Rohrpressvortrieb: die neuzeitliche Verwendung von Vortriebsmaschinen

Autor(en): **Herrenknecht, Martin / Sieber, Hanspeter**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 41

PDF erstellt am: **15.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85553

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Rohrpressvortrieb: die neuzeitliche Verwendung von Vortriebsmaschinen

Von Martin Herrenknecht, Lahr, und Hanspeter Sieber, Aarau

Abwasserkanäle, Schutzrohre zur Aufnahme von Versorgungsleitungen und Fördertunnels werden als unterirdische Rohrleitungen ausgeführt und in offener oder geschlossener Bauweise erstellt. Bei der geschlossenen Bauweise baut man die Rohrleitungen unterirdisch von einem Pressschacht ein, ohne Öffnung der Erdoberfläche. Zu dieser geschlossenen Bauweise zählen die Rohrpressvortriebsverfahren. Sie bringen wirtschaftlich gesehen Vorteile: Strassen müssen nicht mehr aufgerissen, Gas-, Wasser- und Elektroleitungen nicht mehr umgelegt werden. Das Instandstellen der Strassen entfällt. Von der Oberfläche können nur die für das Pressen notwendigen Baugruben eingesehen werden. Durch diese Schächte werden die Pressrohre eingebracht und das Ausbruchsmaterial abgefahren.
Rohrvortriebe werden sowohl in nichtbindigen Böden wie Kies, Sand, Schotter sowie bindigen Böden wie Lehm, Lehm-Sand, Ton, Mergel, Schluff und Gestein ausgeführt. Dabei besteht die Möglichkeit, den Vortrieb sowohl im trockenen als auch in wasserführenden Gebirgen vorpressen zu müssen. Zu diesen geologischen Problemen kommen bei kleinen Rohrdimensionen die Platz- und Raumprobleme.

Rohrpressvortrieb

Von einem vorbereiteten Pressschacht aus werden die Rohre mit *hydraulischen Pressen* in das Erdreich gedrückt nach dem vorgängigem Abbau des Ausbruchsmaterials an der Stollenbrust im Schutze eines Schildes. So werden Rohr um Rohr ins Gebirge geschoben. Dieser Vorgang kann so oft wiederholt werden, wie die Kräfte der Vortriebspressen ausreichen, um die beim Vortrieb auftretenden Widerstandskräfte zu überwinden. Theoretisch könnten die Pressenkräfte beliebig gesteigert werden, um eine beliebig lange Vortriebsstrecke zu pressen. *Praktisch sind jedoch Grenzen durch die zulässigen Rohrbeanspruchungen gesetzt.* Um diese Restriktion teilweise auszuschalten, setzt man in der Rohrstrecke selbst sog. *Zwischenpress-Stationen* ein. Die Rohrstrecke wird hiermit schrittweise, taktartig vorgepresst. Dies ermöglicht eine theoretisch unendlich lange Pressstrecke aufzufahren. Aus wirtschaftlichen Gründen jedoch -Vorpressgeschwindigkeit und Abtransport- werden heute Pressstrecken bis max. ca 300 m erstellt.

Widerstände

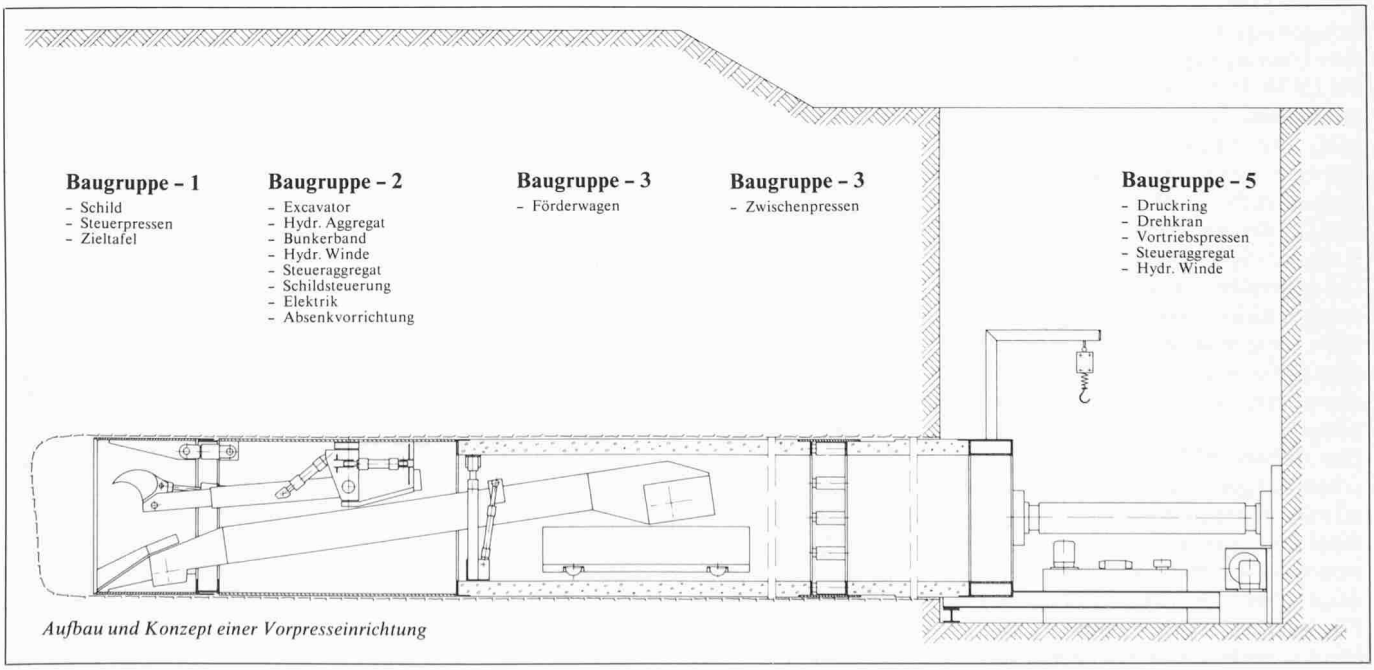
Die bei der aufzufahrenden Strecke in Erscheinung tretenden Vorpresswiderstände können in zwei Hauptpresswiderstände aufgegliedert werden.

Widerstände an der Ortsbrust

Der Widerstand an der Ortsbrust besteht aus dem *Schneidenwiderstand* sowie der *Abstützkraft an der Ortsbrust* - gegen Einbrechen des Gebirges. Um diese Widerstände so klein als möglich und die aufzubringenden Presskräfte in Grenzen zu halten, wird vor dem ersten Vortriebsrohr ein *Schneidschuh* angeordnet. Die meist keilförmig ausgebildete Schneide wird in das ungestörte Gebirge gepresst und hat die Aufgabe, den Boden mit geringstmöglichem Überschnitt abzuschälen, damit spätere Senkungen vermieden werden.
Zur Auslegung der Presskräfte werden je nach Bodenarten Erfahrungswerte von 40- 100 Mp/m² Schildlfäche eingesetzt.

Mantelreibung

Soweit es sich um *Lockergebirge* handelt, liegt das Gebirge allseitig am Rohr an. Die Erddruckvorgänge sind hierbei ausserordentlich kompliziert. Zunächst darf davon ausgegangen werden, dass sich beim Eindringen des Schneideschuhs in das Gebirge über dem Rohr ein *Gewölbe* bildet, ähnlich wie es bei der Berechnung von Tunnels oder Stollen im bergmännischen Vortrieb bekannt ist. Es lastet also zunächst nur ein beschränkter Teil des umgebenden Gebirges auf dem Rohr und nicht das volle Gebirge bis zur Geländeoberfläche. Der *volle Bergdruck* entsteht erst nach einer gewissen Zeit in Abhängigkeit von den Vortriebsbewegungen, Verkehrserschütterungen, Grundwasserbewegungen usw.
Diese Annahme wird dadurch bestätigt, dass zunächst fast unabhängig von der vorhandenen Überdeckung über dem Rohrscheitel die Mantelreibung je Flächeninhalt für die jeweiligen Bodenklassen konstant ist. Die Mantelreibung beträgt nach den vorliegenden Erfahrungen im trockenen Gebirge ohne Zuhilfenahme von Gleitmitteln etwa 1,2 bis 1,5 Mp bei Asbestzementrohren, 2,0 bis 3,0 Mp bei Stahlbetonrohren je m² Rohroberfläche.
Diese Werte können beim Auftreten von *Zwängungskräften* oder im *druckhaften Gebirge* sich bis um das Zweifache erhöhen.



Aufbau und Konzept einer Vorpresseinrichtung

Berechnung der Mantelreibung

$$M = \mu \cdot \left[\gamma_m \left(H_w + \frac{D_a}{2} \right) \left(\frac{\lambda_{Sch} + \lambda_{K1} + \lambda_{K2} + \lambda_S}{4} \right) + \frac{G}{4 \cdot D_a} \right] \text{ Mp/m}^2$$

M = spezifischer Reibungswiderstand je m² Rohroberfläche Mp/m²
μ = Reibungsbeiwert

Für *Haftreibung*
Beton auf Kies oder Sand μ = 0,5 bis 0,6
Beton auf Ton μ = 0,3 bis 0,4
Asbestzement auf Kies oder Sand μ = 0,3 bis 0,4
Asbestzement auf Ton μ = 0,2 bis 0,3

Für *trockene Gleitreibung*
Beton auf Kies oder Sand μ = 0,3 bis 0,4
Beton auf Ton μ = 0,2 bis 0,3
Asbestzement auf Kies oder Sand μ = 0,2 bis 0,3
Asbestzement auf Ton μ = 0,1 bis 0,2

Für Flüssigkeitsreibung bei Verwendung von Betonitsuspension als Stütz- und Gleitmittel ist μ abhängig von der Fliessgrenze der Suspension 0,1 μ 0,3

γ_m = mittleres Raumgewicht des Bodens

H_w = $H_{wirksam}$ (m)

D_a = Aussendurchmesser der Vortriebsrohre (m)

λ_{Sch} = Erddruckbeiwert im Scheitel

λ_{K1} = Erddruckbeiwert im Kämpfer 1

λ_{K2} = Erddruckbeiwert im Kämpfer 2

λ_S = Erddruckbeiwert in der Sohle

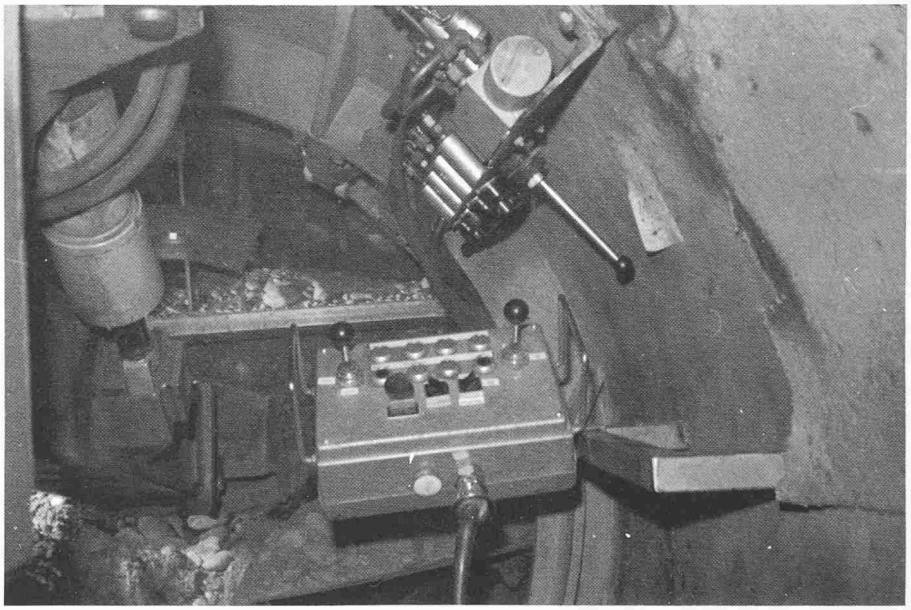
$$= \frac{\lambda_{\text{ober Wasser}} H_{\text{ober Wasser}} + \lambda_{\text{unter Wasser}} H_{\text{unter Wasser}}}{H_{\text{ober Wasser}} + H_{\text{unter Wasser}}}$$

Neuzeitliche Vortriebsmaschinen

Da bis vor einem Jahr noch keine geeigneten Vortriebsmaschinen auf dem Markt zu finden waren, erfolgte der Abbau des Materials manuell. Dem manuellen Abbau sind jedoch *Leistungsgrenzen* gesetzt, die nicht mehr wesentlich gesteigert werden konnten. Aus diesen Überlegungen heraus entwickelte die Fa M. Herrenknecht, Lahr das neue praxisnahe Tunnelvortriebssystem Typ MH. Die Maschinen werden in der Schweiz exklusiv durch die Fa Fietz+Leuthold, Wallisellen eingesetzt und für den gesamten Markt bei der Fa E. Gisler/Seedorf gefertigt.
Um gegenüber dem manuellen Vortrieb enorme Leistungssteigerungen zu erreichen, wurde beim neuen Vortriebssystem auf einen kontinuierlichen vollmechanisierten Vortrieb besonderen Wert gelegt.
Der Abbau erfolgt mit einem hydraulischen Bagger. Somit kann die Ortsbrust ständig beobachtet und das Baggern individuell gesteuert werden. Das so gewonnene Ausbruchsmaterial wird sodann über den Schildtrichter auf ein Förderband gezogen, das als Bunkerband ausgebildet ist. Das heisst: auf diesem Förderband wird soviel Material gebunkert wie im Förderkübel Platz vorhanden ist. Damit erreicht man, dass parallel zum Abbau der Abtransport und Wagenwechsel vonstatten geht. Praktische Ergebnisse zeigen, dass mit diesem System eine Leistungssteigerung vom 2-3fachen des manuellen Vortriebes erbracht wird.

Praktische Verwendung

Diese Maschinen werden in drei Baugrössen für einen Tunnelinnendurchmesser von 1,20 m bis 4,00 m gefertigt. Bis heute sind die Geräte auf 18 verschiedenen Baustellen Europas mit Erfolg verwendet worden. Die Maschinen haben bis jetzt 5200 m Tunnel aufgefahren. Hierbei sind schwierigste Bodenverhältnisse angetroffen worden. Teilweise mussten beim Auffahren von metergrossen Findlingen Sprengungen durchgeführt werden. Durch die gute Zugänglichkeit zur Ortsbrust und den robusten Aufbau der Maschinen konnte dies ohne grosse Umstände vorgenommen werden. Im Schild montierte man ein Sprengnetz, so dass innerhalb von 15 Min. gesprengt werden konnte. Dabei musste die Maschine nicht verschoben werden.
Da die Maschinen dem Fahrer eine ausgezeichnete Beobachtung der Ortsbrust gewährleisten, kann jederzeit ein optimaler Abbau erfolgen. Dies ist von Vorteil, wenn - wie auf einer anderen Baustelle - Rollkies aufgefahren werden muss. Durch den Einbau einer *Schild-*



«Fahrersitz» mit Steuerungspult

Nachlaufrohr (Power unit)

bühne konnte dieses Material einwandfrei abgebaut werden, ohne dass Senkungen eintraten. Ferner sind die Maschinen auf Baustellen mit schluffigem Material, standfestem Kies, nassem schmierigem Lehm und hartem Flussspat eingesetzt worden, wo sie sich sehr gut bewährt haben. Gerade in Europa muss man berücksichtigen, dass mit der gleichen Maschine verschiedene Bodenarten abgebaut werden müssen, um eine Investition zu rechtfertigen. Die neuen Maschinen sind für diese Gegebenheiten durch ihren einfachen und robusten Aufbau hierfür prädestiniert.

Genauigkeiten

Bedenken, dass wegen hohen Vortriebsleistungen mangelnde Genauigkeiten erreicht werden, konnten durch die nun vorliegenden Baustellenergebnisse beseitigt werden. Die bis heute in der Schweiz und im Ausland aufgefahrenen Tunnels zeigen, dass trotz sehr hoher Vortriebsleistungen ausgezeichnete Genauigkeiten erreicht werden: effektive Ergebnisse 5 mm auf 120 m Tunnelstrecke. Gewiss müssen hierzu einige Voraussetzungen geschaffen werden. Die Vermessung wird mit einem Laser vorgenommen, der auf einem stabilen, von der Druckwand unabhängigem Fundament installiert sein muss. Somit kann eine ständige Lagekontrolle durchgeführt werden. Mittels einer am Schild angebrachten Lasertafel kann eine mögliche Verrollung ausgeglichen werden. Die Steuerung des Schildes soll mit grossdimensionierten, doppelwirkenden Hydraulikzylindern erfolgen. Wichtig ist eine richtige Abstimmung von Schild, Nachlaufrohr sowie den ersten nachfolgenden Pressrohren.

Schlussbetrachtung

Das oben beschriebene Tunnelvortriebssystem bietet dem Benützer eines neuzeitlichen Pressvortriebs ein optimales wirtschaftliches Konzept, das im besonderen auf die Baupraxis abgestimmt ist. Auch hier hat sich gezeigt, dass bei der Neuentwicklung von derartigen Maschinen eine enge Zusammenarbeit von Maschinen- und Bauindustrie sich äusserst positiv auswirkt. Nicht nur höhere Leistungen sind das Ergebnis, sondern der Mann auf der Baustelle erfährt eine physische Erleichterung. Abschliessend kann nach harten Baustelleneinsätzen gesagt werden, dass sich die beschriebenen Tunnelvortriebsmaschinen durch die robuste Konstruktion, ihre Kompaktbauweise und ihr Konzept für den Pressrohrvortrieb bestens eignen.

Erfahrungen mit dem Pressvortrieb aus der Sicht der Bauleitung

Beispiel Gemeinde Möhlin

Die Bevölkerungsentwicklung der Gemeinde Möhlin im *unteren Fricktal* zeigt ab etwa 1950 eine deutliche Zunahme infolge der speziellen Ausscheidung von Industrieland. Heute zählt Möhlin 6400 Einwohner. Der das ganze Dorf durchfliessende Möhlinbach wurde lange Zeit als Vorfluter für die Ableitung von Schmutzwasser verwendet.

Der Entwurf des «Generellen Kanalisationsprojektes 1963» wurde lange Zeit als einzige Grundlage für die Planung von Kanalisationen verwendet. Mit der Akzeptierung des Abwasserreglementes 1975, der Genehmigung des neuerstellten «Generellen Kanalisationsprojektes 1976» und der demnächst fertiggestellten *Abwasserreinigungsanlage des Zweckverbandes Möhlin - Zeinigen - Zuzgen,* begann ein neuer Abschnitt im Abwasserkonzept der Gemeinde.

In den vergangenen Jahren herrschte eine rege Bautätigkeit im Kanalbau. Der heutige Stand der Sanierung darf mit etwa 50-60 Prozent beurteilt werden. Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich spezifisch auf Erfahrungen in der Gemeinde Möhlin.

Offene Bauweise oder hydraulischer Pressrohrvortrieb

Grundsätzlich gilt es, folgende *zwei Hauptkriterien* zu beurteilen:

Wirtschaftlichkeit

Der Preisabfall 1973 bis 1976 war für das hydraulische Pressrohrvortriebsverfahren besonders ausgeprägt infolge erhöhter Konkurrenz. Verschiedene Unternehmungen haben versucht, in dieser eher schwierigen Zeitspanne auch Tiefbauarbeiten anzunehmen. Noch in den Jahren 1965 - 1970 galten nur wenige Unternehmungen als erfahren in diesem Spezialbauverfahren.

Unsere Erfahrungen zeigen, dass das früher häufig erwähnte Kriterium, nämlich die Tiefenlage der Rohrleitungen, als Grundlage für die Entscheidung, ob in offener Bauweise oder im hydraulischen Pressrohrvortrieb gebaut werden soll, an Bedeutung verliert. *Lage, Bedeutung* und *Zustand von Werkleitungen* sowie *Verkehrsbehinderungen* stehen heute im *Vordergrund* bei der Wahl der Baumethode. Zusätzlich gilt es, spezielle Verhältnisse des Baugrundes, z. B. Grundwasser, zu berücksichtigen.

In kleinstädtischen oder ländlichen Gebieten bilden der *Wegfall der Strasseninstandstellungsarbeiten* sowie die *fast wetterunabhängige Arbeitsmethode* bedeutsame (Kosten-) Kriterien zugunsten des Pressvortiebs.

Mit dem Bau eines Abwasserkanals sind die Arbeiten nicht abgeschlossen. Mit *Hausanschlussleitungen* wird das Schmutzwasser aus den Liegenschaften den *Sammelkanälen* zugeführt. Die Kosten, in Möhlin durch den Grundeigentümer zu übernehmen, sind in erster Linie *von der Tiefenlage des Kanales abhängig und nicht von der Baumethode* zum Erstellen des Seiten- oder Hauptsammelkanales.

In beiden Baumethoden ausgeschriebene Hauptsammelkanalleitungen haben in den meisten Fällen Vorteile für den hydraulischen Pressrohrvortrieb gezeigt. Nur bei Seitenkanälen mit kleineren Kalibern, weniger Werkleitungen und in Strassen geringerer Verkehrbedeutung, wurde die offene Bauweise gewählt.

Umwelt

Immissionen durch Lärm, Staub, durch den Bau und den Zusatzverkehr können in den wenigsten Fällen als direkter Frankenbetrag in die Vergleiche einbezogen werden. Eine Ausnahme bildet die *Aushubmenge,* bzw. ihr Abtransport. Dabei resultieren wesentliche Vorteile für die Methode des hydraulischen Pressrohrvortriebs. Die zu transportierenden Mengen sind in der offenen Bauweise zwei- bis dreimal grösser. Für Gewerbetreibende, Anstösser und alle motorisierten Verkehrsteilnehmer, ist der hydraulische Pressvortrieb die eindeutig bevorzugte Baumethode.

Technische Probleme

Zu den wesentlichen Punkten im Rahmen der Bearbeitung von Bauprojekten gehört das Erkennen evtl. entstehender technischer Probleme. Die Beurteilung der Örtlichkeiten, eine optimale Wahl der Presslängen sowie verkehrstechnische Überlegungen zählen zu den konzeptbestimmenden Elementen. Bei der Vergabe von Arbeiten an verschiedene Unternehmer sind spezielle Untersuchungen über die richtige Reihenfolge der Pressstrecken notwendig.

Das zu erstellende Bauprogramm enthält wohl alle Arbeiten, basiert jedoch auf *Leistungsschätzungen* der Unternehmer. Die *Terminplanung* soll soweit

flexibel sein, dass auch mögliche Unterbrüche oder grössere Leistungen mit kleinen Korrekturen berücksichtigt werden können.
Obwohl die Notwendigkeit von umfangreichen *Baugrunduntersuchungen* unterstrichen wird, entscheidet die Bauherrschaft häufig aus finanziellen Gründen, keine Sondierungen durchzuführen. Die Entwicklung zeigt, dass der Auftraggeber bestrebt ist, möglichst viel Risiko dem Unternehmer zu übertragen. Die Resultate von Baugrundanalysen sind eine massgebende Unterlage für die Erarbeitung des Leistungsverzeichnisses, des Kostenvoranschlages, und gelten als Vertragsbestandteil. In kritischen Fällen ist es angezeigt, *Sondierungen bei End- oder Pressschächten* anzuordnen. Die Bodenverhältnisse beeinflussen den Arbeitsvorgang, die Wahl des Schildes, die Vortriebsmenge, die eigentliche Leistung und nicht zuletzt die Wasserhaltungsmethode. Wo Grundwasser festgestellt wird, können längerdauernde Beobachtungszeiten wertvolle Informationen über die Verhältnisse liefern.

Submission und Ausführung

Seit dem Jahre 1976 steht dem projektierenden Ingenieur die neubearbeitete Auflage des Normpositionenkatalogs mit dem Kapitel «Hydraulischer Pressrohrvortrieb» zur Erstellung des Leistungsverzeichnisses zur Verfügung. Zusammen mit der Norm SIA 118 «Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten» und der neuen Norm SIA 190 «Kanalisationen» verfügt der beauftragte Planer über aktuelle, ausgereifte Unterlagen. Es erweist sich als notwendig, Probleme bezüglich Zufahrten, Werkleitungen, Verkehrsbeziehungen und allfälliger Varianten in speziellen Bedingungen zu formulieren.
Handelt es sich um grössere Bauvorhaben, ist im Einvernehmen mit der Bauherrschaft eine *gezielte Information der Öffentlichkeit von Vorteil.* Aufgrund von zunehmend kritischeren Haltungen der Grundeigentümer, speziell der direkten Anstösser, ist der Zustandssicherung von Liegenschaften erhöhte Bedeutung beizumessen. Das Erstellen und gegenseitige Unterzeichnen von Rissprotokollen sowie photographischer Aufnahmen sind nahezu unerlässlich.
Zur Frage, ob Pressvortriebsarbeiten im Einheitspreis- oder Pauschal- bzw. Globalpreisvertrag vergeben werden sollen, sind verschiedene Meinungen vorhanden. Das Bestreben, effektiv geleistete Arbeit zu bezahlen, verweist auf den Einheitspreisvertrag. Gilt es hingegen, Risiko (meistens Baugrund) auszuschliessen, besteht die Möglichkeit, einen Pauschal- oder Global- (ohne Teuerung) preisvertrag zu vereinbaren. Die Vergabe als Fixpreis erfordert eine genaue Prüfung der ausgeschriebenen Leistungen und insbesondere ihrer speziellen Bedingungen. Sofern die Möglichkeit besteht, grundsätzliche Probleme innerhalb der Planungsphase zu lösen, können Kanalisationsbauten im hydraulischen Pressrohrvortrieb als typische Linienbaustellen im Globalpreisvertrag werden.
Abgesehen von den üblichen Aufgaben im Rahmen der Bauleitung sind insbesondere Kontrollen beim Anstossen in vertikaler und horizontaler Richtung, die laufende Höhenkontrolle sowie die Beurteilung des Baugrundes wichtig. Periodische Überwachung erfordern ebenso die Qualität der Zufahrtsstrassen, Werkleitungssanierungen sowie die Überprüfung kritischer Liegenschaften auf mögliche Veränderungen. Sind Zweifel über die Qualität der Arbeit vorhanden, d. h. werden evtl. Hohlräume vermutet, können Testbohrungen ober- oder unterirdisch die notwendigen Aufschlüsse liefern. In jedem Fall sind im Bereich von Strassen Pressvortriebskanäle zu hinterpressen, d. h. allfällige Lockerungszonen oder Hohlräume werden verfestigt.
Zweifellos stellt die *Beurteilung von möglichen Setzungen* ein *Hauptkriterium* dar. Abgesehen von der Unkenntnis, ob Lockerungszonen oder Hohlräume vorhanden sind, ist das Eintreten von effektiven Setzungen zeitlich kaum voraussagbar. Sofern im Vertrag nichts Besonderes vereinbart ist, gelten jedoch demgegenüber nach SIA 118, eine Garantiefrist von zwei Jahren und eine Frist für verdeckte Mängel von zehn Jahren. Verdeckte Mängel im Sinne dieser Norm sind solche, die der Bauherr erst nach Ablauf der Garantiefrist entdeckt. Wird streitig, ob ein behaupteter verdeckter Mangel wirklich eine Vertragsabweichung darstellt und daher ein Mangel im Sinne dieser Norm ist, so liegt die Beweislast beim Bauherrn.

Mechanisierter Vortrieb

Der mechanisierte hydraulische Pressrohrvortrieb darf als Fortschritt bezeichnet werden. Die Arbeitsbedingungen beim Handabbau sind schlecht, obwohl die Verantwortung an der Abbaustelle als gross bewertet werden muss. Die Übernahme der eigentlichen manuellen Arbeit durch die Maschine ermöglicht dem Stollenarbeiter, mehr Zeit für Kontrolle und Beurteilung des Baugrundes zu haben. Einzig der *grössere Stromverbrauch für die gleiche Leistung* kann als negativ bezeichnet werden.
Im Vordergrund des mechanisierten Vortriebs steht die grössere Leistung, damit die kürzere Bauzeit und evtl. wirtschaftliche Vorteile. Die grössere Leistung verursacht insbesondere *intensivere Transporte.* Die Bauleitung ist verpflichtet, Schritt zu halten und die üblichen sowie auch die speziellen Kontrollen häufiger, zeitgerecht und verantwortungsbewusst durchzuführen. Unsere Erfahrung hat gezeigt, dass hinsichtlich Qualität und Toleranzen grundsätzlich keine Nachteile entstehen. Wie weit neue Bedürfnisse (Vertikal- und Horizontalradien; längere Strecken) verwirklicht werden können, wird die Zukunft des mechanisierten Vortriebs vielleicht zeigen.

Adresse der Verfasser: *M. Herrenknecht,* dipl. Masch-. Ing., Herrenknecht GmbH, Schwarzwaldstr. 101, D-7630 Lahr/Schw. und *H. P. Sieber, Ing, SIA, Emch & Berger Aarau AG, Frey-Heroséstr. 25, 5000 Aarau*