

# Probekapitel

*Rohrvortrieb – Durchpressungen begehbarer Leitungen*

Autor: Hermann Schad, Tobias Bräutigam, Steffen Bramm

Copyright © 2008 Ernst & Sohn, Berlin

ISBN: 978-3-433-02912-1

---

**BiP**

2. Auflage

## Rohrvortrieb

Durchpressung begehbarer Leitungen

Hermann Schad, Tobias Bräutigam,  
Steffen Bramm

Bauingenieur-Praxis



**Ernst & Sohn**  
A Wiley Company

Wilhelm Ernst & Sohn  
Verlag für Architektur und  
technische Wissenschaften  
GmbH & Co. KG  
Rotherstraße 21, 10245 Berlin  
Deutschland  
[www.ernst-und-sohn.de](http://www.ernst-und-sohn.de)

**Ernst & Sohn**  
A Wiley Company

## 3 Ausführung

### 3.1 Vorpressen von Rohren

#### 3.1.1 Einbringen der Vortriebsrohre

Werden Rohrvortriebe mit ganz einfachen Randbedingungen ausgenommen, so sollte der Einbau der Vortriebsrohre nach einem Rohrfolgeplan (Rohrverlegeplan) vorgenommen werden. Die Rohrnummern im Rohrfolgeplan (vgl. Bild 3.1) sollten dabei möglichst mit der an der Rohrinneenseite befindlichen Nummerierung übereinstimmen. Beispielweise setzt der korrekte Einbau von Sonderrohren und Dehnern eine rasche Kontrolle der Nummer des zuletzt eingebauten Vortriebsrohres voraus. Gleiches gilt bei größeren Rohrvortrieben mit geringer Überdeckung, bei denen die Vortriebsrohre im Hinblick auf unterschiedliche statische Auflasten mit einer unterschiedlichen Bewehrung gefertigt wurden. Dieser Fall kann zum Beispiel dann vorliegen, wenn an der Geländeoberfläche über Teilabschnitten des Rohrstrangs nach Erreichen der Endlage, planmäßig umfangreiche und mächtige, zusätzliche Überschüttungen vorgesehen sind und über anderen Teilabschnitten des Rohrstranges nicht.

Zum Einbringen eines Vortriebsrohres wird der Stahlruckring zurückgefahren, und das Vortriebsrohr wird auf die Rohrbettung (Führungsrahmen) abgesetzt. Der Führungsrahmen besteht im Regelfall aus Stahlschienen. Um Verkantungen und einen Zusammenprall von Vortriebsrohren beim Einheben mittels Kran zu vermeiden, ist eine Führung des am Seil hängenden Rohrfertigteils zweckmäßig. Bevor das Vortriebsrohr mit den Vortriebspressen entlang des Stahlführungsrahmens in die Muffe des Vorgängerrohres eingeschoben wird, sind ggf. Verrollungszentrierbolzen einzusetzen.

Bild 3.1 zeigt einen Rohrfolgeplan für 109 Vortriebsrohre DN 3000 mit drei schwimmenden Dehnerstationen. Alle Rohre sind mit Spaltzugbewehrung (Verbügelung) und Injektionsstutzen ausgestattet. Die Abkürzungen bedeuten:

- Bew. 1 verstärkte Bewehrung für hohe schlaffe statische Vertikallast (Endzustand) über einer Teilstrecke des Vortriebsstollens
- Bew. 2 Normalbewehrung
- AR Anfangsrohr
- NR Normalrohr
- DVLR Dehnervorlaufrohr
- DNLR Dehnernachlaufrohr

#### 3.1.2 Zwischenpress-Stationen

Zwischenpressstationen werden auch als „Dehnerstationen“ oder „Dehner“ bezeichnet. Es handelt sich um ortsveränderliche, mit dem Rohrstrang

**Rohrfolgeplan DN 3000**

Druckübertragungsring aus Spanplatten-Material  
Einbaustärke 32 mm; Fugenspalt-Endbreite: ca. 22 mm

<div> <div>ca. 312 lfd.m</div> <div>2,85 m</div> <div>2,85 m</div> <div>2,85 m</div> <div>2,85 m</div> </div>													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
AR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	DVLR	DNLR	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	DVLR	DNLR	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 1	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
NR Bew 2	DVLR	DNLR	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2
85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2
99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	<div> <div>Länge des Passrohrs nach Angabe der Bauleitung</div> </div>		
NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	NR Bew 2	Passrohr Bew 2			

**Bild 3.1.** Rohrfolgeplan für einen Vortrieb DN 3000 (Beispiel)

„mitfahrende“ Pressenanlagen, deren Anordnung in einem Rohrfolgeplan vor Beginn der Bauausführung festzulegen ist. Die rechtzeitige Festlegung der Dehnerpositionen ist aus Gründen der Rohrfertigung (Produktionsreihenfolge und Anlieferungsstermin) wichtig, da unmittelbar vor und hinter der Dehnerstation

Sonderrohre erforderlich sind. Mit einer Dehnerstation kann der Teil des Vortriebsrohrstranges vorgepresst werden, der in Vortriebsrichtung vor der Dehnerstation liegt. Der rückwärtige Teil des Vortriebsrohrstranges zwischen der Dehnerstation und der Hauptpresstation verharrt dabei in Ruhe. Beim Betrieb der Dehnerstation stützt sich diese auf den nicht bewegten, rückwärtigen Teil des Rohrstranges, einschließlich der Hauptvortriebspresen, ab.



Foto: Ph. Holzmann AG

**Bild 3.2.** Dehnerstation bei einem Großrohrvortrieb mit hydraulischer Förderung des abgebauten Materials



### 3.1.2.1 Betrieb

Durch die mit Dehnerstationen bewirkte Aufteilung des Vortriebsrohrstranges in zwei oder mehr Einzelvortriebsabschnitte ist es nur noch erforderlich, die Vorpresswiderstände auf dem jeweils bewegten Teilabschnitt des Rohrstranges zu überwinden. Die in die Vortriebsrohre eingeleiteten Vorpresskräfte werden hierdurch maßgebend reduziert, was wirtschaftliche Rohrwanddicken und eine wirtschaftliche Auslegung der Hauptpressstation ermöglicht. Da der Betrieb von Dehnerstationen naturgemäß zu einer Vortriebsverlangsamung führt, werden Dehnerstationen meist erst dann verwendet, wenn die Widerstände beim Vorpressen des gesamten Rohrstrangs so stark angestiegen sind, dass die entsprechende Vorpresskraft die zulässige Drucknormalkraft der Vortriebsrohre übersteigen würde.

### 3.1.2.2 Bauarten

Dehnerstationen bestehen im Wesentlichen aus mehreren, im Vergleich zu den Hauptvortriebspressen relativ kurzhubigen Hydraulikpressen, z. B. mit 800 kN nominaler Druckkraft. Dehnerpressen weisen meist Kolbenhübe in der Größenordnung von 30 cm und im Extremfall von 100 cm [192] auf. Große Bau- und Hublängen der Dehnerstationen können sich auf den minimal auffahrbaren Trassenradius auswirken. Dehnerstationen bestehen ferner aus lastverteilenden Stahlblechplatten zu beiden Seiten der Dehnerpressen und aus einem außen liegenden Stahlblechmantel zur Rohrübergreifung. Der Durchmesser dieses Stahlblechmantels darf nicht größer sein, als der Nennaußendurchmesser der Vortriebsrohre. Bei Dehnerstationen werden im Wesentlichen zwei Bauarten unterschieden:

- „schwimmende Dehnerstationen“ und
- in Vortriebsrohre „integrierte Dehnerstationen“.

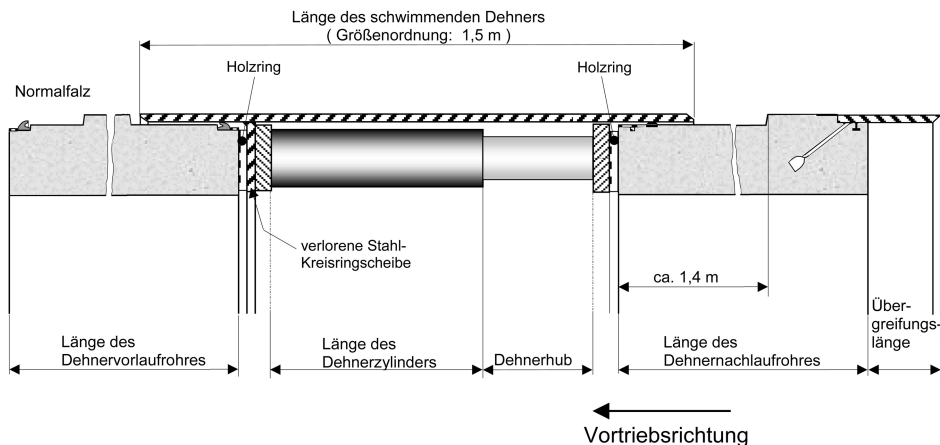
Schwimmende Dehnerstationen sind analog zu losen Stahlführungsringen (vgl. 1.5.2, S. 51) eigenständige Einbauteile. Der Blechmantel der schwimmenden Dehnerstation bildet einen Übergreifungsstoß mit dem vorausgehenden Vortriebsrohr (Dehnervorlaufrohr DVL) und mit dem nachfolgenden Vortriebsrohr (Dehnernachlaufrohr DNLR). Dehnervorlaufrohr und Dehnernachlaufrohr müssen jeweils formgleiche Spitzenden aufweisen. Auf Grund der konzentrierten Lasteinleitung erhalten Dehnervorlaufrohre und Dehnernachlaufrohre zumindest im spiegelnahen Bereich eine verstärkte Bewehrung.

Bei den integrierten Dehnerstationen ist der Stahlblechmantel des Dehners fest mit einem verkürzten und mit verstärkter Bewehrung ausgestatteten Stahlbetonvortriebsrohr (Dehnerrohr) verbunden. Der Stahlblechmantel entspricht einem überbreiten Stahlführungsring. Das anschließend einzubauende, ebenfalls mit verstärkter Bewehrung ausgestattete Dehnernachlaufrohr weist im Hinblick auf den Kolbenweg der Dehnerpressen ein verlängertes Spitzende auf.

Nach Abschluss der Vortriebsarbeiten werden die Dehnerpressen ausgebaut und im Regelfall die Dehnerfuge mit Hilfe der Hauptvortriebspressen oder einer nachfolgenden Dehnerstation zusammengeschieben. Im Fall von schwimmenden Dehnerstationen ergeben sich nach dem Zusammenschieben zwei Innenfugen mit der dazwischen liegenden, mit dem schwimmenden Dehner verschweißten ringförmigen Stahlplatte (siehe Bild 3.3). Im Fall integrierter Dehnerstationen ergibt sich nach dem Zusammenschieben dagegen nur eine Innenfuge.

Die Bestückung von Dehnerstationen mit Dehnerpressen ist nur soweit sinnvoll, wie die installierte Vortriebskraft unter der zulässigen Drucknormalkraft der Vortriebsrohre liegt. Das Vorliegen dieser Voraussetzung ist vor der unplanmäßigen Aufrüstung von Dehnerstationen mit Zusatzpressen zwingend zu überprüfen, da sonst Rohrschäden wahrscheinlich sind. Als Dehnerpressen gelangen oftmals einfach wirkende Plungerzylinder zum Einbau, deren Kolben beim Vorpresse der rückwärtigen Rohrstrecke mit eingeschoben werden. Die Verlegung einer gesonderten Ölrückleitung kann so vermieden werden.

Zur Fernkontrolle des aktuellen Kolbenhubes werden Dehnerstationen häufig mit elektrischen Weggebern ausgerüstet.



**Bild 3.3.** Schematische Darstellung der Rohrstoßfuge im Bereich einer „schwimmenden“ Dehnerstation (unmaßstäblich)

### 3.1.2.3 Anordnung

Die Anordnung von Zwischenpressstationen erfolgt auf Grund von baugrund-abhängigen Erfahrungswerten und überschlägigen Mantelreibungsberechnungen. In Bild 3.4 ist die Anordnung von Dehnern in einem Vortriebsrohrstrang schematisch dargestellt. Der erforderliche Dehnerabstand kann sehr stark variieren. Mit zunehmendem Rohrdurchmesser und damit zunehmender Mantelreibungskraft reduziert sich in der Regel der mögliche Dehnerabstand. In Schichten außerhalb

des Grundwassers sind oft deutlich kleinere Dehnerabstände erforderlich als in den selben Schichten unterhalb des Grundwasserspiegels. Bei Vortrieben in Kiesen und Sanden kann für süddeutsche Verhältnisse als Faustregel von einem Entwurfs-Dehnerabstand von 30 m bis 40 m ausgegangen werden. Bei wechselnden Schichten werden oftmals Entwurfs-Dehnerabstände zwischen 40 m und 80 m gewählt. Entwurfs-Dehnerabstände zwischen 80 m und 120 m sind für süddeutsche Verhältnisse relativ groß und vor allem dann gerechtfertigt, wenn in den zu durchpressenden Schichten diesbezüglich bereits positive Erfahrungen vorliegen. Unter schmiertechnisch günstigen Voraussetzungen kann ein noch größerer Dehnerabstand ausreichend sein. Aus geotechnischer Sicht sind große Entwurfs-Dehnerabstände jedoch nicht empfehlenswert.

Schmiertechnisch günstige Eigenschaften sind bei Schichten zu erwarten, die nur schwer wasserdurchlässig sind und in denen der Bentonitschmierfilm lange Zeit möglichst vollflächig erhalten bleibt. In solchen Schichten wurden bereits mehrere hundert Meter lange Rohrstrecken allein mit den Hauptvortriebspresen verschoben. Überdurchschnittlich hohe Mantelreibungskräfte sind unter anderem zu erwarten in

- quelfähigen Bodenarten und in
- Schichten aus Bodenarten mit großem Reibungswinkel, in denen die Schmiermittelinjektion in hohem Maße wegsickert oder weggespült wird.

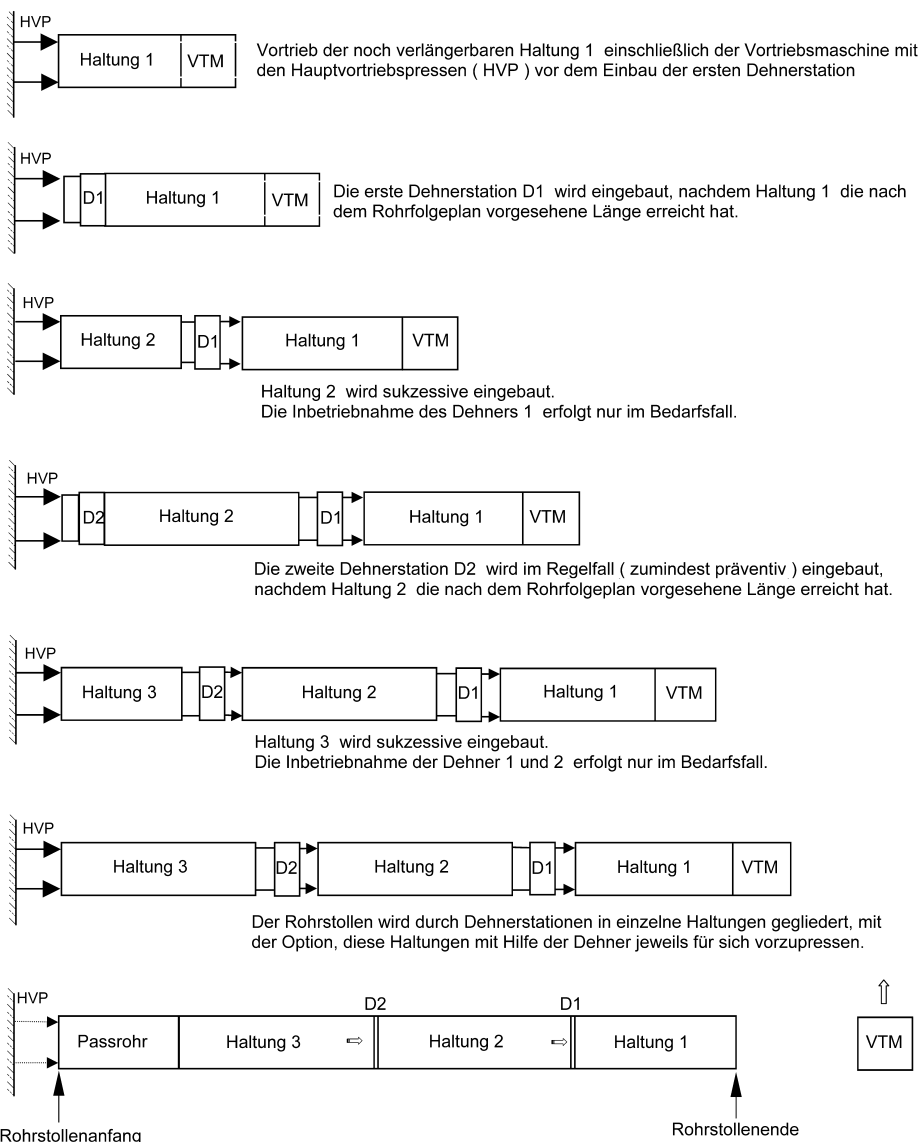
Bei der Anordnung der ersten Dehnerstation ist zu berücksichtigen, dass die Pressenkräfte anteilig auch zur Überwindung des Brustwiderstandes benötigt werden. Häufig wird die erste Dehnerstation daher bereits wenige Vortriebsrohrlängen nach dem Maschinenrohr eingebaut. Von weiterer Bedeutung für den relativ geringen Abstand der ersten Dehnerstation nach dem Maschinenrohr ist die häufige Zweitfunktion des ersten Dehners als so genannte „Trimmstation“.

Zur Vermeidung von Verrollungseffekten in rückwärtigen Dehnern, die nicht als Trimmstation ausgerüstet sind, werden fallweise Verrollungszentrierungen eingebaut. Beim Einsatz von Vortriebsmaschinen mit einem vollflächigen Abbau der Ortsbrust (Vollschnittmaschinen bzw. Tunnelbohrmaschinen) kann es zweckmäßig sein, die erste Dehnerstation direkt hinter der Vortriebsmaschine anzuordnen. Hierdurch kann eine satte Anpressung der Abbauwerkzeuge an die Ortsbrust erreicht werden.

Die Abstände aller nachfolgenden Dehnerstationen können sich bei durchschnittlichen Vortriebsverhältnissen an den oben genannten Zahlenwerten orientieren.

Wenn die Vorpresskräfte einer Haltung in einer bereits aufgefahrenen Vortriebsstrecke nicht im Mittel konstant bleiben oder abnehmen, sondern kontinuierlich zunehmen (vgl. Bild 3.6), so muss dies auf eine zeitabhängige Zunahme der Rohrmantelreibung zurückgeführt werden. Als Ursachen hierfür sind vorrangig Schmiermittelverluste oder quelfähige Gesteinsschichten anzunehmen.

### Schema der Einbaufolge und Inbetriebnahme von Dehnerstationen



Nach Erreichen der Endlage wird die Vortriebsmaschine (VTM) ausgebaut. Nach dem Ausbau der Dehnerpressen eines Dehners wird der jeweilige Dehnerringspalt mit den rückwärtigen Dehnern bzw. mit den Hauptvortriebspressen (HVP) zusammengeschoben. Zum Abschluss wird im Bedarfsfall ein Passrohr eingesetzt.

**Bild 3.4.** Einbauschema von Dehnerpresstationen

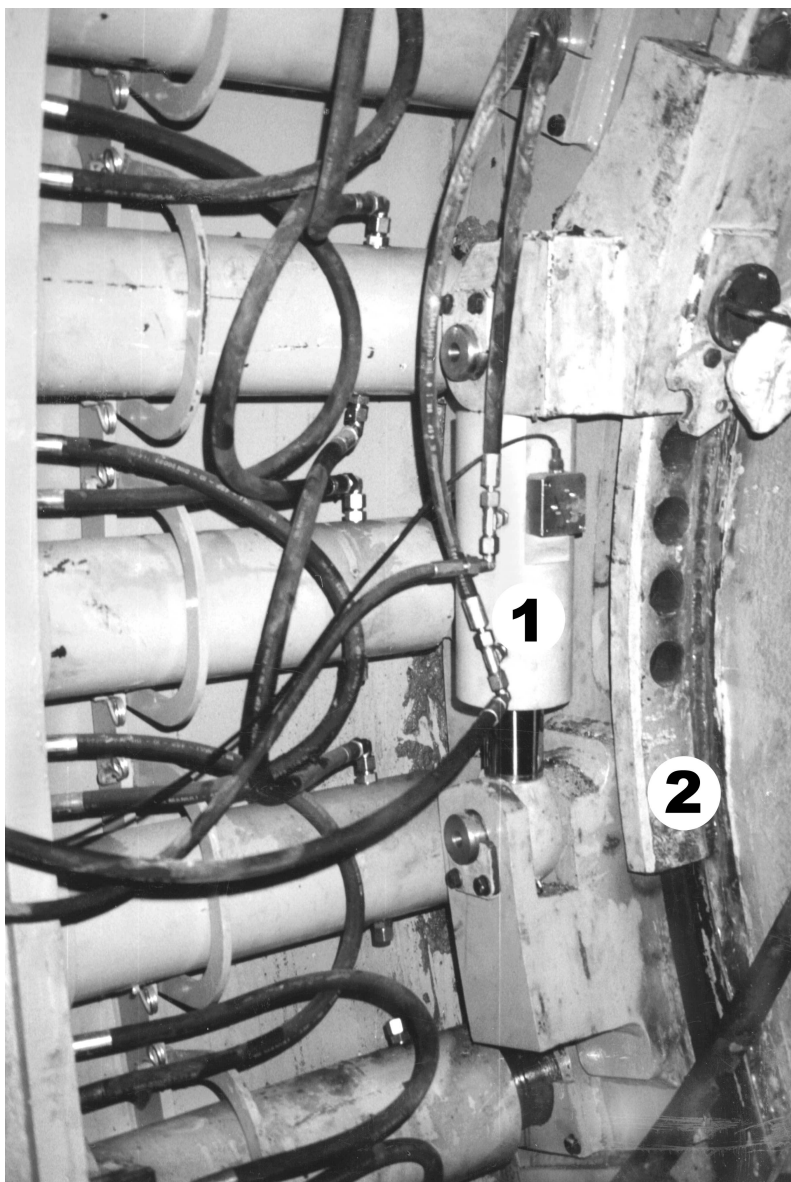


Foto: T. Bräutigam, Stuttgart

- 1 Die Trimpresse ist mit Hilfe eines Konsolstücks im Lochkranz fixiert
- 2 Der Lochkranz ermöglicht eine optimale Einbauposition der Trimpresse sowie ein Nachfassen der Presse bei größeren Verrollungswinkeln

**Bild 3.5.** Dehnerstation ausgerüstet als Trimmstation

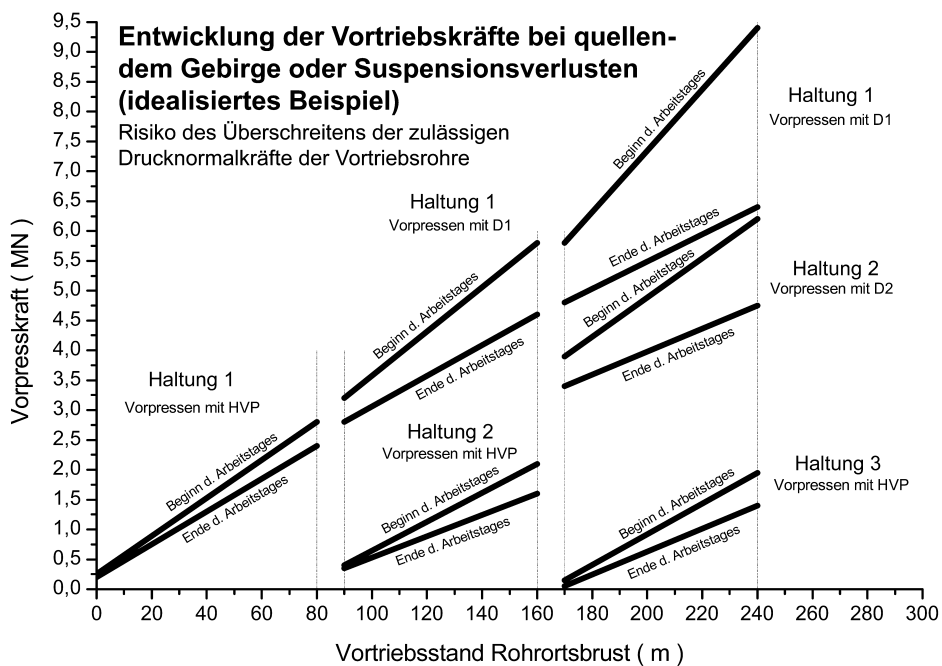
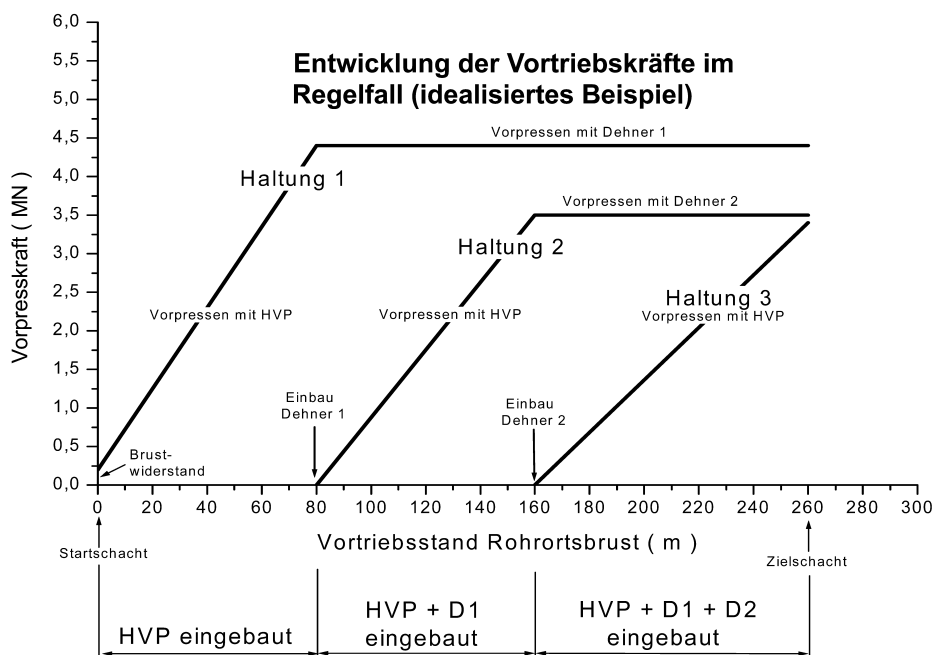


Bild 3.6. Entwicklung der Vortriebskräfte in Abhängigkeit von der Vortriebslänge

### 3.1.3 Steuerung von Rohrvortrieben

Da bei Vortrieben im begehbaren Durchmesserbereich aus funktionalen Gründen stets geometrische Vortriebstoleranzen einzuhalten sind, ist es notwendig, dass erforderliche Richtungskorrekturen durch eine entsprechende Steuerung ausgeführt werden können. Des Weiteren sind Rohrvortriebe auf planmäßigen Bogentrassen ohne die Möglichkeit einer Vortriebssteuerung undenkbar.

#### 3.1.3.1 Generelle Möglichkeiten

Die Steuerung des Rohrstranges erfolgt bei der Rohrvortriebstechnik in aller Regel aus dem Bereich der Ortsbrust durch Schrägstellen der Schildschneide oder des Schneidschuhes gegenüber den nachfolgenden Vortriebsrohren. Diese Art der Steuerung setzt voraus, dass ein ausreichend großer seitlicher Erdwiderstand mobilisiert werden kann, der den auftretenden Umlenkkräften entgegenwirkt. Bei Böden, in denen ein zu geringer Erdwiderstand mobilisierbar ist, versagt die beschriebene Steuertechnik. Solche Böden sind für die Anwendung der Rohrvortriebstechnik in vielen Fällen nicht oder nur nach entsprechender Ertüchtigung geeignet.

#### 3.1.3.2 Sonderfälle

Für den Sonderfall von Rohrvortrieben auf Kreisbogenstücken durch Böden mit geringem Erdwiderstand besteht die Möglichkeit der Steuerung über eine asymmetrische Längsvorspannung einer frei wählbaren Anzahl aufeinander folgender Vortriebsrohre. Durch die unterschiedliche Größe der Längsvorspannkräfte und die dabei bewirkte asymmetrische Pressung und Deformation der Druckübertragungsringe beschreibt der Rohrstrang eine kreisförmige Bogentrasse. Die Längsvorspannung erfolgt über Spannstähle, die in der Rohrwandung in Hüllrohren angeordnet werden [190].

#### 3.1.3.3 Steuerung mit Steuerzylindern

Die zur Steuerung verwendeten Hydraulikzylinder sind bei Rohrvortrieben im begehbaren Durchmesserbereich meist gruppenweise in den vier Quadranten des Schildquerschnitts angeordnet (Vierpunktlagerung). Bei Vortrieben mit kleinen Rohrdurchmessern ist auch eine im Rohrquerschnitt um jeweils 120° versetzte Anordnung einzelner Steuerpressen gebräuchlich (Dreipunktlagerung). Als Steuerpressen werden meist Differentialzylinder mit einer nominalen Druckkraft von 800 kN oder 1000 kN verwendet. Die Steuerpressen sind an beiden Enden über Gelenkaugen drehbar an Lagerböcken befestigt. Die Lagerböcke sind einerseits am Schildmantelblech und andererseits am Schildschneidenkörper angeschweißt. Durch ein einseitiges Ausfahren der Pressenkolben wird die Schildschneide aus der Richtung des Maschinenrohrs herausgeschwenkt. Hierdurch wird auch eine Richtungsabweichung zwischen Schneidenkraft und Vorpresskraft bewirkt.

Dies hat aus Gründen des statischen Gleichgewichts zur Folge, dass quer zur Vortriebsrichtung Erdwiderstandskräfte bzw. Umlenkkräfte geweckt werden. Letztere stabilisieren den Rohrstrang bei der Kurvenfahrt in radialer Richtung.

### Druckbeaufschlagung der Steuerpressengruppen bei der Einleitung unterschiedlicher Trassenbogen oder Steuerkorrekturen

Bei der Einleitung von Bogenfahrten müssen die Kolben der dem Bogenmittelpunkt entgegengesetzt angeordneten Steuerpressen ausgefahren werden.

Zur Einleitung horizontaler und vertikaler Bögen (siehe obere Bildreihe) genügt es, die beiden übereinander bzw. nebeneinander liegenden Pressengruppen zu aktivieren.

Bei geneigten Bögen (Kippachse verläuft über nicht aktivierte Pressen, siehe untere Bildreihe) ist es zum Erhalt der Ebenheit des Schneidschuhs und zur Vermeidung von Zwang erforderlich, dass die Kolben der im Innenbogen liegenden Steuerpressen sukzessive eingefahren werden.

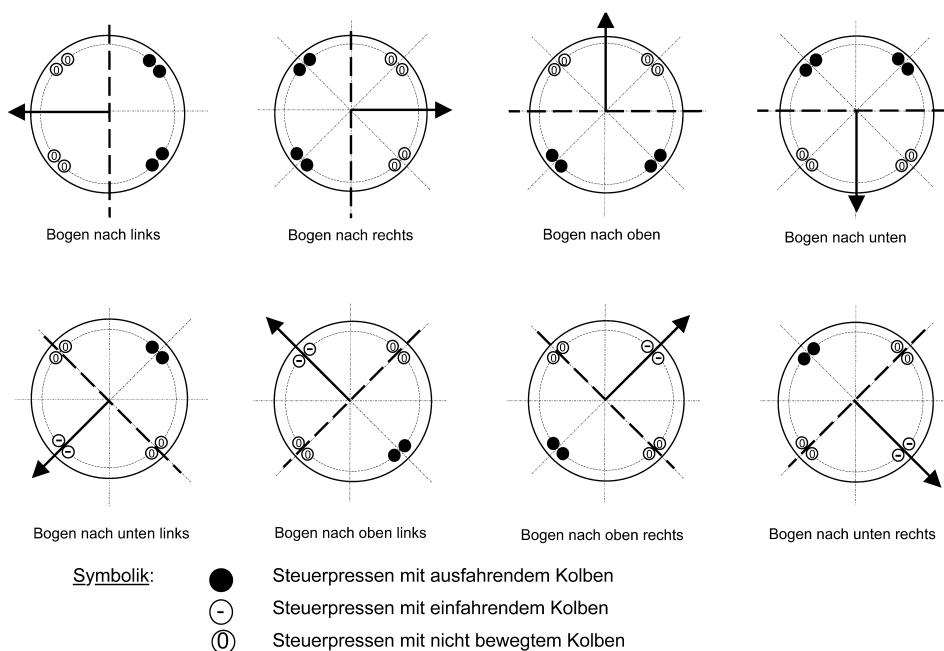


Bild 3.7. Steuerung mit den Steuerpressen

#### 3.1.3.4 Einleitung von Steuerkorrekturen

Abrupte Richtungsänderungen durch starke Gegensteuerung sind für Stahlbeton-Vortriebsrohre mit einem sehr hohen Riss- und Bruchrisiko sowie mit dem Risiko des Verlusts der Dichtungsfunktion verbunden und unter allen Umständen zu vermeiden. Nicht selten sind von entsprechenden Schäden die Mehrzahl



der Vortriebsrohre betroffen, die eine solche abrupte Richtungsänderung beim Vorpressen in der Rohrkolonne nachvollziehen müssen.

Tritt beim Vorpressen eine Richtungsabweichung ein, so bleibt diese im Regelfall zunächst sensorisch unauffällig. Bei handgesteuerten Rohrvortrieben wird der Steuervorgang naturgemäß erst dann eingeleitet, wenn der Maschinenführer Kenntnis von der Kursabweichung bekommt. Dies ist meist erst auf Grund der Messergebnisse von Kontrollvermessungen der Fall. Zwischenzeitlich behält der Rohrvortrieb den abweichenden Kurs bei. Vom Zeitpunkt der Einleitung des Steuervorgangs bis zur Reaktion des Systems behält der Rohrstrang auf Grund seiner individuellen Trägheit den abweichenden Kurs noch immer bei. Der zurückgelegte Vortriebsweg bis zum Ansprechen des Systems auf die Steuerkorrektur kann bis zu mehreren Metern betragen. Um eine Steuerkorrektur zu beenden, muß die Gegensteuerung zur Rückkehr auf die planmäßige Trasse bereits vor Erreichen der Solllinie eingeleitet werden. Wird die Gegensteuerung zu spät eingeleitet, z. B. bei Erreichen der Solllinie, wird eine Fehlsteuerung zur Gegenseite hin unausweichlich. Das Problem reproduziert sich dadurch. Eine engmaschige Folge von Einzelvermessungen ist erforderlich um die Vorpressstrecken mit unerkannten Richtungsabweichungen möglichst zu minimieren. Die Art der Steuerung der Vortriebsmaschine ist nicht zuletzt auch eine Frage der Geschicklichkeit des Maschinenführers.

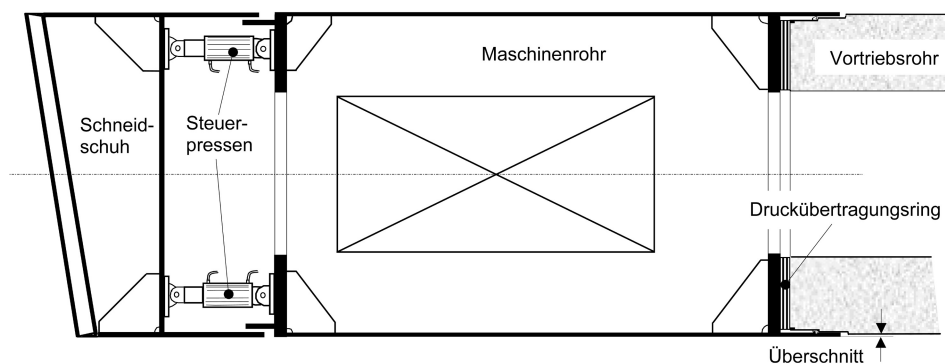


Bild 3.8. Schema eines steuerbaren Vortriebsschildes

### 3.1.3.5 Baugrundeigenschaften als Ursache für Richtungsabweichungen

Bestimmte Baugrundmerkmale können zu Richtungsabweichungen führen oder diese begünstigen. Steuerungstechnisch schwierig sind vor allem Rohrvortriebe, die im Grenzbereich von Bodenschichten mit stark abweichenden Festigkeits- oder Lagerungseigenschaften aufgefahren werden müssen. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn eine harte Felsbank in schleifendem Schnitt zur Vortriebstrasse verläuft und

in den Ausbruchquerschnitt tritt. Der Schneidschuh kann dazu tendieren, auf der Felsoberfläche entlang zu schleifen.

Beim Durchfahren sehr locker gelagerter rolliger Böden und bei bindigen Böden von weicher Konsistenz tendiert der Schneidschuh dazu, nach unten abzusacken. Um die planmäßige Vortriebsrichtung einhalten zu können, muss ggf. mit Überschnitt, Voraushub bzw. mit kontinuierlicher Gegensteuerung aufgefahren werden.

#### **3.1.3.6 Kolbenwegmessung**

Im einfachsten Fall erfolgt die Bestimmung des Kolbenweges bei benannten Rohrvortrieben mit Hilfe eines Meterstabes. Die Länge des sichtbaren Abschnittes des Kolbenschaftes wird vor und nach der Druckbeaufschlagung an einer Referenzpresse der jeweiligen Steuerpressengruppe gemessen. Als Differenz beider Messwerte ergibt sich die Kolbenverschiebung.

Komfortabler ist die potentiometrische Verschiebungsmessung mit elektrischen Weggebern. Die Verschiebungsmesswerte werden auf Anzeigedisplays im Blickfeld des Maschinenführers angezeigt. Die Bedienung der Steuerpressen erfolgt auf Grund der Messwerte manuell. Gelegentliche Plausibilitätskontrollen durch die vorbeschriebene Meterstabmessung und Kalibrierungen der elektrischen Weggeber sind anzuraten. Bei ferngesteuerten Vortrieben werden die gemessenen Kolbenwege nach entsprechender Signalverarbeitung zur automatischen Steuerkorrektur verwendet.

#### **3.1.3.7 Lenkunterstützende Zusatzmaßnahmen**

Bei geradlinigen Langstreckenvortrieben ist die Verwendung von Parallelspiegelrohren mit großer Einzelrohrlänge empfehlenswert um einen weitgehend stabilen Geradeauslauf des Rohrstranges zu erzielen. Analog ist der Einsatz von Schrägspiegelrohren begrenzter Länge in vielen Fällen eines der wirksamsten Instrumente eine kontinuierliche Bogentrasse ohne größere Steuerprobleme auffahren zu können.

Abtragstechnisch ist es zur Unterstützung des Steuervorganges in der Praxis üblich, in standfesten Bodenarten mit einem begrenzten, richtungsweisenden Voraushub bzw. mit einem begrenzten radialen Überschnitt vorzupressen. Aus statischen Gründen kann eine Richtungsänderung mit Hilfe der Steuerpressen jedoch nur dann erfolgen, wenn die Schildschneide gegen die Ortsbrust drückt. Wenn erhöhte Steuerkräfte erforderlich sind, kann ggf. eine kräftemäßige Aufrüstung einzelner Steuerpressengruppen vorgenommen werden.

Im Extremfall ist der Bau eines bergmännisch vorgetriebenen Pilotstollens möglich, in den der Vortriebsrohrstrang ohne einen Brustwiderstand überwinden zu müssen, nachgeschoben wird. Ein solcher Rohrstrang folgt dem Verlauf des Pilotstollens auf Grund der Vorschubkraft und der von der Laibung des Pilotstollens ausgehenden seitlichen Führung.

Bei Rohrvortrieben auf engen Bogentrassen bietet sich der Einsatz eines Gelenkschildes an.

### 3.1.3.8 Automatisierte Steuerung

Bei ferngesteuerten Rohrvortrieben besteht die Möglichkeit, das automatisierte Vermessungssystem mit einem automatischen Steuerleitsystem zu verknüpfen. Die Position der Vortriebsmaschine wird durch einen vermessungstechnischen Referenzpunkt definiert (z. B. Endpunkt eines Trassenpolygonzuges). Dieser Referenzpunkt bildet gleichzeitig den Bezugspunkt für das Steuerleitsystem. Auf der Grundlage eines programmgestützten Vergleichs der Istlage mit der Solllage wird die für eine eventuell erforderliche Kurskorrektur notwendige Steuerbewegung eingeleitet. Der Ablauf der Kurskorrektur sieht in Analogie zur Handsteuerung eine Dämpfung der Steuerbewegung vor, so dass die Solllage allmählich angenähert wird.

Automatisierte Steuerungen werden häufig als *Fuzzy-Steuerungen* bezeichnet, da sie neben klassischen mathematischen Algorithmen auch die Fuzzy-Logik nutzen. Nach *Kosko*, zitiert nach [191], „ist Fuzzy-Logik das Argumentieren mit unscharfen Mengen“. Der Begriff „Fuzzy“ geht zurück auf einen 1965 publizierten Aufsatz von L. Zadeh mit dem Titel „Fuzzy Sets“ (unscharfe Mengen) [191].

Auch ohne „Fuzzy-Logik“ wurde bei der Programmierung von Steuerungen seit langem versucht, auch empirisches Wissen, das sich nicht exakt mathematisch fassen lässt, in Computerprogramme umzusetzen. Das Neue an der „Fuzzy-Steuerung“ ist darin zu sehen, dass die Fuzzy-Logik bestimmte Algorithmen zur Verfügung stellt.

### 3.1.3.9 Prinzip der Fuzzy-Steuerung

Die Fuzzy-Control-Steuerung ermöglicht eine automatisierte Steuerung und Einleitung von Steuerkorrekturen auf der Grundlage von zuvor einprogrammierten, vordefinierten Entscheidungsstrategien und Kennfelddaten. Die Festlegung der Entscheidungsstrategien basiert auf Erfahrungswerten aus der manuellen Steuerung. Die Regelung erfolgt nach Winkeln und Lageabweichungen. Mit Hilfe einer Selbstoptimierungsfunktion nimmt die Genauigkeit der Regelvorgänge im Verlauf eines Vortriebes zu. Die Fuzzy-Control-Steuerung (siehe Bild 3.9) besteht im Wesentlichen aus folgenden Elementen:

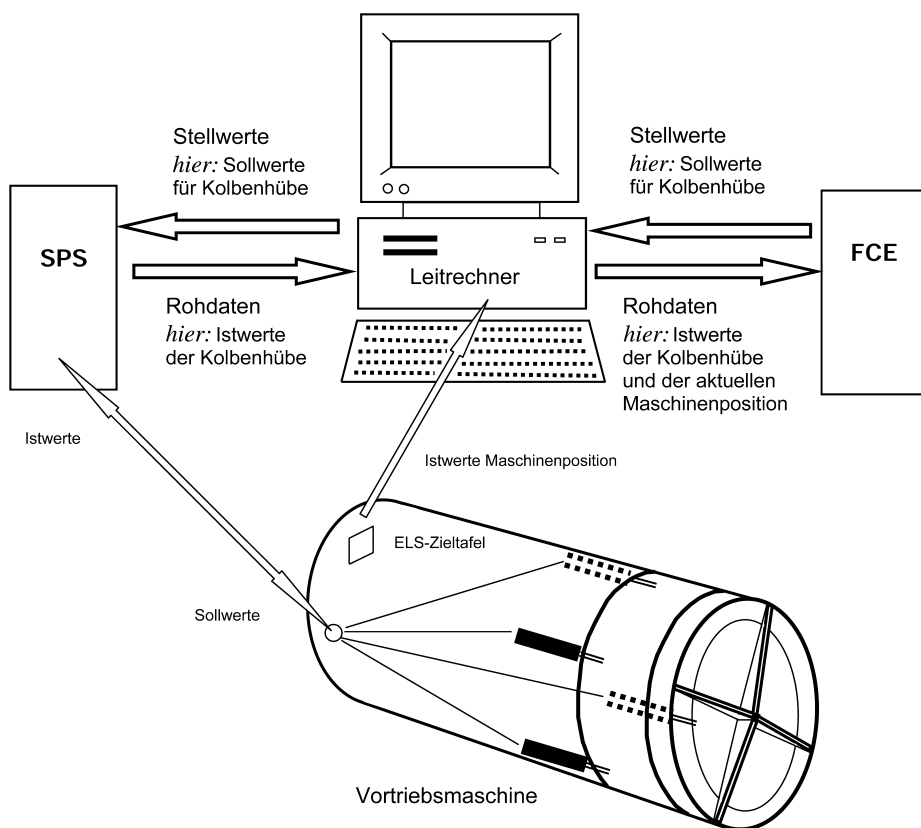
- einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS),
- einem Rechner für die Regelvorgänge, der Fuzzy- Control-Engine (FCE) und
- einem Leitrechner zur online-Visualisierung und Kontrolle (Tracing) der Reaktionen des Fuzzy-Reglers, zur manuellen Nachoptimierung und im Bedarfsfall zum manuellen Abbruch der automatisierten Steuervorgänge.

Das Computerprogramm benötigt für den Regelungsvorgang einerseits die aktuelle Position, Richtung und Verrollung der Vortriebsmaschine und andererseits die aktuelle Stellung der Kolben der Steuerpressen. Die Position der Vortriebsmaschine wird beispielsweise mit dem in 3.1.4.5, S. 117, beschriebenen elektronischen Laser-System (ELS) bestimmt und an den Leitrechner und von dort an die nachgeschaltete FCE-Einheit übertragen.

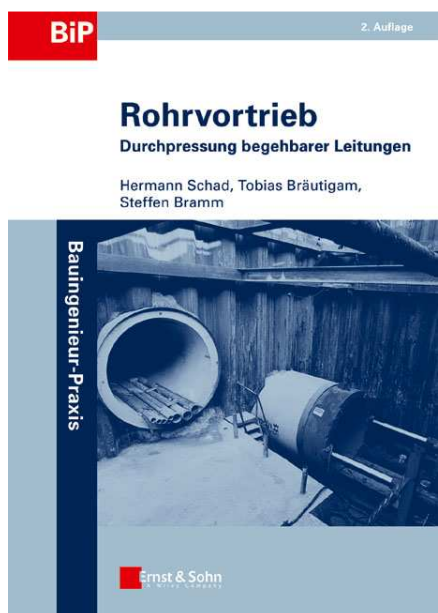
Über Sensoren in den Steuerpressen werden die Stellungen der Steuerpressenkolben erfasst und die entsprechenden Rohdaten über eine BUS-Leitung an die SPS übermittelt. Die SPS ist über ein Standard-Interface (Schnittstelle) mit dem Leitreechner und der nachgeschalteten FCE-Einheit verknüpft. Die mehr oder minder rechenintensiven Fuzzy-Regeln werden von der FCE bearbeitet, von der aus Stellwerte für die Steuerkolben (gefilterte Messwerte) an Leitreechner und SPS-Einheit zurückgesendet werden. Die für die Steuerkorrektur erforderliche Änderung der Kolbenstellungen wird durch die SPS ohne Zeitverzug eingeleitet.

Vorteilhaft bei der Fuzzy-Control-Steuerung ist, dass das Erfahrungswissen der Anlagenführer bei der Programmierung der Entscheidungsstrategien zur Automatisierung direkt verwertet werden kann und jederzeit die Option besteht, den Vortrieb mit rein manueller Steuerung fortzusetzen.

Der Einsatz der Fuzzy-Steuerung bei Rohrvortrieben erfolgt derzeit vor allem im Bereich des Microtunneling (vgl. 1.7, S. 64).



**Bild 3.9.** Darstellung des Prinzips einer Automatiksteuerung



Schad, H. / Bräutigam, T. / Bramm, S.

## Rohrvortrieb

### Durchpressungen begehbare Leitungen 2., aktualisierte Auflage

Seit über 50 Jahren hat sich die Technik des Durchpressens vorgefertigter Rohre im Leitungsbau bewährt. Angesichts der knapper werdenden Bauflächen und der zunehmenden Schwierigkeiten bei der Inanspruchnahme fremder Grundstücke gewinnt die unterirdische Bauweise im Kanal- und Leitungsbau immer mehr an Bedeutung. Das vorliegende Werk spannt den Bogen von den Grundlagen der Rohrvortriebstechnik und den rechtlichen Grundlagen, über die Planung und Überwachung der Baumaßnahme, die Auffahrtechniken, den Bau von Schächten bis hin zur Berechnung und Bemessung der Rohre und Pressenwiderlager. Das Buch beschreibt nicht nur die Anforderungen an Rohrvortriebe, sondern zeigt detailliert Lösungswege auf. Dadurch ist es eine Hilfe für alle, die sich mit dieser Technologie zu befassen haben, sei es auf der Seite der Planung, der Bauausführung oder des Leitungsbetriebs.

Für die 2. Auflage wurde das Werk aktualisiert und an neue Regelwerke angepasst.  
(IX, 265 Seiten, 90 Abb., 29 Tab., Broschur. Erschienen)

#### Aus dem Inhalt:

##### GRUNDLAGEN DER ROHRVORTRIEBSTECHNIK

Einführung  
Regelwerke  
Auffahrung von Rohrvortrieben  
Startschächte, Zielschächte und Zwischenschächte  
Rohrverbindungen und Dichtungen  
Halboffener Vortrieb  
Ferngesteuerte Vortriebsverfahren für kleine bis mittlere Querschnitte  
VORTRIEBSTECHNOLOGIE: MASCHINEN UND GERÄTE  
Gesteinsabtrag, Laden und Fördern  
Vorpresseinrichtungen  
AUSFÜHRUNG  
Vorpresse von Rohren  
Abtragstechnik  
Vorpressewiderstände  
Schmiermittel  
Verdämmung  
Rohrvortriebe unter Druckluftbedingungen

##### STATISCHE BERECHNUNG VON VORTRIEBSDROHREN

Allgemeines  
Belastung und Beanspruchung eines Kreisrings  
Beanspruchungen im Baugrund  
Regelungen von ATV A 161, DIN EN 1916 und DIN V 1201  
Berechnungsbeispiel  
STATISCHE BERECHNUNG VON NEBENBAUWERKEN  
Allgemeines  
Ein- und Ausfahrwand  
Widerlagerwand  
Verankerung und Vernagelung  
Erddruck und Böschungsstandsicherheit  
AUSSCHREIBUNG  
Vertragsunterlagen  
Möglichkeiten der verschiedenen Vertragsformen  
Risikoverteilung  
Grundlagen der Ausschreibung  
Beispiel eines Leistungsverzeichnisses

#### Fax-Antwort an +49(0)30 47031 240

Anzahl	Bestell-Nr.	Titel	Einzelpreis
	978-3-433-02912-1	Rohrvortrieb	€ 59,90
	906132	Gesamtverzeichnis Verlag Ernst & Sohn	kostenlos

Liefer- und Rechnungsanschrift: ☐ privat ☐ geschäftlich

Firma			
Ansprechpartner			Telefon
UST-ID Nr./VAT-ID No.			Fax
Straße//Nr.			E-Mail
Land	-	PLZ	Ort

Wilhelm Ernst & Sohn  
Verlag für Architektur und  
technische Wissenschaften GmbH & Co. KG  
Rotherstraße 21  
10245 Berlin  
Deutschland  
www.ernst-und-sohn.de

X

Datum/Unterschrift

\*€-Preise gelten ausschließlich in Deutschland. Alle Preise enthalten die gesetzliche Mehrwertsteuer. Die Lieferung erfolgt zuzüglich Versandkosten. Es gelten die Lieferungs- und Zahlungsbedingungen des Verlages. Irrtum und Änderungen vorbehalten.  
Stand: Dezember 2011 (homepage\_leseprobe)