbundrohr“ verwendet werden. Es besteht aus einem inneren Rohr entsprechend der betrieblich benötigten Nennweite und einer variablen Beton- bzw. Stahlbetonummantelung.

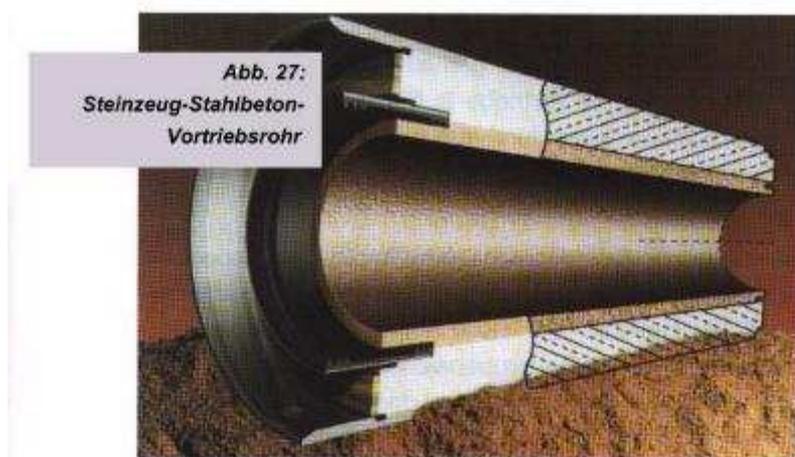


Abb. 27 zeigt ein solches Steinzeug-Stahlbeton-Vortriebsrohr DN 400/Außendurchmesser 860 mm.

6.6 Der Güteschutz Kanalbau

Gemäß A 125 dürfen mit der Durchführung von Rohrvortrieben nur fachkundige Unternehmen betraut werden, die über erfahrenes Personal und geeignete Einrichtungen verfügen. Der Nachweis der Leistungsfähigkeit gilt als erbracht, wenn das Unternehmen im Besitz des entsprechenden Zertifikates der Gütegemeinschaft „Güteschutz Kanalbau“ ist. Die Güte- und Prüfbestimmungen enthalten für den Bereich des Mikrotunnelbaues die beiden Beurteilungsgruppen V3 und V2;

- V3 umfaßt die grabenlose Herstellung von Entwässerungskanälen und -leitungen aller Werkstoffe \leq DN 250.
- V2 umfaßt die grabenlose und unbemannte Herstellung von Entwässerungskanälen und -leitungen aller Werkstoffe und Nennweiten durch steuerbare Rohrvortriebsanlagen mit automatischer Aufzeichnung der Vorpreßkräfte und kontinuierlicher Aufzeichnung der Lageabweichung.

In den Allgemeinen und Speziellen Anforderungen sowie hinsichtlich der Ausstattung der Unternehmen werden in den Güte- und Prüfbestimmungen beider Gruppen u.a. besondere Erfahrungen und Zuverlässigkeit der Unternehmen und des eingesetzten Personals sowie steuerbare Rohrvortriebsanlagen verlangt. Die Anforderungen sind auch von Subunternehmern zu erfüllen.

Im April 1998 verzeichnete der Güteschutz Kanalbau für die Beurteilungsgruppe

- V2 72 zertifizierte Firmen und für
- V3 49 zertifizierte Firmen.

Weitere 19 Anträge lagen vor. Die Auftraggeber haben mithin eine große Auswahl an leistungsfähigen Firmen, die den notwendigen Wettbewerb ermöglichen. Im Einklang mit den Anforderungen des A 125 und einer fachgerechten Ausführung sollten die Auftraggeber folgenden VOB-konformen Text in die ergänzenden Vertragsbedingungen aufnehmen:

Bewerber müssen die erforderliche Fachkunde, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit sowie eine Gütesicherung - bestehend aus Fremd- und Eigenüberwachung - nachweisen. Die Anforderungen der RAL-Güte- und Prüfbestimmungen GZ 961 sind zu erfüllen. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn das Unternehmen im Besitz des entsprechenden RAL-Gütezeichens der Gütegemeinschaft „Güteschutz Kanalbau“ ist. Ersatzweise kann ein Fremdüberwachungsvertrag für die jeweilige Einzelmaßnahme vorgelegt werden. Dabei sind die Anforderungen der RAL-Güte- und Prüfbestimmungen GZ 961 zu erfüllen.

Wegen der Schwierigkeit von Vortriebsmaßnahmen stellen diese ganz spezielle Anforderungen mit entsprechenden Kenntnissen, die nur von einer beschränkten Anzahl von Kanalbauunternehmen zu erbringen sind. Ein Blick auf die Zahl der innerhalb der letzten 10 Jahre - seit Bestehen des Güteschutzes Kanalbau - erteilten Zertifikate belegt dies. 1236 Beurkundungen für die Beurteilungsgruppen A1 und A2 der offenen Kanalbauweisen stehen insgesamt 169 Zertifikate für unbemannte und bemannte Vortriebe gegenüber. Daher empfiehlt es sich für die Auftragsvergabe von Vortriebsmaßnahmen als Wettbewerbsform die Beschränkte Ausschreibung bzw. die Beschränkte Ausschreibung nach öffentlichem Teilnahmewettbewerb vorzusehen.

7. Die Wirtschaftlichkeit

Es gibt noch immer die weit verbreitete Meinung, dass die grabenlosen Kanalbauweisen sehr teuer und allenfalls in großen Tiefenlagen oder bei speziellen Aufgabenstellungen gegenüber dem konventionellen Kanalbau kostengünstiger sind. Diese irrtümliche Auffassung vieler Auftraggeber ist der Grund dafür, dass in manchen Regionen überhaupt noch kein Wettbewerb zwischen beiden Bauweisen stattgefunden hat. Der Mikrotunnelbau hat sich zwar in einigen Schwerpunktgebieten längst als wirtschaftlichere Alternative durchgesetzt und weist auch insgesamt in Deutschland kontinuierliche Wachstumsraten auf, findet aber noch immer nicht die breite Aufmerksamkeit, die ihm aufgrund seiner technischen Möglichkeiten und umweltrelevanten Vorzüge zukommt.

Die Baukosten von Kanalbaumaßnahmen sind von den örtlichen Gegebenheiten, Auflagen und vielen Randbedingungen abhängig. Auch das jeweilige Preisniveau und die Auslastung der Firmen sowie die aktuelle konjunkturelle Situation spielen eine Rolle. Es ist daher unmöglich, für alle Regionen eine allgemein zutreffende Aussage über die Kosten zu machen. Der sicherste Weg, die jeweils wirtschaftlichste Lösung herauszufinden, besteht darin, die Projekte alternativ auszuschreiben. Wird dies über einen längeren Zeitraum praktiziert, erhält man recht bald einen sicheren Überblick der Marktsituation und ist in der Lage zu beurteilen, wann welches Bauvorhaben wirtschaftlicher eingesetzt werden kann.

Dennoch erlaubt die große Zahl der in Berlin beauftragten und durchgeführten Maßnahmen bestimmte Aussagen und einen Vergleich mit der offenen Bauweise. Diese Aussagen sind repräsentativ und die in ihnen enthaltenen Tendenzen können übertragen werden. Auf der Grundlage von Angebotspreisen der Jahre 1997 und 1998 sind nachfolgend in 4 Fallbeispielen Kostenvergleiche zwischen offener Bauweise und dem Mikrotunnelbau erstellt worden. Um die Wirtschaftlichkeitsvergleiche noch im Rahmen der vorliegenden Studie plazieren zu können, mußten folgende, die Berechnungen begrenzende Randbedingungen festgelegt werden:

- Alle Ermittlungen beziehen sich auf Baumaßnahmen oberhalb des Grundwassers. Für Vorhaben im Grundwasser würden sich die Kosten noch weiter zugunsten des Microtunnelling verschieben.
- Betrachtet wird der Einbau von Steinzeugrohren gemäß DIN EN 295 der Nennweiten DN 200, 250, 300, 400, 500, 600 und 800 in Verlegetiefen von 1.75, 3.00, 4.00 und 5.00 m. Zwischentiefen sind in den Darstellungen interpoliert bzw. für die Verlegetiefe von 6,00 m extrapoliert worden.
- Die Oberfläche in den Fallbeispielen:
 - unbefestigt (Abb. 28)
 - Verbundsteinpflaster in Kiesbettung (Abb. 29)
 - Betondecke (Abb. 30)
 - Bitu-Decke (Abb. 31).

Weitere Festlegungen:

- Mindestgrabenbreiten nach DIN EN 1610
- Bodenaushub als Mittelwert für die Klassen 3, 4 und 5
- 50 %ige Bodenauswechslung, d.h. Anfuhr von Füllboden zur Gewährleistung einer ordnungsgemäßen Verdichtung
- Abstand der Einsteigschächte 60 m
- Wasserdichtheitsprüfung für alle Kanäle und Einsteigschächte
- Breite der aufzunehmenden Streifen beiderseits der Leitungsgräben vor der endgültigen Fahrbahnwiederherstellung gemäß den Zusätzlichen Technischen Vorschriften für Leitungsbauarbeiten (ZTVL)
- Verlegeplan der offenen Bauweise: in jeder Haltung 6 Abzweige sowie Gelenkstücke jeweils an den Einsteigschächten
- Verlegeplan des Mikrotunnelbaues: Abstand der Start- und Zielschächte aus Stahlbeton jeweils 120 m. Startschächte für Vortriebe £ DN 300 mit 2,00 m Innendurchmesser, im oberen Bereich Stahlblechkassetten (Liner-Plates), für Zielschächte bei Vortrieben £ DN 300 aus Stahlblechkassetten (Liner-Plates) mit 2,00 m Innendurchmesser Als Einsteigschacht ausgebauter Startschacht gemäß Abb. 21. Start- und Zielschächte für Vortriebe ³ DN 400 aus Stahlbeton mit 3,20 m Innendurchmesser, im oberen Bereich Stahlblechkassetten (Liner-Plates). Innerer Einsteigschacht gemäß Abb. 23.

Wenn man die Kostenanteile der offenen Kanalverlegung analysiert, so sind der Bodenaushub mit Verbau, die Bodenauswechslung, der Bodeneinbau mit Verdichtung und Rückbau der Baugrubensicherung sowie der Aufbruch und die Wiederherstellung der Straßenbefestigung die bedeutenden Positionen. Mit zunehmender Tiefenlage wächst der Anteil für den Leitungsgraben, in etwa gleichem Maße nimmt die Bedeutung der Oberflächenbefestigung ab. Rohranlieferung und -verlegung sowie die Herstellung der Einsteigschächte spielen eine eher untergeordnete Rolle.

Bei der geschossenen Bauweise dominiert - weitgehend unabhängig von den Nennweiten, Tiefenlagen und Oberflächenbefestigungen - immer der eigentliche Vortriebsvorgang einschließlich der Vortriebsrohre mit über 60 % bis 70 % Kostenanteil. Danach folgen die Start- und Zielschächte mit maximal fast 25 % der Gesamtkosten. Durch innovative Lösungen für die Konstruktion der Elemente von Start- und Zielschächten, aber auch durch Vergrößerung der Vortriebslängen und die Ausnutzung der größten betrieblich vertretbaren Haltungslängen könnten hier Einsparmöglichkeiten aktiviert werden. Eine relativ untergeordnete Rolle spielen die Kosten für die integrierten Einsteigschächte, und erwartungsgemäß nahezu bedeutungslos sind die Kosten für den Aufbruch und die Wiederherstellung der Oberflächen.

Die 4 Diagramme zeigen hinsichtlich der Kosten die relative Unabhängigkeit der Vortriebe von der Tiefenlage des Kanals. Die Schnittpunkte zugeordneter Kurven bedeuten jeweils Kostengleichheit. Man sieht, dass Vortriebe schon in geringer Tiefenlage wirtschaftlicher sein können, insbesondere dann, wenn eine wertvolle Straßenbefestigung betroffen ist. Die in den nachfolgenden Abschnitten aufgeführten

Grenztiefen der Wirtschaftlichkeit würden sich noch weiter und sehr viel deutlicher zugunsten von Rohrvortrieben verschieben, wenn beispielsweise

- Grundwasserhaltungen eingesetzt werden müssten,
- ungünstigere Bodenverhältnisse vorlägen und ggfs. eine vollständige Auswechslung gegen verdichtungsfähigen Füllboden erforderlich wäre,
- vorherige Leitungsumlegungen bzw. Sicherungsmaßnahmen an Bauwerken, Leitungen oder anderen Einrichtungen im Böschungsbereich offener Baugruben gefordert würden,
- Handschachtungen erforderlich wären,
- örtliche Gegebenheiten zu einem aufwendigen Baugrubenverbau zwingen würden,
- Verkehrsumleitungen, Lichtsignalanlagen usw. als zusätzliche Maßnahmen bei der offenen Bauweise verfügt würden.

7.1 Kostenvergleich Kanalbau; Oberfläche unbefestigt

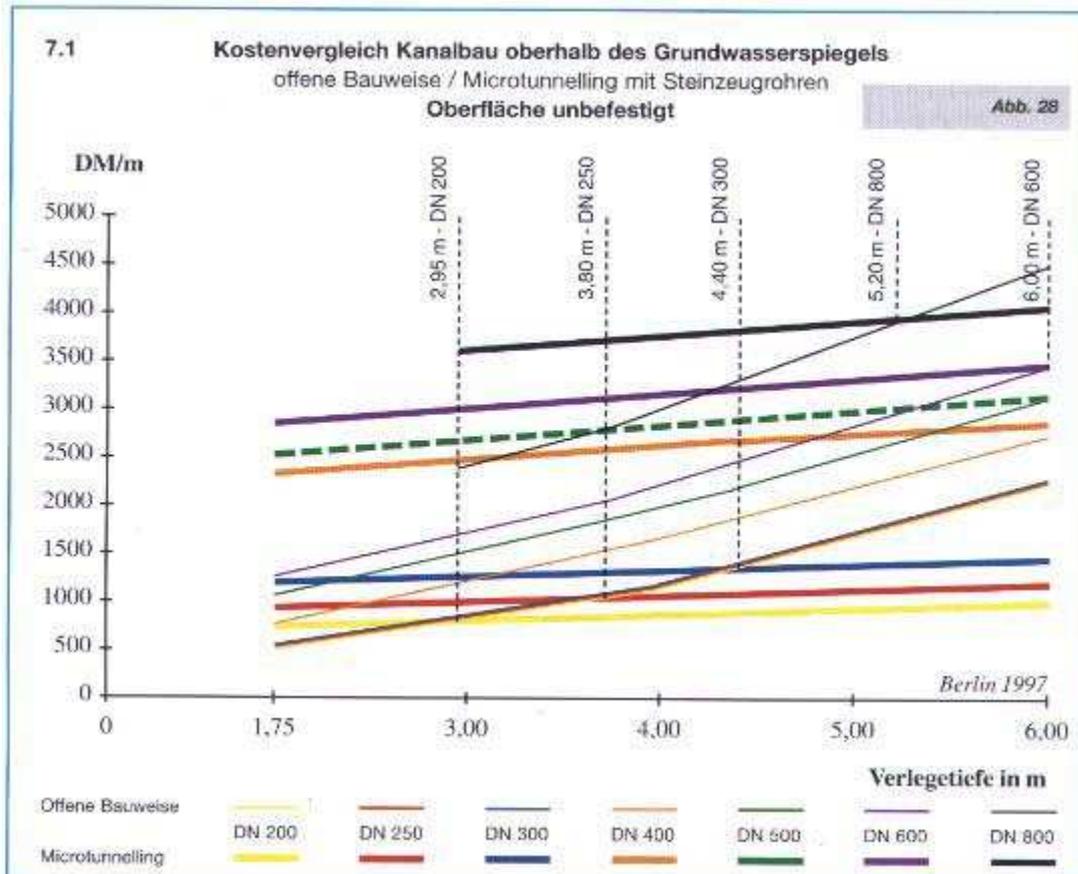


Abb. 28: Kostenvergleich Kanalbau; Oberfläche unbefestigt

Bei unbefestigter Oberfläche sind Vortriebe für

DN 200 bei Verlegetiefen	> rd. 2,95 m
DN 250	> rd. 3,80 m
DN 300	> rd. 4,40 m
DN 600	> rd. 6,00 m
DN 800	> rd. 5,20 m

wirtschaftlicher als die offene Verlegung, dass der Schnittpunkt der Wirtschaftlichkeit für die Nennweiten DN 400 und DN 500 im betrachteten Spektrum der Verlegetiefen bis 6,00 m nicht erreicht wird, liegt an den hohen Kostenanteilen für die Start- und Zielschächte. Bei DN 400 wechselt der Innendurchmesser von 2,00 auf 3,20 m, so dass bei Verlegetiefen von 5,00 m die Kostenanteile für Start- und Zielschächte beispielsweise 29 % bzw. 26 % der Gesamtkosten betragen.

7.2 Kostenvergleich Kanalbau; Oberfläche Verbundsteinpflaster in Kiesbettung

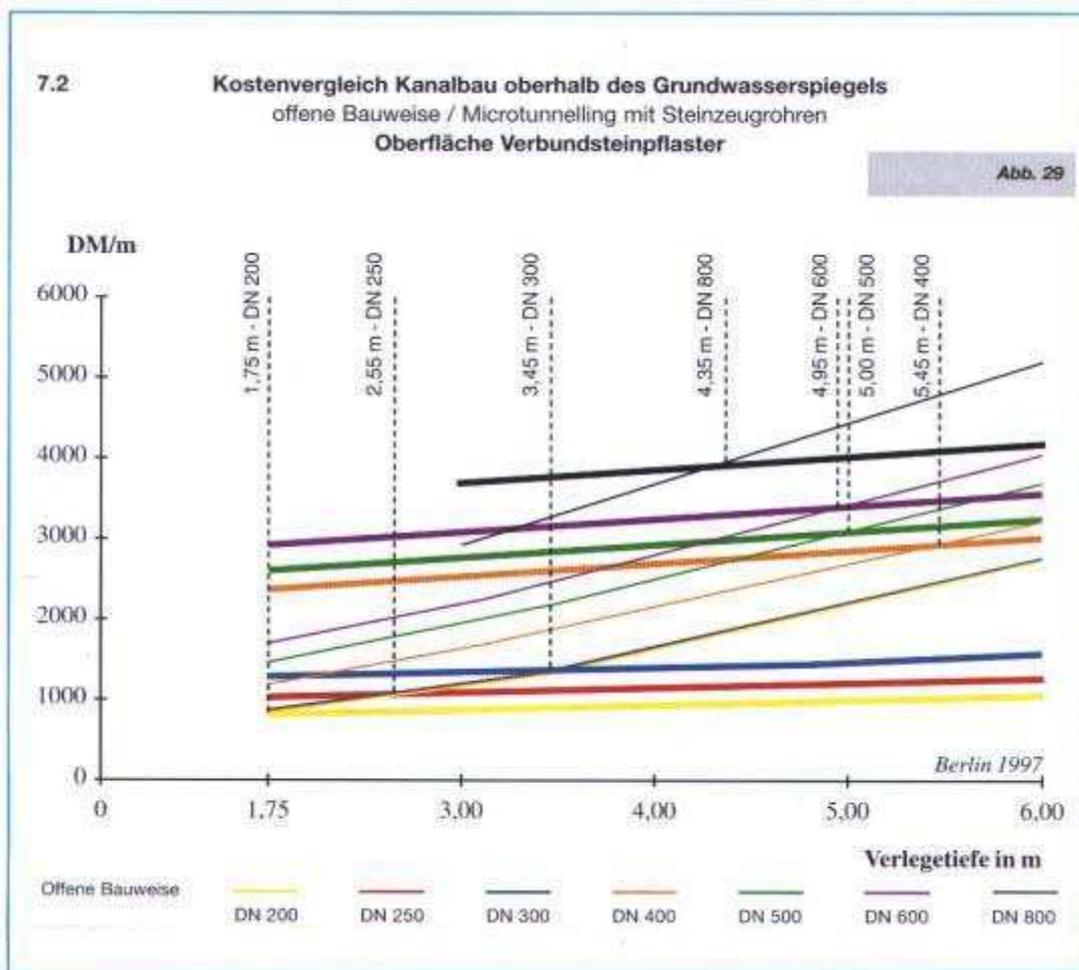


Abb. 29: Kostenvergleich Kanalbau; Oberfläche Verbundsteinpflaster

Bei einer Oberflächenbefestigung aus Verbundsteinen in Kiesbettung sind Vortriebe für

DN 200 bei Verlegetiefen	> rd. 1,75 m
DN 250	> rd. 2,55 m
DN 300	> rd. 3,45 m
DN 400	> rd. 5,45 m
DN 500	> rd. 5,00 m
DN 600	> rd. 4,95 m
DN 800	> rd. 4,35 m

wirtschaftlicher als die offene Verlegung.

7.3 Kostenvergleich Kanalbau; Oberfläche Betondecke

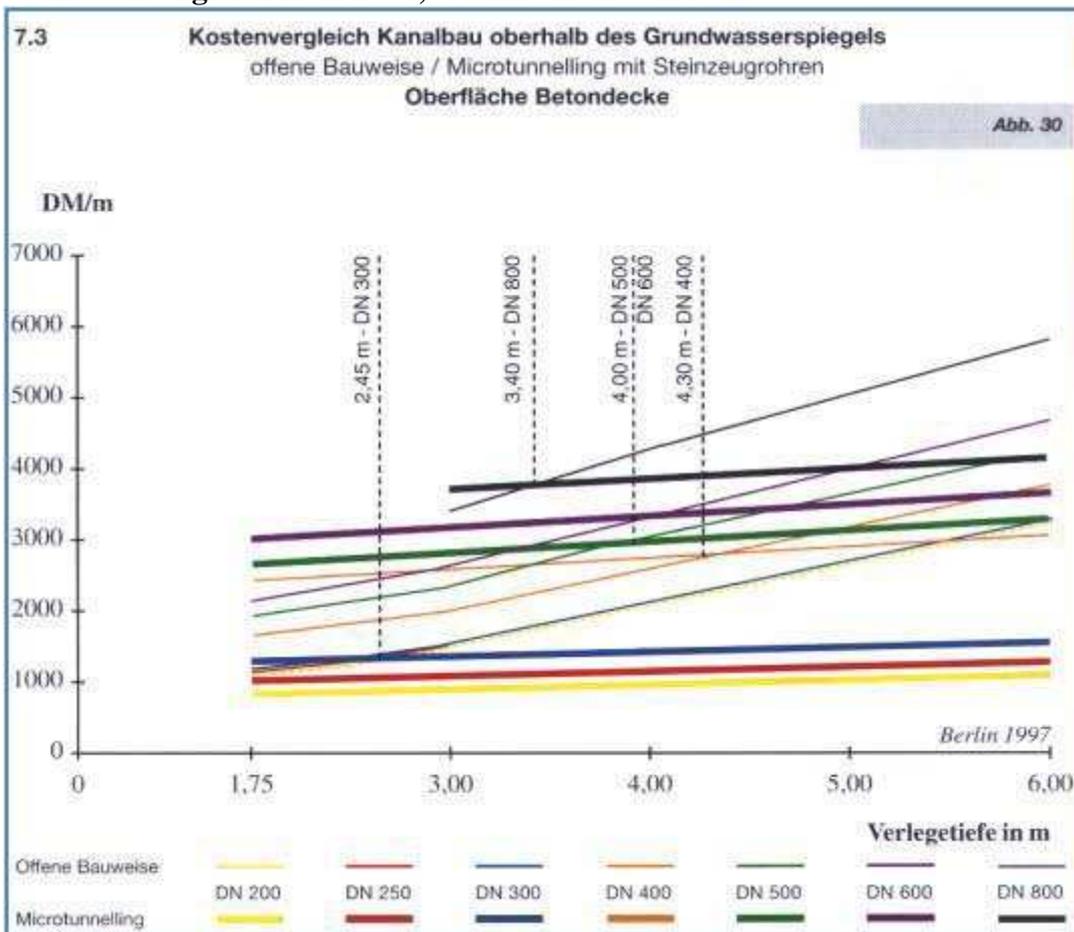


Abb. 30: Kostenvergleich Kanalbau; Oberfläche Betondecke

Bei einer Oberflächenbefestigung aus Beton sind Vortriebe für DN 200 und DN 250 in allen betrachteten Verlegetiefen wirtschaftlicher und für

DN 300 bei Verlegetiefen	> rd. 2,45 m
DN 400	> rd. 4,30 m
DN 500 und DN 600	> rd. 4,00 m
DN 800	> rd. 3,40 m

7.4 Kostenvergleich Kanalbau; Oberfläche Bitu-Decke

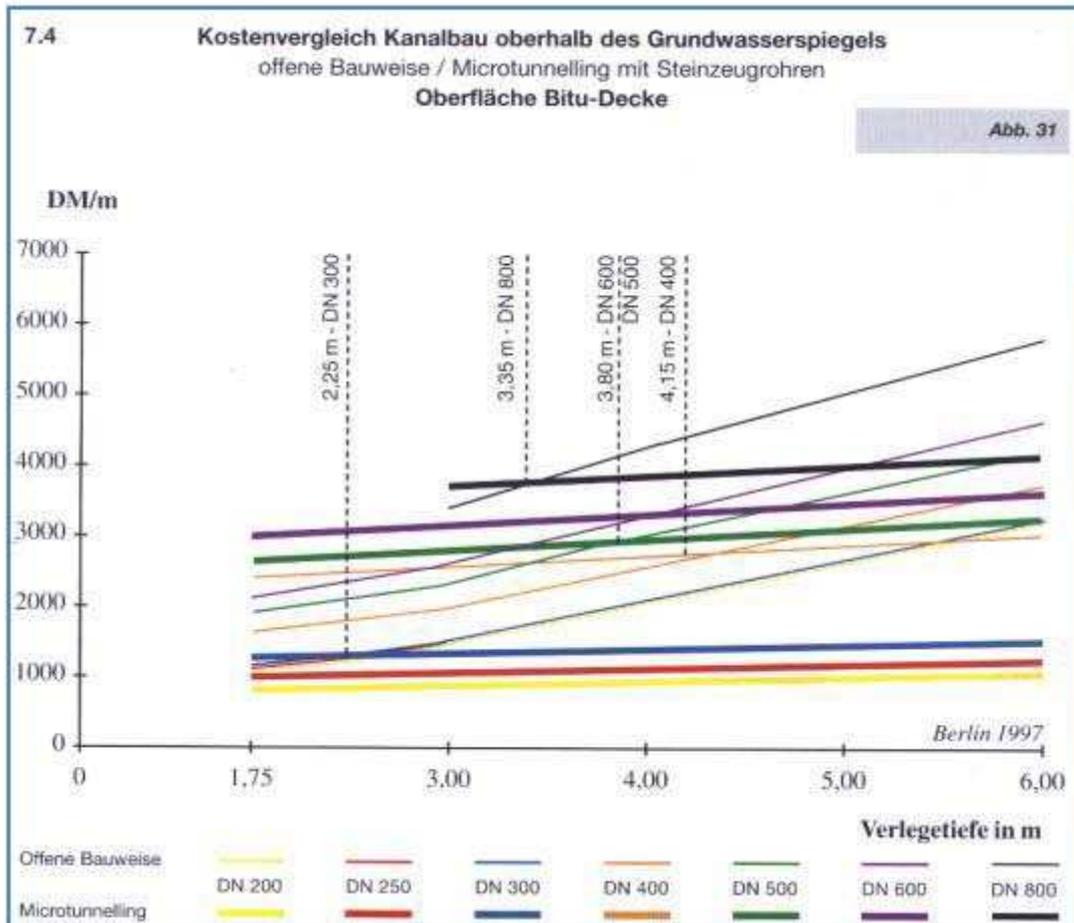


Abb. 31: Kostenvergleich Kanalbau; Oberfläche Bitu-Decke

Bei einer Oberflächenbefestigung aus Bitufahrbahnen sind Vortriebe für DN 200 und DN 250 in allen betrachteten Verlegetiefen wirtschaftlicher und für

DN 300 bei Verlegetiefen > rd. 2,25 m

DN 400 > rd. 4,15 m

DN 500 und DN 600 > rd. 3,80 m

DN 800 > rd. 3,35 m

7.5 Kostenvergleich Hausanschlußkanäle

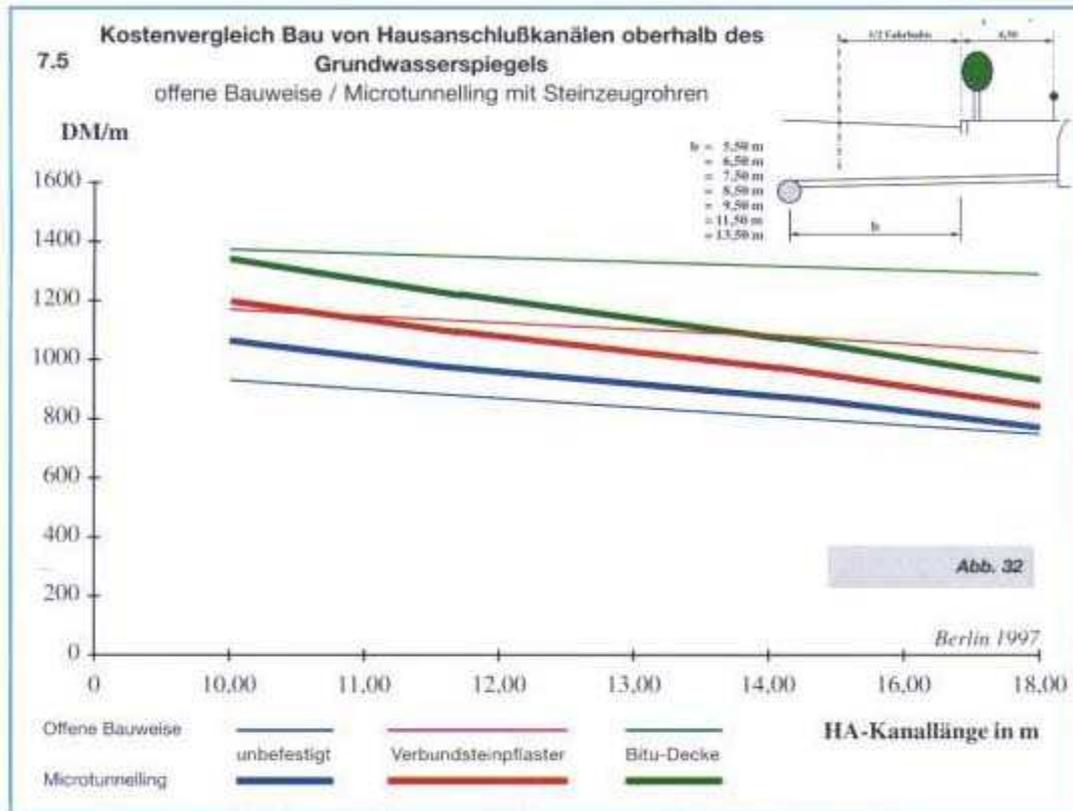


Abb. 32: Kostenvergleich Hausanschlüsse

Die vorangegangenen Betrachtungen enthalten keine Aussagen über die Kosten von Hausanschlußkanälen. Diese sind in einem weiteren Fallbeispiel (Abb. 32) enthalten, das gleichfalls einen Vergleich zwischen offener Bauweise und grabenloser Verlegung herstellt. Hierbei sind jeweils die Kosten für Hausanschlußkanäle mit Längen zwischen 10,00 und 18,00 m bei unbefestigter Oberfläche sowie für Fahrbahnen mit Verbundsteinpflaster in Kiesbettung und mit Bitu-Decke ermittelt worden. Die Oberflächengestaltung zwischen Fahrbahnbordkante und Grundstücksgrenze ist - ausgenommen für das Fallbeispiel der gänzlich unbefestigten Oberfläche - für alle anderen Beispiele mit insgesamt 4,50 m Breite gleichbleibend, bestehend aus

- 1,00 m breitem unbefestigtem Baumschutzstreifen,
- 1,00 m breitem Radweg aus Verbundsteinpflaster in Kiesbettung,
- 2,00 m breitem Gehweg aus Betonplatten in Kiesbettung,
li>0,50 m breitem Mosaiksteinpflaster in Sandbettung.

Der Abstand b bis zum Sammelkanal unter der Fahrbahn variiert zwischen 5,50 und 13,50 m, woraus sich die Längen der Hausanschlußkanäle zwischen 10,00 und 18,00 m ergeben. Bei beiden Bauverfahren wurde je eine Baugrube über dem Sammelkanal und auf dem Grundstück berücksichtigt. Rohrvortriebe für Anschlußkanäle, bei denen nur eine Baugrube benötigt wird, wie z.B. bei

- der Berliner Bauweise,
- dem Vortrieb mit unterirdischem Anschluß an den Sammelkanal,
- der Sacklochbohrung

ergeben natürlich noch deutlich niedrigere Baukosten und verschieben die Grenze der Wirtschaftlichkeit eindeutig zugunsten der grabenlosen Verlegung. Aber selbst bei zwei Schachtbaugruben und völlig unbefestigter Oberfläche wird bei rd. 18 m Länge die Wirtschaftlichkeit der Vortriebslösung schon erreicht. Bei einer Fahrbahn aus Verbundsteinpflaster sind Vortriebe bei einer Länge des Hausanschlußkanals schon unter rd. 10,50 m und im Falle einer Bitu-Decke bei einer Länge von weniger als 10,00 m wirtschaftlicher. Die Ausführungen im letzten Absatz zu 7. gelten sinngemäß auch beim Bau von Hausanschlußkanälen.

7.6 Die sozialen Kosten

In die vorstehenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sind jeweils nur die tatsächlich anfallenden Baukosten eingeflossen. Gegenüber den offenen Kanalbauweisen ergeben sich die exakt berechenbaren Einsparungen des Microtunnelling vor allem aus

- der Verringerung von Straßenaufbrüchen,
- dem Wegfall des Bodenaushubs mit dem Transport großer Bodenmassen,
- der Reduzierung vorheriger Leitungsumlegungen und
- den Einschränkungen von Grundwasserhaltungen,

wobei für die beiden letztgenannten Positionen in den Fallbeispielen keine Ansätze enthalten sind.

Im täglichen Baugeschehen ergeben sich aber für den Mikrotunnelbau weitere Vorteile, wie z.B. die

- Beschränkung von Verkehrsbeeinträchtigungen,
- Verringerung von Lärm- und Emissionsbelastungen,
- Reduzierung von Unfallgefahren,
- Vermeidung von Schäden an benachbarten Baulichkeiten,
- Schonung von Bäumen und Grünanlagen und durch den
- Wegfall witterungsbedingter Ausfallzeiten.

Man spricht in diesem Zusammenhang von indirekten bzw. sozialen Kosten, die eine besondere Umweltrelevanz besitzen und vor allem die Volkswirtschaft belasten. Behinderungen des Verkehrsflusses, Umleitungen, erhöhte Unfallraten, Straßenschäden auf den Umleitungsstrecken, Störungen des Geschäftslebens, Umweltschäden, wie Lärm-, Schmutz- und Geruchsbelästigungen sind ihre Hauptkomponenten. Die Ausgaben, die dadurch bei offenen Bauweisen verursacht werden, können beträchtlich sein und in Verbindung mit zusätzlichen Bodenauswechslungen, Zwischenlagerungen etc. häufig die gleiche Größenordnung erreichen, wie die direkten Kosten einer Baumaßnahme. Solange diese sozialen Kosten bei der Vergabe von Kanalbauarbeiten nicht berücksichtigt werden, gibt es eine Wettbewerbsverzerrung, dass der Mikrotunnelbau trotzdem mehr und mehr zu einer wirtschaftlichen Alternative wird, spricht für seine Attraktivität.

8. Der Mikrotunnelbau als Chance für niedrigere Abwasserentgelte

Die Abwassergebühren werden ganz wesentlich von den Finanzierungs- und Folgekosten für die Sachanlagen der Abwasserableitung, -förderung und -reinigung mit den zugehörigen Einrichtungen bestimmt. Die Investitionen für Kanalisationen betragen nach Angaben von Pecher aufgrund von Ermittlungen der ATV rd. 75 % und haben somit ein besonderes Gewicht. („Abwasserentsorgung - wirtschaftlich, weitsichtig, bezahlbar“, Initiative Wirtschaftliche Abwasserentsorgung - IWA - Postfach 101122,45411 Mülheim an der Ruhr).

Die Abwassergebühren leiten sich aus den Betriebskosten, der Abwasserabgabe sowie den kalkulatorischen Abschreibungen und dem Zinsendienst ab. Nach der vorgenannten Quelle ergeben sich für die öffentlichen Betreiber in den alten Bundesländern folgende Kostenanteile:

- Abwasserabgabe	3,3 %
- Personalkosten	16,4 %
- sonstige Betriebskosten	25,9 %
- Zinsen	29,1 %
- Abschreibungen	25,3 %.

Mit nahezu 55 % des Gebührenbedarfs schlagen also die Aufwendungen für Verzinsung und Abschreibung der Anlagen zu Buche. Daraus folgt, dass sich mit einer Verlängerung der Nutzungsdauer von Kanälen die Gebühren spürbar senken lassen.

Die Lebensdauer von Kanalisationen läßt sich durch eine gewissenhafte Planung einschließlich der sorgfältigen Auswahl der zu verwendenden Materialien, durch eine gütegesicherte Bauausführung und durch einen bestimmungsgemäßen Betrieb beeinflussen. Hierzu wird auf den o.a. Beitrag von Pecher sowie auf eine Veröffentlichung von Kuck verwiesen. („Weichenstellung für kommende Generationen - Plädoyer für technische und wirtschaftliche Weitsichtigkeit bei Bau und Betrieb öffentlicher Abwasseranlagen“, Sonderdruck aus Kommunalwirtschaft Heft 4, April 1997, erhältlich bei der STEINZEUG GmbH, Köln).

Der Mikrotunnelbau erbringt aufgrund seiner eigenen technischen Anforderungen beste Voraussetzungen, durch eine qualitativ hochwertige Bauleistung besonders langlebige Kanäle zu schaffen.

Durch die Anforderungen an Vortriebsrohre und ihre Rohrverbindungen gemäß ATV A 125 ergeben sich gegenüber konventionellen Rohren u.a. größere Wanddicken, höhere Festigkeiten und geringere Toleranzen.

Der Verlegevorgang gewährleistet eine größere Genauigkeit und geringere Beeinflussung des gewachsenen Bodens und der Leitungszone. Mit diesen speziellen Komponenten des Microtunnelling werden die Sicherheiten gegen Beanspruchungen aus Scherlasten, Abrieb, Korrosion, Hochdruckspülung u.a. vergrößert und die Lebensdauer der Kanäle verlängert. Mit einer längeren Nutzungsdauer kann der Abschreibungszeitraum entsprechend angepaßt werden, und die Abschreibungsbeträge lassen sich reduzieren. Das wiederum bedeutet eine Senkung der Abwasserentgelte. Weitere Aussagen hierzu mit Fallbeispielen können dem Beitrag von Thymian, Möhring, Friede „Die wirtschaftliche Bedeutung des Güteschutzes beim Bau von Abwasserkanälen“ entnommen werden. (STEINZEUG-Information 1996).

9. Empfehlungen zur Durchsetzung des Mikrotunnelbaues

Der Mikrotunnelbau nimmt im öffentlichen Bewußtsein längst nicht den Stellenwert ein, der ihm aufgrund seiner technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten zukommt. Woran liegt das? Die Hauptursachen sind

- fehlende Kenntnisse über den Stand der erreichten Entwicklungen. Geschlossenen Kanalbauweisen haftet unter Betreibern vielfach noch etwas Exotisches an, für das man sich nur entscheidet, wenn konventionelle Lösungsmöglichkeiten nicht ratsam erscheinen,
- Unsicherheiten in Fragen der Planung, Ausschreibung und Bauvorbereitung,
- Mißtrauen, insbesondere hinsichtlich des Erfolgs bei schwierigen Baugrundverhältnissen,
- Zurückhaltung bei Firmen, weil die Anwendungshäufigkeit nach einer ggfs. vorgenommenen Investition nicht beurteilt werden kann.

Bei einer modernen technischen Entwicklung wie es der Mikrotunnelbau darstellt, wird es ständig neue Herausforderungen für alle Beteiligten geben. Indessen kann jeder Auftraggeber und jedes planende Ingenieurbüro Impulse auslösen, um in seinem Umfeld die Wirtschaftlichkeit des Mikrotunnelbaues zu erhöhen und an der Durchsetzung am Markt mitzuwirken. Hierfür können folgende Anregungen hilfreich sein:

1. Bei jedem Kanal bauvorhaben sollten im Planungsstadium für die offene und grabenlose Bauweise vergleichende Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen angestellt werden. Dabei sind alle Einflüsse objektiv zu berücksichtigen, die insbesondere die offenen Bauweisen belasten, wie z.B. vorherige Umliegungen von Leitungen, notwendige Lichtsignalanlagen und Straßenaufbrüche sowie deren Wiederherstellungen, Bodenauswechslungen Grundwasserhaltungen und die Dauer der Bauzeiten.
2. Ergibt eine Wirtschaftlichkeitsberechnung annähernd Kostengleichheit, sollte der Markt mit alternativen Leistungsverzeichnissen herausgefordert werden.

3. Der Mikrotunnelbau eignet sich nicht nur für kurze Unterführungen von Dämmen, Gleiskörpern, Wasserstraßen oder Straßenkreuzungen. Je länger eine Baustelle ist, um so günstiger legen sich die relativ hohen Kostenanteile der Investition in diese Technologie um.
4. Häufige Ausschreibungen für Maßnahmen des Microtunnelling sind Signale an die Auftragnehmer, dass sich eine Investition in die moderne Technik lohnen könnte.
5. Standardisierungen bei den wichtigsten Elementen des Vortriebs, Start-, Ziel-, Hufs- oder Zwischenschächten und - soweit erforderlich und möglich - ihre spätere Einbindung in das Abwassernetz als Revisionsschächte stellen einen Rationalisierungsbeitrag dar.
6. Für jeden Betreiber sollte es möglich sein, auf Zwischennennweiten, wie z.B. DN 350, DN 450, DN 700, DN 900 etc. zu verzichten. Dadurch bietet sich die vielleicht einmalige Chance, bei einem modernen Bauverfahren schon in der Anfangsphase zu einer volkswirtschaftlich sinnvollen Beschränkung zu kommen. Kosteneinsparungen bei der Produktion und Vorhaltung von Bohrköpfen und Vortriebsrohren wären die Folge.
7. Für die Aufstellung der Leistungsverzeichnisse sollte das Standardleistungsbuch für den Leistungsbereich Rohrvortrieb StLB 085, Ausgabe März 1997 benutzt werden. Dadurch wird eine korrekte Ausschreibung gewährleistet.
8. Die Betreiber sollten in ihre Rahmen- oder Jahres-verträge für ständig wiederkehrende Arbeiten auch den Vortrieb von einzelnen Haltungen kleiner Nennweiten und von Hausanschlüssen aufnehmen. Pauschalierungen können hierbei als Vereinfachung der Abrechnung genutzt werden.
9. Die künftigen Bauaufgaben werden sich zunehmend auf die Bereiche alter Kanalisationen konzentrieren. Dichte Bebauung, starke Verkehrsbeanspruchung, wertvolle Straßenbefestigungen und schützenswerte unterirdische Anlagen im Straßenquerschnitt sind die hierbei vorherrschenden Gegebenheiten. Unter diesen Randbedingungen kann der Mikrotunnelbau seine Vorzüge in besonderer Weise zur Geltung bringen, zumal absehbar ist, dass die Eigentümer öffentlicher Straßen zur Verringerung der Verkehrsprobleme in Städten und Ballungsräumen die Zahlung besonderer Nutzungsgebühren in Abhängigkeit von Dauer und Größe der beanspruchten Verkehrsflächen verfügen werden.
10. Die Entwicklungen im Mikrotunnelbau gehen weiter. Es wird neue Möglichkeiten für weitere Anwendungen geben. Daher sollten seriöse Angebote mit technischen Alternativen im Interesse kostengünstigerer Lösungen eine Chance erhalten.

Unabhängig von allen künftigen Entwicklungen stehen indessen schon mit den heute verfügbaren Rohrvortriebsanlagen komplette Systeme für den unterirdischen

Einbau von Abwasserkanälen und -leitungen zur Verfügung, die sich unter Wettbewerbsbedingungen als konkurrenzfähige Alternative zu den konventionellen Bau-verfahren erwiesen haben. Ihr Einsatz lohnt sich für alle Beteiligten und die Umwelt.

(c) 2011 Gütesicherung Kanalbau RAL-GZ 961

Alle Rechte vorbehalten

Vervielfältigung nur mit Genehmigung der Güteschutz Kanalbau e.V.