Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 92 (1974)
Heft: 3: Zur "Swissbau 1974"

Artikel: Hydraulischer Pressrohrvortrieb im Kanalisationsbau
Autor: Dasek, Ivo
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-72232

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

aktive Korrosionsschutzmassnahmen:

- konstruktiv; Erfüllung der betontechnologischen Voraussetzungen
- kathodischer Schutz
- Werkstoffauswahl; z.B. feuerverzinkter Bewehrungsstahl
- Inhibitoren (Chromate, Natriumbenzoat, Natriumnitrit)

passive Schutzmassnahmen:

- Aussen: Imprägnierungen, Versiegelungen, Beschichtungen.
- Innen: Anstriche der Bewehrungen, z.B. mit Bleimennige.

Von den aufgeführten Schutzmassnahmen erscheint aus den mannigfachsten Gründen der Schutz über die Werkstoffauswahl am zweckmässigsten.

Da Zink an feuchter Luft beständiger ist als unlegierter Stahl, kommt dazu u.a. grundsätzlich eine Feuerverzinkung der Bewehrungen in Frage. Feuerverzinkte Bewehrungen werden ausserhalb der Bundesrepublik in steigendem Umfang benutzt. Sie finden namentlich auch in Küstengebieten Verwendung, da die Ansicht besteht, dass verzinkte Bewehrungen auch dem Angriff chloridhaltiger Lösungen besser widerstehen als unverzinkte Bewehrungen.

Dagegen ist in der Bundesrepublik die Verwendung von Stählen mit einer Schutzschicht aus anderen Metallen, einschliesslich Zink, für Spannbeton z.Zt. nicht zugelassen.

Sanierung von Stahlbetonbauwerken mit Korrosionsschäden

Nachfolgend einige Beispiele für die Sanierung:

- Locker liegende Betonstellen mechanisch entfernen: Abklopfen, Abschlagen, Aufstemmen.
- Freigelegte Bewehrung metallisch blank machen: maschinelle Entrostung, Sandstrahl-Entrostung (Entrostungsgrad 3–2.213 der Rost, Sa 3)
- Korrosionsschutz der Bewehrung mittels Grundbeschichtung: Bleimennige- oder Zinkchromatgrundbeschichtung, z.B. auf Epoxidharzbasis. Die Grundbeschichtung muss gleichzeitig als Haftbrücke für die nachfolgende Ausgleichsmasse dienen.
- Ausgleichsmasse: Hydraulisch abbindender elastifizierter Ausgleichsspachtel
- Dispersionsanstrich zum Schutz der gesamten Oberfläche und Farbgebung

Je nach Schadenersatz und Umfang ist zu unterscheiden zwischen ganzflächigem und stellenweisem Aufbringen.

Forschungsergebnisse, die für feuerverzinkte Stahlbewehrung sprechen

Oft wird der Verzinkungsschicht eine schlechte Verträglichkeit und ein geringes Haftvermögen zum Beton nachgesagt. Mittlerweile konnten durch die Forschungsergebnisse verschiedener Länder folgende Aussagen untermauert werden:

- Das Haftungsvermögen verzinkten Stahls in Beton ist gleich gut oder besser als bei unverzinktem Stahl
- Durch das Feuerverzinken werden die mechanischen Eigenschaften des Bewehrungsstahls nicht verändert
- Die Zinkablösung kommt im Normalfall nach etwa 7 bis 10 Tagen zum Stillstand. Die absoluten Abtragungswerte bewegen sich zwischen 5 und 7 m, so dass die Gefahr der Wasserstoffentwicklung und Versprödung nicht gegeben ist
- Die Korrosionsbeständigkeit verzinkten Stahls in Beton ist nach folgenden Methoden geprüft worden: Lagerung bei unterschiedlicher Luftfeuchtigkeit; Wechselstandversuche in CaCl -Lösungen; Beaufschlagung mit Gleichstrom. Bei allen Untersuchungen zeigten Betonprobekörper mit verzinkter Bewehrung eine erheblich bessere Korrosionsbeständigkeit als Proben mit unverzinkter Bewehrung
- Bei Beschädigungen der Zinkschicht wird auch im Beton der kathodische Schutz des umgebenden Zinks mit nachfolgender Deckschichtbildung voll wirksam
- Tonerdeschmelzzement ist beim Einsatz feuerverzinkten Bewehrungsstahls nicht zu empfehlen.

Adresse des Verfassers: Obering. *K. A. van Oeteren,* Vereidigter Sachverständiger und Dozent für Korrosionsschutzverfahren (metallische und organische Überzüge), D-4010 Hilden.

Hydraulischer Pressrohrvortrieb im Kanalisationsbau

DK 628.247

Von **Ivo Dasek,** Bern

Der Pressrohrvortrieb hat sich in der Kanalisationstechnik bewährt. Diese Bauweise eignet sich nicht nur zur Unterquerung von verschiedenen Terrainhindernissen, sondern auch überall dort, wo die offene Bauweise wegen der grossen Tiefenlage oder aus verkehrstechnischen und anderen örtlichen Verhältnissen nicht gut und wirtschaftlich durchführbar wäre. Der Pressrohrvortrieb eignet sich vorzugsweise für Profile mit Durchmessern zwischen 100 und 220 cm. Die Ausführung des Pressrohrvortriebes ist an eine spezialisierte Bauunternehmung, die für diese Arbeiten gute Einrichtungen, geschultes Personal und Erfahrungen besitzt, zu vergeben.

Die gewaltige Wirtschaftsentwicklung der letzten Jahre kommt in den steigenden Ansprüchen an die Kapazitäten der städtischen Entwässerungsnetze zum Ausdruck. Durch den Umbau der Städte, durch die Abnahme der grünen Zonen und durch die stetige Zunahme der befestigten Flächen vergrössern sich grundsätzlich die Werte der Abflusskoeffizienten, und die Fliesszeit verkürzt sich; dies führt zu einer beträchtlichen Erhöhung der Abflussmengen in den Kanalisationsnetzen. Viele Entwässerungsnetze, obwohl einmal richtig bemessen, entsprechen den heutigen Bedingungen nicht mehr, und es kommt zu Überlastungen, zum Rückstau und nicht selten zu Überschwemmungen von Kellergeschossen.

Kanäle in den überbauten Gebieten zu bauen bzw. zu sanieren ist eine anspruchsvolle und kostspielige Aufgabe. Die Aufrechterhaltung des Verkehrs, die Unmöglichkeit, gewisse Strassen zu schliessen oder Umleitungen zu schaffen, die Notwendigkeit, bestimmte Geländehindernisse oder wichtige Trasses wie Eisenbahnlinien, Autobahnen usw. zu unterfahren oder die Leitungen in grosser Tiefe zu bauen, haben andere, geeignete und oft auch wirtschaftlichere Leitungsbaumethoden als die offene Bauweise zur Anwendung gebracht. Am Anfang wurden dazu die klassischen bergmännischen Untertagebauweisen angewandt; diese Methoden finden heute ihre Anwendung eher für den Bau von grösseren Profilen. Für den Ausbau von kleineren Leitungsprofilen wurde in den letzten zehn Jahren das Pressrohrvortriebsverfahren entwikkelt und erfolgreich angewandt.

1. Prinzip des hydraulischen Pressrohrvortriebs

Beim hydraulischen Pressvortrieb werden einzelne Rohrelemente nacheinanderfolgend in den Boden gepresst. Die dazu verwendeten hydraulischen Pressen sind meist in einem

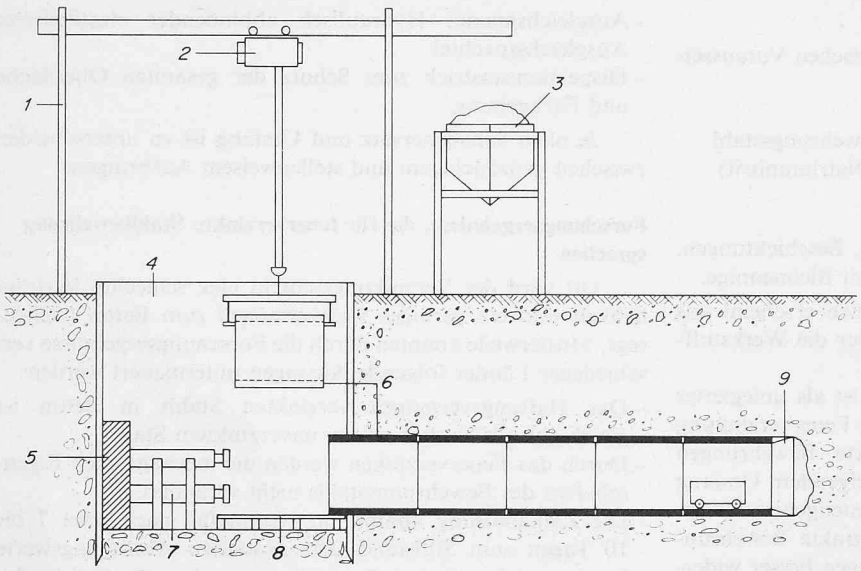


Bild 1. Schematische Darstellung eines hydraulischen Pressrohrvortriebes

1 Bockkran
2 Elektrozug
3 Materialsilo
4 Pressschacht
5 Betonwiderlager
6 Druckstossrohre
7 Hydraulische Presse
8 Basisrahmen
9 Schneide

Pressschacht angeordnet. Auf das vorderste Rohr wird eine Schneide aus Stahl aufgesetzt; diese erleichtert das Eindringen der Leitung in das Erdmaterial, und gleichzeitig schützt sie die Stirnrohrwände vor Beschädigungen. Wenn das erste Rohrprofil vollständig in den Boden getrieben ist, wird ein weiteres Rohr auf die Pressanlage gebracht, mit dem vorderen Rohr verbunden und nachgestossen. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis die gewünschte Länge der Leitung erreicht wird. Die Leitungen können nur in gerader Richtung gestossen werden. Im Gegensatz zu den anderen Untertagebaumethoden, bei denen der Einbau der Profilwände an der Stollenbrust erfolgt, wird beim Pressrohrvortrieb die ganze Leitung als zusammengesetzte Röhre vorwärtsgepresst (Bild 1).

Das Erdmaterial wird an der Brust bei kleineren Profilen durch Handarbeit, bei grösseren Profilen mit Hilfe von Maschinen abgebaut. Das ausgebeutete Material wird in den Stollenwagen aufgeladen und in den Pressschacht und von da an die Oberfläche transportiert. Da die Arbeiter den Materialabbau und -auflad ausführen, muss das vorangetriebene Profil eine gewisse minimale Grösse haben. Das kleinste üblicherweise gestossene Profil hat einen Durchmesser von 100 cm, nur auf kurzen Strecken, wie z. B. bei den Dammquerungen, werden ausnahmsweise Durchmesser von 85 cm eingesetzt. Für die grösste Abmessung des Profils sind wirtschaftliche Grenzen gegeben, und von gewissen Durchmessern an (rund 220 cm) werden oft andere Untertagebaumethoden, wie Schildvortrieb, vorgezogen.

Mit zunehmender Länge wächst die nötige Druckleistung der Pressen, es steigt die Reibung zwischen den äusseren Rohrwänden und dem Erdmaterial, die Rohrprofile müssen stärker armiert werden, und die Transportdistanz des abgebauten Materials verlängert sich, was zu einem langsameren Vortrieb führt. Die günstigsten Längen der Stossstrecken betragen bei kleineren Durchmessern bis 100 m, bei grösseren Profilen zwischen 150 und 200 m.

Die notwendigen Presskräfte richten sich nach der Bodenbeschaffenheit, dem Profildurchmesser und der Vorpresslänge. Die Reibungskräfte variieren zwischen 0,5 t/m² bei sehr standfestem Material und 5 t/m² bei den locker gelager-

Bild 2. Blick in den Pressschacht: hydraulische Pressen, Druckring, Zwischenstück zum Längenausgleich, Durchstossrohr

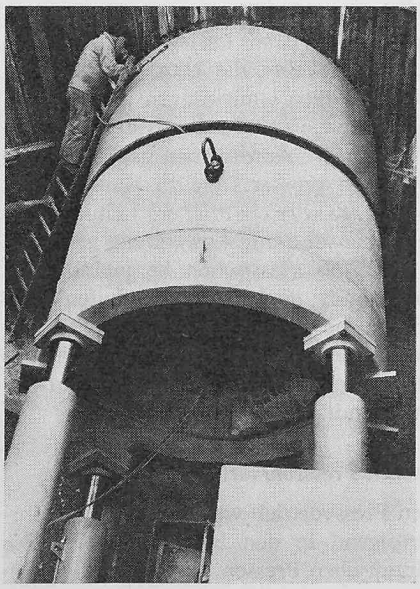


Bild 3. Bewegliche Schneide auf der Basis-Konstruktion im Pressschacht

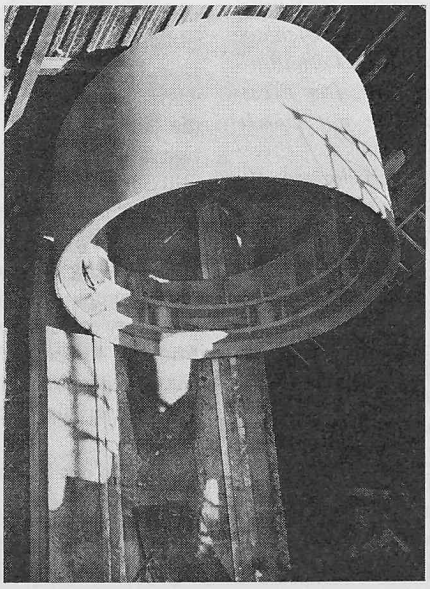
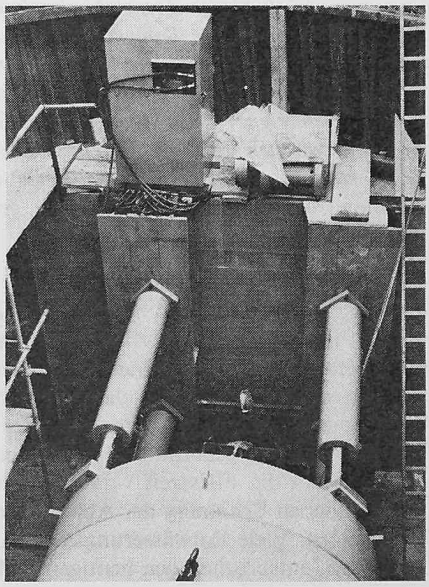


Bild 4. Betonwiderlager und hydraulische Pressen mit Druckring, oben links Gleichlauf-Synchronisierölpumpe



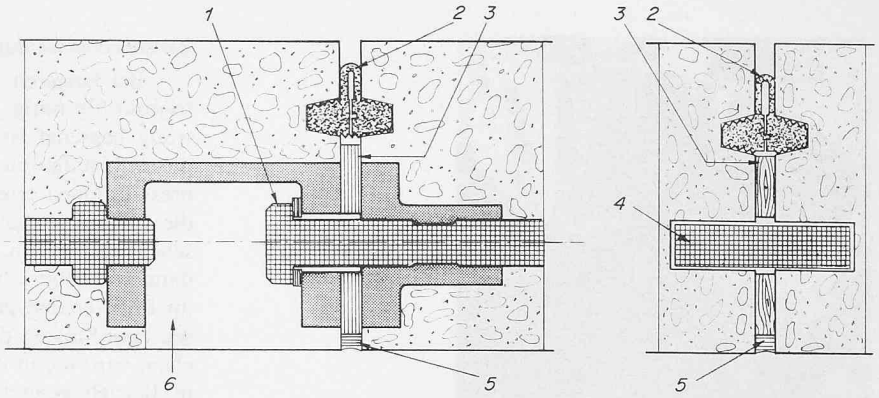


Bild 5. Meist verwendete Rohrverbindungen der Durchstossrohre: links mit Zugstange, rechts mit Bolzen

1 Zugstange
2 Gummi-Falt-Quetschdichtung
3 Druckübertragungseinlage
4 Bolzen
5 innere Dichtung mit Fugenkitt
6 Ausmörtelung nach erfolgter Verschraubung

ten, nicht bindigen Böden. Die äussere Wandreibung der Rohre mit dem Erdmaterial kann durch Injektionen von thixotroper Flüsssigkeit, z. B. von feinstem Ton oder Betonit, mit Wasser gemischt, wesentlich vermindert werden.

Ist die Leitung auf die gewünschte Länge eingestossen, bleibt noch das Entfernen der Schneide sowie das Anschliessen der Leitung. Die Schneide wird aus einem Entnahmeschacht herausgenommen; in der Regel wird im gleichen Schacht auch die Schneide der aus der Gegenrichtung gestossenen Leitung entnommen. Wegen des Aufwandes für die Bauplatzinstallationen werden zumeist aus einem Pressschacht durch Umstellung der Pressen die an- und abgehenden Leitungen gestossen. In einem längeren Kanal, der im Pressrohrvortrieb gebaut wird, wird dann jeder zweite Schacht ein Pressschacht bzw. ein Entnahmeschacht sein.

Die Kanalstrecken werden nach der Demontage der Pressanlage und der Schneide mit ortsbetonierten Bauwerken verbunden, die meistens Kontrolleinstiegschächte erhalten.

2. Boden- und Grundwasserverhältnisse

Für die Detailprojektierung und besonders für die Ausführung der gestossenen Kanalstrecken sind vorherige umfangreiche Baugrunduntersuchungen unerlässlich. An den Aufwendungen für die geotechnischen und geologischen Untersuchungen, die im Verhältnis zu den Baukosten des Pressrohrvortriebes klein sind, sollte nicht gespart werden; auf Grund der Untersuchungsergebnisse können die technischen und wirtschaftlichen Massnahmen im Projekt sowie in der Bauausführung im voraus getroffen und auftretende Schwierigkeiten vorzeitig erfasst werden. Die Bodenverhältnisse beeinflussen den Arbeitsvorgang, die Wahl der Schneide, die Vortriebslänge und die Wasserhaltungsmethode.

Die Baugrunduntersuchungen werden in der Regel in zwei Etappen durchgeführt: In der ersten Phase wird eine allgemeine Information über die Bodenbeschaffenheit und die Eignung des Untergrundes für den Pressrohrvortrieb und über die Grundwasserverhältnisse gegeben. In der zweiten Phase werden genauere Angaben über die Bodenarten und den Verlauf der Bodenschichten, über die Durchlässigkeit und die Grundwassermengen ermittelt. Trotz ausführlichen Baugrunduntersuchungen kann eine geotechnische und geologische Auswertung nur ein Gesamtbild über den Untergrund bringen. Immer wieder treten im Laufe der Arbeiten unerwartete Schwierigkeiten auf, die Änderungen des Projektes, zusätzliche Arbeiten und Aufwendungen verursachen oder die geplante Bauzeit verlängern.

3. Gestossene Profile

Meist werden Kreisrohre vorgestossen. Für besondere Zwecke oder den örtlichen Verhältnissen angepasst wurden auch andere, wie Maul-, Stützlinien-, Tunnel- oder Rechteckprofile hydraulisch vorgetrieben.

An die Stossrohre werden hohe Ansprüche gestellt. Die Profilelemente müssen in erster Linie die Anforderungen an die üblichen Kanalisationsleitungen, d. h. Dichtigkeit gegen inneren und äusseren Wasserdruck, Widerstandsfähigkeit und Festigkeit gegen Erddruck und zusätzlichen Belastungen usw. erfüllen. Die Rohrdurchmesser dürfen nur kleinste Toleranzen aufweisen. Die Rohre müssen hohe Widerstands-Festigkeit in der Längsrichtung haben, um die grossen Pressdrücke zu übertragen; darum sind die Rohre doppelt armiert und weisen eine Wandstärke von 15 bis 25 cm auf. Die Längen der einzelnen Profilelemente werden durch ihr Gewicht, den Transport und die Bauplatzinstallationen begrenzt; übliche Baulängen sind 2 bis 3 m. In der Schweiz werden von den Betonwarenfabriken serienmässig Kreisprofile folgender Innendurchmesser geliefert: 96, 100, 125, 150, 165, 180, 200, 220, 250, 275, 300, 325 und 350 cm. Auf Wunsch werden spezielle Profile oder Sonderarmierungen angefertigt. Für das Injizieren der Gleitmittel während des Stossens können bei der Herstellung der Rohre die Injektionshülsen einbetoniert werden.

Die Rohre werden mit Schraubverbindungen, kombinierten Schraub- und Steckverbindungen oder Überwurfmuffen verbunden. Die Wasserdichtigkeit wird meistens mittels eines Gummi- oder Plastikquetschbandes erzielt. Um den Druck von einem Pressrohr auf das andere besser ausgleichen zu können, werden in die Berührungsflächen Sperrholzzwischenlagen eingelegt. Die gegenseitige Lage und Zentrierung der Rohre wird mit über den Umfang verteilten Dübeln sichergestellt. Nach beendeten Arbeiten werden die inneren Fugen mit plastischem Kitt ausgefüllt (Bild 5).

In die grösseren Profile mit kleinerem Gefälle werden oft noch Sohlrinnen zur Vergrösserung der Fliessgeschwindigkeit oder begehbare Bankette nachträglich eingebaut.

4. Pressvortriebsanlage

Die Pressvortriebsanlage besteht aus der Schneide, Pressstation und allenfalls aus der Zwischenpressanlage, die bei den längeren Leitungsabschnitten zur Anwendung kommt.

Schneide

Es werden feste und bewegliche Schneiden verwendet. Die feste Schneide (Stahlzylinder) wird bei kürzeren Strecken und in gutem, gleichförmigem Erdmaterial eingesetzt. Die bewegliche Schneide besteht aus zwei Teilen. Der eine ist fest an das Rohr angesetzt. Der andere Teil, die eigentliche Schneide, kann mittels Einstellvorrichtung — Verschraubung oder hydraulisch verstellbaren Korrekturpressen — schräg gestellt werden, und dadurch wird eine allfällig nötige Richtungskorrektur der gestossenen Leitung erzielt (Bild 3).

Die Schneide hat eine zylindrische Form, die meist vorne in der vertikalen Richtung von oben nach unten leicht abgeschrägt ist. Im standfestem Boden ist das ganze Profil der Schneide offen. In rolligem Material werden eine oder bei

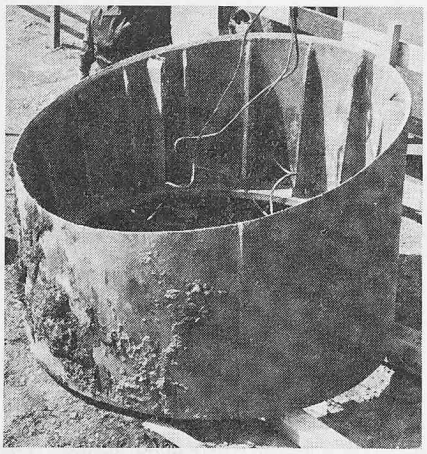


Bild 6. Schneide mit Durchmesser 150 cm

grösseren Profilen zwei horizontale Zwischenwände (Tablare) aus Stahl eingebaut. Diese Zwischenwände verhindern den Profilbruch, die Bildung von äusseren Hohlräumen und daraus entstehende Setzungen.

Pressstation

Die Pressstation im Arbeitsschacht besteht aus einer Basiskonstruktion, Hauptpressen mit Antriebsaggregat und dem Widerlager (Bilder 3 und 4).

Die Basiskonstruktion bildet die Führung für das letzte gestossene Rohr. Durch die Einstellung des Basis-Rahmens (üblicherweise zwei I-Profile) wird die Richtung der Leitung bestimmt.

Meist werden 2, 4 oder 6 Pressen installiert. Eine Presse der stärkeren Ausführung kann einen Druck von 200 bis 250 Tonnen erzielen. Die Pressenkräfte werden über einen Druckring auf das letzte Rohr übertragen. Um beim Stossen einen gleichmässigen Druck in allen Pressen gleichzeitig zu erzielen, wird eine automatisch arbeitende Gleichlauf-Synchronisierpumpe eingesetzt. Die Geschwindigkeit des Stossens beträgt 2 bis 3 cm/min.

Da die hydraulischen Pressen üblicherweise nur einen Hub von 1,0 bis 1,5 m haben und die gestossenen Profilelemente mit einer grösseren Baulänge geliefert werden, werden im Pressschacht zum Längenausgleich kurze Zwischenstücke von 1,0 bis 2,0 m Länge verwendet (Bild 7).

Die Gegenstütze für die hydraulischen Pressen bildet ein im Schacht erstelltes Betonwiderlager (Bild 4).

Zwischenpressanlage

Bei längeren Stossstrecken werden oft sehr grosse Vortriebskräfte nötig. Da aber in einer Pressstation die Druckleistung begrenzt ist, kann man die nötige höhere Druckkraft durch Installation von einer oder sogar mehreren Zwischenpressstationen erreichen, die nach einer bestimmten Länge in die Leitung eingebaut werden. Sie bestehen aus einem Zwischenpressring in einem Mantelrohr. Der Vortrieb verläuft dann wie folgt: Zuerst wird die Leitung aus der Pressanlage im Pressschacht gestossen. Wenn die Drücke der Hauptpressen zum Stossen der ganzen Leitungslänge nicht mehr ausreichen, wird die in der Leitung eingebaute Zwischenpressanlage in Betrieb gesetzt; diese hat nur ein kleines vorderes Teilstück der Leitung zu pressen. Nach erfolgtem Vorpressen des vorderen Teilstückes wird die hintere, restliche Leitung mittels der Hauptpresse bis zum Anschlag in der Zwischenpressstation vorgetrieben. Dann wird wieder die Zwischenpressstation in Betrieb gesetzt und das vordere Teilstück vorwärtsgestossen; nachher wieder der hintere Leitungsabschnitt usw.

Die Zwischenpressanlage, die aus einem Zwischenpressring mit 6, 8 oder 10 Pressen besteht, wird nach dem erfolgten Vorpressen der ganzen Kanalstrecke ausgebaut und das hintere Teilstück der Leitung bis an das nächste Rohr vorgetrieben.

5. Bauinstallation

Pressschächte

Die Schachtabmessungen sind durch die Grösse der Pressanlage und durch die Länge der einzelnen Stossrohre bestimmt. In der Regel ist mit einer Breite von 2,5 bis 3,5 m und einer Länge von 6,0 bis 7,0 m zu rechnen. Wenn sich die gestossenen Leitungsstrecken in einem Winkel schneiden, wird ein kreisförmiger Schacht im Schnittpunkt der Leitungsachsen erstellt. Der Durchmesser solcher Schächte beträgt 6,0 bis 8,0 m. Die Ausbaugrösse und Lage der Arbeitsschächte wird auch durch die Form und Abmessung des definitiv zu erstellenden Bauwerkes beeinflusst. Die Arbeitsschächte werden normalerweise mit nachgetriebenen Kanaldielen gespriesst (Bild 8).

Zum Transport der Rohre und des ausgebrochenen Erdmaterials dienen über dem Pressschacht auf dem Terrain aufgestellte Hebezeuge. Wenn genug Platz für die Bauinstallation zur Verfügung steht, wird häufig eine rechteckige Stahlkonstruktion mit einem oder sogar zwei Laufkranen errichtet. Bei engen Platzverhältnissen werden meistens fahrbare Bockkrane aufgestellt. In unebenem Gelände oder bei nur einseitig zugänglicher Baustelle werden Derrick-Krane

Bild 7. Links Druckring zur Übertragung der Presskräfte auf das letzte Durchstossrohr, rechts Zwischenstück zum Längenausgleich

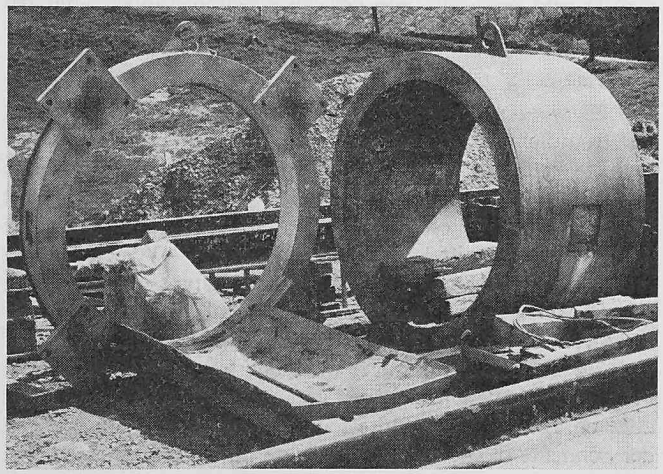
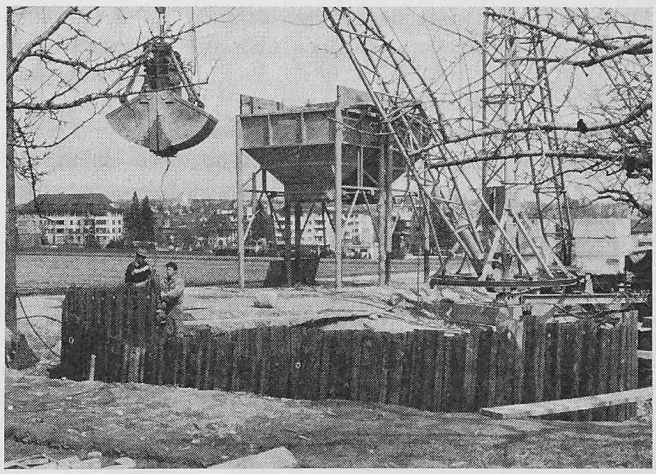


Bild 8. Erstellen eines runden Pressschachtes, im Hintergrund Materialsilo und Derrick-Kran



verwendet. Die notwendige Tragkraft der Elektrozüge wird in der Regel durch das Gewicht der Rohrelemente bestimmt.

Ausgebrochenes Erdmaterial wird an der Brust in den Stollenwagen aufgeladen, in den Pressschacht transportiert und von da nach oben gehoben. Für das Zwischendeponieren des Erdmaterials und das Aufladen auf Lastwagen werden häufig neben dem Schacht Silos installiert (Bild 9).

Entnahmeschächte

Die Grösse der Entnahmeschächte ist durch die Grösse der Schneide und durch das Ausmass des endgültigen Bauwerks an dieser Stelle bestimmt. Die Schächte können normalerweise klein gehalten werden.

6. Vortrieb

Bei kleinen Rohrdurchmessern wird das Erdmaterial an der Brust von Hand abgebaut und in bereitstehende Stollenwagen oder Container aufgeladen. Platzverhältnisse und Abbaufähigkeit des Bodens beeinflussen die Vortriebsleistung.

Für den Materialabbau in grösseren Rohrduchmessern, schon von Profil 165 cm an, wurden von einzelnen Bauunternehmungen verschiedene besondere Abbau- und Auflademaschinen entwickelt. Meistens handelt es sich um einen kleinen Bagger mit einem Tieflöffel. An der Brust sind normalerweise zwei Arbeiter im Einsatz; einer steuert die Abbaumaschine, und der zweite sorgt für den Abtransport und für die Zustellung der Stollenwagen. Beim Auftreten von besonderen Hindernissen, wie Findlingen, felsigen Schichten, muss das Material von Hand abgebaut werden.

Im normalen, standfesten, gut abbaubaren Material kann man mit einer mittleren Vortriebsleistung von 2 bis 2,5 m je Arbeitsschicht rechnen. Sehr rolliges Material verursacht oft Einbrüche und Bildung von Kavernen in der hängenden Schicht; die Abhilfe besteht in der Verfestigung des Materials mit vorherigen Injektionen. Fels wird gesprengt. Wegen der möglichen Erschütterungen und schädlichen Auswirkungen auf obenliegende Objekte oder Werkleitungen müssen die Sprengungen sehr vorsichtig durchgeführt werden. Statt Sprengungen können auch hydraulische Sprenggeräte eingesetzt werden, die Erschütterungen praktisch ausschliessen.

Verhältnismässig ungünstig ist der Pressrohrvortrieb in Übergangsschichten zwischen zwei unterschiedlichen Erdmaterialien, wie z.B. Sand und Molasse. Verschiedenartige Abbaufähigkeit und Festigkeit des Materials ruft einen ungleichmässigen Widerstand über den Umfang der Schneide hervor, was oft eine Abweichung des Rohres von der gegebenen Richtung verursacht. Durch den gesteuerten Materialabbau und allfälliges Neigen der Schneide kann die richtige Leitungsrichtung meist dennoch eingehalten werden.

Mit zunehmender Länge der gestossenen Leitung steigt die Wandreibung, und es werden grössere Presskräfte nötig. Die Transportdistanz wird immer grösser, und wegen der Arbeitspausen beim Abtransport von Material und Zustellung der leeren Stollenwagen sinkt die Tagesleistung. Aus diesen Gründen werden wirtschaftlich Strecken mit Längen von bis 200 m gestossen.

7. Wasserhaltung

Normalerweise wird im trockenen oder entwässerten Boden vorgetrieben. Grundwasser wird vor Beginn der Arbeiten bis unter die Sohle des vorgetriebenen Profils abgesenkt. Da die Verbindungen der einzelnen Profilelemente wasserdicht sind, genügt bei längeren Stossstrecken eine Grundwasserabsenkung im Bereich der Brust und des Pressschachtes.

Die Grundwasserverhältnisse in dem geplanten Trassee der Leitung sind durch frühzeitige Baugrunduntersuchungen ausführlich abzuklären.

Beim Pressrohrvortrieb werden für die Grundwasserabsenkung hauptsächlich folgende Verfahren angewendet: Filterbrunnen, Well-Point-Anlage, Vakuumbrunnen.

Die installierten Pumpenanlagen müssen ununterbrochen, auch über das Wochenende in Betrieb bleiben. Pausen oder Betriebsausfälle bedeuten oft eine Überschwemmung des Profils und des Pressschachtes.

Eine Grundwasserabsenkung kann sich auf die Umgebung ungünstig auswirken. Durch die Absenkung können nebenliegende Brunnen, die der Wasserversorgung dienen, versiegen. Meistens kommen Setzungen des Bodens vor; die in Verbindung mit der Grundwasserabsenkung auftretende Zunahme des wirksamen Überlagerungsdruckes (infolge der Verminderung des natürlichen Auftriebes) ruft eine Spannungsänderung im Boden und somit zusätzliche Setzungen hervor. Die Setzungserscheinungen sollen, besonders in überbauten Gebieten, durch geeignete Massnahmen vermieden bzw. beschränkt werden.

8. Pressrohrvortrieb unter Druckluft

In grundwasserhaltigem Erdreich, das nicht entwässert werden kann, wie z.B. unter Gewässern, bei Gefahr von Gebäudesetzungen usw., können die Rohrprofile unter Druckluft vorgepresst werden. Die Druckluft verhindert wie

Bild 9. Bauplatzinstallation beim Pressschacht

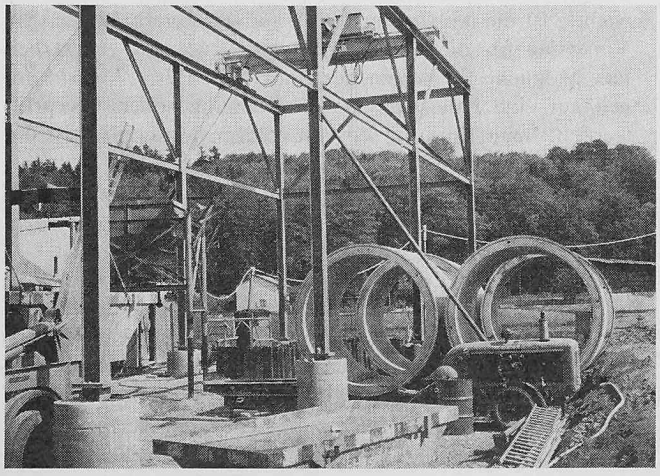
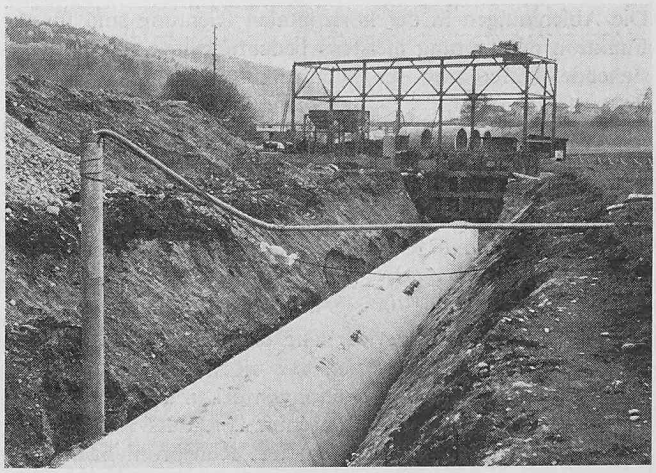


Bild 10. Pressrohrvortrieb «in offener Baugrube». Links ein Filterbrunnen, im Hintergrund Pressschacht



beim Caissonbetrieb das Eindringen des Wassers. Der Abbau des Erdmaterials und das Rohrpressen erfolgen in gespannter Luft.

Mit Pressrohrvortrieb unter Druckluft wurde im Jahre 1967 ein 110 m langer Düker, Kreisprofil 129 cm Durchmesser, unter der Aare in Aarwangen erstellt. Die eigentlichen Pressrohrvortriebsarbeiten dauerten bei ununterbrochenem Dreischichtenbetrieb 4 Wochen, was einer durchschnittlichen Tagesleistung von 4 m entspricht.

9. Einhaltung und Überwachung der Stossrichtung

Das Rohrprofil soll möglichst genau in der angegebenen projektierten Richtung und dem vorgeschriebenen Gefälle vorgetrieben werden. Die allfälligen Abweichungen der Richtung werden hauptsächlich von ungleichförmigem Erdmaterial, besonders bei Übergängen zwischen weichen und festen Bodenschichten, verursacht. Wenn am Schneideumfang ein unregelmässiger Widerstand entsteht, wird dieser gegen das weichere Erdmaterial abgedrängt. Kleinere Abweichungen kann man durch intensiveren Abbau des härteren Materials und dadurch entstehender Druckentlastung an der Schneide ausgleichen. Bei grösseren Abweichungen muss die Richtungskorrektur durch Verstellen der Schneide vorgenommen werden. Da man eine kleinere oder gerade beginnende Abweichung leichter als eine grosse korrigieren kann, ist eine ständige Überwachung der horizontalen Rohrrichtung und besonders des Sohlengefälles unerlässlich.

Früher wurden für die Richtungsbestimmungen und ihre Kontrolle die gewöhnlichen bergmännischen Vermessungsmethoden angewendet. Heute verwendet man fast überall zur Richtungsangabe und Kontrolle des Pressrohrvortriebes einen sichtbaren Laserstrahl.

Der Laserapparat wird im Pressschacht auf einer festen, im Verlaufe der Pressarbeiten sich nicht verformenden Unterlage oder Konsole angebracht und der Laserstrahl gerichtet. Hinter der Schneide unter dem Scheitel des ersten gestossenen Rohres wird eine Zielscheibe so befestigt, dass der Laserstrahl in ihrer Mitte ist. Während des Pressrohrvortriebes kann man dann ständig kontrollieren, ob der Laserstrahl immer im Zentrum der Scheibe auftrifft. Schon kleine Abweichungen aus der gegebenen Richtung können durch Verschiebung des Lichtfleckes aus dem Zentrum der Zielscheibe sofort festgestellt werden, und daraufhin können die nötigen Korrekturen im Abbau oder der Neigung der Schneide vorgenommen werden. Die Rohrrichtung wird während der Arbeiten ständig anschaulich kontrolliert, und die Belegschaft muss keine aufwendigen Vermessungsarbeiten ausführen.

10. Schwierigkeiten beim Pressrohrvortrieb

Die häufigsten Probleme ergeben sich mit der genaueren Einhaltung der vom Projekt vorgeschriebenen Rohrrichtung. Die Ablenkungen in der horizontalen Richtung sind für die Funktion der Leitung meistens bedeutungslos; allfällige entstehende Differenzen im Schnittpunkt der einzelnen Leistungsstrecken kann man in Verbindungsbauwerken (Kontrollschächten) ausgleichen. Wesentlich schlimmer ist es bei Abweichungen von der angegebenen Sohlenneigung, besonders bei geringen Gefällen. Wenn z. B. eine 100 m lange Rohrleitung von 200 cm Durchmesser statt 3,6‰ nur im Gefälle von 2,6‰ – was auf 100 m eine Höhenabweichung von 10 cm darstellt, gestossen wird, vermindert sich das Schluckvermögen der Leitung von 10000 l/s auf 8580 l/s, d. h. um 15%.

Trotz ständiger Überwachung der Leitungsrichtung und trotz sofortigen Massnahmen zur notwendigen Korrektur gelingt es nicht immer, die Leitungsstrecken genau nach dem Projekt auszuführen. Es kam schon vor, dass infolge einer unteren, harten, felsigen Schicht das Rohrprofil nach oben gehoben wurde, was zu einem Gegengefälle führte. Sohlenabweichungen können manchmal nachträglich mit Füllbeton korrigiert werden.

Beim Vortrieb im rolligen Material besteht die Gefahr von Brusteinbrüchen, Bildung von äusseren Hohlräumen und Setzungen des Terrains sowie von obengelegenen Werkleitungen und Gebäuden. Diese Erscheinungen kann man in der Regel mittels vorzeitiger Injektionen verhindern.

Bei unerwarteten Schwierigkeiten im Pressen, bei mangelnden Stosskräften, beim Auftritt von unterirdischen Hindernissen oder bei grossen Richtungsabweichungen lohnt es sich manchmal, einen zusätzlichen Zwischenschacht abzuteufen. Da in der Regel der Aufwand für einen nachträglich gebauten Schacht dem Bauunternehmer nicht entschädigt wird, muss die Wirtschaftlichkeit dieses Vorgehens von diesem abgewogen werden.

Beim Bau eines Abschnittes des Sammelkanals Wangental in Köniz sind wegen lehmiger Schichten Schwierigkeiten in der Grundwasserabsenkung aufgetreten. Die offerierten Filterbrunnen für die Wasserhaltung hätten z. B. durch eine Vakuumanlage ersetzt werden müssen, was mit zusätzlichen Kosten verbunden gewesen wäre. Da diese Kanalstrecke im offenen Feld verläuft, hat sich die Bauunternehmung entschlossen, auf der ganzen Strecke einen offenen Aushub bis etwa Mitte des Kanalprofils durchzuführen und die Rohrprofile, Durchmesser 250 cm, vom bereits ausgebauten Pressschacht zu stossen (Bild 10). Die Wasserhaltung konnte dann mit Filterbrunnen erfolgen. Diese Methode «Pressrohrvortrieb in offener Baugrube» war als originelle Notlösung erfolgreich, und die rund 200 m lange Kanalstrecke konnte in sehr kurzer Zeit, mit Tagesleistungen von 7 bis 8 m, erstellt werden (Bild 11).

Wenn möglich, sollen die Pressrohrvortriebsarbeiten ohne grosse Arbeitsunterbrüche durchgeführt werden. Es wurde schon festgestellt, dass nach längeren Stillegungen der Baustelle das Rohrpressen grössere Kräfte benötigte. Dies ist wahrscheinlich durch Verdichten und Setzung des obenliegenden Materials verursacht worden.

Das Grundwasser soll genügend weit um die Schneide herum abgesenkt werden. Bei ungenügender Absenkung, besonders in grobem Kiesmaterial, kann es zu einem hydraulischen Grundbruch im Rohrprofil kommen, was die Arbeiter gefährdet. Vorsicht ist bei der Unterquerung von kleineren Bächen geboten; das Bachbett ist abzudichten, z. B. mit einer Blechrinne oder Kunststoffmaterialien auszulegen.

11. Bemerkungen zu der Projektierung und der Bauleitung von gestossenen Leitungen

- Als Grundlage für die Planung und den Entscheid der Bauweise sollen vorher in dem vorgesehenen Leitungstrassee Baugrunduntersuchungen ausgeführt werden. Besonders wichtig ist die Abklärung der Grundwasserverhältnisse. Ein Vorschlag für die Wasserhaltung ist frühzeitig zu erarbeiten. Mögliche Setzungen des Bodens und ihre Auswirkungen auf eine nahe liegende Überbauung sollen überprüft werden. Beim Vorkommen von rolligen Materialien ist der Umfang der nötigen Injektionen abzuklären.
- Da Abweichungen im Gefälle möglich sind, sollen die Leitungen hydraulisch nicht zu knapp bemessen werden. Im Längenprofil, besonders bei geringen Gefällen, ist Ungenauigkeiten in der Höhenlage der Leitung Rechnung zu tragen. Für den Ausgleich der allfällig entstandenen Höhenunterschiede empfiehlt es sich, in den Verbindungsbauwerken (Entnahmeschächten) der einzelnen Stossstrecken einen Sohlenabsturz von 10 bis 20 cm vorzusehen.
- Lage und Ausbildung aller nahe liegenden Werkleitungen, Strassen, Bahnen, Stützmauern, Gebäude (Kellertiefen)

und anderen Hindernisse sind festzustellen und in den Plänen einzutragen.
- Nachträgliche Einbauten in gestossene Profile, wie Banquette, Sohlenrinnen usw, sind aufwendig. Mit den Lieferanten ist die Möglichkeit der Erstellung von besonderen Profilen oder die Vorfabrikation der Einbauteile zu überprüfen.
- Für besondere örtliche Verhältnisse ist es empfehlenswert, den Projektvorschlag mit den Bauunternehmungen zu besprechen und Richtpreise zum voraus einzuholen. Bei der Bauausschreibung, besonders von Profilen über 175 cm Durchmesser ist gleichzeitig eine Variante einer anderen Bauweise, wie z. B. Schildvortrieb, nach Vorschlag des Unternehmers offerieren zu lassen.
- Um spätere zusätzliche, meist umstrittene Entschädigungsansprüche zu vermeiden, sind die einzelnen Positionen im Devisformular klar zu beschreiben und zu definieren. Für die Ausschreibung kann man den VSS-Normenpositionskatalog für Strassenbau gut benützen.
- Die Entschädigung für die Grundwasserabsenkung ist am besten pro Laufmeter der vorgetriebenen Leitung zu vereinbaren und zu bezahlen. So entfallen mögliche Streitigkeiten für die Bezahlung des Pumpenbetriebes während der Arbeitspausen oder beim langsameren Fortschritt der Arbeiten.
- Wo die Gefahr von Setzungen besteht, sind an den gefährdeten Gebäuden und Objekten Gipssiegel anzubringen und diese unter notarieller Aufsicht zu verurkunden. Eine Schadendeckung durch Abschluss einer Bauversicherung durch die Bauherrschaft ist zu überprüfen.

12. Pressrohrvortrieb im Vergleich mit anderen Bauweisen

Bei der Projektierung von Kanalisationsleitungen werden verschiedene Baumethoden für gegebene örtliche Verhältnisse in Erwägung gezogen, und nach ihrem wirtschaftlichen Vergleich wird die günstigste Bauweise zur Ausführung vorgeschlagen.

In freiem Gelände wird die Bauweise in offener Baugrube bis zu einer gewissen Verlegungstiefe vorteilhafter sein. Die Wirtschaftlichkeitsgrenze zwischen der offenen Baugrube und dem Pressrohrvortrieb wird vorwiegend durch die Art der nötigen Spriessung und die Grundwasserabsenkung beeinflusst. Nach Erfahrungen liegt die Grenze zwischen 4 und 6 m Überdeckung. In überbauten Gebieten mit vielen zu querenden und zu unterfangenden Werkleitungen und anderen Objekten sowie mit schwierigen Verkehrsumleitungsproblemen wird der Pressrohrvortrieb vorgezogen.

Die Schildbauweise kann den Pressrohrvortrieb bei grossen Profilen ernsthaft konkurrenzieren. Die Schildbauweise

Bild 11. Pressrohrvortrieb «in offener Baugrube». Abbau des Erdmaterials bei der Schneide mit einem im Rohrprofil installierten Bagger

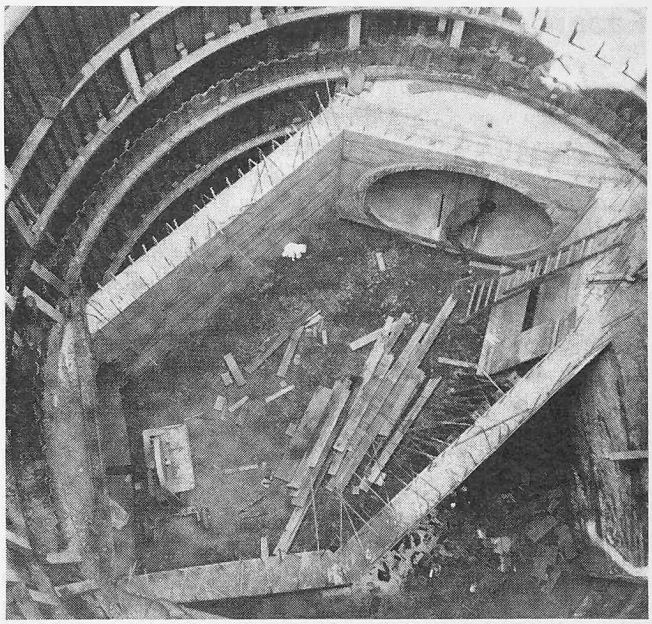


Bild 12. Einbau eines Kontrollschachtes im Pressschacht nach erfolgter Durchstossung der Leitungen

weist folgende Vorteile auf: Die Vortriebslänge der Leitung ist kaum begrenzt. Bei längeren Strecken können bestimmte Verbindungs- oder Kontrollschächte entfallen. Der Vortrieb ist nicht nur auf eine gerade Linie beschränkt; Kurven mit grossem Radius sind möglich. Es wird eine genauere Gestaltung des Sohlengefälles erreicht; allfällige Unregelmässigkeiten können beim Materialabbau und beim Einbau der Tübbings ausgeglichen werden. Die Profilauskleidung kann dünner gehalten und den örtlichen Bodenverhältnissen besser angepasst werden; z. B. in felsigem Material kann eine Spritzbetonverkleidung genügen. Die Nachteile der Schildbauweise beruhen besonders im Transport und dem verhältnismässig komplizierten Einbau der Tübbings. Der Schild ist grösser und wegen der eingebauten gesteuerten Pressen komplizierter. Die erstellte Auskleidung mit Tübbings hat wesentlich mehr Fugen, die schwieriger abzudichten sind. Wegen des grösseren Aushubs müssen die Hohlräume zwischen den Tübbings und dem Erdmaterial nachträglich mit Mörtel oder Beton ausgefüllt werden.

Unter Umständen kann man auch Pressrohr- und Schildvortrieb kombinieren; dieses Verfahrens wurde für die Erstellung eines Sammelkanals, Durchmesser 240 cm, in Thun angewendet. Da die Schächte sehr weit auseinander angeordnet wurden, rund 200 m, konnte die Baufirma nicht die ganze Leitungsstrecke mit Pressrohrvortrieb erstellen. Deshalb wurde an Stelle der üblichen Schneide ein Schild vorgeschaltet. Bei zu grossen Pressdrücken stellte man auf den Schildvortrieb um.

Anwendungsbereich der verschiedenen Untertagebaumethoden:
- Durchmesser 90 cm bis 180 cm: Pressrohrvortrieb
- Durchmesser 180 cm bis 220 cm: Konkurrenz zwischen Pressrohrvortrieb und konventionellem Vortrieb mit Einbau
- Durchmesser 220 cm bis 300 cm: Konkurrenz zwischen Pressrohrvortrieb, Schildvortrieb und anderen bergmännischen Bauweisen; für die Anwendung der Baumethode entscheidet meistens das Preisangebot
- Durchmesser über 300 cm: Pressrohrvortrieb ungünstig

Adresse des Verfassers: *Ivo Dašek*, dipl. Bauing., SIA, Sulgeneckstrasse 62, 3005 Bern.