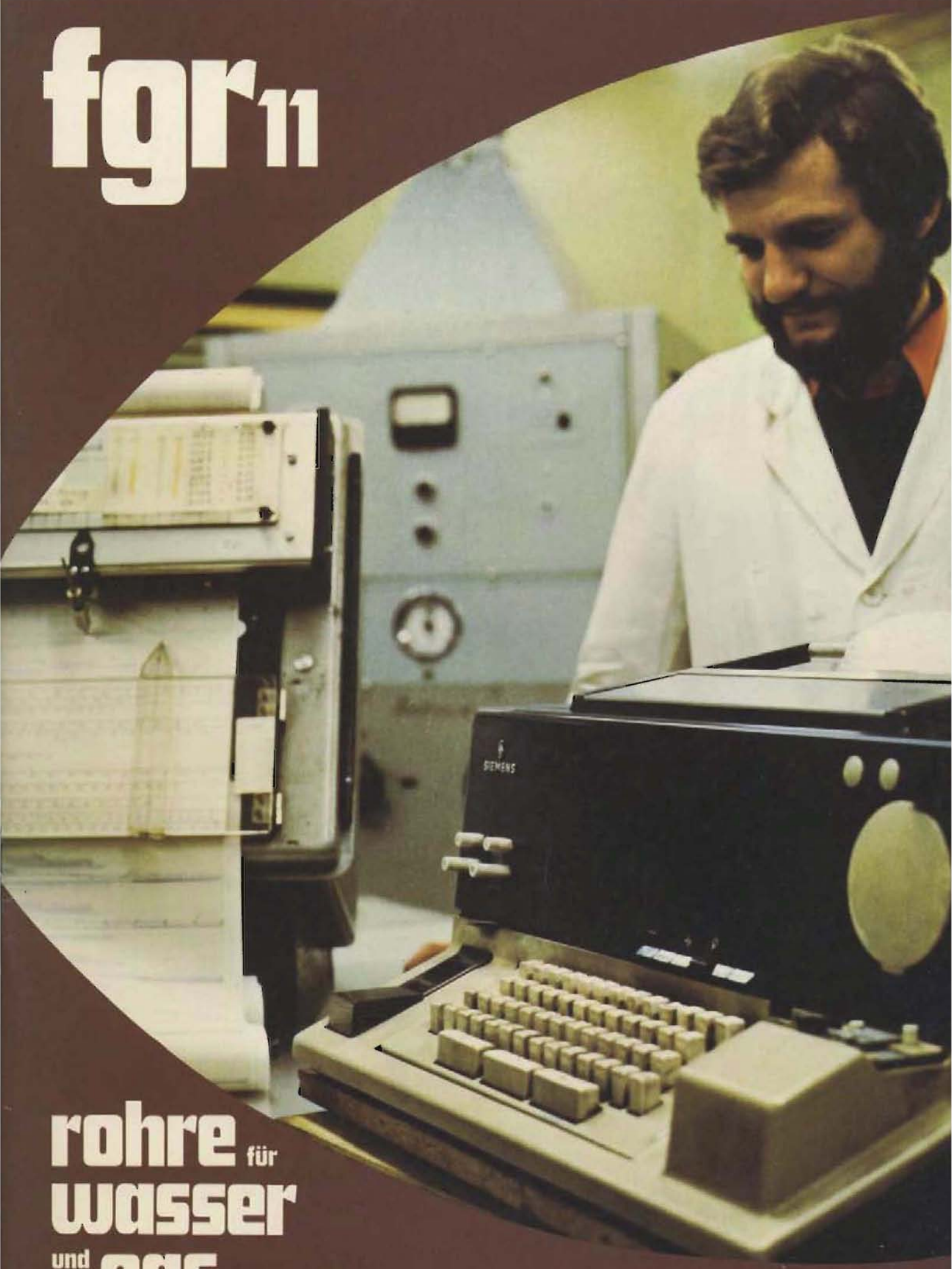
fgr 11



rohre für wasser und gas

informationen für das gas- und wasserfach

fachgemeinschaft gusseiserne rohre

ROHRE für WASSER und GAS

fgr

Titelbild:
Spektrometrisches Labor zur Überwachung der Gußeisen-Analysen

Fachgemeinschaft
Gußeiserne Rohre

11 Informationen für das Gas- und Wasserfach

Herausgeber: Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre,
Konrad-Adenauer-Ufer 33, Postfach 160 176, 5 Köln 1
Fernruf (02 21) 72 04 64/65

Sonderverfahren für die Druckprüfung zementmörtelausgekleideter Rohre gemäß DIN 4279, Teil 3, Ausgabe November 1975, erläutert am Beispiel duktiler Gußrohre

Dipl.-Ing.
Heinrich Holtschulte

In DIN 4279, Teil 3, vom November 1975 sind die Vorschriften für die Durchführung der Innendruckprüfung an Wasserleitungen aus Rohren mit Zementmörtelauskleidung aufgeführt. Es werden dort für die Druckprüfung das Normal- und das Sonderverfahren angeboten.
Der Autor beschreibt die umfangreichen und langjährigen Labor- und Feldversuche, die im Rahmen der Normungsarbeiten an zementmörtelausgekleideten Leitungen durchgeführt wurden. Als Ergebnis dieser Versuche bietet sich das Sonderverfahren an, mit dem in sehr kurzer Zeit eine objektive und zuverlässige Aussage über die Dichtheit einer neu verlegten Wasserleitung aus Rohren mit Zementmörtelauskleidung möglich ist.

Seite 4

Druckverlustmessungen an duktilen Gußrohren mit Zementmörtelauskleidung

Ing. (grad.)
Jürgen Schubert

Bei der Bodenseewasserversorgung wurden an einer ca. 18 km langen Leitung NW 500/400 aus duktilen Gußrohren mit Zementmörtelauskleidung Druckverlustmessungen durchgeführt. Die Auswertung der Messungen ergab rechnerische k-Werte, die etwas kleiner sind als 0,1 mm. Insgesamt bestätigen die Meßergebnisse, daß der üblicherweise für Hauptleitungen vorgeschlagene k-Wert von 0,1 mm (DVGW-Arbeitsblatt W 302) richtig ist.

Seite 14

Verlege- und Anbohrgeräte sowie Schneidwerkzeuge für duktile Gußrohre und Formstücke

Ing. (grad.) Horst Nöh

Für die schnelle und sichere Verlegung von Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen mit TYTON-Verbindungen stehen heute eine Reihe geeigneter Geräte zur Verfügung.
Im 1. Teil dieses Beitrages werden diese Verlegegeräte und ihre Handhabung beschrieben. Der 2. Teil befaßt sich mit Anbohrgeräten. Schließlich werden zur Vervollständigung verschiedene Schneidwerkzeuge zum Trennen duktiler Gußrohre vorgestellt. Insgesamt 30 Abbildungen vervollständigen diese Arbeit, die vor allem den Praktiker des Rohrleitungsbaues ansprechen wird.

Seite 19

Das duktile Gußrohr im Gasrohrnetz der Städt. Werke Essen

Dipl.-Ing.
Hans-Georg Köhler

Das Wasserversorgungsnetz der Städtischen Werke Essen besteht zu über 90% aus Gußrohren. Seit Einführung des duktilen Gußrohres wird dieses im dortigen Wasserrohrnetz eingesetzt. Im Essener Gasrohrnetz kam dagegen das Gußrohr über eine lange Zeit nicht zur Anwendung. Im Jahre 1964 wurde dort die 1. Gasleitung aus duktilen Gußrohren gebaut. Heute beträgt der Anteil der duktilen Gußrohre im Essener Gasrohrnetz bereits 15%. Die Gründe, welche die Städtischen Werke bewogen haben, das duktile Gußrohr auch im Gasrohrnetz einzuführen, werden ausführlich dargelegt.

Seite 27

Schweißen bei Rohren aus duktilem Gußeisen — Anwendungsbeispiele

Dipl.-Ing. Adolf Wolf

In den FGR-Informationen Nr. 8, 9 und 10 ist schon ausführlich darüber berichtet worden, unter welchen Bedingungen duktiles Gußeisen geschweißt wird und welche Ergebnisse man bei Festigkeitsuntersuchungen derartiger Schweißkonstruktionen zu erwarten hat. Der Verfasser macht es sich in diesem Beitrag zur Aufgabe, dem Rohrleitungsbauer aufzuzeigen, wie und was heute unter Baustellenbedingungen geschweißt werden kann bzw. welche schweißtechnischen Möglichkeiten sich bieten, um wirtschaftliche Problemlösungen anbieten zu können.

Seite 30

Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt
Druck: Merkur-Druckerei - 521 Troisdorf Februar 1976

Praktische Erfahrungen beim Verbindungsschweißen von duktilen Gußrohren mit Stahlrohren (GGG/St 37-2)

Ing. (grad.) Günter Finke

Für den Bau einer ca. 4 km langen Trinkwasserleitung NW 700 in Bremen wurden duktile Gußrohre mit Zementmörtelauskleidung und TYTON-Verbindungen verwendet. Wegen des kurzfristigen Bauauftrages war eine Anzahl der erforderlichen GGG-Formstücke nicht rechtzeitig lieferbar. Man entschloß sich daher, die fehlenden Formstücke durch Schweißkonstruktionen in der Kombination von GGG-Rohren mit Stahlrohren und Flanschen herzustellen. Da hierbei Neuland betreten wurde, waren mehrere Versuchsschweißungen notwendig. Diese Versuche und die gefundene Lösung des Problems werden beschrieben.

Seite 34

Verlegung von Wasserleitungen aus duktilen Gußrohren mit zugfesten Verbindungen in München

Ing. (grad.) Walter Rehm

Die dichte Lage von Versorgungsobjekten (Kanal, Heizkanal, Wasser, Gas, EW, Post etc.) und der meist nur in beschränktem Umfang zur Verfügung stehende Spartenraum erlauben es — vor allem in den Zentren der Großstädte — immer weniger, Rohrleitungen in der bisher üblichen Art mit Betonwiderlagern zur Aufnahme der Schubkräfte zu verlegen. In den letzten Jahren wurden deshalb Wege gesucht, die an den Leitungsendpunkten und bei Richtungsänderungen (Krümmer und Abzweige) auftretenden Schubkräfte nicht mehr auf das Erdreich zu übertragen, sondern an den Verbindungsstellen der Rohrleitung (Muffen) direkt aufzunehmen. Die Verwendung von Schubsicherungen bei einem schwierigen Objekt wird beschrieben.

Seite 38

DVGW-Regelwerk und Normen in ihrer Bedeutung für die Verwendung von Rohren aus duktilem Gußeisen zum Transport von Wasser und Gas

Dipl.-Ing. Hans Hugelmann

Die „Normalien vom Jahre 1882", die gemeinsam vom DVGW und VDI festgelegt wurden, waren die ersten Normen für gußeiserne Rohre und Formstücke. 1918 befaßte sich nach seiner Gründung der DNA mit der Überarbeitung und Erweiterung dieser Normalien. Seitdem ist die Technik der Wasser- und Gasverteilung immer weiter fortgeschritten. Die Beachtung einer Vielzahl technischer Regeln und Normen gewährleistet eine stetige und sichere Versorgung der Bevölkerung mit Wasser und Gas. Der Verfasser gibt einen ausführlichen Überblick über die heute beim Bau und Betrieb von Leitungen aus duktilen Gußrohren zu beachtenden Regeln, Normen, Vorschriften und Richtlinien.

Seite 40

Großrohre aus duktilem Gußeisen

Dipl.-Ing. Adolf Wolf

Die europäische Gußrohrindustrie ist in der Lage, Großrohre aus duktilem Gußeisen bis NW 2000 herzustellen. Es werden der Werkstoff und seine Eigenschaften, die Herstellung und die Verbindungen der Großrohre und der zugehörigen Formstücke beschrieben. Ferner wird auf die inneren und äußeren Belastungen, die Schutzüberzüge sowie die Verlegung näher eingegangen. Zum Schluß werden einige Anwendungsbeispiele gebracht.

Seite 47

Ein neues Verfahren zur statischen Berechnung erdverlegter Rohre aus duktilem Gußeisen — Vergleich mit früheren Methoden

Dr.-Ing. Hansgeorg Hein

Zur Berechnung erdverlegter Rohre aus duktilem Gußeisen wurden bisher die Spannungsrechnung bzw. die Verformungsrechnung angewendet. Auf der Basis des Entwurfs der Abwassertechnischen Vereinigung e. V. (ATV) „Richtlinien für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen, Teil 1" zeigt der Verfasser eine neue Berechnungsmethode für Rohre aus duktilem Gußeisen auf und stellt diese zur Diskussion.

Seite 51

fgr

Sonderverfahren für die Druckprüfung zementmörtelausgekleideter Rohre gemäß DIN 4279, Teil 3, Ausgabe November 1975, erläutert am Beispiel duktiler Gußrohre

Von Heinrich Holtschulte

1. Allgemeines

Trinkwasserrohrleitungen sind vor ihrer Inbetriebnahme einer Innendruckprüfung zu unterziehen. Mit der Innendruckprüfung soll die Dichtheit der Rohrleitung festgestellt werden, nicht die Festigkeit der einzelnen Rohre. Die Feststellung der Dichtheit ist erforderlich, um Wasserverluste zu vermeiden und evtl. späteren Schäden bzw. Unfällen vorzubeugen.

DIN 4279, Ausgabe 1954, „Richtlinien für Druckprüfung (Innendruckprüfung)", behandelte – entsprechend dem Stand der Technik – Guß- und Stahlrohrleitungen für Trink- und Brauchwasser außerhalb von Gebäuden. Richtlinien für die Druckprüfung von zementmörtelausgekleideten Rohren gab es nicht.

Seit Ende der 50er, Anfang der 60er Jahre sind in Deutschland Guß- und Stahlrohre mit Zementmörtelauskleidung auf dem Markt. Im Laufe der Zeit sind immer mehr Wasserversorgungsunternehmen dazu übergegangen, zementmörtelausgekleidete Rohre zu verlegen. Der gute Korrosionsschutz hat sich bewährt. Wegen der Wasseraufnahme durch den Zementmörtel wurde die Beurteilung der Druckprobe im Hinblick auf die Dichtheit der Rohrleitung jedoch schwierig.

Jedes größere Werk in Deutschland stellte daher für zementmörtelausgekleidete Rohre eigene Druckprüfungsverfahren auf. Um so mehr ist es zu begrüßen, daß für zementmörtelausgekleidete Rohre seit November 1975 in DIN 4279, Teil 3, entsprechende Angaben vorliegen. Dort werden für Druckprüfungen das Normal- und das Sonderverfahren angeboten. Beide können unabhängig voneinander angewendet werden.

Der Erarbeitung der in DIN 4279, Teil 3, aufgeführten Richtlinien für Rohre mit Zementmörtelauskleidung gingen umfangreiche Untersuchungen voraus.

Über die Entwicklung der Druckprüfungsmethode bei zementmörtelausgekleideten Rohren nach dem Sonderverfahren und über die Anwendung des Sonderverfahrens wird im nachfolgenden berichtet.

2. Erste Untersuchungen in Dortmund an erdverlegten Rohrleitungen

Die Dortmunder Stadtwerke gehörten mit zu den ersten Werken in Deutschland, die seit 1960 ausschließlich Rohre mit Zementmörtelauskleidung für ihr Wassertransportnetz verlegten.

Um den Einfluß der Wasseraufnahme bei der Druckprüfung beurteilen zu können, wurden von Herrn Dipl.-Ing. Kumpf, dem Vorgänger des Verfassers, erste Versuche in dieser Hinsicht durchgeführt. Für Stahlbetonrohre war nach einer allgemeinen Regel eine Wasserzugabe von 0,04 l/m^2 und Stunde, bezogen auf die benetzte Rohrinnenfläche, zulässig. Es galt nun für zementmörtelausgekleidete Rohre herauszufinden, ob gleiche Beurteilungskriterien für die Dichtheit einer zementmörtelausgekleideten Rohrleitung gelten.

Die Dortmunder Stadtwerke verlegen im Wasserrohrnetz fast ausschließlich Rohre aus duktilem Gußeisen. Für die Untersuchungen war es daher erforderlich, die nicht mit Zementmörtel versehenen Rohrleitungsteile zu erfassen, um die Fläche der Zementmörtelauskleidung ausrechnen zu können. Daher mußte bei den Versuchen neben der Länge der Leitung auch die Anzahl und Art der Formstücke sowie die Anzahl und Einstellung der Muffen (neutral, Zerrung oder Pressung – Spaltbreite –) berücksichtigt werden.

Die Druckproben der Versuchsreihe wurden wie folgt vorgenommen:

Nach Füllen und Entlüften der Leitung wurde der Prüfdruck (12 bar) eingestellt und täglich auf den Anfangswert wieder erhöht. Die dafür erforderliche Wassermenge wurde jeweils gemessen. Der Druck wurde geschrieben und die Wassertemperatur bzw. die Erdtemperatur in unmittelbarer Nähe der Rohrleitung gemessen.

Als Ergebnis zeigte sich, daß auch nach einem Zeitraum von 10 Tagen und mehr der täglich neu eingestellte Prüfdruck noch nicht konstant blieb. Die täglich nachzufüllenden Wassermengen zeigten jedoch bei allen Messungen eine stark fallende Tendenz. Ein 412 m langes Teilstück einer Wasserrohrleitung NW 400 zeigte, bezogen auf die benetzte und mit Zementmörtel ausgekleidete Rohrinnenfläche, folgende Werte, die sich als Mittel der jeweils aufeinanderfolgenden 24 Stundenabschnitte ergaben:

$8{,}25 \times 10^{-4}$ l/m^2h
$5{,}90 \times 10^{-4}$ l/m^2h
$1{,}70 \times 10^{-4}$ l/m^2h
$1{,}70 \times 10^{-4}$ l/m^2h
$0{,}25 \times 10^{-4}$ l/m^2h

Das bedeutet ein Gesamtmittel von $3{,}56 \cdot 10^{-4}$ l/m²h in 5 Tagen.
Für ein 240 m langes Teilstück einer Wasserrohrleitung NW 600 ergab sich in 6 Tagen ein Mittelwert von $4{,}78 \cdot 10^{-4}$ l/m²h. Eine 292 m lange Wasserrohrleitung NW 1000 ergab den Mittelwert von $6{,}1 \cdot 10^{-4}$ l/m²h.
Alle Werte zeigten eine deutlich geringere Wasseraufnahme der verhältnismäßig dünnen Zementmörtelschicht als die für Stahlbetonrohre zulässig erachtete Menge von 0,04 l/m²h. Bild 1 zeigt als Beispiel den Verlauf der Kurve der Nachfüllmengen für eine Wasserrohrleitung NW 100 über die Zeit. Messungen an weiteren Rohrleitungen zeigten zwar Werte in ähnlichen Größenordnungen, jedoch war aus den Werten keine allgemeine Gesetzmäßigkeit herzuleiten. Auffallend war jedoch die stets stark fallende Tendenz.

Auf Grund dieser Ergebnisse entschloß man sich bei der Dortmunder Stadtwerke AG, bei Druckproben von zementmörtelausgekleideten Rohren jeweils nur 2 bis 3 Messungen durchzuführen. Dabei wurde für jede Druckerhöhung der Quotient aus der nachgefüllten Wassermenge und dem Ausgangsdruck gebildet. Bei kleiner werdenden Quotienten von einer zur anderen Messung wurde die Leitung als dicht beurteilt. Ein Beispiel sei hier genannt:

1. Messung $\frac{Q_1}{p_1} = \frac{36}{4{,}8} = 7{,}5$

2. Messung $\frac{Q_2}{p_2} = \frac{14{,}5}{11{,}7} = 1{,}23$

Bild 1

3. Laborversuche bei der Dortmunder Stadtwerke AG

Bei Laborversuchen entfallen die Einflüsse der in erdverlegten Rohrleitungen vorhandenen, nicht zementmörtelausgekleideten Formstücke, der Einfluß der Muffenverbindungen und sonstigen evtl. Einflüsse. Unter dieser Bedingung erhoffte man, auf Grund der ermittelten Werte der Wasserzugabemengen einen möglichen und beweisbaren Kurvenverlauf zu erhalten, um so eine einwandfreie Aussage über die Dichtheit der Leitung machen zu können. Die Versuchsreihen

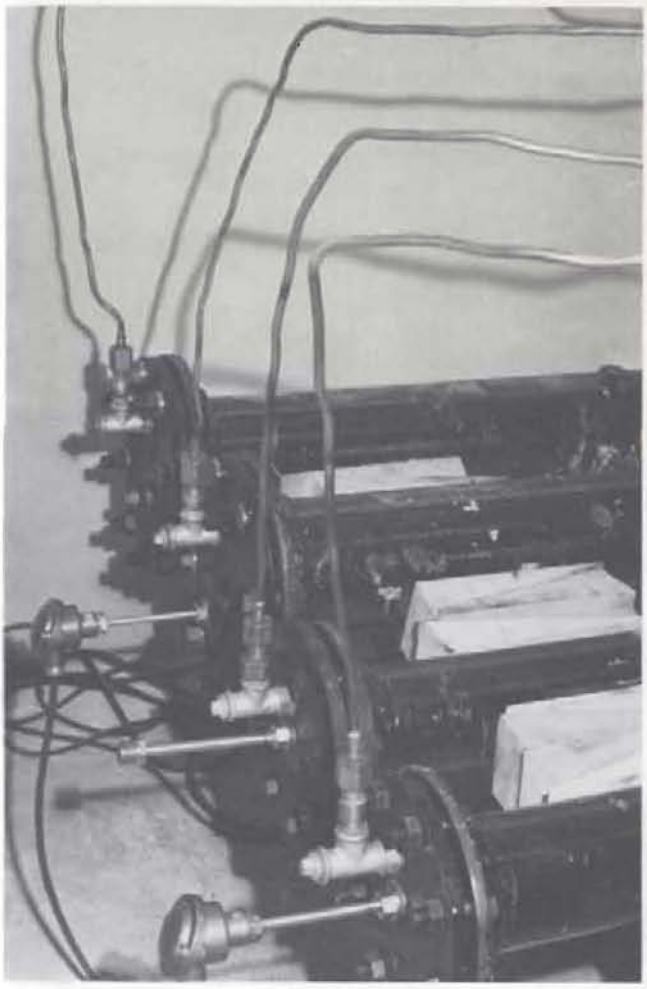


Bild 3

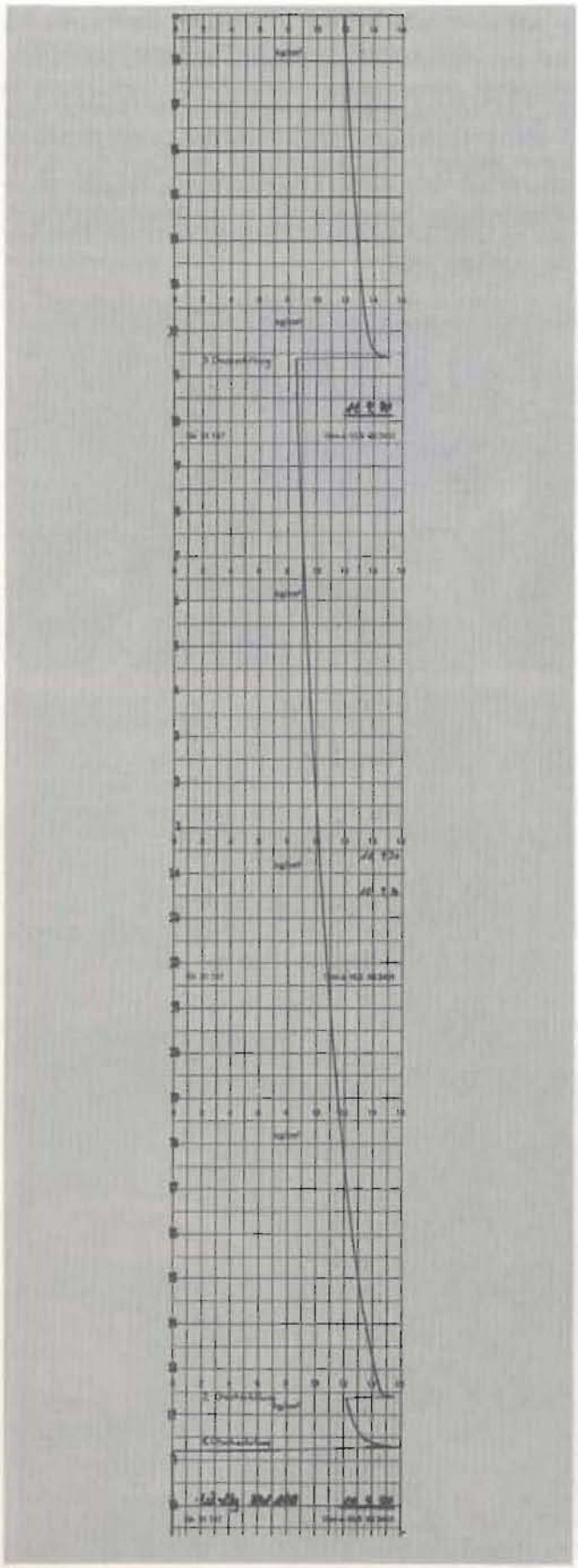


Bild 4

wurden mit zementmörtelausgeschleuderten Guß- und Stahlrohren der Nennweiten 100, 150 und 200 durchgeführt.

3.1 Versuchsanordnung

Bei den Gußrohren wurden Flansche angeklebt, bei Stahlrohren aufgeschweißt. Hierdurch sollten Volumenänderungen und Undichtheiten mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Um eine einwandfreie Entlüftung zu erreichen, wurden die Rohre bei den Versuchen mit einer Neigung im Verhältnis von 1 : 50 gelagert. Während des Versuches erfolgte keine weitere Entlüftung.

Drücke und Temperaturen in den Rohren wurden mit Druckschreibern aufgezeichnet, die Raumtemperatur stündlich erfaßt. Siehe Bilder 2 und 3!

3.2 Versuchsergebnisse

Die Versuchsrohre waren vor dem Versuch über mehrere Wochen bei relativ trockener Witterung draußen gelagert, so daß der Zementmörtel stark ausgetrocknet war. Bei Beginn des Versuches wurden die sorgfältig vorbereiteten Rohre mit vorgewärmtem Wasser von 22,2 °C gefüllt. Über den Versuchszeitraum von 15 Tagen variierte die Änderung der Wassertemperatur nur um einige Zehntel Grade. Sofort nach Herstellen des Prüfdruckes von 15,6 bar fiel der Druck in allen Rohren nach wenigen Minuten steil ab. Undichtheiten an den Rohren und den Verbindungen konnten nicht festgestellt werden.

Wegen des steilen Druckabfalles wurden alle Rohre nach genau einer Stunde erneut auf 15,6 bar aufgedrückt. Auch nach dieser zweiten Druckerhöhung fiel der Druck wieder ab, allerdings nicht ganz so steil wie nach der ersten Erhöhung. Genau 24 Stunden nach Versuchsbeginn betrug der Druck in den Rohren noch zwischen 7,8 und 8,5 bar.

Auch nach einer dritten Druckerhöhung nach weiteren 24 Stunden fiel der Druck in der ersten Stunde noch relativ stark ab, dann jedoch relativ gleichmäßig, bis sich nach 8 Tagen eine Druckkonstanz einstellte.

Die Druckänderung in allen Rohren verlief über den gesamten Zeitraum ziemlich genau parallel. Hieraus konnte geschlossen werden, daß die mit Druckschreibern und Temperaturfühlern versehenen Rohre dicht waren. Der in der Versuchsreihe ermittelte jeweilige Druckverlauf deutete auf eine unterschiedlich schnelle Wasseraufnahme der Zementmörtelauskleidung der verschiedenen Rohre hin.

Der in der ersten Stunde nach jeder Druckerhöhung gemessene steile Druckabfall führte zu dem Schluß, daß die Wasseraufnahme des Zementmörtels in **erster Linie von dem wirksamen Druck und nicht so sehr von der Einwirkzeit des Wassers beeinflußt wird.** Bild 4 zeigt als Beispiel für alle Versuchsrohre den Druckverlauf an einem Wasserrohr NW 100 während der ersten 32 Stunden.

4. Weitere Untersuchungen im Rahmen eines DVGW-Arbeitskreises

4.1 Versuchsarten und Versuchsdurchführungen

Um die bisher geschilderten Ergebnisse – große Abhängigkeit der Wasseraufnahme der Zementmörtelauskleidung vom Druck, geringe Abhängigkeit von der Einwirkzeit des Wassers – durch weitere Laborversuche und durch Messungen an neuverlegten Rohrleitungen zu erhärten, wurde im Rahmen der Überarbeitung der DIN 4279, Ausgabe 1954, ein DVGW-Arbeitskreis gebildet. Der vom Verfasser geleitete DVGW-Arbeitskreis nahm folgende Arbeitsteilung vor:

1.) Die Hersteller von ZM-Stahlrohren führten Laborversuche mit Stahlrohren der Nennweiten 500 bis 1000 durch.

2.) Die Gußrohrhersteller stellten Laborversuche mit den Nennweiten 100, 200, 300 und 400 an.

3.) Die Dortmunder Stadtwerke AG setzte die begonnenen Laborversuche fort.

4.) Mehrere größere Wasserwerke wurden veranlaßt, an neuverlegten Guß- und Stahlrohrleitungen bei der Druckprobe zweckdienliche Messungen durchzuführen.

Sowohl für die Labor- als auch für die Feldversuche wurden gleiche Versuchsbedingungen vereinbart, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.

Im Labor sollte der Prüfdruck (15 bar) jede halbe Stunde durch Nachfüllen einer entsprechenden Wassermenge wiedereingestellt werden. Bei den sogenannten Feldversuchen wurde auf eine Vorprüfung verzichtet. Der Prüfdruck von 15 bar war ebenfalls durch Nachfüllen der erforderlichen Wassermenge jede halbe Stunde wiederherzustellen, und zwar mindestens zehnmal, also über einen Zeitraum von mindestens 5 Stunden.

4.2 Versuchsergebnisse

4.2.1 Laborversuche

Wenn auch bei einigen Laborversuchen die Temperatur in der Versuchsanordnung nicht konstant gehalten werden konnte – schon geringe Temperaturänderungen hatten relativ große Druckänderungen zur Folge und verfälschten das Ergebnis –, so waren dennoch genügend repräsentative Versuchsergebnisse vorhanden. Bei allen Druckproben zeigte sich, daß der Druck unmittelbar nach jeder Einstellung des Prüfdruckes zunächst relativ steil und dann etwas flacher abfiel. Je öfter der Prüfdruck wiederhergestellt wurde, um so geringer war die dazu erforderliche Wassermenge und um so geringer war auch der danach eintretende Druckabfall in einer bestimmten Zeiteinheit.

4.2.2 Feldversuche

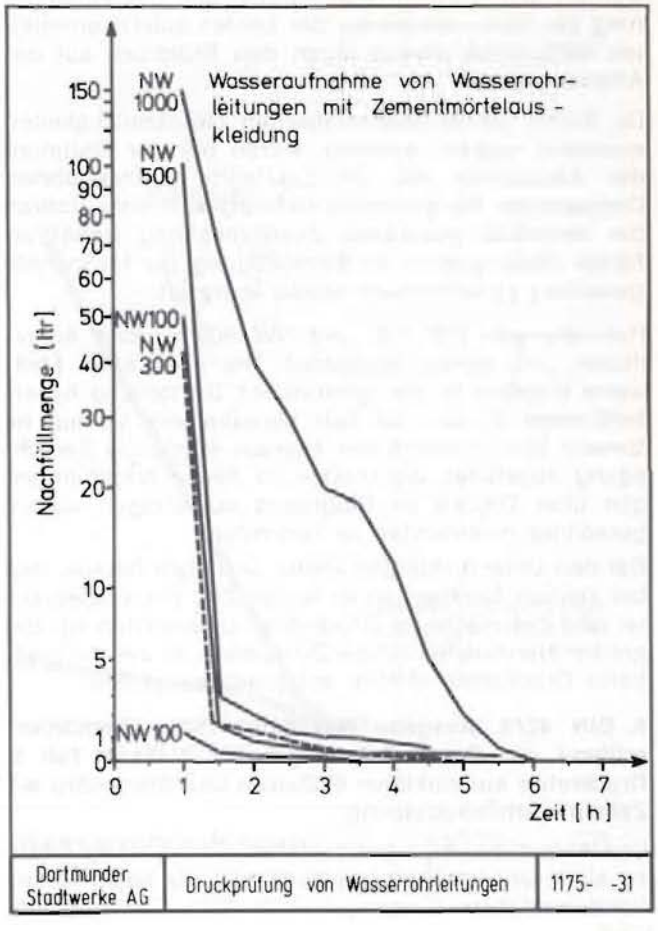
Von 6 größeren Wasserversorgungsunternehmen in der Bundesrepublik wurden insgesamt 32 Druckproben an erdverlegten zementmörtelausgekleideten Rohrleitungen mit unterschiedlichen Nennweiten vorgenommen. Wenn auch auf Grund betrieblicher oder örtlicher Verhältnisse die vorgegebenen allgemeinen Bedingungen für die Versuchsdurchführung nicht in allen Fällen eingehalten werden konnten, so konnte doch allgemein festgestellt werden, daß sich bei allen Versuchen nach Einstellung des Prüfdruckes ein großer Druckabfall ergab und daß die zur Wiederherstellung des Prüfdruckes erforderliche Wassermenge von Messung zu Messung kleiner wurde. Siehe Bild 5! Der nach Einstellung des Prüfdruckes gemessene Druckabfall erreichte jedoch bei weitem nicht die Beträge, die bei Laborversuchen gemessen wurden.

4.2.3 Erkenntnisse aus den Versuchen

Die Auswertung der Feldversuche erfolgte derart, daß die ermittelten Nachfüllmengen – bezogen auf 100 m Rohrleitung – über die Zeit aufgetragen und im linearen, einfach logarithmischen und doppelt logarithmischen Maßstab dargestellt wurden. Sie ergab keine allgemein gültigen Aussagen, die als Kriterium für die Beurteilung von Druckprüfungen an Rohren mit Zementmörtelauskleidung herangezogen werden konnten.

Auf Grund der Untersuchungen konnte jedoch festgestellt werden:

Bild 5



1.) Bei einer Innendruckprobe verursacht die Wasseraufnahme des Zementmörtels einen Druckabfall.

2.) Bei mehrmalig kurz aufeinanderfolgender Wiederherstellung des Prüfdruckes wird der Druckabfall je Zeiteinheit von Messung zu Messung kleiner.

3.) Die für die mehrmals aufeinanderfolgende Wiederherstellung des Prüfdruckes erforderliche Wassermenge hat ebenfalls eine stark fallende Tendenz.

Sowohl der Druckabfall je Zeiteinheit als auch die zur Wiederherstellung des Prüfdruckes erforderliche Wassermenge können während einer Druckprobe leicht bestimmt werden. Unter Auswertung dieser beiden Merkmale war nun nach einer zuverlässigen Aussage über die Dichtheit der Rohrleitung zu suchen.

5. Weitere Überlegungen auf Grund der durchgeführten Untersuchungen

Bei allen vorausgegangenen Versuchen waren Wasserzugabemengen, bezogen auf den m² benetzte Innenfläche, ermittelt und dann in ein Diagramm, Nachfüllmenge über Zeit, aufgetragen worden.

Herr Dipl.-Ing. Sinn, seinerzeit Mitarbeiter des Verfassers, wertete die Versuchsergebnisse aus den Feldversuchen in der Weise aus, daß die jeweiligen Nachfüllmengen über den Druck aufgetragen und die einzelnen Meßpunkte geradlinig miteinander verbunden wurden. Dabei stellte sich heraus, daß die Verlängerung der Verbindungslinie der beiden zuletzt ermittelten Meßpunkte jeweils durch den Prüfdruck auf der Abszisse verlief.

Da hierfür keine mathematischen Gesetzmäßigkeiten erarbeitet werden konnten, wurde bei der Dortmunder Stadtwerke AG an zusätzlich durchgeführten Druckproben bei zementmörtelausgekleideten Rohren der empirisch gefundene Zusammenhang weiter erhärtet. Insbesondere die Berechtigung, die Meßpunkte geradlinig zu verbinden, wurde überprüft.

Rohrleitungen NW 100 und NW 400 wurden aufgedrückt und wieder entspannt. Die ermittelten Meßwerte ergaben in der graphischen Darstellung hyperbelförmige Kurven mit fast geradlinigem Verlauf im Bereich von 10 bis 15 bar. Hieraus wurde die Berechtigung abgeleitet, die Punkte, in denen Nachfüllmengen über Drücke im Diagramm aufgetragen waren, geradlinig miteinander zu verbinden.

Bei den Untersuchungen stellte sich auch heraus, daß bei kleinen Nennweiten in kurzer Zeit ein ausgeprägter und gut meßbarer Druckabfall zu erwarten ist. Bei großen Nennweiten ist die Zeitspanne, in der ein meßbarer Druckabfall eintritt, entsprechend größer.

6. DIN 4279, Ausgabe November 1975, Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen für Wasser, Teil 3, Druckrohre aus duktilem Gußeisen und Stahlrohre mit Zementmörtelauskleidung

Der Ablauf der hier geschilderten Entwicklung führte zu einer Druckprüfungsmethode, die als sogenanntes Sonderverfahren Eingang in DIN 4279, Teil 3, gefunden hat. Schon das Vorwort zu Teil 3 der DIN 4279 impliziert die Ergebnisse der angestellten Versuche. Dort heißt es:

„Bei Rohren mit Zementmörtelauskleidung findet während der Innendruckprüfung eine geringe Aufnahme von Wasser in der Zementmörtelauskleidung statt. Je nach dem Austrocknungsgrad des Zementmörtels schwankt die aufgenommene Wassermenge.

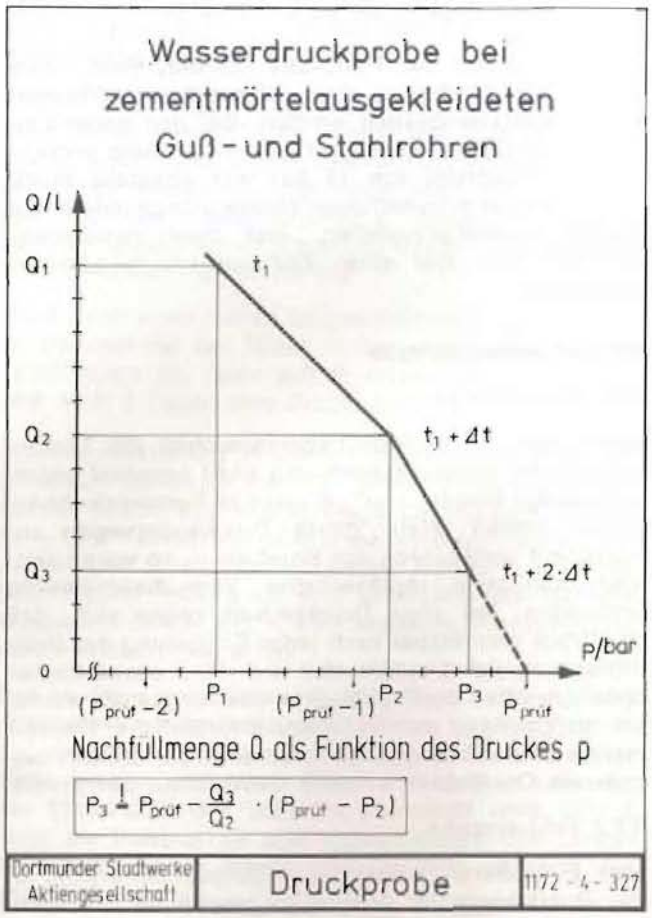
Während der Innendruckprüfung nimmt die Wassermenge, die zur Wiederherstellung des Prüfdruckes jeweils nachgepumpt werden muß und damit auch der jeweils gemessene Druckabfall, kontinuierlich ab.

Die Zementmörtelauskleidung sollte die Möglichkeit zu einer baldigen Wassersättigung erhalten. Eine schnellere Sättigung läßt sich unter Druck erreichen. Daher ist es zweckmäßig, unmittelbar nach dem Füllen der Rohrleitung eine Druckerhöhung vorzunehmen oder mit der Innendruckprüfung zu beginnen."

Der Ablauf der Druckprüfung nach dem Sonderverfahren stellt sich wie folgt dar:

Nach Füllen und Entlüften der Rohrleitung wird zunächst der vorhandene Druck in der Rohrleitung festgestellt. Dann wird durch Wasserzugabe der Druck in der Leitung auf Prüfdruck eingestellt und die dafür

Bild 6



erforderliche Wassermenge exakt gemessen. Bei Rohrleitungen unter NW 400 wird frühestens nach 30 Minuten, bei Rohrleitungen über NW 400 frühestens nach 60 Minuten der – inzwischen abgefallene – Druck in der Leitung abgelesen und der Prüfdruck durch Wasserzugabe erneut eingestellt. Die dafür zugepumpte Wassermenge wird festgestellt. Nach weiteren 30 bzw. 60 Minuten – in Abhängigkeit von der Nennweite – wird der Druck wieder gemessen und die Leitung erneut auf Prüfdruck aufgedrückt. Die dabei benötigte Wassermenge ist festzuhalten. Alle Meßwerte werden auf der Baustelle in ein Diagramm eingetragen. Die einzelnen Meßpunkte werden miteinander verbunden. Wenn die Verlängerung der Verbindungslinie der letzten beiden Meßpunkte die Abszisse im Punkt Prüfdruck schneidet, ist die Leitung dicht. Siehe Bild 6! In Bild 7 sind zwei Beispiele aufgetragen.

1. Beispiel:

Leitung NW 100, Länge 114 m, Verbindung TYTON-Muffen, Werkstoff GGG

1. Meßwert: Druck in der Leitung bei Beginn der Prüfung 7,6 bar, zugegebene Wassermenge bis zu einem Prüfdruck von 15 bar 1,5 l.

2. Meßwert: Nach 30 Minuten Druckabfall in der Leitung auf 13,2 bar. Zur Wiederherstellung des Prüfdruckes ist eine Wassermenge von 0,7 l erforderlich.

3. Meßwert: Nach weiteren 30 Minuten Druck in der Leitung 14,4 bar. 0,2 l sind erforderlich, um den Prüfdruck herzustellen. Die Ausgangsdrücke, die vor dem jeweiligen Herstellen bzw. Wiederherstellen des Prüfdruckes vorhanden sind und die zugehörigen Wassermengen, die für das Herstellen bzw. Wiederherstellen des Prüfdruckes notwendig waren, werden in das Diagramm eingetragen.

$p_1 = 7{,}6$ bar und $Q_1 = 1{,}5$ l
$p_2 = 13{,}2$ bar und $Q_2 = 0{,}7$ l
$p_3 = 14{,}4$ bar und $Q_3 = 0{,}2$ l

2. Beispiel:

Wasserrohrleitung NW 150, Länge 250 m, Verbindung TYTON-Muffe, Werkstoff GGG

1. Meßwert: Druck in der Leitung bei Beginn der Prüfung 8,6 bar, zugegebene Wassermenge bis zu einem Prüfdruck von 15 bar 11,4 l.

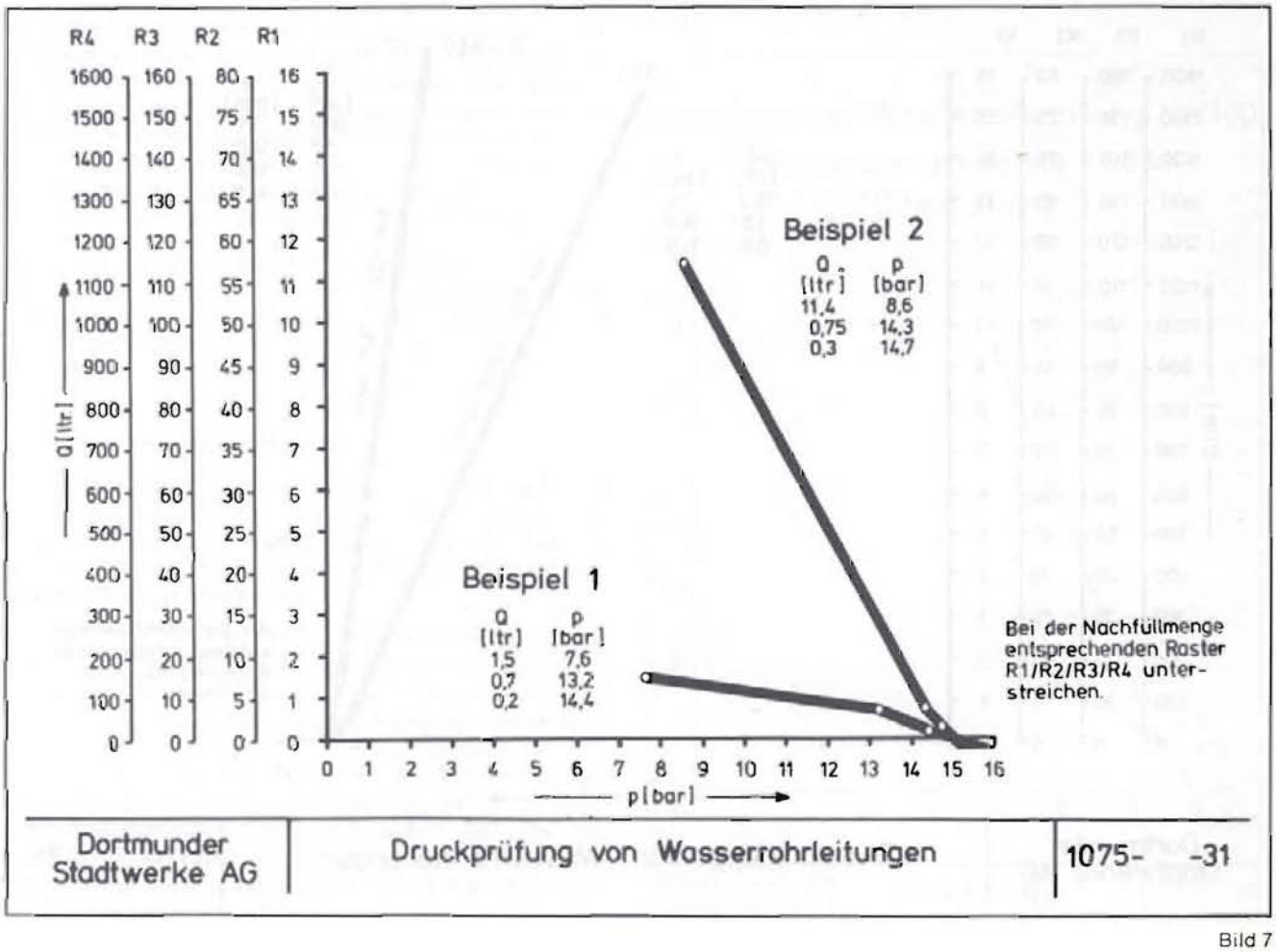


Bild 7

2. Meßwert: Druckabfall in der Leitung nach 30 Minuten 14,3 bar. Für die Wiederherstellung des Prüfdruckes von 15 bar sind 0,75 l erforderlich.

3. Meßwert: Nach weiteren 30 Minuten 14,7 bar Druck in der Leitung. 0,3 l Wasser sind zur erneuten Wiederherstellung des Prüfdruckes erforderlich.

In beiden Beispielen schneidet die Verlängerung der Verbindungslinie der letzten beiden Meßpunkte die Abszisse im Prüfdruck $p = 15$ bar.

In der Regel genügen drei Meßwerte für Druck und zugegebene Wassermenge, um den Schnittpunkt auf der Abszisse im Prüfdruck zu erreichen. Wenn drei Meßwerte nicht ausreichen, ist die Wasserzugabe so oft zu wiederholen, bis die Achse im Prüfdruck durch die Verlängerung der Verbindung der beiden letzten Meßpunkte geschnitten wird. Dabei ist zu beachten, daß immer gleiche Zeitabstände für die Wasserzugabe gewählt werden.

Druckprüfungen an Leitungen großer Nennweiten, hergestellt mit Rohren aus duktilem Gußeisen und TYTON-Muffenverbindungen, ergaben ebenfalls positive Ergebnisse. Bild 8 zeigt beispielhaft die Werte einer Wasserrohrleitung NW 500, 560 m lang und einer 76 m langen Wasserrohrleitung NW 1000. Bei der Wasserrohrleitung NW 1000 waren 4 Meßpunkte erforderlich.

Ohne Berücksichtigung der Zeit, die für das Aufdrükken der Leitung von Betriebs- auf Prüfdruck nötig war, dauerte die gesamte Druckprobe für die Leitung NW 500 zwei Stunden. Das zwischenzeitliche Aufdrücken nahm zusätzliche 5 Minuten in Anspruch. Die Druckprobe für die Wasserrohrleitung NW 1000 dauerte einschließlich der Zeit für das erneute Einstellen des Prüfdruckes etwas länger als 3 Stunden.

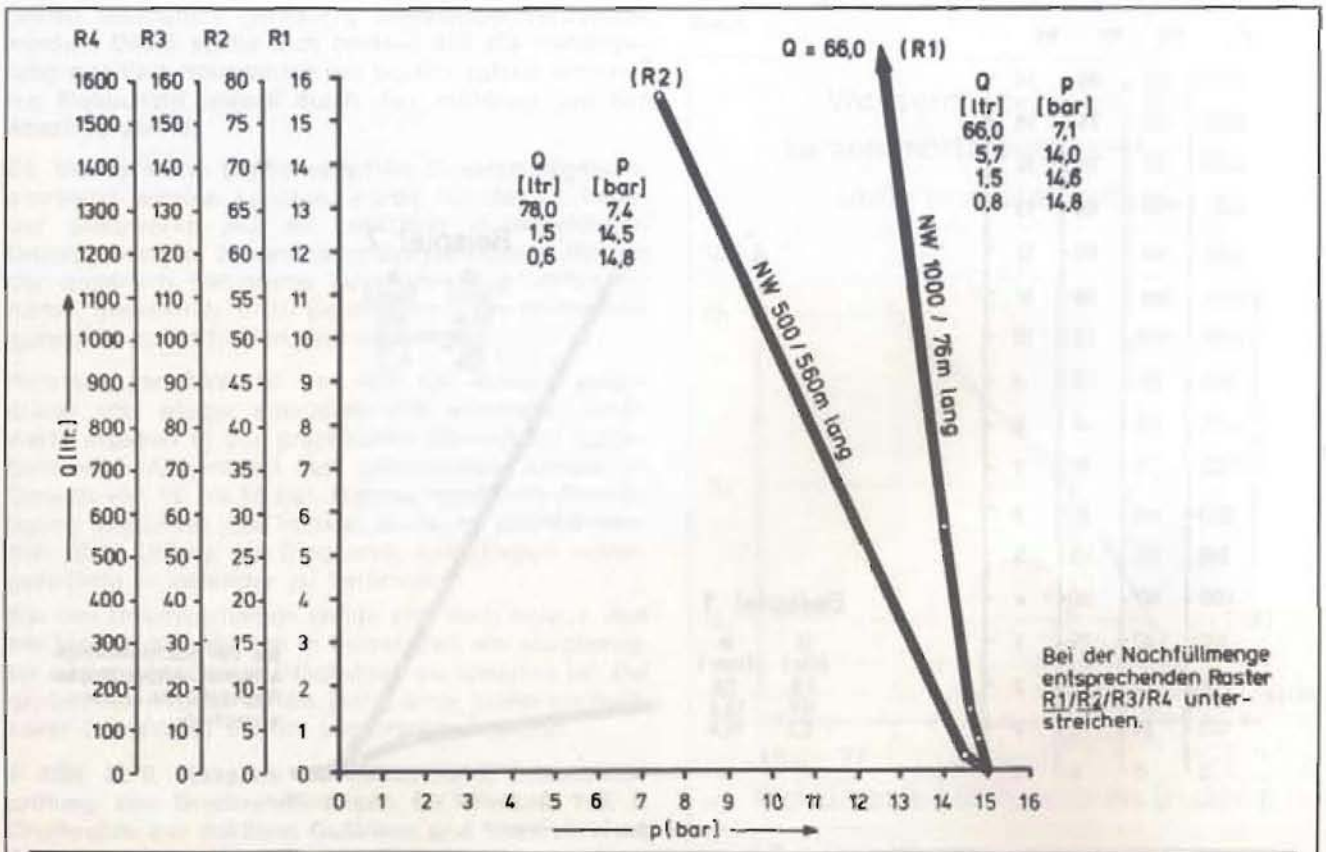
Für eine Leitung NW 1200, die in einer Länge von 1600 m abgedrückt wurde, ergaben sich folgende Werte:

$p_1 = 6{,}3$ bar und $Q_1 = 2038$ l
$p_2 = 11{,}3$ bar und $Q_2 = 48$ l
$p_3 = 11{,}8$ bar und $Q_3 = 35$ l
$p_4 = 11{,}9$ bar und $Q_4 = 14$ l

Zwei Stunden nach Erreichen des Prüfdruckes – in diesem Fall 12 bar – stellte sich ein ablesbarer Druckabfall von 0,7 bar dar. Die Prüfzeit betrug nur wenig mehr als 6 Stunden.

Wie im vorliegenden Fall für die Wasserrohrleitung NW 1200 ergeben sich bei größeren Nennweiten

Bild 8



Dortmunder Stadtwerke AG	Druckprüfung von Wasserrohrleitungen	1175- -31

manchmal längere Zeiten als 60 Minuten bis zum eindeutig ablesbaren Druckabfall. Nach erneuter Einstellung des Prüfdruckes muß dann der nächste Druckabfall nach genau dem gleichen Zeitraum erfaßt werden wie der erste Druckabfallswert, ebenso evtl. weitere Druckabfälle bei mehrmaligem Wiederherstellen des Prüfdruckes. Neben der Forderung, daß die Zeitabstände immer gleich sein müssen, sind sie so zu wählen, daß der Druckabfall eindeutig festgestellt werden kann. Nennweite und Länge der Leitung sowie der Austrocknungsgrad der Zementmörtelauskleidung beeinflussen die zu wählenden Zeitabstände.

Bei kleinen Nennweiten ist der Anteil der Zementmörtelauskleidung zum Rohrvolumen wesentlich größer als bei Leitungen großer Dimensionen. Somit ist auch bei kleinen Nennweiten die Aufnahme von Wasser pro Zeiteinheit und der daraus resultierende Druckabfall größer. Bis NW 300 kommt man erfahrungsgemäß immer mit 30 Minuten-Abständen aus.

Es soll noch darauf hingewiesen werden, daß der dritte bzw. letzte Meßpunkt bereits mit dem Prüfdruck zusammenfallen kann und somit auf der Abszisse liegt. Das ist für kleine und große Nennweiten möglich und immer dann der Fall, wenn kein Wasser mehr nachgefüllt werden muß. Das bedeutet, die Leitung ist dicht.

Da somit je nach Nennweite und Austrocknungsgrad die Wasserzugabemengen sehr unterschiedlich sind, empfiehlt es sich, im Diagramm Q = f (p) auf der Ordinate unterschiedliche Maßstäbe für die Wassermengen einzutragen. Falls erforderlich, kann man die Meßpunkte im Bereich des Prüfdruckes in der graphischen Darstellung so weit auseinanderrücken, daß der Verlauf der Verbindungslinie der beiden letzten Meßpunkte genauer eingetragen werden kann.

Sollte die zu prüfende Rohrleitung undicht sein, so wird die Verlängerung der Verbindungslinie der zwei zuletzt ermittelten Meßpunkte nach oben in das Koordinatensystem hineinlaufen, wie aus Bild 9 zu ersehen ist.

7. Vorteile des Sonderverfahrens

Bei der Dortmunder Stadtwerke AG wurden weit über 100 Rohrleitungen verschiedener Nennweiten und Längen nach dem Sonderverfahren geprüft. Alle als dicht befundenen Leitungen haben sich auch in der Folgezeit als dicht erwiesen.

7.1 Beim Sonderverfahren ist keine Vorprüfung notwendig. Die Dauer der Hauptprüfung ist mit minimal 1 bzw. 2 Stunden wesentlich geringer als bei der Druckprüfung nach dem Normalverfahren. Beim Normalverfahren nach DIN 4279, Teil 3, Ausgabe November 1975, ist eine Vorprüfung von 24 Stunden Bedingung. Die Druckprüfung beansprucht daher je nach Nennweite minimal 27 bis 48 Stunden Zeit. Bei der Anwendung des Sonderverfahrens ist aber trotz des geringen Zeitaufwandes eine objektive Meßwertbeurteilung sicher gegeben.

7.2 Nach DIN 4279, Teil 1, dürfen Endabsteifungen erst dann entfernt werden, wenn die Leitung vollkommen druckentlastet ist. Mit diesen Arbeiten kann viel früher angefangen werden.

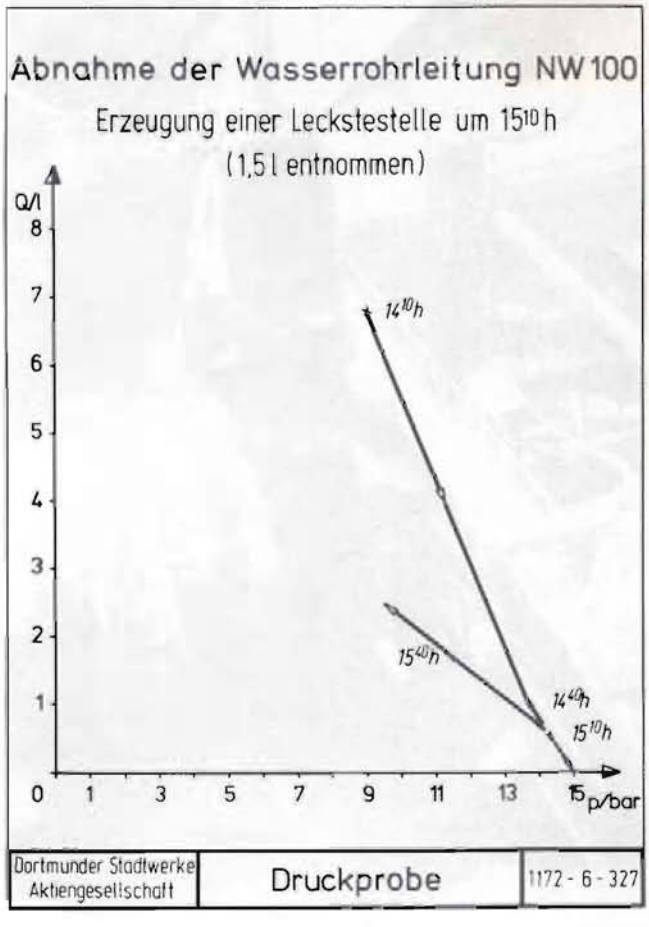
7.3 Werden die Muffen freigehalten, so kann mit der Verfüllung rechtzeitiger begonnen werden.

7.4 Im Stadtnetz können nach kurzer Zeit die Umbindungsarbeiten bzw. die Vorbereitungsarbeiten für Umbindungen beginnen. Ebenfalls können die Anbindungsarbeiten an das vorhandene Rohrnetz und die endgültigen Straßenwiederherstellungsarbeiten eher aufgenommen werden. Somit ergibt sich bei den Verlegekolonnen der Firmen weniger Leerlauf und damit ein wirtschaftlicheres Arbeiten.

7.5 Kommt eigenes für die Abnahme von Druckprüfungen ausgebildetes Personal zum Einsatz – wie das bei der Dortmunder Stadtwerke AG der Fall ist –, so braucht dieses nicht mehr wie früher zweimal, sondern nur einmal die Baustelle anzufahren. Der Abnahmetechniker muß zwar während der gesamten Druckprobe an der Baustelle anwesend sein, wegen der Kürze der Druckprobe wird dennoch ein Vorteil erzielt.

7.6 Die Dauer der Druckprobe bestimmt in allen Fällen den Beginn und den Zeitpunkt der Abnahme. Bei Druckproben nach dem Normalverfahren mußten an

Bild 9



Wochenenden oder auch kurz vor Feierabend die entsprechenden Geräte angebracht werden, um die Nacht und das Wochenende für die Standzeit auszunutzen. Die benutzten Geräte waren dann bis über 48 Stunden ohne Aufsicht.

Bei der Kurzzeitprobe ist die ständige Überwachung der empfindlichen und nicht billigen Geräte gegeben. Im Winter wird während der kurzen Zeit das Einfrieren der Druckschläuche und insbesondere der schreibenden Geräte vermieden.

Bild 10

Bild 11

7.7 Bei sehr langen Rohrleitungen bietet sich das Sonderverfahren für den Unternehmer als sog. Kurzzeitdruckprobe zum abschnittsweisen Abdrücken an, falls der Auftraggeber das Normalverfahren vorgeschrieben hat.

Die Vorteile des Sonderverfahrens werden sich je nach den örtlichen Gegebenheiten und den Verhältnissen bei den verschiedenen Wasserversorgungsunternehmen und auch den verschiedenen Rohrverlegefirmen unterschiedlich darstellen.

8. Erfordernisse für die Anwendung des Sonderverfahrens

Durch das sofortige Aufdrücken auf Prüfdruck und die halbstündlichen bzw. stündlichen Druckerhöhungsintervalle erfährt der Verbau eine starke Belastung. Die Ausführung des Verbaues hat daher mit besonders großer Sorgfalt zu erfolgen.

Bild 10 zeigt einen während der Druckprobe für eine Rohrleitung NW 1000 nicht standfesten Verbau. Das Widerlager hatte 118 t aufzunehmen. Die Kraft wurde nicht senkrecht in die T-Träger eingeleitet. Die Träger verformten sich zunächst und lösten sich dann aus der Verkeilung. Nach dem Einschweißen von Steifen (Bild 11) hielt das Widerlager dem Druck stand.

Der Entlüftung der Rohrleitung, insbesondere bei großen Nennweiten, ist größte Beachtung zu schenken. Die einwandfreie Messung der Drücke und der den Drücken zugeordneten, zugegebenen Wassermengen ist besonders wichtig.

Die Aufzeichnung der Drücke muß daher unbedingt mit dem in DIN 4279, Teil 3, geforderten Druckmeßgerät der Klasse 0,6 erfolgen, welches im Bereich des Prüfdruckes noch ein Ablesen von 0,1 bar Druckänderung gestattet.

Die exakte Messung der Wasserzugabe geschieht erfahrungsgemäß nur einwandfrei mit Wasserzählern, die eine Ableseanzeige von 0,1 l aufweisen. Die Dortmunder Stadtwerke AG verwendet für die Wasserzugabe bei Rohrleitungen kleiner Nennweiten einen Behälter nach Bild 12. Ein 3 m^3 Wasserzähler ist in die Ansaugleitung eingebaut.

Bild 12

Die Wasserzugabe bei großen Nennweiten erfolgt mittels Motorpumpe nach Bild 13. Hier sind je ein 7 m^3 Wasserzähler in Saug- und Druckseite eingebaut.

Bild 13

9. Schlußbemerkungen

Auf Grund der vielen, über mehrere Jahre durchgeführten und hier näher erläuterten Untersuchungen konnte für die Druckprüfung von zementmörtelausgekleideten Leitungen ein Verfahren entwickelt werden, nach dessen Anwendung in sehr kurzer Zeit eine objektive und zuverlässige Aussage über die Dichtheit einer neuverlegten Wasserrohrleitung aus duktilem Gußeisen oder Stahl mit Zementmörtelauskleidung möglich ist.

Für jedes neue Verfahren müssen Anlaufschwierigkeiten überwunden werden. Vielen Fachleuten erscheint das Verfahren für das Personal der Verlegefirmen und der Wasserversorgungsunternehmen schwer verständlich und die Anfertigung bzw. Benutzung des Diagrammes auf der Baustelle zu aufwendig zu sein. Vielleicht ist man auch der Meinung, die exakte Erfassung der nachzufüllenden Wassermengen sei in der Praxis zu umständlich.

Allen Einwendungen muß auf Grund der Dortmunder Erfahrungen widersprochen werden. Wer einige Male das Sonderverfahren angewendet und sich damit vertraut gemacht hat, wird wohl häufiger oder stets Druckprüfungen an zementmörtelausgekleideten Wasserrohrleitungen nach diesem vorteilhaften Verfahren durchführen.

fgr

Druckverlustmessungen an duktilen Gußrohren mit Zementmörtelauskleidung

Von Jürgen Schubert

1. Vorbemerkungen

Die hydraulische Berechnung von Trinkwasserleitungen gliedert sich in die Berechnung der stationären und der instationären Strömungsvorgänge. Sie ist Grundlage für optimale Planung und Betrieb von Rohrleitungen. Bei der Untersuchung der stationären Strömung interessieren hauptsächlich die auftretenden Druckverluste, die erforderlichen Rohrinnendurchmesser und die Rohrleitungskennlinien in Verbindung mit Förderanlagen. Die Untersuchung der instationären Vorgänge dient der Bemessung von Druckschwankungssicherungen, der Ermittlung der Schließgesetze von Absperr- und Regelorganen und der Berechnung der auftretenden Beanspruchung. In die hydraulische Berechnung gehen physikalische Parameter des Mediums und physikalische, geometrische und rohrstatische Parameter der Rohrleitungen ein, die jeweils mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind. Aus diesem Grund ist es notwendig, durch Versuche an geeigneten Objekten die Zuverlässigkeit der hydraulischen Berechnung zu prüfen.

Das im folgenden aufgeführte Beispiel ist beschränkt auf die Überprüfung der stationären Durchströmung einer ca. 18 km langen Rohrleitung NW 500/400 aus duktilen Gußrohren mit Zementmörtelauskleidung.

2. Grundlagen

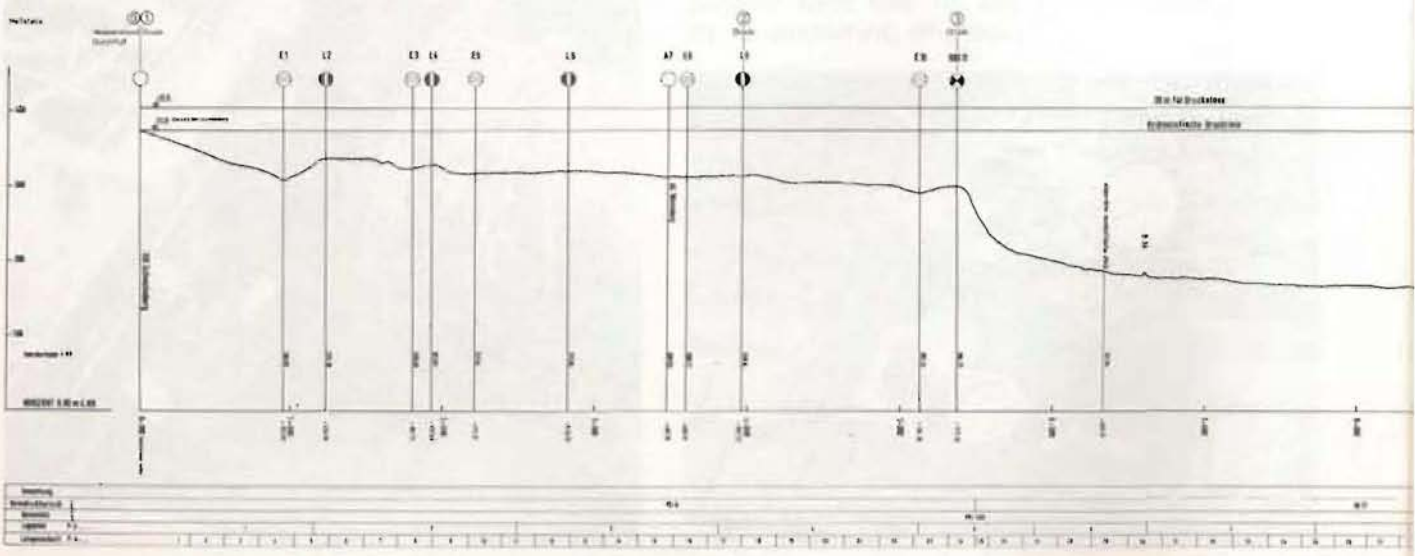
Bei turbulenter Strömung gilt für gerade Rohre mit Kreisquerschnitt:

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\varrho \cdot v^2}{2} \qquad (1)$$

Δp Druckabfall in Pa (bzw. mbar → 1 mbar = 10^2 Pa)
λ Widerstandszahl, dimensionslos
L Länge der Rohrleitung in m
D Durchmesser der Rohrleitung in m
v mittlere Strömungsgeschwindigkeit $\frac{\text{Durchfluß}}{\text{Querschnitt}}$ in m/s
ϱ Dichte des Mediums in kg/m³

Die Widerstandszahl λ ist in dem bei Wasserversorgungsleitungen überwiegend interessierenden Über-

Bild 1: Übersichtsprofil der Leitung HB Schweinsberg – Übergabestelle FWR



gangsbereich eine Funktion der Reynolds'schen Zahl und der relativen Rauhigkeit:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2{,}0 \cdot \lg \left(\frac{2{,}51}{Re\sqrt{\lambda}} + \frac{1}{3{,}71} \cdot \frac{k}{D} \right) \qquad (2)$$

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu} \qquad (3)$$

Re Reynolds'sche Zahl, dimensionslos

ν kinematische Viskosität in m^2/s – f (Medium, Temperatur, Druck)

$\frac{k}{D}$ relative Wandrauhigkeit, dimensionslos

k mittlere wirksame Wandrauhigkeit in m

Die Formeln gelten für gerade kreisrunde Rohre mit konstantem Querschnitt. Zusatzverluste in Rohrformteilen müssen überlagert werden. Diese Forderung stellt jedoch eine so erhebliche Erschwernis für die hydraulische Berechnung von Wasserversorgungsleitungen dar, daß sie in der Praxis meist umgangen wird, indem höhere k-Werte gewählt werden, als sie sich aus Untersuchungen an geraden Rohren ergeben. Diese empirischen k-Werte lassen sich durch Messungen an ausgeführten Anlagen hinreichend genau gewinnen.

3. Untersuchte Anlage

Vom gemeinsamen Hochbehälter Schweinsberg (Bodensee-Wasserversorgung, Fernwasserversorgung Rheintal, Nord-Ost-Wasserversorgung) führt eine ca. 18 km lange Leitung NW 500/400 aus duktilen Gußrohren mit Zementmörtelauskleidung zur Übergabestelle FWR/Jagstfeld. Das **Übersichtsprofil** dieser Leitung zeigt Bild 1. Es handelt sich um eine gestreckte Leitungsführung mit mehreren Neben- und Anschlußleitungen; diese Neben- und Anschlußleitungen wurden während der Versuche jeweils am Abzweig von der Hauptleitung abgestellt.

Die Meßstellen für Behälterwasserstand, Durchfluß und Druck sind im Übersichtsprofil eingetragen und in Tabelle 1 aufgeführt.

4. Meßtechnik und Versuchsdurchführung

4.1 Durchfluß Q

Als Durchflußmeßgerät diente ein Woltmanzähler WPH NW 400, dessen Fehlerkurve vor und nach den Versuchen bestimmt wurde. Gleichzeitig wurde der Volumenstrom durch Gefäßmessung mit Kammer II des HB Schweinsberg (Schlauchwaage + Bandmaß) ermittelt.

4.2 Differenzdruck Δp

Im Gegensatz zu Prüfstandmessungen kann der Differenzdruck zwischen zwei Querschnitten nicht direkt gemessen werden, sondern muß aus Einzeldruckmessungen an den interessierenden Punkten bestimmt werden. An die Druckmeßgeräte sind hohe Genauigkeitsanforderungen zu stellen, die zum Beispiel mit üblichen Feinmeßmanometern Kl. 0,6 nicht erfüllt werden.

Abhängig vom Ruhedruck an den ausgewählten Meßstellen wurden folgende Meßgeräte eingesetzt:

Schlauchwaage mit Bandmaß
Feinmeßmanometer Kl. 0,1 mit Luftvorlage (Meßfehler ± 0,1 m WS)
Gewichtsmanometer (Meßfehler ± 0,1 m WS)

Den Gerätemeßfehlern überlagert sind der Einfluß des nicht idealen Druckabgriffs. Die Druckmeßbohrung befindet sich bei allen Meßstellen im Domdeckel eines

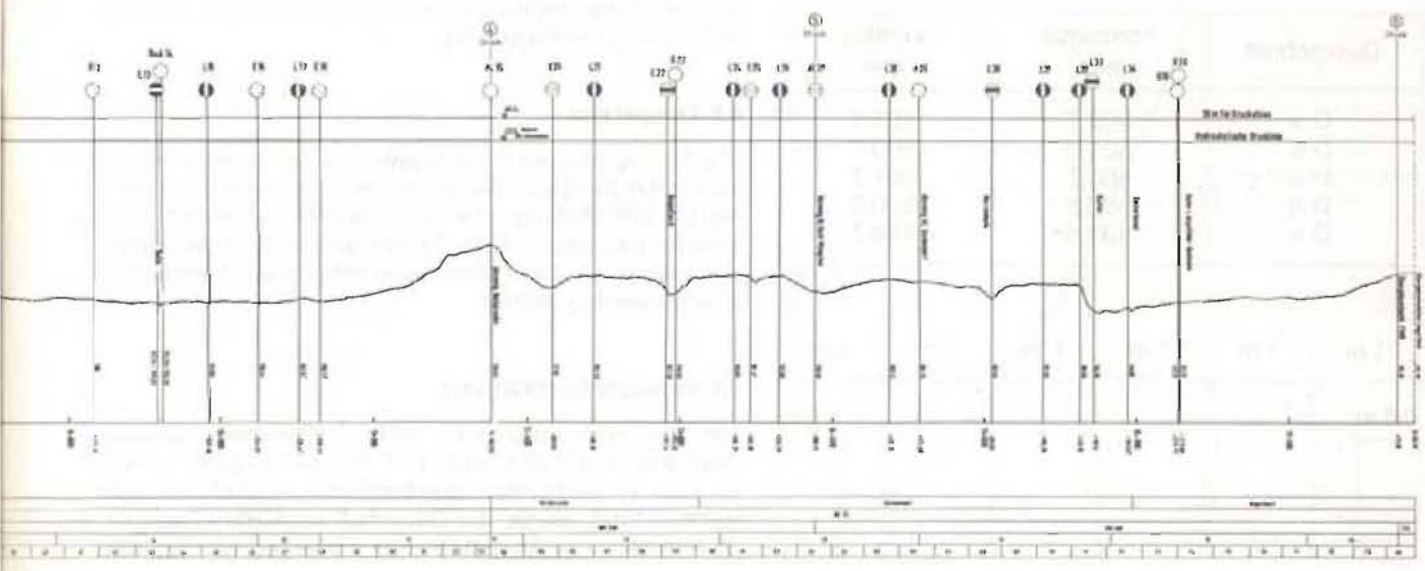


Tabelle 1: Meßstellenliste

Nr.	Station	Meßwert	km	m üNN	NW	Meßgerät	Versuche A	Versuche B
0	HB Schweinsberg	Wasserstand Kl	0,000	375	–	Schlauchwaage	x	x
	HB Schweinsberg	Wasserzähler	0,000	375	500	Zähler WPH 400	x	x
1	HB Schweinsberg	Auslaufdruck	0,000	375	500	Schlauchwaage	x	x
2	L 9	Druck	3,968	308,8	500	Feinmeßmanometer 0-10 kp/cm², Kl. 0,1		x
3	L 11	Druck	5,375	295,7	500	Feinmeßmanometer 0-10 kp/cm², Kl. 0,1	x	x
4	AL 19	Druck	11,760	230,6	500	Gewichtsmanometer ± 0,01 kp/cm²	x	
5	AE 27	Druck	13,887	169,9	500/400	Gewichtsmanometer ± 0,01 kp/cm²	x	x
6	Übergabeschacht FWR	Druck	17,713	194,6	400	Gewichtsmanometer ± 0,01 kp/cm²		x

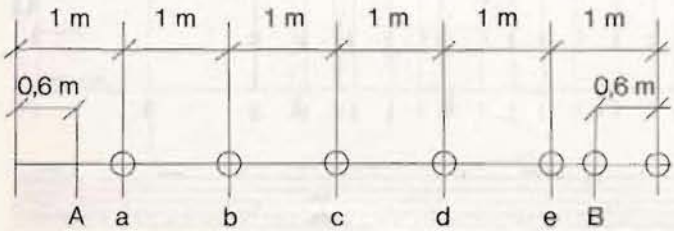
Tabelle 2: Innendurchmesser von duktilen Gußrohren NW 500 mit Zementmörtelauskleidung

I

Rohr Nr.	D_A horizontal mm	D_A vertikal mm	D_B horizontal mm	D_B vertikal mm
1	505,2	505,5	499,8	499,7
2	505,1	505,3	498,3	498,3
3	504,4	505,3	501,0	499,8
4	501,9	501,0	500,1	500,0
5	505,2	505,6	497,1	498,0
6	504,8	503,6	498,5	496,5
7	502,5	502,5	496,7	496,5
8	503,4	504,1	496,8	496,1
9	503,7	505,6	501,9	502,0
10	505,8	507,2	499,7	500,9

II

Querschnitt	horizontal mm	vertikal mm
D a	502,7	501,1
D b	501,0	500,7
D c	500,7	501,7
D d	500,5	500,2
D e	498,5	498,7



Lüfterformstücks. Es wird deshalb angenommen, daß sich die Meßfehler durch nicht idealen Druckabgriff bei allen Meßstellen gleich auswirken und bei der Auswertung vernachlässigt werden können.

4.3 Rohrleitungslänge L

Die gestreckte Rohrlänge wurde den Bestandsplänen entnommen.

4.4 Rohrinnendurchmesser D

Der Rohrinnendurchmesser wurde vom Hersteller an Restrohren durch Messung bestimmt. Die Ergebnisse sind auszugsweise in Tabelle 2 dargestellt. Die für die Praxis unbedeutenden Schwankungen des lichten Rohrdurchmessers wirken sich auf die Bestimmung der Widerstandszahl λ und der Rauhigkeit k deutlich aus, weil der Rohrdurchmesser D mit der 5. Potenz in Formel (1) enthalten ist.

4.5 Temperatur

Die Temperatur wird zur Ermittlung der kinematischen Viskosität benötigt. Sie wurde mit Flüssigkeitsthermometer am Anfang der untersuchten Rohrleitungsstrecke gemessen. Evtl. Temperaturänderungen längs der Leitung durch Wärmeaustausch mit der Umgebung wurden vernachlässigt.

4.6 Versuchsdurchführung

Für die zwei Abschnitte der untersuchten Leitung (NW 500 GGGTyZm und NW 400 GGGTyZm) wurde je eine Versuchsreihe durchgeführt. Ausgehend vom Ruhezustand, wurde der Durchfluß im Abstand von ca. 30 min stufenweise erhöht. Die Ablesung an den ver-

Tabelle 3: Druckverluste Versuchsreihe A

Versuch Nr.	Zeit min	Q l/s	$\Delta h_{1/3}$ m WS	$\Delta h_{1/4}$ m WS	$\Delta h_{1/5}$ m WS
A 1	25	145	4,7	10,7	12,6
	30		4,9	10,6	12,6
	35		4,9	10,6	12,6
	40		4,8	10,6	12,6
A 2	85	216,5	10,4	22,5	26,7
	90		10,4	22,6	26,7
	95		10,3	22,6	26,7
	100		10,2	22,6	26,7
A 3	120	333,3	22,7	49,4	58,6
	125		22,7	49,3	58,6

schiedenen Meßstellen erfolgte synchron über die ganze Versuchsdauer im Abstand von 5 min.

5. Versuchsauswertung

Aus der Liste der Einzelmeßwerte (Spiegeländerung in Kammer II, Zählerstand, Drücke) wurden die Zeitabschnitte mit konstantem Durchfluß ausgewählt. Für diese Zeitabschnitte wurden jeweils der Durchfluß nach Gefäßmessung und die Druckverluste in Druckverlusttabellen eingetragen (Tabelle 3 und 4). Bild 2

Bild 2: Druckgefälle für Leitung NW 500

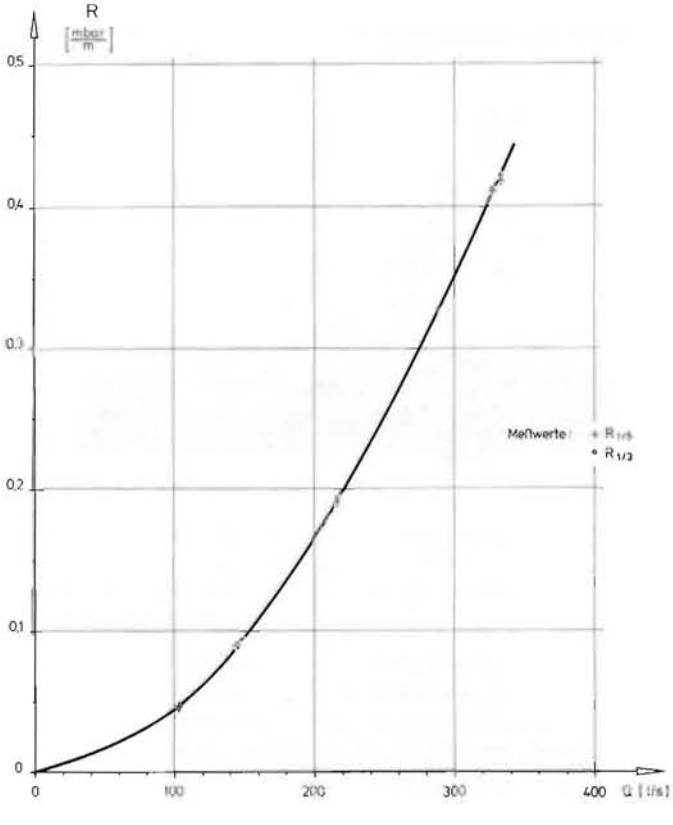


Tabelle 4: Druckverluste Versuchsreihe B

Versuch Nr.	Zeit min	Q l/s	$\Delta h_{1/2}$ m WS	$\Delta h_{1/3}$ m WS	$\Delta h_{1/5}$ m WS	$\Delta h_{5/6}$ m WS
B 1	30	103	2,1	2,5	6,6	5,6
	35		2,0	2,4	6,5	5,6
	40		1,9	2,4	6,6	5,6
	45		1,9	2,5	6,6	5,6
	50		1,9	2,5	6,5	5,6
B 2	125	327	17,15	22,15	57,3	47,3
	130		17,2	22,2	57,5	47,5
	135		17,1	22,3	57,5	47,6
	140		17,0	22,2	57,5	47,6

und 3 zeigen die aus Tabelle 3 und 4 gerechneten Druckgefälle R in Abhängigkeit vom Durchfluß:

$$R = \frac{\Delta p}{L} = \frac{\Delta h \cdot \varrho \cdot g}{L} \text{ in Pa/m bzw. mbar/m} \qquad (4)$$

Aus den Meßwerten wurde für die Leitungsabschnitte 1/5 (NW 500) und 5/6 (NW 400) die Widerstandszahl λ sowie die relative und absolute Rauhigkeit nach Formel (1) bis (3) berechnet. Dabei wurde als Rohr-

Bild 3: Druckgefälle für Leitung NW 400

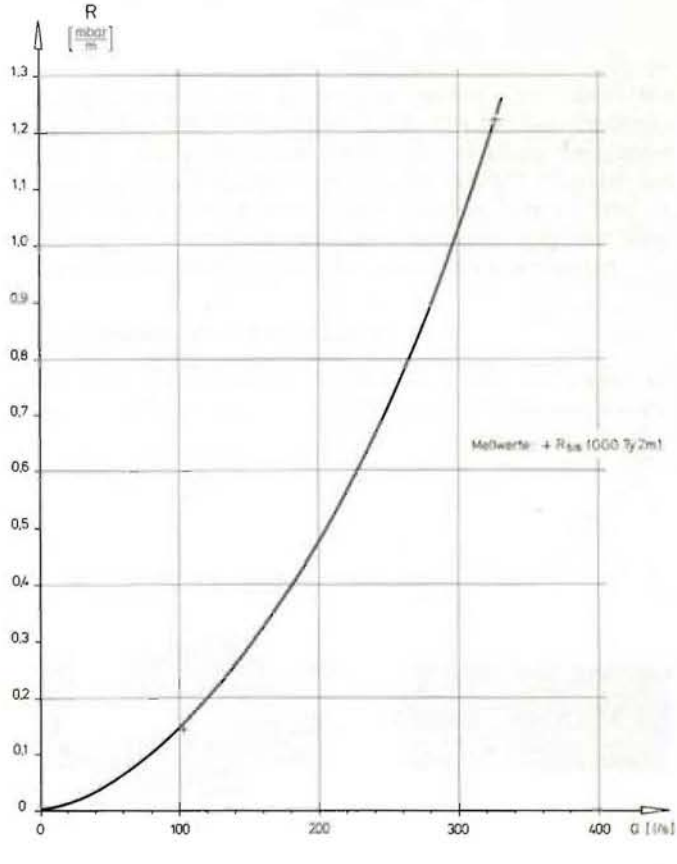


Tabelle 5: Versuchsauswertung

Versuch Nr.	Abschnitt	Q l/s	v m/s	R Pa/m	λ	Re	$\frac{k}{D}$	k mm	
A 1	1/5	145	0,738	8,901	0,01633	$2{,}46 \cdot 10^5$	$1{,}6 \cdot 10^{-4}$	0,08	500
A 2	1/5	216,5	1,103	18,861	0,01550	$3{,}68 \cdot 10^5$	$1{,}5 \cdot 10^{-4}$	0,08	
A 3	1/5	333,3	1,697	41,396	0,01437	$5{,}66 \cdot 10^5$	$1{,}2 \cdot 10^{-4}$	0,06	
B 1	1/5	103	0,525	4,634	0,01679	$1{,}75 \cdot 10^5$	$1{,}1 \cdot 10^{-4}$	0,06	
B 2	1/5	327	1,665	40,584	0,01464	$5{,}55 \cdot 10^5$	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$	0,07	
B 1	5/6	103	0,819	14,359	0,01712	$2{,}18 \cdot 10^5$	$2{,}3 \cdot 10^{-4}$	0,09	400
B 2	5/6	327	2,602	121,792	0,01439	$6{,}94 \cdot 10^5$	$1{,}4 \cdot 10^{-4}$	0,06	

innendurchmesser die Nennweite angenommen. Die Wassertemperatur betrug 5,5° C. Alle interessierenden Werte sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

6. Schluß

Bei der Berechnung der Strömungsverluste in Wasserversorgungsleitungen wird in der Regel nicht die nach Definition erforderliche getrennte Berechnung der Verluste in geraden Rohren und der Zusatzverluste in Rohrformstücken vorgenommen. Es werden vielmehr empirische k-Werte gewählt, die diese Zusatzverluste beinhalten. Die beschriebenen Druckverlustmessungen an einer verlegten Leitung NW 500/NW 400 aus duktilen Gußrohren mit Zementmörtelauskleidung sollten zeigen, welche k-Werte sich unter Einschluß der auftretenden Zusatzverluste ergeben.

Die Auswertung dieser Versuche ergibt rechnerische k-Werte, die etwas kleiner als 0,1 mm sind (Tabelle 5). Dabei ist zu berücksichtigen, daß die tatsächlichen Innendurchmesser größer sind, als die der Rechnung zugrundegelegten Nennweiten. Insgesamt bestätigen die Versuchsergebnisse jedoch, daß der üblicherweise für Hauptleitungen vorgeschlagene k-Wert von 0,1 mm (DVGW-Arbeitsblatt W 302) richtig ist. Dies gilt auch für ebenfalls bei der Bodensee-Wasserversorgung durchgeführte Versuche an anderen zementmörtelausgekleideten Rohrleitungen und an Spannbetonleitungen, die unter vergleichbaren Bedingungen k-Werte um 0,1 mm ergeben haben.

fgr

Verlege- und Anbohrgeräte sowie Schneidwerkzeuge für duktile Gußrohre und Formstücke

Von Horst Nöh

1. Verlegegeräte für TYTON-Verbindungen

a) Gabelwerkzeuge

Das nach wie vor bekannteste Gerät dürfte das Gabelwerkzeug sein, das für die Montage von Rohren und Formstücken bis NW 250 Verwendung findet (Bild 1 und 2).

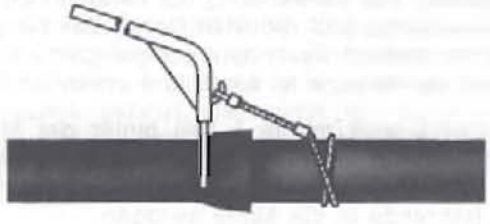


Bild 1

Bei der Rohrmontage wird die Gabel hinter der Muffe des zuletzt montierten Rohres aufgesetzt, wobei die Muffe als Widerlager für die Gabel dient. Das Zugseil wird zweimal um das einzuziehende Rohr geschlungen und in den Gabelhaken eingehängt.

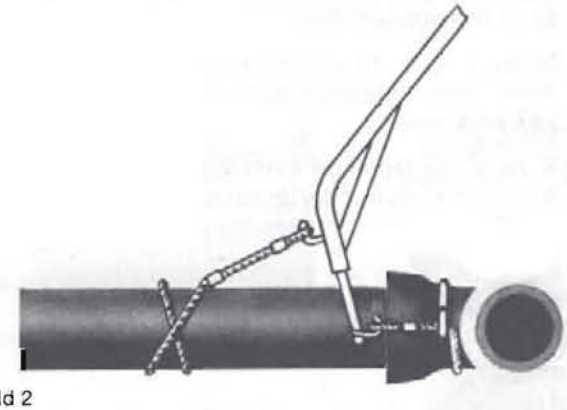


Bild 2

Die Montage der Formstücke erfolgt praktisch nach demselben Prinzip wie bei den Rohren. Dies gilt sowohl für gerade Formstücke als auch richtungsändernde, also Bogen.

Abweichend von der Rohrmontage wird die Gabel vor der Muffe des zu montierenden Formstückes auf den Rohrschaft aufgesetzt und als zusätzliches Hilfsmittel hinter die Formstückmuffe ein Halbbügel gelegt, durch dessen offene Ösen das von unten um das Formstück geschlungene Zugseil geführt wird. Die Zugseilenden werden in die rechts und links der Gabel angeschweißten Haken eingehängt. Die Gabel selbst wird durch ein zweites, um den Rohrschaft geschlungenes Seil gesichert.

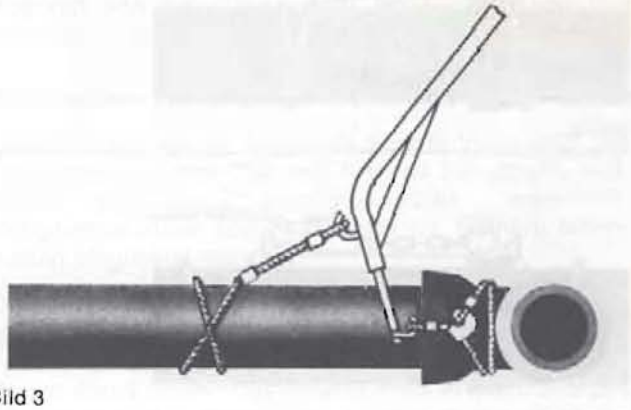


Bild 3

Der Vorteil des Bügels liegt darin, daß die Zugseilenden parallel zur Rohrachse laufen und somit ein Verkanten des Formstücks weitgehendst ausgeschlossen ist. Sollte der Montagebügel verloren gegangen sein, kann als Ersatz hierfür ein zweites Zugseil um das Formstück geschlungen werden; siehe Bild 3. Allerdings ist hierbei darauf zu achten, daß die Seilenden ebenfalls parallel zur Rohrachse verlaufen.

b) Verlegegerät V 300 (V 300 K)

Bei dem Verlegegerät V 300 bzw. V 300 K handelt es sich um eine neuere Entwicklung für Rohre und Form-

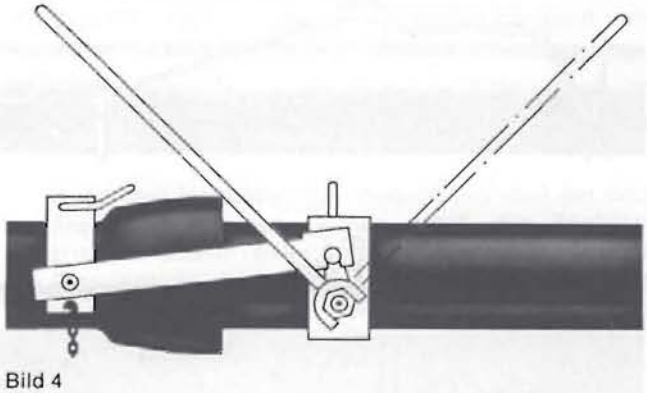


Bild 4

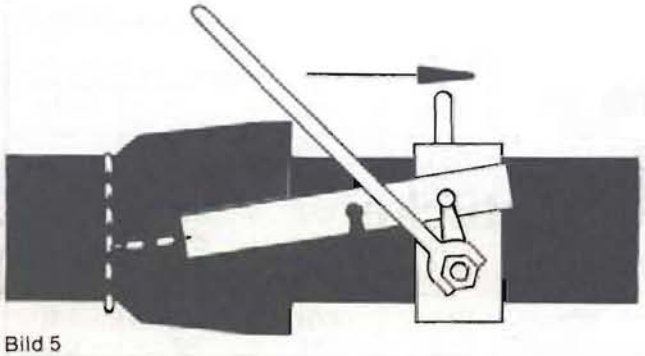


Bild 5

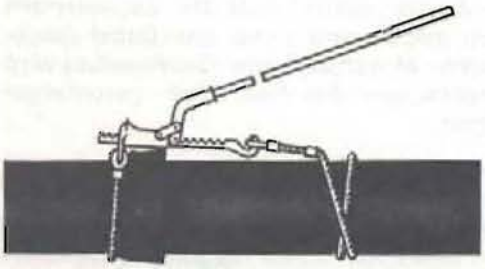


Bild 6

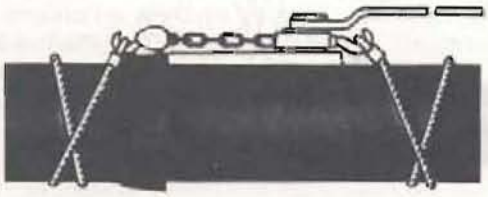


Bild 7

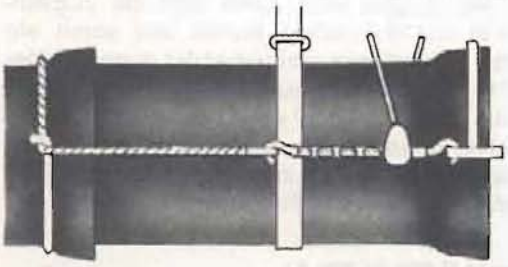


Bild 8

stücke mit TYTON®-Verbindung bis NW 300. Dieses Gerät eignet sich besonders gut für die Montage der kurzen Formstücke, weil das zu montierende Formstück wegen des kompakten Aufbaues des Verlegegerätes in seiner Lage stabilisiert wird und ein Auswinkeln durch entsprechende Bewegung der Schlüsselstangen ausgeglichen werden kann.

Der Unterschied zwischen den Verlegegeräten V 300 und V 300 K besteht darin, daß bei V 300 K statt des Halbbügels eine umlaufende Kette verwendet wird. Aus Bild 4 und 5 ist der Aufbau der beiden Geräte ersichtlich.

Die Verlegegeräte V 300 und V 300 K empfehlen sich besonders für die Montage der Schubsicherungen TYTON®-SIT bis NW 300, die von den Werken der Gußrohrindustrie im Jahre 1975 eingeführt wurde.

c) Zugratsche

Die Zugratsche findet für die Montage von Rohren NW 300 bis NW 400 Verwendung. Es handelt sich um ein unkompliziertes und robustes Gerät, das für groben Baustellenbetrieb besonders gut geeignet ist. Die Anwendung der Ratsche ist aus Bild 6 ersichtlich.

Die Zugratsche muß mit je 1 Seil hinter der Muffe und am Schaft des einzuziehenden Rohres befestigt werden. Durch Abwärtsdrücken des Ratschenhebels wird das Rohrende in die Muffe gezogen.

Für die Formstückmontage ist die Zugratsche nicht geeignet.

d) Ketten- oder Seilzug

Ketten- oder Seilzüge werden ab NW 300 eingesetzt, also dort, wo größere Gewichte und Reibungswiderstände zu überwinden sind.

Die Bilder 7, 8, 9, 10 und 11 zeigen einige Beispiele von Rohr- und Formstückmontagen, wie sie täglich vorkommen können.

Bild 7 zeigt die Montage einer Rohrverbindung (z. B. NW 600). Der Ketten- oder Seilzug wird zwischen zwei

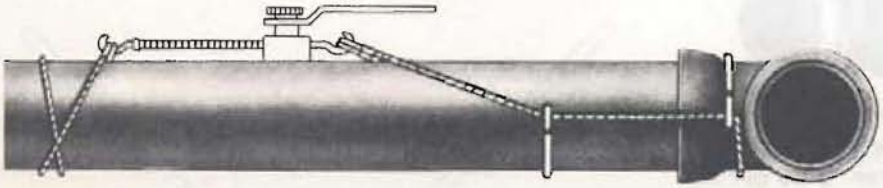


Bild 9

Bild 10

Seilen, die am Spitzende und hinter der Muffe doppelt um die Rohre gelegt werden, befestigt.

Das Beispiel in Bild 8 stellt die Montage eines Großrohres (z. B. NW 1000) mit 2 Kettenzügen dar. Rohre dieser Größe sollten auf jeden Fall an einem Hebezug hängend möglichst waagerecht bis zum Anliegen an den Dichtring in die Muffe eingeführt werden. Zweckmäßigerweise sollte wegen guter Seitenführung des Zugseiles und der Kettenzüge wie abgebildet eine Traverse mit angeschweißten Haken verwendet werden, die über die Muffe des einzuziehenden Rohres gelegt wird. Die Haken müssen an der Muffenstirn anliegen. Auf der Gegenseite wird das Zugseil hinter die Muffe des bereits verlegten Rohres gelegt und durch Umlenkung über den Bügel, der von unten angelegt wird, parallel zur Rohrachse geführt. Die Kettenzüge werden in die Ösen der Traverse und des Zugseiles eingehängt und zunächst leicht gespannt. Anschließend kann durch gleichmäßiges Betätigen der Kettenzüge die Verbindung hergestellt werden.

Bild 9 erläutert die Montage eines Bogens (MMQ-Stückes); hierbei wird durch einen zweiten Bügel, der unter dem bereits verlegten Rohr angelegt wird, das Zugseil über eine bestimmte Strecke parallel zur Rohrachse geführt und somit ein Auswinkeln oder Verkanten des Formstückes verhindert. Die Sicherung des Kettenzuges erfolgt wiederum über ein doppelt um den Rohrschaft geschlungenes Seil.

Wie bereits bei der Verlegung mit dem Gabelgerät erläutert, können statt der zwei Bügel und eines Zugseiles auch 2 Zugseile ohne Bügel eingesetzt werden. Dies sollte bei größeren Nennweiten nur an geraden Formstücken, wie Bild 10 zeigt, praktiziert werden, wobei das nächste zu montierende Rohr als Gegengewicht lose in die freie Muffe des Formstückes gesteckt werden sollte. Die bessere Montage ist jedoch in Bild 9 dargestellt.

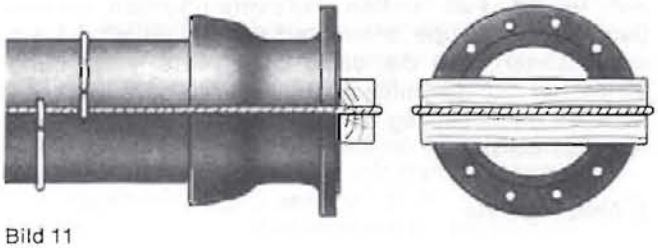


Bild 11

Eine Alternativlösung zu dem Montagebeispiel in Bild 10 zeigt Bild 11, die allerdings nur für gerade Formstücke gilt. Hierbei ist zu beachten, daß das Zugseil durch richtige Anordnung der Bügel über eine bestimmte Strecke parallel zur Rohrachse geführt wird, um Auswinkeln oder Verkanten zu verhindern. Die Befestigung des Kettenzuges erfolgt wie vorstehend beschrieben. Die Montage ist auch mit dem Verlegegerät V 300 möglich, wenn die Zugstangen und der hinter der Muffe aufzusetzende Bügel durch eine Kette ersetzt werden. Die Kette muß in die Bolzen rechts und links neben den Schlüsselstangen eingehängt und, wie im Bild gezeigt, um das Formstück geführt werden.

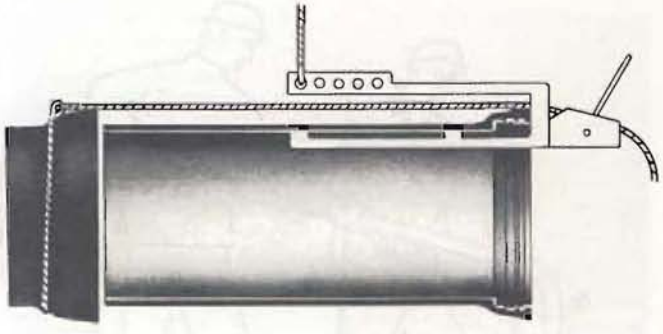


Bild 12

Bis NW 500 können Ketten- und Seilzüge mit einer Zugkraft von 2,5 t eingesetzt werden. Ab NW 600 sollte die Zugkraft 5 t betragen.

e) Verlegewerkzeug Typ „Schwanenhals"

Dieses Gerät wurde besonders für die Verlegung von Großrohren ab NW 700 und für das zusätzliche Aufziehen von Polyäthylen-Schlauchfolien entwickelt. Selbstverständlich könnte es auch für kleinere Nennweiten eingesetzt werden.

Das zu montierende Rohr wird außerhalb des Rohrgrabens in das Verlegewerkzeug, das mit einem Seilzug ausgerüstet ist, eingehängt. Anschließend wird das in den Graben abgelassene Rohr in die Muffe des bereits verlegten Rohres bis an den Dichtring eingeführt, das Zugseil hinter der Muffe befestigt und das Rohr eingezogen (Bild 12).

f) Baggerverlegung

Obwohl Bagger nicht zu den eigentlichen Verlegewerkzeugen gezählt werden können, werden wegen der einfachen und sicheren Handhabung der TYTON-Verbindung immer öfter hydraulische Bagger besonders bei der Verlegung größerer Nennweiten eingesetzt. Dies besonders dort, wo Erd- und Verlegearbeiten unmittelbar aufeinander folgen.

Bei dieser Verlegeart sollten jedoch einige Regeln unbedingt eingehalten werden:

Das Rohr muß zentrisch im Hebezug hängend eingeführt werden.

Das Einschieben in die Muffe muß langsam und gleichmäßig erfolgen, damit der Dichtring Zeit zum Verformen hat.

Nach dem Herstellen der Verbindung muß der Sitz des Dichtringes von außen durch den Zentrierspalt mit einem Taster überprüft werden, wobei die Eindringtiefe des Tasters am gesamten Umfang gleich groß sein soll. Kann der Taster an einer oder mehreren Stellen tiefer eingeschoben werden, so liegt eine Unregelmäßigkeit vor, die zur Un-

Bild 13

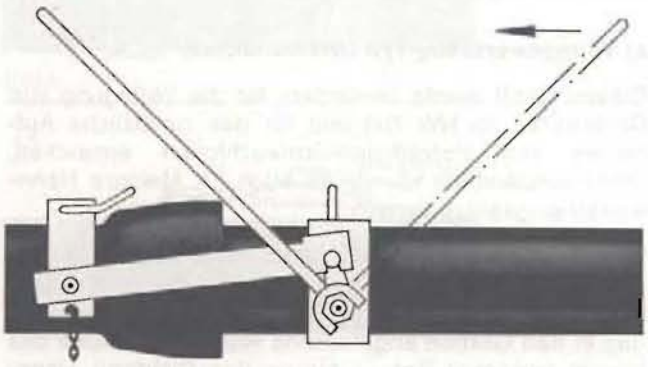


Bild 14

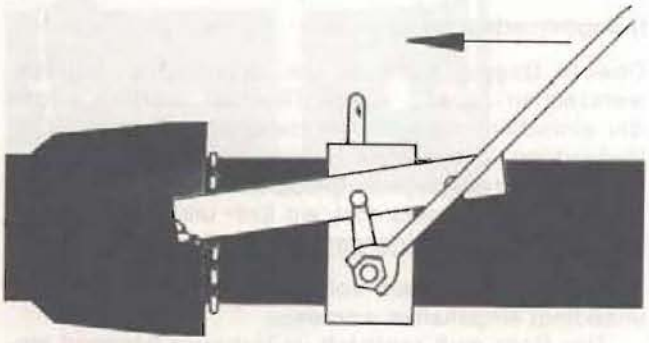


Bild 15

dichtheit der Verbindung führen kann und deshalb sofort behoben werden sollte. D. h., die Verbindung sollte sofort demontiert und die erforderliche Korrektur vorgenommen werden.

Die Kontrolle der Verbindungen mittels Taster unmittelbar nach der Montage gilt nicht nur für die Baggerverlegung, sondern sollte zur festen Regel bei der Verlegung von TYTON-Verbindungen jeder Nennweite werden.

g) Demontage

Die Demontage von Rohrverbindungen, aus welchen Gründen auch immer, ist nicht gänzlich zu umgehen. Es werden deshalb im Nachfolgenden kurz einige Möglichkeiten der Demontage von TYTON-Verbindungen erläutert, zumal ein Teil der beschriebenen Verlegegeräte auch als Demontagegerät verwendet werden kann.

Da wäre zunächst das Gabelwerkzeug und das Verlegewerkzeug V 300 und V 300 K zu nennen. Die Demontagemöglichkeit ist aus den Bildern 13, 14 und 15 zu ersehen.

Das Gerät wird für die Demontage der Verbindung genau wie für die Montage aufgesetzt. Die Schlüsselstangen sind lediglich in Richtung der Muffe zu bewegen.

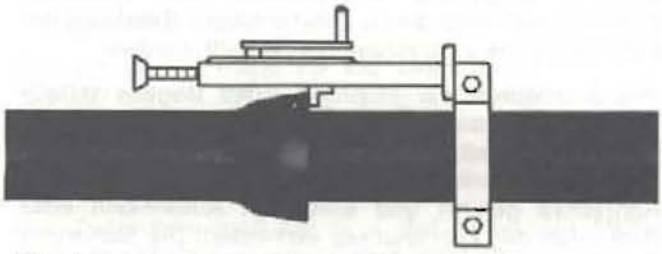


Bild 16

Bei sehr fest sitzenden Verbindungen kann über eine einfache Schelle, die auf das vor der Muffe liegende Rohr geschraubt wird, und eine Zahnstangenwinde die Verbindung demontiert werden (Bild 16).

Eine weitere Möglichkeit bietet die Spezial-Demontageschelle für Rohre bis NW 600, die auf dem Spitzende des eingeschobenen Rohres dicht vor der Muffe befestigt wird und über Druckschrauben, die gegen die Muffenstirn drücken, die Verbindung löst (Bild 17).

Auf keinen Fall sollten Rohrverbindungen mittels Bagger oder Raupe demontiert werden. Hierbei kann es passieren, daß die dritte oder vierte Verbindung hinter der zu demontierenden auseinander gezogen wird, da diese zufällig den geringsten Reibungswiderstand aufweist.

2. Anbohrgeräte

Die Verbindung zwischen Verteilerleitungen und Hausanschlüssen erfolgt, wenn in den Verteilerleitungen nicht von Anfang an Abzweigstücke vorgesehen sind, im allgemeinen über Anbohrschellen oder Aufschweiß-

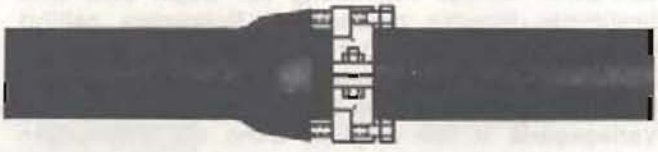


Bild 17

Bild 18

stutzen aus duktilem Gußeisen. Für die Anbohrarbeiten, die in der Regel an bereits verlegten Leitungen vorgenommen werden müssen, sollten optimal geeignete Anbohrgeräte zur Verfügung stehen. Bei den Rohren aus duktilem Gußeisen ohne Zementmörtelauskleidung ist dies kein Problem, da praktisch die gleichen Bohrwerkzeuge wie für Stahlrohre eingesetzt werden können. Mit der Einführung des duktilen Gußrohres mit Zementmörtelauskleidung zeigte sich aber, daß die herkömmlichen Bohrer und Fräser aus HSS beim Durchdringen der Zementmörtelschicht schneller stumpf werden.

Die einschlägige Industrie bietet neben einem breit gefächerten Sortiment von Anbohrgeräten aller Preisklassen hartmetallbestückte Bohrer und Fräser an, mit denen alle Arten von Anbohrungen auch an duktilen Gußrohren mit Zementmörtelauskleidung vorgenommen werden können. Bei handbetriebenen Anbohrgeräten kann es jedoch durch ungleichmäßiges und ruckartiges Drehen der Bohrspindel passieren, daß die Hartmetallschneiden leicht ausbrechen. Hier wird es letztlich die Erfahrung lehren, welcher Bohrer für den jeweiligen Einsatz der geeignetste ist. Bei Anbohrgeräten mit Druckluftantrieb empfehlen sich auf jeden Fall Bohrer bzw. Fräser mit Hartmetallschneiden. Die Zementmörtelauskleidung wird immer sauber durchtrennt, ohne daß Abplatzungen der Mörtelschicht von der Gußwand stattfinden. Siehe Bild 18, das eine 2"-Anbohrung zeigt.

Die Wahl des Anbohrgerätes selbst und der Zubehörteile richtet sich in erster Linie nach Größe und Menge der Anbohrungen, wobei davon ausgegangen werden muß, daß auch unter Innendruck stehende Leitungen angebohrt werden können. Im Rahmen dieses Aufsatzes können nicht bestimmte Geräteausführungen und Typen empfohlen werden. Mit den nachfolgenden Bildern werden deshalb Anbohrgeräte gezeigt, die sich bisher gut eingeführt haben und bei entsprechendem Zubehör vielseitig verwenden lassen.

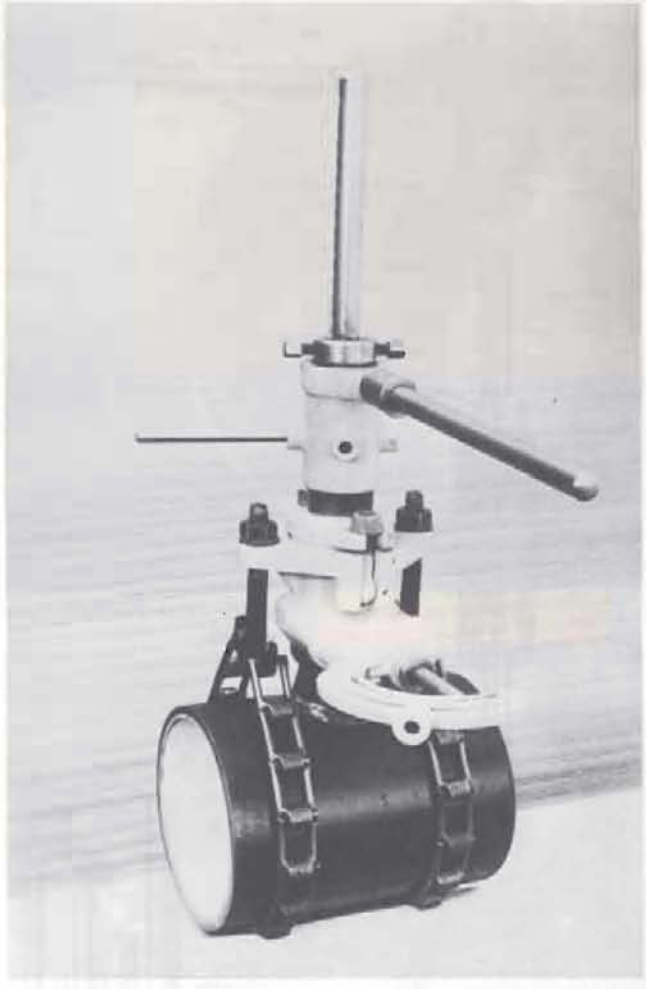


Bild 19 Anbohr-Apparat für Anbohrungen bis 2". Es können wahlweise Spiralbohrer oder Fräser eingesetzt werden. Mit diesem Gerät sind Anbohrungen an unter Innendruck stehenden Leitungen möglich.

Bild 20 Anbohrapparat für Anbohrungen an Gasleitungen. Eignet sich besonders für Aufschraub- und Aufschweißstutzen, in die er direkt eingeschraubt werden kann.

Bild 21 Anbohrgerät mit automatischem Vorschub, für Anbohrungen bs 4" an Gas- und Wasserleitungen, mit Hand- oder Preßluftantrieb.

Bild 22 Anbohrgerät mit Preßluftantrieb; geeignet für Anbohrungen von 80 bis 500 mm mit Lochfräsern. Mit dem abgebildeten Gerät können Bohrungen bis 125 mm Durchmesser hergestellt werden. Bei größeren Bohrungen müssen speziell ausgeführte Blindflansche eingesetzt werden.

In Ergänzung zu den Anbohrgeräten können als Zubehör der in Bild 23 gezeigte Entgrater und der in Bild 24 abgebildete Magnetstab empfohlen werden.

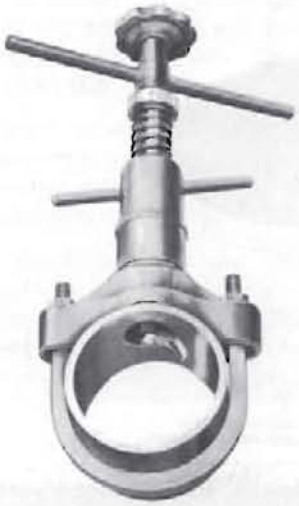


Bild 23

Der Entgrater kann zum Entfernen des Bohrgrates innerhalb der Rohrleitung eingesetzt werden, um zu verhindern, daß z. B. Absperrblasen beim Herausziehen an scharfem Grat zerrissen werden.

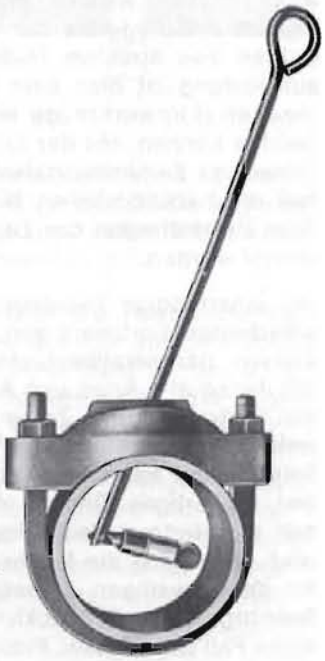


Bild 24

Mit dem Magnetstab, der mit einem Gelenk oder einer biegsamen Welle versehen ist, können Bohrspäne aus der Leitung entfernt werden.

3. Schneidwerkzeuge

Duktiles Gußeisen ist ein zäher, verformbarer Werkstoff, der sich mit spanabhebenden Werkzeugen gut bearbeiten läßt. Zu diesen Werkzeugen zählen Stichsägen, Rohrfräsmaschinen, Rohrschneider mit Schneidstahl und Trennschleifmaschinen. Es werden auch Glieder-Rollenrohrabschneider verwendet. Es ist nicht Sinn dieses Artikels, alle bekannten Geräte aufzuzählen; es soll lediglich auf die Besonderheiten der einzelnen Verfahren hingewiesen werden.

Vor der Anschaffung eines bestimmten Schneidwerkzeugtyps sollte man sich davon überzeugen, ob dieses

Bild 25

Gerät auch für duktile Gußrohre mit Zementmörtelauskleidung geeignet ist, da einfache Schnittstähle beim Durchtrennen der Auskleidung sehr schnell stumpf und unbrauchbar werden.

Am vielseitigsten einsetzbar sind die Trennschleifmaschinen, mit denen in kürzester Zeit saubere Schnitte hergestellt werden können. Diese Geräte werden auch mit Benzinmotoren (Bild 25) geliefert, die den Benutzer von anderen Energiequellen unabhängig machen.

Für Rohre ohne Zementmörtelauskleidung werden üblicherweise Trennscheiben für Metall eingesetzt. Die Erfahrung hat aber gezeigt, daß mit Trennscheiben für Stein gleich gute Schnittleistungen erreicht werden. Bei ausgekleideten Rohren nützt sich die Metallscheibe beim Durchtrennen der Mörtelschicht sehr schnell ab. Hierfür wird deshalb nur noch die Steinscheibe empfohlen, die sich durch höhere Lebensdauer auszeichnet.

Bild 26 zeigt einen einwandfreien Trennschnitt an einem duktilen Gußrohr NW 200 mit Zementmörtelauskleidung.

Die in den Bildern 27, 28 und 29 gezeigten Rohrschneider sind ebenfalls von Energiequellen unabhängig.

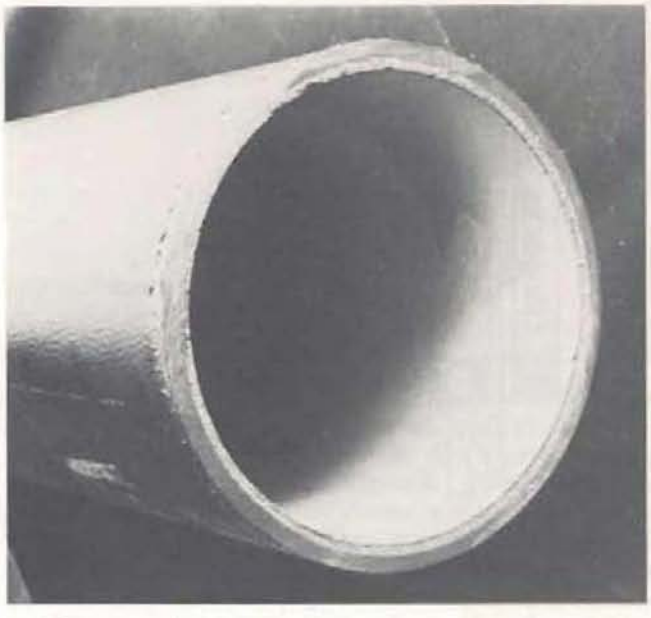


Bild 26

Bild 27

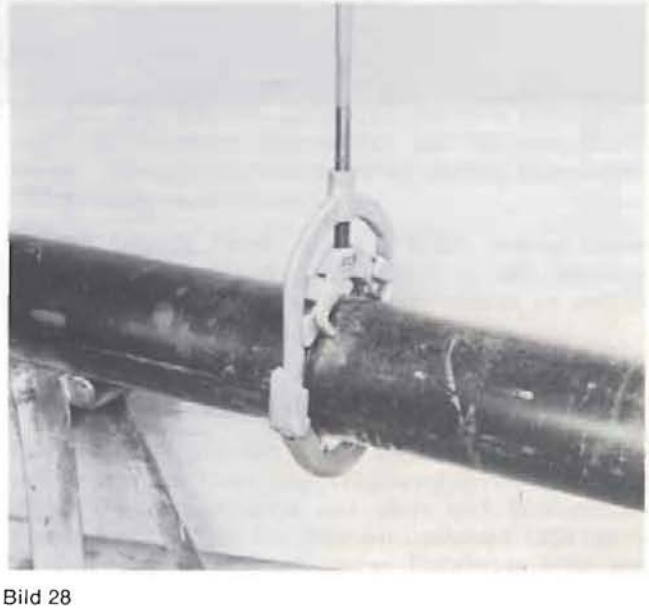


Bild 28

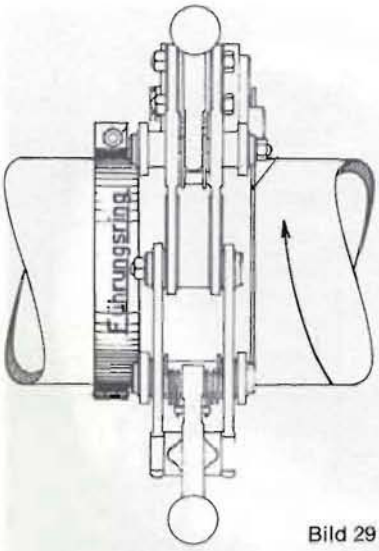


Bild 29 a

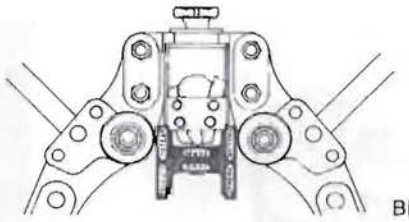


Bild 29 b

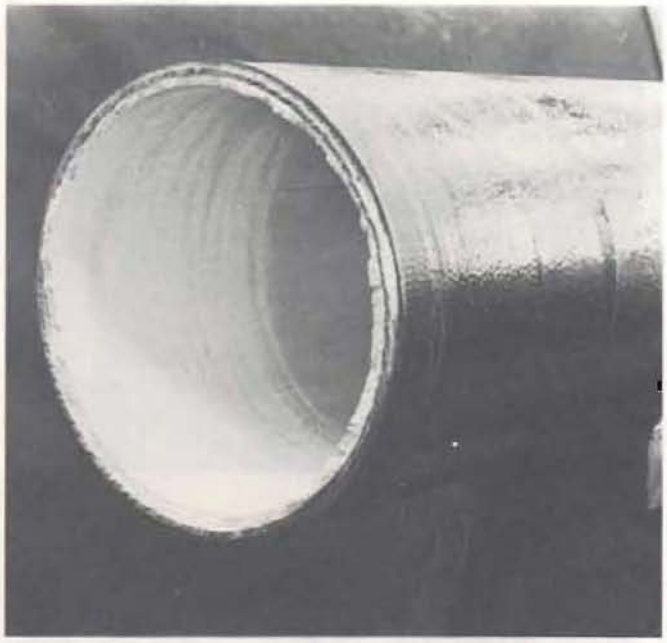


Bild 30

Ein etwas komplizierteres Gerät ist der in Bild 29 a und b gezeigte Rohrschneider mit Schneid- und Führungsstahl. Dieses Gerät muß von Hand vollständig um das zu trennende Rohr bewegt werden. Von Nachteil ist die verhältnismäßig große Schnittzeit.

Das Aussehen der Zementmörtelschicht nach dem Trennen des Rohres mit einem Glieder-Rollenrohrabschneider zeigt Bild 30. Die Auskleidung ist leicht zackig abgebrochen, aber außerhalb der Schnittstelle vollkommen intakt geblieben und hat sich vor allen Dingen nicht vom Rohr gelöst.

Stichsägen können nur für Rohre bis NW 300 ohne Zementmörtelauskleidung eingesetzt werden. Der Antrieb erfolgt über Elektro- oder Druckluftmotor. Die Schnittflächen sind sauber und glatt.

Selbstumlaufende Rohrfräsmaschinen sind ebenfalls nur für duktile Gußrohre ohne Zementmörtelauskleidung geeignet. Der Antrieb kann sowohl mit Elektro- als auch mit Druckluftmotor ausgerüstet werden.

fgr

Das duktile Gußrohr im Gasrohrnetz der Städt. Werke Essen

Von Hans-Georg Köhler

Die Gasversorgung der Stadt Essen ist älter als 120 Jahre. Mit diesem respektablen Alter gehört sie aber nicht zu den ältesten deutschen Gasversorgungsbetrieben. Als es 1855 zur Gründung der „Essener Gas-Aktiengesellschaft" kam, hatte die Gastechnik in Deutschland in 35 Städten ihre Bewährungsprobe bereits hinter sich.

Die ersten 50 Jahre von 1855–1905 waren gekennzeichnet durch die eigene Gaserzeugung. Mit dem Jahr 1905 setzte ein neuer Entwicklungsabschnitt ein, und zwar der Übergang vom eigenerzeugten Stadtgas zum Bezug von Kokereigas. Dieser Übergang war im Jahre 1910 abgeschlossen. Von da an bis zum Jahre 1975 wurde die Essener Gasversorgung mit Kokereigas betrieben.

Aufgrund der Abhängigkeit der Kokereigaserzeugung von der konjunkturellen Lage der Stahlindustrie ist eine langfristige Weiterentwicklung der öffentlichen Gasversorgung nur auf der Basis von Erdgas möglich. Dies war die Veranlassung zum Ratsbeschluß vom 11. 12. 1973, wonach die Hälfte des Versorgungsgebietes (rd. 36 000 Abnehmer im Süden und Westen des Stadtgebietes) 1975/1976 auf Erdgas umgestellt wird.

Das Gasrohrnetz bestand zunächst – wie bei allen Gasversorgungsunternehmen mit mehr als 100jähriger Vergangenheit – aus gußeisernen Muffenrohren mit bleiverstemmten Muffen. Das Aufkommen des Stahlrohres gegen Ende des 19. Jahrhunderts und die mit dem Bergbau verbundenen besonderen Beanspruchungen der Rohrleitungen führten zu einer stärkeren Verwendung des Stahlrohres im Gasrohrnetz. Obwohl das Gußrohr im Wasserleitungsnetz der Städt. Werke Essen eine absolut dominierende Stellung einnimmt – sein Anteil am liegenden Netz beträgt 92,01 % – hat es im Gasrohrnetz für mehrere Jahrzehnte praktisch keine Anwendung gefunden. Eine maßgebliche Rolle für diese Entscheidung wird sicherlich ein Gerichtsurteil aus dem Jahre 1911 gespielt haben, wo in einem durch Bergschaden verursachten Bruch in einem Gußrohr NW 100 mit Personenschaden das Gericht zu der Auffassung kam, bei einem Stahlrohr wäre dieser Schaden nicht eingetreten. Der Betreiber der Gasversorgung habe durch Verlegung eines technisch überholten Rohres schuldhaft gehandelt. Es ist menschlich verständlich, daß dieses Urteil bei den verantwortlichen Herren des Gasrohrnetzes zu entsprechenden Konsequenzen geführt hat, obwohl auch beim Graugußrohr in den nachfolgenden Jahren erhebliche technologische Verbesserungen stattgefunden haben. Man denke nur an die Einführung des Schleudergußrohres mit seiner wesentlich höheren Festigkeit und gleichmäßigeren Wanddicke sowie an die Einführung der beweglichen Schraubmuffenverbindung, die vor allem die Biegebeanspruchungen innerhalb einer Rohrleitung sehr stark verminderte.

Anfang der 60er Jahre wurde das Rohr aus duktilem Gußeisen im Markt eingeführt. Trotz seines anfänglich höheren Preises setzte sich dieses Rohr auf Grund seiner entscheidend verbesserten technologischen Eigenschaften sehr schnell durch. Trotzdem hat es noch einiger Jahre bedurft, bis das duktile Gußrohr Eingang in das Gasrohrnetz der Städt. Werke Essen fand.

Der Entscheidung für den Einsatz des duktilen Gußrohres im Gasrohrnetz waren sehr eingehende und kritische Informationen beim Rohrlieferanten sowie Erkundigungen bei Fachkollegen vorangegangen. Erst als für alle verantwortlichen Herren feststand, daß die technologischen Eigenschaften und der gesicherte Qualitätsstand der Rohre keinerlei Risiko mehr offen ließ, wurden im Jahre 1964 die ersten duktilen Rohre NW 500 im Gasrohrnetz verlegt. Erwähnenswert ist, daß es sich bei den ersten verlegten duktilen Rohren um die für Gasrohrleitungen relativ großen Nennweiten 500 und 400 mm gehandelt hat und erst später auch die kleineren Nennweiten bis 100 mm hinzukamen. Maßgeblich hierfür waren damals ausschließlich wirtschaftliche Gründe.

Welche Gründe haben nun die Städt. Werke Essen dazu bewogen, das duktile Gußrohr in das Gasrohrnetz einzuführen? Sie sollen nachstehend im einzelnen aufgeführt und erläutert werden.

1. Die Vertrautheit mit dem Rohrmaterial

Bei den Städt. Werken Essen liegen Betrieb und Unterhaltung des Gas- und Wasserrohrnetzes in einer Hand. Die Gesamtlänge des Gas- und Wasserrohrnetzes beträgt 2595 km. Hiervon bestehen 1653 km – 63,70 % aus Gußrohren. Jeder Rohrleger wird von

Anbeginn zwangsläufig mit dem Gußrohr, seinen Eigenschaften, seinen Verbindungen vertraut, zumal kleinere Rohrnetzerweiterungen mit den unterschiedlichsten Nennweiten vielfach mit eigenem Personal durchgeführt werden, wobei nur die Erdarbeiten von Fremdfirmen ausgeführt werden.

Für das Verlegen von Stahlrohren mit geschweißten Verbindungen muß in der Regel entsprechend qualifiziertes Personal von fremden Fachfirmen eingesetzt werden.

2. Rohrlängen, Rohrverbindungen

Die bei Gußrohren übliche Baulänge von 6 m hat sich für die in unserem Gasrohrnetz vorhandenen häufig beengten Verhältnisse als sehr günstig und zweckmäßig herausgestellt. Sie sind nicht zu lang und nicht zu kurz. Für ihren Transport vom Lager zur Baustelle können die eigenen Fahrzeuge der Städt. Werke ohne besondere Vorkehrungen eingesetzt werden.

Bei der Umstellung vom Graugußrohr auf das duktile Gußrohr sind Abmessungen und Muffenverbindungen unverändert geblieben. Es bedurfte also für den Rohrleger keinerlei Umgewöhnung. Im Gasrohrnetz verwenden die Städt. Werke die seit fast 40 Jahren bekannte und bewährte Schraubmuffe mit dem Perbunan-Dichtring und Gleitring.

Das Gasrohrnetz der Städt. Werke liegt zu einem großen Teil im Einflußbereich des Bergbaues. Die durch den Bergbau verursachten Bodenbewegungen haben bei den erdverlegten Rohrleitungen Zerrungen, Pressungen und Verschiebungen zur Folge. Die durch die Erdbewegungen in die Rohrleitungen eingeleiteten Kräfte sind so groß, daß sie nicht vom Rohrmaterial – obwohl natürlich ein zähes, verformbares Rohrmaterial sich wesentlich günstiger verhält als ein nicht plastisch verformbares Material (duktiles Gußeisen im Vergleich zu Grauguß) – sondern nur durch eine geeignete Rohrleitungskonstruktion aufgefangen werden können. Am besten eignen sich dazu „weiche", verformbare Konstruktionen, die sich den auftretenden Bodenbewegungen anpassen können und so Zusatzspannungen vermeiden. Hier hat sich hervorragend die bei Gußrohren lieferbare Langmuffenausführung bewährt. Sie ist so konstruiert, daß sie Längsbewegungen in der Größenordnung von 1 % (z. B. bei 6 m Baulänge 60 mm) und Abknickungen bis zu 3° aufnehmen kann, ohne undicht zu werden. Diese Bewegungsmöglichkeit einer Rohrleitung hat sich in der Regel als ausreichend erwiesen. Man kann durch den Einbau von mehreren Kurzlängen die Bewegungsmöglichkeit noch steigern. Die im Wasserleitungsnetz schon seit Jahrzehnten im Bergbaugebiet bewährte Langmuffenverbindung war ein gewichtiges Argument für die Verwendung von duktilen Gußrohren mit Langmuffen auch im Gasrohrnetz.

3. Verfügbarkeit des Rohrmaterials

Ein Herstellerwerk für duktile Rohre und Formstücke liegt nur wenige Kilometer von den Städt. Werken Essen entfernt. Das dort vorhandene große Lager an Rohren und Formstücken wird praktisch als eigenes Lager angesehen. Ein gut eingespieltes und flexibel gehandhabtes Verfahren stellt Lieferungen auch kleinerer Mengen unmittelbar an den Verwendungsort sicher, ohne überhaupt das eigene Lager zu berühren. Dementsprechend kann der eigene Lagerbestand sehr klein gehalten werden, ein Umstand, der bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nicht übersehen werden darf. Im Notfall ist der Zugriff zu dem umfangreichen Lager des Herstellers auch an Sonn- und Feiertagen möglich. Das ist bei allen Überlegungen hinsichtlich der Sicherheit des Rohrnetzbetriebes ein nicht zu unterschätzendes Moment.

Inzwischen hat das duktile Gußrohrnetz im Gasrohrnetz der Städt. Werke Essen einen festen Platz eingenommen, das zeigen die nachfolgenden Zahlen:

Länge des Gasrohrnetzes (Stand 31. 12. 1974)

1 031 564 m, davon	GG	54 754 m
	GGG	159 681 m
	St.	817 129 m

Jahr	Länge Gasrohrnetz	davon duktiles Gußrohr	%
1965	933 310 m	11 633 m	1,2
1966	950 216 m	27 694 m	2,9
1967	974 449 m	56 775 m	5,8
1968	982 471 m	71 961 m	7,3
1969	995 713 m	90 937 m	9,2
1970	1 004 372 m	111 196 m	11,7
1971	1 014 371 m	122 383 m	12,6
1972	1 018 579 m	139 738 m	13,72
1973	1 020 919 m	148 140 m	14,51
1974	1 031 564 m	159 681 m	15,48

Die bisher gemachten Erfahrungen sind gut. Die gute Korrosionsbeständigkeit ist aus dem Wasserleitungsnetz seit Jahrzehnten bekannt, wobei hier das Verhalten von Grauguß und duktilem Gußeisen gleichgesetzt wird. Die Schraubmuffen- bzw. Schraublangmuffenverbindung mit dem Perbunan-Dichtring hat sich als narrensicher und voll geeignet bewährt.

Die bei der Verwendung von duktilen Rohren sich abzeichnenden neueren Entwicklungen werden bei den Städt. Werken Essen sehr aufmerksam verfolgt. Dazu gehört z. B. auch die Möglichkeit des Anschweißens von Stutzen kleinerer und größerer Abmessungen an in Betrieb befindlichen Gußrohrleitungen. Obwohl bei den Städt. Werken bisher noch nicht in nennenswertem Ausmaße das Schweißen an duktilen Gußrohren angewendet wurde, werden allein die Möglichkeit und die in der Praxis schon vorliegenden Erfahrungen als vorteilhaft angesehen. Hier stecken also noch Reserven in der Anwendung.

Im Wasserleitungsnetz hat sich seit einigen Jahren für alle Nennweiten die TYTON-Muffenverbindung durchgesetzt. Die problemlose schnelle Verlegbarkeit und

die Betriebssicherheit sind überzeugend. Die Entwicklung ist bei den Städt. Werken Essen genauso verlaufen wie bei anderen Versorgungsunternehmen, die Rohre mit TYTON-Verbindung verlegen. Wer einmal die TYTON-Verbindung angewendet hat, kehrt nicht wieder zu einer anderen Verbindung zurück.

Es liegt nun die Frage nahe, ob man nicht die TYTON-Verbindung mit gleichem Erfolg im Gasrohrnetz einsetzen kann. Zweifellos ließen sich dadurch Rationalisierungserfolge erzielen. Nach Auskunft der Gußrohrindustrie beträgt der Anteil der Rohre mit TYTON-Verbindung fast 90 % aller in der BRD hergestellten duktilen gußeisernen Druckrohre. Das den Städt. Werken Essen benachbarte Gußrohrwerk hat inzwischen mit Rücksicht auf die im Bergsenkungsgebiet tätigen Versorgungsunternehmen generell für alle Nennweiten die TYTON-**Lang**muffe eingeführt, eine Tatsache, die ebenfalls ein Argument für die Verwendung der TYTON-Verbindung im Gasrohrnetz ist, und zwar deswegen, weil die Schraub**lang**muffe eine Sonderausführung darstellt, die hinsichtlich Preis und Lieferzeit sich ungünstiger darstellt als die Regelausführung der TYTON-**Lang**muffe.

Bei den Städt. Werken Essen wurde und wird im Gasrohrnetz bei duktilem Druckrohrmaterial die Schraubmuffenverbindung bzw. die Schraublangmuffenverbindung mit Perbunan-Dichtring und Gleitring eingesetzt. Der Dichtring wird mechanisch vorgespannt und dichtet so ab.

Die TYTON-Verbindung ist eine Steckmuffenverbindung, deren Abdichtung durch Verformung des hochelastischen Dichtringwulstes erzielt wird. Wegen seiner ausgezeichneten elastischen Eigenschaften wird hier Naturkautschuk verwendet, und es ist zu fragen, ob dieses Material sich genauso gut wie Perbunan verhält.

Da eine einheitliche Rohrverbindung für Gas- und Wasserleitungen in jedem Fall vorteilhaft ist, haben sich die verantwortlichen Herren der Städt. Werke Essen mit dieser Frage beschäftigt und auf breiter Basis Informationen eingeholt. Besonderes Gewicht hatten dabei die guten Erfahrungen eines benachbarten großen Versorgungsunternehmens, in dessen Gasrohrnetz in sehr großem Umfang – auch im Hochdrucknetz – Schraubmuffen mit **Dichtringen aus Naturkautschuk** eingesetzt sind und dessen Gas ebenfalls aus Kokereien stammt.

Entscheidendes Kriterium für gummigedichtete Verbindungen scheint das Vorhandensein oder das Fehlen von Aromaten enthaltendem Kondensat zu sein, das auf Naturkautschuk stark und auf Perbunan weniger stark quellend wirkt. In der Fachwelt sind inzwischen die Schwierigkeiten bekannt, die bei Gasversorgungsunternehmen mit Rohrnetzen, in denen gummigedichtete Verbindungen enthalten sind, entstanden sind bei der Umstellung von eigenerzeugtem kondensathaltigem Gas auf absolut trockenes Erdgas. Die Gummidichtungen sind unter dem Einfluß des Kondensats gequollen und waren nach wie vor dicht. Erst einige Zeit nach der Einspeisung von Erdgas begannen die gequollenen Dichtringe zu schrumpfen, die Rückstellkräfte bzw. der elastische Anpreßdruck an die Dichtflächen nahmen ab und die Verbindungen wurden undicht. Diese Erfahrungen wurden bei der Schraubmuffenverbindung gemacht. Über die TYTON-Verbindung ist nichts derartiges bekannt geworden, wobei berücksichtigt werden sollte, daß diese erst ab etwa 1963 im Gasrohrnetz zum Einsatz gelangt. Die Konstruktion der TYTON-Muffenverbindung würde allerdings mit großer Wahrscheinlichkeit ein Quellen und Schrumpfen des Dichtringes wesentlich besser vertragen, da der Dichtring im Gegensatz zur Schraubmuffe große Verformungen erfährt, danach natürlich auch entsprechende Rückverformungen zuläßt.

Die Gußrohrindustrie hat in den zurückliegenden Jahren zahlreiche Untersuchungen an gummigedichteten Muffenverbindungen in Versuchsleitungen mit verschiedenen Gasarten und unterschiedlich hohen Drükken durchgeführt. Das Institut für Gastechnik, Feuerungstechnik und Wasserchemie der Technischen Hochschule Karlsruhe hat 1965 schon über die gefundenen Ergebnisse ein Gutachten erstellt, in dessen zusammenfassender Beurteilung speziell zur TYTON-Muffenverbindung ausgeführt wird:

> „Der zukünftigen allgemeineren Verwendung der TYTON-Verbindung neben der Union-Verbindung in Gasleitungen steht auf Grund der Versuchsergebnisse nichts im Wege."

In der Referenzliste „Guß für Gas" 1975 sind immerhin schon 35 Gasversorgungsunternehmen aufgeführt, die TYTON-Muffenverbindungen in ihren Gasleitungen verwenden. Erkundigungen über vorliegende Erfahrungen lauten ausnahmslos positiv.

Aus der Sicht der Städt. Werke Essen gibt es folgende Argumente, die für die Verwendung der TYTON-Muffenverbindung auch im Gasrohrnetz sprechen:

1. Gute Erfahrungen mit Dichtringen aus Naturkautschuk liegen vor bei Gasversorgungsunternehmen mit gleicher Gasbeschaffenheit (Kokereigas) und bei Erdgas. Der Einsatz der TYTON-Muffenverbindung in Gasrohrnetzen ist inzwischen erprobt und bewährt.

2. Bei einem Herstellerwerk ist die TYTON-**Lang**muffenausführung die Regelausführung hinsichtlich Preis und Lieferzeit, für ein im Bergsenkungsgebiet tätiges Unternehmen ein anwendungstechnischer und wirtschaftlicher Vorteil.

3. Die im Wasserleitungsnetz erprobten Vorteile hinsichtlich Betriebssicherheit und leichter Verlegbarkeit würden auch auf das Gasrohrnetz ausgedehnt.

4. Eine einheitliche Muffenverbindung für Gas und Wasser ist in jedem Falle vorteilhaft.

Ein erster Anfang ist auch bei den Städt. Werken Essen schon gemacht. Einige hundert Meter NW 300 wurden 1975 im Gasrohrnetz verlegt.

fgr

Schweißen bei Rohren aus duktilem Gußeisen – Anwendungsbeispiele

Von Adolf Wolf

1. Einleitung

In den FGR-Informationen Nr. 8, 9 und 10 ist schon ausführlich darüber berichtet worden, unter welchen Bedingungen duktiles Gußeisen geschweißt wird und welche Ergebnisse man bei Festigkeitsuntersuchungen derartiger Schweißkonstruktionen zu erwarten hat. Aufgabe dieser Betrachtung soll sein, der Praxis aufzuzeigen, wie und was heute unter Baustellenbedingungen geschweißt werden kann bzw. welche schweißtechnischen Möglichkeiten sich bieten, um wirtschaftliche Problemlösungen anbieten zu können.

2. Schweißverfahren und Schweißzusatzwerkstoff

Zur Zeit kommt für das Schweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen unter Baustellenbedingungen praktisch nur die Lichtbogenhandschweißung mit artfremdem Zusatzwerkstoff in Frage. Als Stabelektroden stehen hierzu folgende Typen zur Verfügung:

Elektroden nach DIN 8573: Typ E – NiFe B G1
Typ E – NiFe B G13
Typ E – Ni B G1

Die beiden erstgenannten Typen sind Nickel-Eisen-Elektroden mit ca. 50 % Ni und ca. 50 % Fe. Die Letztgenannte ist eine umhüllte Stabelektrode mit Reinnickel-Kerndraht.

Die Elektrode des Typs E – NiFe B G1 erhält man heute im Handel als basisch-graphitisch umhüllte Stabelektrode mit Bimetallkerndraht*, d. h. Nickelkern mit Eisenmantel, Verhältnis etwa 55 % Ni zu 45 % Fe. Durch diesen Aufbau der Elektrode wird eine wesentlich bessere Strombelastbarkeit gewährleistet als bei einem massiven Kerndraht, der in dieser Zusammensetzung einem Widerstandswerkstoff entspricht und somit beim Verschweißen relativ schnell zu glühen beginnt. Durch den Zwei-Metall-Nickel-Eisen-Kerndraht wird dies vermieden. Die Elektrode wird mit Gleichstrom am Minuspol oder mit Wechselstrom verschweißt. Das Verschweißen mit Wechselstrom bringt besonders dann Vorteile, wenn Blaswirkung vermieden werden muß. Außerdem erleichtert der feintropfigere Werkstoffübergang das Schweißen in Zwangslage.

Die Elektrode des Typs E – NiFe B G13 ist eine basisch-graphitisch umhüllte Stabelektrode mit nickellegiertem Eisenkerndraht, die beim Verschweißen mit Gleichstrom eine hohe Abschmelzleistung erbringt, jedoch in bezug auf Strombelastbarkeit den oben genannten Nachteil besitzt.

Die Elektrode des Typs E – Ni B G1 mit Reinnickel-Kerndraht eignet sich gut für Zwangslagenschweißung, einschließlich Fallnaht. Im Gegensatz zu Nickel-Eisen kann hier die Schweiße gehämmert werden, was besonders Vorteile bei Schweißkonstruktionen hat, in denen hohe Spannungen auftreten können.

*) Hersteller wird auf Wunsch angegeben

3. Nahtvorbereitung und Schweißdurchführung

Schweißverbindungen dürfen nur an Rohren aus duktilem Gußeisen nach DIN 28600 durchgeführt werden. Die Nahtvorbereitung erfolgt beim Schweißen nach den allgemein üblichen Regeln.

Als Nahtformen haben sich folgende Ausführungen bewährt:

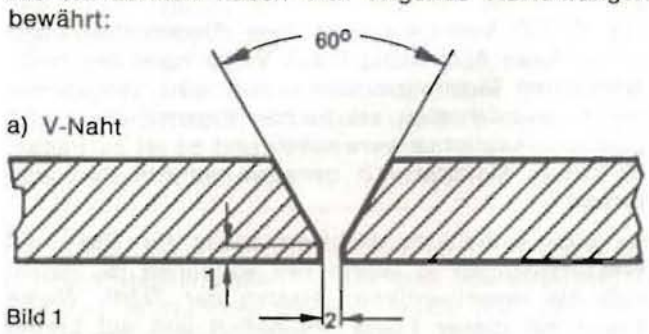


Bild 1

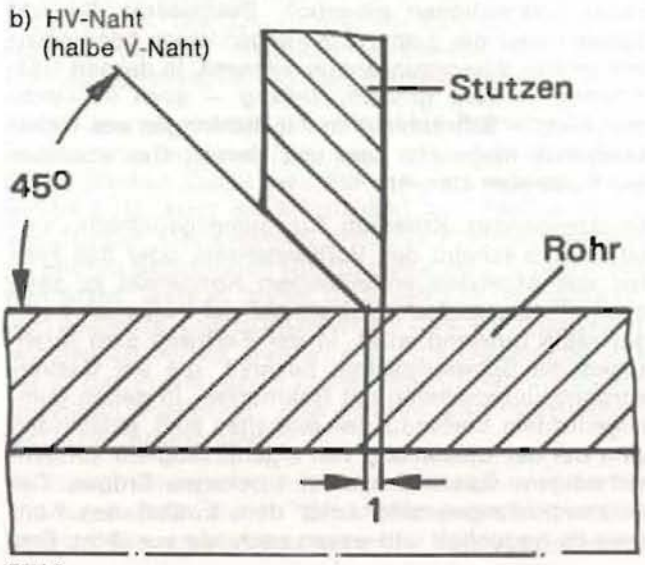


Bild 2

c) Kehlnaht

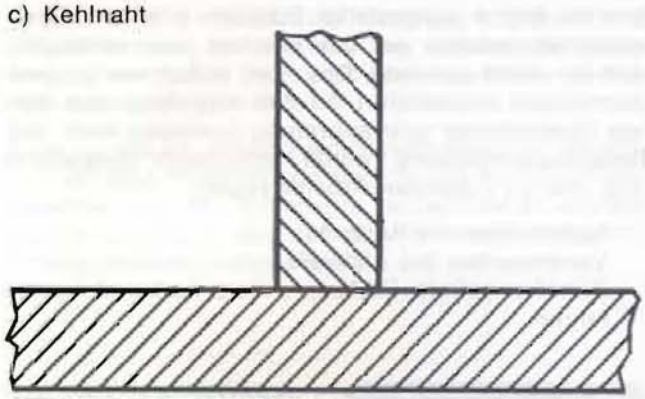


Bild 3

V- und Kehlnaht-Verbindungen können mit und ohne Pufferlage durchgeführt werden. Das Schweißen mit Pufferlage empfiehlt sich bei weniger geübten Schweißern besonders in Zwangslage. Bindefehler sind dann praktisch ausgeschlossen, da die eigentliche Verbindung zwischen artgleichen Werkstoffen stattfindet und die Durchschweißung der Nahtwurzel besser beherrscht wird. Geheftet wird an mindestens zwei, besser vier kreuzweise versetzten Punkten (Bild 4).

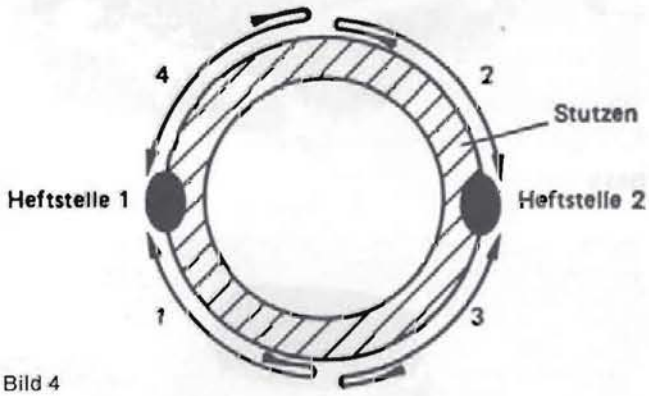


Bild 4

Dies hat den Zweck, Spannnungen in der Schweißnaht bzw. an den Heftstellen möglichst klein zu halten. Die Heftstellen müssen dick genug sein, um Risse auszuschließen. Vor dem Überschweißen sind die Heftstellen auszuschleifen, um eventuelle Bindefehler oder Schlackeneinschlüsse zu entfernen.

4. Anwendungsbeispiele

a) Hausanschlüsse

Anschweißstutzen nach FGR-Norm 37 können an Gasleitungen bis 1 bar und an Wasserleitungen bis 40 bar angeschweißt werden. Die Schweißung kann an der gefüllten Leitung ohne Unterbrechung des Betriebes vorgenommen werden (Bild 5). Vorwärmen ist nicht erforderlich.

b) Anschweißen von Abgängen an Rohre

Je größer die Dimension des Rohres ist, desto mehr Bedeutung gewinnt das Anschweißen von Abgängen,

Bild 5

Bild 6

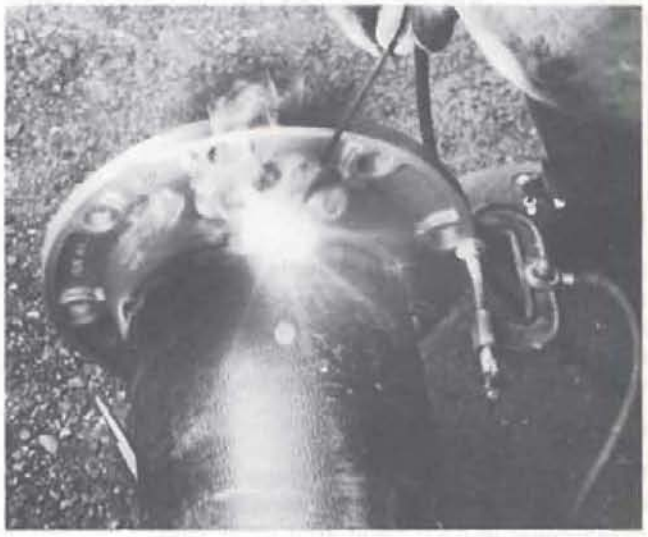


Bild 7

da hierdurch Formstücke, vorwiegend MMA-Stücke, eingespart werden können. In der Praxis bedeutet das, daß Hydrantenanschlüsse, Entleerungen und Entlüftungen an Großrohrleitungen mittels Flanschstutzen angeschweißt werden. Als Nahtform kommt hier die HV- oder Kehlnaht in Frage. Ohne besondere Vorwärmung bzw. Wärmebehandlung sollte die Nennweite des Abgangsstutzens nicht größer als die Hälfte der Hauptnennweite sein und die Nennweite 250 nicht übersteigen. Das Anschweißen dieser Stutzen kann auch in Zwangslage auf der Baustelle durchgeführt werden (Bild 6). Bei Temperaturen unter 5° C sollte nicht geschweißt werden.

Anmerkung: Sind Schweißarbeiten an Rohren mit Zementmörtelauskleidung durchgeführt worden, sollte die Zementmörtelauskleidung am Übergang vom Abzweig zum Hauptrohr mit Mörtel nachgearbeitet werden.

c) Anschweißen von Flanschen bzw. Herstellung von Überlängen

Überlängen bis zu 18 m und bis NW 300 sind schon durch Schweißen mit V-Naht hergestellt worden. Die Anwendung erfolgte bei Verlegung in Schutzrohren, wodurch die Nennweite des Schutzrohres kleiner gewählt werden konnte. Bei der direkten Verlegung in kleineren Brückenbauwerken konnte sogar das Schutzrohr selbst eingespart werden.

In gleicher Weise können auch schnell Vorschweißflansche an das Rohr angeschweißt werden, um Paßlängen mit langer Lieferzeit zu vermeiden (Bild 7).

d) Mauerflansche

Für das Einbinden in Bauwerke wurden vorwiegend Formstücke mit Mauerflanschen verwendet. Durch das Schweißen ist es möglich, den Mauerflansch segmentweise an beliebiger Stelle auf das Rohr anzuschweißen. Zur Anwendung kommt hier eine beidseitige Kehlnaht (Bild 8). Selbst bei großen Rohrdimensionen ist eine Vorwärmung nicht erforderlich, da die Flansche segmentweise angeschweißt werden.

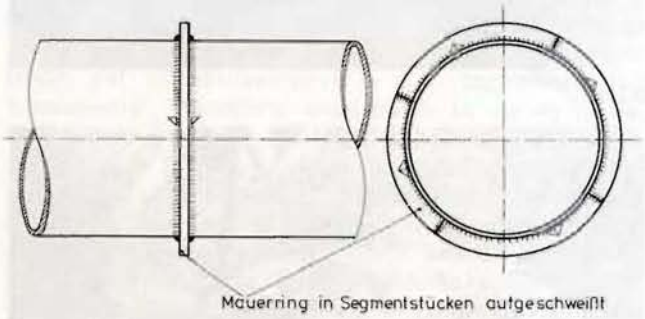


Bild 8

e) Reparaturschweißen

Entstehen während der Verlegung durch äußere Krafteinwirkung Schäden an Leitungen, so kann deren Beseitigung je nach Lage sehr teuer sein.

Der im Bild 9 dargestellte Schaden entstand durch einen Baggerzahn, der das Rohr so stark einbeulte, daß ein Anriß entstand. Das Rohr selbst war in eine Bachbrücke einbetoniert, so daß eine Reparatur mittels Überschieber sehr aufwendig geworden wäre. Die Reparaturschweißung wurde erfolgreich ausgeführt und zwar in folgenden Arbeitsgängen:

Ausschleifen des Anrisses
Verschweißen des Anrisses
Zerstörungsfreie Prüfung mittels Farbeindringverfahren.

Bild 9

Bild 10

Abschließend wurde auf die nochmals abgeschliffene Oberfläche eine kleine Platte aus duktilem Gußeisen aufgeschweißt, was im Prinzip eine zusätzliche Sicherheitsmaßnahme darstellte.

Auch für die Herstellung längskraftschlüssiger Verbindungen sind in der Praxis ringförmige Konstruktionselemente an die Muffenstirn angeschweißt worden oder werden z. B. die auf dem Spitzende umlaufenden Halteraupen aufgeschweißt.

Ein weiteres Anwendungsfeld für das Schweißen an duktilen Gußrohren zeigt sich neuerdings auf dem Abwassersektor. Hier werden Schachteinbindungen, Anschlußstücke und Einstiegschächte in Schweißkonstruktionen ausgeführt (Bild 10).

Die Rohrhersteller verfügen inzwischen über umfassende Erfahrungen und sind in der Lage, für die jeweiligen Anwendungsfälle entsprechende Unterlagen zur Verfügung zu stellen.

fgr

Praktische Erfahrungen beim Verbindungsschweißen von duktilen Gußrohren mit Stahlrohren (GGG/St 37-2)

Von Günter Finke

Seit vielen Jahren ist der Sphäroguß oder das duktile Gußeisen bekannt. Der nach entsprechender Behandlung kugelförmig eingelagerte Graphit gibt dem Gußeisen stahlähnliche Eigenschaften hinsichtlich Festigkeit und Dehnung. Die Korrosionsanfälligkeit ist geringer als bei Stahl. Diese Vorteile des Gußwerkstoffes nutzt man daher ganz besonders im erdverlegten Rohrleitungsbau.

Die gegenüber dem Grauguß verbesserten technologischen Eigenschaften des duktilen Gußeisens hatten zur Folge, daß schon seit mehreren Jahren an duktile Gußrohre Stutzen und Abgänge angeschweißt werden konnten. Über Versuche und Erfahrungen ist in fgr-Informationsheften schon mehrfach berichtet worden. Die Möglichkeit des Schweißens an duktilen Rohren hat sich die Stadtwerke Bremen Aktiengesellschaft bei der Lösung konstruktiver Probleme beim Bau einer ca. 4 km langen Trinkwasserleitung NW 700 – ND 10 – aus duktilen Gußrohren mit Zementmörtelauskleidung zunutze gemacht. Dabei wurden duktile Gußrohre und Stahlrohre unmittelbar miteinander verschweißt. Hierüber wird nachstehend berichtet.

Zielsetzung war, ein für die Baustelle geeignetes Schweißverfahren zu finden, das neben ausreichenden Ergebnissen für die Güte der Schweißverbindung optimale Wirtschaftlichkeit brachte. Dabei waren unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit auch die bisher von den Gußrohrwerken unter Werkstattbedingungen erfolgten und bewährten Arbeitsgänge und -verfahren einer Prüfung zu unterziehen. (Z. B. Anzahl der Pufferungen und Wahl von ausschließlich kleineren Elektrodendurchmessern.)

Durch die Trassenführung bedingt waren Kreuzungen mit Bundesbahn-Anlagen und Bundesfernstraße sowie Dükerungen von Wasserläufen unumgänglich. Hier wurden Stahlrohre mit Zementmörtelauskleidung verwandt (Bild 1). Außerdem wurden Stahlrohre dort eingesetzt, wo nicht vorausgeplante Richtungsänderungen mit genormten GGG-Formstücken nur schwer hätten erreicht werden können.

Als Rohrverbindungen wurden die TYTON-Muffe und die Flanschverbindung angewendet. Der Übergang vom duktilen Rohr auf das Stahlrohr erfolgte mit F- bzw. EU-Stücken. Wegen des kurzfristigen Bauauftrages war eine Anzahl erforderlicher GGG-Formstücke nicht rechtzeitig lieferbar, so daß man sich entschloß, die fehlenden, notwendigen Formstücke durch Schweißkonstruktionen in der Kombination von duktilen Rohren mit Stahlrohren und Flanschen herzustellen. Rohrkrümmer wurden aus Stahlrohr-Segmenten mit Vorschweißflanschen gefertigt. Die Verbindung zwischen duktilen Rohren und Stahlrohren bzw. Stahlformstücken erfolgte immer über eine Flanschverbindung.

Beim Einbau einer Absperrarmatur wäre wegen der Verlegerichtung immer ein F-Stück und ein EU-Stück benötigt worden. Zur besseren Verankerung der Armatur und um gleichzeitig Formstücke einzusparen, wurden Flanschstücke aus Stahl mit GGG-Rohren direkt verschweißt.

Beim Anschweißen der Flansche an Stahlrohre – besonders bei größeren Durchmessern – sind Spannungen und Verwerfungen nicht zu vermeiden. Ein Vorschweißflansch wird daher nach dem Schweißen niemals plan sein. Um bei der Dichtheitsprüfung der Leitung durch solche Fehler keine Undichtheiten zu haben, wurden die Flansche an Stahlrohrabschnitte geschweißt und danach die Flansche an den Dichtflächen plangedreht. Das Vorschweißen eines Flansches an das Spitzende eines ca. 6 m langen GGG-Rohres war nicht durchführbar, weil solche langen Rohre nicht auf die vorhandene Drehbank gespannt

Bild 1

werden konnten. Außerdem läßt der starke Versatz von GGG-Rohr/Stahlvorschweißflansch eine einwandfreie Schweißverbindung nicht zu. Ein Stahlrohr läßt sich aber durch geringes Ausbördeln oder Einziehen dem Durchmesser des duktilen Rohres problemlos anpassen (Bild 2).

Aus den vorgenannten Gründen wurden daher zunächst Stahl-F-Stücke von ca. 1 m Länge hergestellt. Beim Vorschweißen des F-Stückes an das Gußrohr sind die dabei auftretenden Spannungen infolge Schweißwärme für den Flansch nicht mehr wirksam. Als Schweißverfahren wurde die Lichtbogenhandschweißung angewendet, wobei die Elektroden mit Gleichstrom am Plus-Pol verschweißt wurden. Es waren mehrere Versuchsschweißungen notwendig, bis ein befriedigendes Ergebnis erzielt wurde. Alle Rundnähte wurden mit zwei Schweißern im Pilgerschrittverfahren gegenüberliegend in senkrechter Position geschweißt.

Um Schweißnahtfehler, wie z. B. Risse, zu vermeiden, sind die Nähte in möglichst wenigen Schweißlagen hergestellt worden (Bild 3).

Für den ersten Versuch wurde eine hochnickelhaltige Elektrode gewählt, die die nötige Festigkeit und Dehnung und nur eine geringe Aufhärtung im Schweißgut bringt, wobei die Bildung von Kugelgraphit im Schweißgut besonders günstig für die Übergangszone ist.

Um die Schweißfuge mit wenigen Lagen ausfüllen zu können – Wanddicke des duktilen Rohres 12 mm und des Stahlrohres 7 mm –, wurden für die Wurzelschweißung Elektroden mit 4 mm Durchmesser und für die Decklage 5 mm Durchmesser gewählt. Für die Kapplage wurden Elektroden mit 4 mm Durchmesser verwendet.

Bei der Durchstrahlungsprüfung dieser Nähte wurden große Einschlüsse (Graphit und Schlacke) besonders in der Decklage festgestellt. Im Schweißgut und sogar beidseitig der Nahtflanken traten Risse auf. Bemerkenswert ist, daß sich diese Risse nur in der Wurzellage bildeten.

Das versuchsweise unmittelbare Verschweißen der unterschiedlichen Rohrwerkstoffe brachte also keine ausreichenden Ergebnisse.

Um zu besseren Erfolgen zu kommen, wurde das Stahlrohr gepuffert. Außerdem wurden die Rohrenden der Stahl- und GGG-Rohre vor dem Verschweißen vorgewärmt. Vorwärmtemperatur 60° bis 80° C beidseitig der Naht von 100 bis 150 mm Breite. Die Schweißfolge und Lagenzahl wurden beibehalten.

Es muß erwähnt werden, daß die Bauzeit der Leitung in die Wintermonate Januar bis April fiel. Die erforderlichen Formstücke wurden im Freien hergestellt. Die Temperaturen lagen während der Schweißarbeiten im allgemeinen zwischen +5° und +10° C. Wind und

Bild 2

Bild 3

Regen konnten nicht genug abgeschirmt werden und beeinflußten die Schweißungen sehr, so daß die weiteren Arbeiten in der Werkstatt durchgeführt wurden.

Die Raumtemperatur und die damit verbundene langsamere Abkühlung in der Werkstatt brachten nun fast einwandfreie Ergebnisse. Geringfügig auftretende Graphit- und Schlackenanhäufungen wurden als unbedeutend bewertet und belassen, weil man beim Ausbessern die Gefahr der Rißbildung einkalkulieren mußte.

Für die Herstellung der EU- und F- Stücke wurden die duktilen Gußrohre geschnitten, wobei eine Rohrumlaufsäge gleichzeitig für die Schweißnahtvorbereitung mittels Formfräser sorgte.

Bei einigen der hergestellten Formstücke zeigten sich trotz sehr sorgfältiger Schweißung Risse in der Wurzel- und Decklage. Untersuchungen ergaben, daß die hierfür verwendeten Rohre nach dem Trennen durch die Rohrumlaufsäge stark unrund waren (bis zu 33 mm). Diese Schwierigkeiten konnten sehr einfach dadurch vermieden werden, daß von nun an nur Originalenden von GGG-Rohren verschweißt wurden.

Die Schweißungen in der Werkstatt haben einwandfreie Ergebnisse gebracht. Durch die inzwischen gebesserten Witterungsverhältnisse waren wir in der Lage, unsere ursprüngliche Absicht, Schweißungen unter Baustellenbedingungen durchzuführen, zu verwirklichen. Hierbei hat sich gezeigt, daß die Rohrenden unbedingt verschlossen gehalten werden mußten, um die „schädliche Kaminwirkung" wegen der zu schnellen Abkühlung auszuschalten.

Notwendige Ausbesserungsarbeiten brachten im allgemeinen keine Schwierigkeiten oder Probleme. Die Graphit- und Schlackeneinschlüsse waren ausschließlich im obersten Bereich der Decklage, so daß die relativ geringe Schweißwärme der Reparaturschweißung Nähte und Werkstoffe nicht sonderlich beeinflussen konnte.

Bild 4

Die hergestellten Schweiß-Formstücke (Bild 4) wurden nach der Fertigung erst im eingebauten Zustand im Rahmen der Hauptprüfung für die gesamte Rohrleitung auf Festigkeit und Dichtheit geprüft. An einer Naht wurde eine Undichtheit festgestellt, die auf einen Schlackeneinschluß zurückzuführen war. Bei der voraufgegangenen Röntgenprüfung war diese Fehlstelle nur als geringfügig und unbedeutend bewertet worden. Beim Ausschleifen dieser Stelle zeigte sich ein kurzer Riss, der durch Ausbesserungsschweißen beseitigt werden konnte. Es muß angenommen werden, daß dieser Riß durch das Zusammenwirken von Eigen- und Montagespannungen ausgelöst worden ist, weil unmittelbar an dieses Formstück erst ein Krümmer und dann ein Düker angeflanscht waren.

Für das Verschweißen von duktilen Gußrohren mit Stahlrohren sind nach unseren Erfahrungen folgende Punkte zu beachten:

1. Nahtvorbereitung nach DIN 2559
2. Stahlrohr puffern
3. Zwei Schweißer
4. Vorwärmen auf ca. 80° C
5. Im Pilgerschrittverfahren schweißen
6. Beim Schweißen im Freien Windbeeinflussung verhindern (Verschließen der Rohrenden)
7. Originalenden der Gußrohre verschweißen
8. Verbindungsschweißnaht mit möglichst wenig Schweißlagen herstellen
9. Wurzellage vor dem Schweißen der Kapplage gründlich ausschleifen

Über die Schweiß-Stromstärken können keine Angaben gemacht werden, da die Anzeigen am Schweißgerät zu ungenau sind und Messungen nicht durchgeführt wurden. Man kann sich aber an die Angabe des Elektrodenherstellers halten.

Es ist zu empfehlen, die Schweißnähte einer zerstörungsfreien Prüfung zu unterziehen.

Betrachtet man die Verlegung von geschweißten Formstücken bzw. von Gußformstücken von der Wirtschaftlichkeit, so stellten wir keine großen Preisunterschiede fest. Die Verwendung von Formstücken aus Stahl/duktilem Gußeisen kann durchaus als Alternative für kraftschlüssige Verbindungen und nicht nur als Notlösung eingesetzt werden. Der Preis für den Einbau St/GGG gegenüber dem Einbau eines EU-Stückes liegt um etwa 10 % höher. Im Vergleich zum Guß-F-Stück sind dagegen keine Preisunterschiede aufgetreten. Wenn bei der Rohrverlegung auf eine Schubsicherung oder Verankerung verzichtet werden kann, so verringern sich die Kosten bei Verwendung von Gußformstücken um ca. 25 %. Die Schweißverbindung kann bei Einsatz von geübten Schweißern durchaus noch kostengünstiger hergestellt werden. Neben den Lohnkosten wirken sich allerdings die Kosten für die Schweiß-Zusatzwerkstoffe noch erheblich aus.

		schubgesichert	
	St/GGG	GGG-F-St.	EU-St.
Material	626,–	1 356,–	1 147,–
Zusatzmaterial (Elektroden bzw. Sicherung)	400,–	260,–	260,–
Lohn	800,–	272,–	260,–
	1 826,–	1 888,–	1 667,–
	zuzügl. Klein-Material	Stand: Anfang 1975	

Zusammenfassung

Das Verschweißen von duktilen Gußrohren mit Stahlrohren kann durchgeführt werden. Die Schweißnähte können dabei nicht nur als Dichtnaht bewertet, sondern als echte Materialverbindung belastet werden. Vorteilhaft für die Verbindungsnaht ist das Puffern der Nahtflanken und ein Vorwärmen zumindest bei großen Rohrdurchmessern und großen Wanddicken. Für die Durchführung der Schweißarbeiten sollte nur geschultes Personal eingesetzt werden. Neben der Rohrschweißerprüfung sollten unbedingt Kenntnisse im Schweißen von Gußwerkstoffen vorhanden sein. Die Einrichtung von entsprechenden Lehrgängen an den Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalten oder anderen Schulungsstätten müßte vorgesehen werden.

Aus den Versuchen hat sich gezeigt, daß das Schweißen an den Originalenden der duktilen Gußrohre einwandfreie Ergebnisse brachte.

fgr

Verlegung von Wasserleitungen aus duktilen Gußrohren mit zugfesten Verbindungen in München

Von Walter Rehm

Die dichte Lage von Versorgungsobjekten (Kanal, Heizkanal, Wasser, Gas, EW, Post etc.) und der meist nur in beschränktem Umfang zur Verfügung stehende Spartenraum erlauben es – vor allem in den Zentren der Großstädte – immer weniger, Rohrleitungen in der bisher üblichen Art, mit Betonwiderlagern zur Aufnahme der Schubkräfte, zu verlegen.

Besonders in städtischen Bereichen ist es erforderlich, daß die Rohrleitungen auch bei einer eventuellen späteren Entfernung der Erdüberdeckung und Betonwiderlager funktionsfähig bleiben und durch die dann freiwerdenden Schubkräfte ein Auseinanderziehen der Muffenverbindungen verhindert wird.

In den letzten Jahren wurden deshalb Wege gesucht, die an den Leitungsendpunkten und bei Richtungsänderungen (Krümmer und Abzweige) auftretenden Schubkräfte nicht mehr auf das Erdreich zu übertragen, sondern an den Verbindungsstellen der Rohrleitung (Muffen) direkt aufzunehmen.

Heute gibt es eine Reihe von bereits mit Erfolg in der Praxis erprobten schubfesten Muffenverbindungen für Schraub- und TYTON-Muffenrohre.

In Großstädten können die immer umfangreicheren Objekte – vor allem die der Bundespost und der E-Werke – nur noch durch ein Ausweichen in größere Tiefen (teilweise bis 2,50 m) untergebracht werden. Dies bewirkte, daß in den letzten Jahren häufig Betonwiderlager von Wasserleitungen hintergraben wurden. Dadurch kam es zu einer Reihe von Leitungsschäden, die meist erhebliche finanzielle Kosten und oft auch längere Unterbrechungen der Versorgung mit sich brachten.

Die Stadtwerke München haben sich deshalb 1975 entschlossen, sämtliche neu zu verlegenden Versorgungsleitungen nur noch mit zugfesten Verbindungen auszuführen.

Seit Einführung der duktilen Gußrohre wird dieses Material wegen seiner guten mechanischen Eigenschaften und der Korrosionsbeständigkeit in Großstädten auch in Bereichen mit hohen Verkehrsbelastungen in zunehmendem Maße verwendet.

In München werden für die Schubsicherung im Versorgungsnetz bis einschließlich NW 400 2 Systeme verwendet. Für NW 80 bis NW 300 kommt die innen-

liegende TYTON-SIT-Verbindung mit im Dichtring einvulkanisierten metallischen Halteteilen zum Einbau. Dieses System wird bisher nur bis NW 300 hergestellt. Bei NW 400 wird die Schubsicherung mit dem System „Halberg-Düker" mit außerhalb der Muffe liegender Schubsicherung durchgeführt.

Im nachfolgenden kurzen Bericht soll die Verwendung dieser Schubsicherung bei dem schwierigen Projekt „Paul-Heyse-Unterführung" geschildert werden.

Die gesamte Verlegestrecke betrug 330 m; davon 230 m reiner Unterführungsbereich, die Reststrecke bestand aus den beiden Rampenbereichen und den Einbindungen ins Versorgungsnetz.

Zur Verlegung kamen duktile Gußrohre NW 400 ND 10 mit TYTON-Muffen und Halberg-Düker-Schubsicherungen.

Da die Fundamente der ca. 70 Jahre alten Bahnunterführung (Baujahr 1902) nur eine Gründungstiefe von ca. 1,20 m haben, mußten besondere Sicherungsmaßnahmen durchgeführt werden, die ein Unterspülen der Unterführung bei etwaigen späteren Rohrbrüchen verhindern sollen. So wurde zur Fundamentseite im Unterführungsbereich durchgehend eine verlorene Kanaldielenschalung mit Profilen KD 3 S und unter der Rohrleitung eine 20 cm dicke Betonsohle in BN 50 K_1 eingebaut.

In den Übergangsbereichen mußten mit mehreren Krümmern zwischen 11° und 45° Kanal- und EW-Schächte umfahren und ein Gasstrang NW 800 unterdükert werden.

Wegen der Wichtigkeit dieses Straßenzuges für den innerstädtischen Verkehr konnte auch nur eine verhältnismäßig kurze Verkehrssperre für den Durchgangsverkehr (ausgenommen Straßenbahn und Linienbusse) erwirkt werden, so daß die schwierigen Arbeiten zusätzlich unter einem erheblichen Zeitdruck standen.

Zum Aushub des Rohrgrabens konnte im Unterführungsbereich wegen der geringen Höhe (max. 3,60 m) nur ein Spezialgerät (Massai-Ferguson-Bagger MF 40 – Heckbagger) eingesetzt werden.

Nach der Vorbereitung des Rohrgrabens erfolgte trotz der bereits aufgezählten Schwierigkeiten eine fast reibungslose Verlegung der Rohre. Das Einfahren der Muffen und das Zusammenziehen der Verbindung wurde mit dem Verlegegerät V 300 durchgeführt. Die vollständige Montage einer Muffe einschließlich Schubsicherung und Anbringung des Vorsatzringes mit 10 duktilen Halteschrauben dauerte je nach Schwierigkeit der Einbausituation (Krümmer und Düker) zwischen 10 und 20 Minuten.

Um die Kraftschlüssigkeit der Schubsicherung weitmöglichst beim Einbau zu erreichen und das Längen der Rohrstrecke beim Aufbringen des Prüfdruckes zu verhindern, war es wichtig, den Gliederring vor dem Anschrauben des Vorsatzringes mit einem entsprechenden Abstand vor der Muffenstirn einzustellen. Beim Anschrauben des Vorsatzringes kommen dann Gliederring und Vorsatzring an ihren balligen Flächen bereits fest zur Anlage, wodurch das Strecken in den Verbindungen weitgehend verhindert wird. Für NW 400 wurden als Abstand des Gliederringes vom Muffenrand 45 bis 50 mm ermittelt. Durch diese Maßnahme wurde bei der Druckprüfung mit 1,5fachem Nenndruck (15 bar) nur noch eine Längenänderung von maximal 2 bis 3 mm pro Muffe festgestellt.

Um eine einwandfreie Druckprüfung nach DIN 4279 durchführen zu können, wurde zur Erreichung einer möglichst vollständigen Sättigung der Zementmörtelauskleidung der Rohrstrang etwa 14 Stunden vor der eigentlichen Druckprüfung gefüllt und mit dem späteren Betriebsdruck der Leitung (ca. 5 bar) beaufschlagt. Die am nächsten Vormittag durchgeführte Druckprüfung 30 Minuten 15 bar und 6 Stunden 10 bar ergab einwandfreie Werte.

Durch die Vielzahl von Fremdobjekten (Gas – EW – Post – Kanal) und die dadurch erforderlichen Abweichungen und Düker wäre eine Leitungsverlegung in der zur Verfügung stehenden Trasse mit den früher üblichen Betonwiderlagern zur Aufnahme der Schubkräfte nicht möglich gewesen.

Das beschriebene Projekt hat deutlich bewiesen, daß die Technik neue Wege gefunden hat, auch derartige Schwierigkeiten zu überwinden.

fgr

DVGW-Regelwerk und Normen in ihrer Bedeutung für die Verwendung von Rohren aus duktilem Gußeisen zum Transport von Wasser und Gas

Von Hans Hugelmann

Die Technik des Transports von Wasser und Gas ist so umfassend, daß es im Laufe der Jahrzehnte mehr und mehr notwendig wurde, bestimmte Bereiche so zu reglementieren, daß die Qualität des transportierten Wassers weitgehend gesichert wurde, und die Sicherheiten, die beim Befördern des Gases erforderlich sind, undedingt gewährleistet waren. So entstanden im Rahmen des Deutschen Normenausschusses (DNA) eine Reihe von Vorschriften und Richtlinien. Daneben befaßte sich der Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern e. V. (DVGW) mit Problemen, deren Lösung an sich nicht in den Aufgabenbereich des DNA fiel, und erarbeitete dementsprechende Richtlinien und Hinweise. Dabei hat sich, durch die chronologische Entwicklung bedingt, ergeben, daß auch Anwendungsrichtlinien im Normenwerk erschienen sind.

1. Das DVGW-Regelwerk

Das Regelwerk ist in drei Anwendungsgebiete aufgeteilt. Grundsätze und Richtlinien, die für Wasser und Gas gleichermaßen gelten, sind unter der Bezeichnung „GW . . ." erfaßt, die Arbeitsblätter für die Wasserversorgung sind mit „W . . .", die für Gas mit „G . . ." gekennzeichnet. Die GW-Blätter haben weißen, die W-Blätter blauen und die G-Blätter roten Einband.

GW 100 gibt die Grundsätze für das DVGW-Regelwerk wie folgt: „Das DVGW-Regelwerk ist die Sammlung der Technischen Regeln und Technischen Mitteilungen des DVGW.

Der DVGW erfüllt mit der Herausgabe des DVGW-Regelwerkes seine Aufgabe, für die Gas- und Wasserversorgung ausreichende und einheitliche technische Grundlagen und Regeln zu schaffen, die den technischen Erkenntnissen, insbesondere den sicherheitstechnischen und hygienischen Erfordernissen nach dem jeweiligen Stand der Technik entsprechen. Der DVGW verfolgt mit der Aufstellung und der Herausgabe des DVGW-Regelwerkes keine wirtschaftlichen Interessen. Er ist bestrebt, technisch-wirtschaftliche Lösungen zu erarbeiten.

Die im DVGW-Regelwerk enthaltenen Technischen Regeln finden ihre Anerkennung durch die mit der Gas- und Wasserversorgung befaßten Fachleute. Daher stellt ihre Beachtung sicher, daß die Versorgung mit Gas und Wasser den anerkannten Regeln der Technik entspricht."

Das DVGW-Regelwerk gliedert sich in

Technische Regeln { Arbeitsblätter; Technische Regeln anderer Organisationen

und

Technische Mitteilungen { Merkblätter; Hinweise

1.1 DVGW-Regelwerk Wasser

Zu dem in der Überschrift angegebenen Thema sind folgende Technische Regeln und Mitteilungen einer näheren Betrachtung zu unterziehen, wobei kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird:

W 302	Druckabfalltafeln für Rohrdurchmesser von 40 bis 2000 mm
W 305	Kreuzungen von Wasserleitungen mit dem Gelände von Eisenbahnen
W 311	Bau von Erdbehältern für Trinkwasser; Grundlagen und Hinweise
W 313	Richtlinien für den Bau und Betrieb von Feuerlösch- und Brandschutzanlagen in Grundstücken im Anschluß an Trinkwasserleitungen
W 331/ I–VII	Hydrantenrichtlinien, Teil I–VII
W 332	Hinweise und Richtlinien für Absperr- und Regelarmaturen in der Wasserversorgung
W 338	Hinweise und Richtlinien für den Frostschutz und das Auftauen von Rohrnetzanlagen
W 367	Übergangsverbindungen von genormten auf nicht mehr genormte Nennweiten für gußeiserne Druckrohrleitungen
W 402	Planung einer Wasserversorgung; Grundlagen und Hinweise
W 451	Unterlagen für Ausschreibungen zur Ausführung von Wasserversorgungsanlagen – Teil I – Erdverlegte Rohrleitungen

Die Druckabfalltafeln in **W 302** sind nach der Prandtl-Colebrook'schen Formel errechnet, wobei der Rauhigkeitsbeiwert k für Hauptleitungen mit k = 0,1 mm in Ansatz gebracht ist. Dabei wird betont, daß dieser Rauhigkeitsbeiwert einheitlich für neue isolierte Stahl-, Guß- und Asbestzementrohre gilt. Für Orts- bzw. Verteilungsnetze wird durch die zusätzlichen Verluste infolge von Krümmern, Formstücken, Anbohrungen und dergl. der k-Wert einheitlich mit k = 0,4 mm angenommen. Neue gußeiserne Rohre, somit also auch Rohre aus duktilem Gußeisen, mit Innenanstrich sind den naturgemäß glatten Rohren gleichgesetzt. Nicht berücksichtigt ist, daß ältere Rohre bei ungünstigen Wasserverhältnissen durch die bekannten Korrosions- und Ablagerungserscheinungen eine wesentlich höhere Rauhigkeit besitzen. Wenn also ein älteres Rohrnetz nachgerechnet werden soll, muß entweder der Rauhigkeitsfaktor zuvor ermittelt sein, oder es ist die Kutter'sche Formel mit den höheren Rauhigkeitswerten anzuwenden. Da aber nun Rohre aus duktilem Gußeisen immer mehr mit Zementmörtelauskleidung zur Verwendung kommen, ist bei diesen Rohren auch in späteren Jahren nicht mit einer bemerkenswerten Erhöhung der Rohrwandrauhigkeit zu rechnen. Die Werte aus W 302 werden somit für Rohre aus duktilem Gußeisen mit Zementmörtelauskleidung auch auf die Dauer ihre Gültigkeit besitzen.

W 305 befaßt sich mit dem Verlegen von Wasserleitungen auf Bahngelände. Nach langwierigen Verhandlungen mit dem Bundesbahnzentralamt ist jetzt eine Neufassung verabschiedet, die hinsichtlich des Materials der Transportleitungen grundsätzlich die in DIN 19630, Abschnitt 3.1 bis 3.5, festgelegten Rohrmaterialien für Leitungen in Bundesbahngelände zuläßt, also auch Rohre aus duktilem Gußeisen.

Das Arbeitsblatt **W 311** gibt die Grundlagen und Hinweise für den Bau von Wasserbehältern. Eine Neufassung liegt vor und dürfte in Kürze veröffentlicht werden. Zum Thema dieser Abhandlung ist die Ziffer 9.1 „Leitungen und Armaturen" wichtig. Hier ist u. a. gesagt: „Im Baugrubenwinkel dürfen Rohrleitungen längs der Bauwerke wegen der möglichen Setzungen und großen Erdüberdeckung nicht verlegt werden. Wo Rohre die Baugrubenwinkel kreuzen, sind sie gegebenenfalls zu entlasten oder zu unterstützen." Solange die kreuzenden Leitungen aus Graugußrohren bestanden, gab es immer das Problem des Abscherens der Rohre durch Grabensenkungen. Rohre aus duktilem Gußeisen geben hier jedoch eine gewisse Sicherheit, d. h. die Materialeigenschaften lassen zu, daß eine gewisse Überbrückung ohne besondere Schutzmaßnahmen möglich ist. Bei 5,0 m Rohrüberdeckung z. B. kann unter Berücksichtigung der Sicherheit und der damit gegebenen Spannung von 180 N/mm² die freitragende Länge für ein Rohr NW 250 max. 3,4 m betragen. Erst bei etwa 5,0 m Länge wird die Bruchgrenze erreicht [1]. Durch Nachrechnen kann man sich darüber klar werden, inwieweit eine störungssichere Überbrückung möglich ist. Keinesfalls darf dies aber dazu führen, daß nachlässig geplant bzw. gearbeitet wird.

Die in **W 313** aufgestellte Forderung der strömungstechnisch günstigsten Bemessung von Brandschutzleitungen kann dazu anleiten, Rohre aus duktilem Gußeisen mit Zementmörtelausschleuderung vorzuziehen, weil mit diesen Rohren die Gewähr gegeben ist, auf die Dauer die erforderliche Löschwassermenge mit dem nötigen Druck zur Verfügung zu haben.

In **W 331**, Ziffer 3.2.1, sind die Nachteile des Aufbaus von Hydranten unmittelbar auf der Rohrleitung aufgezeichnet. Diese können jedoch besonders hinsichtlich c) und d) wesentlich abgeschwächt werden. Wenn hier festgestellt wird, daß alle auf das Mantelrohr wirkenden äußeren Kräfte – vor allem die Auswirkungen des Verkehrs und Frostes – unmittelbar auf die Rohrleitung übertragen werden, so können diese durch die hohe Ringbiegefestigkeit aufgefangen und es kann die Gefahr des Bruches weitgehend ausgeschaltet werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, daß durch die hohe Längsbiegefestigkeit des Materials die Gefahr des Bruches durch ausfließendes Entwässerungs- bzw. Leckwasser stark vermindert wird. Bei seitlich verschleppter Anordnung des Hydranten (Ziffer 3.2.2) wird unter den Nachteilen b) angegeben, daß die Druckkräfte des Wassers bei elastischem Anschluß durch besondere Vorrichtungen abgefangen werden müssen, da Widerlager nur bedingt geeignet sind. Hier bietet sich an, bei Verwendung von Rohren bzw. Formstücken mit TYTON-Verbindung eine der von den Herstellerwerken entwickelten zugfesten Muffenverbindungen [2; 3] zu verwenden (siehe hierzu auch GW 368).

Bei den Armaturenrichtlinien **W 332** ist im Rahmen dieses Themas der Teil IV „Einbau" zu beachten und hierunter besonders Ziffer 8.5.3 „Aufnahme der Gewichte und Schubkräfte". Auch bei Leitungen aus duktilem Gußeisen ist das Abfangen des Gewichtes größerer Armaturen (etwa ab NW 300) wichtig, um ein unzulässiges Setzen der Armatur zu verhindern. Ein geringfügiges Setzen hat wohl noch keine Auswirkung auf das Rohrmaterial, d. h. die auftretenden Spannungen liegen im Rahmen der zulässigen Beanspruchung des Materials. Gefahr entsteht dabei für die Armatur, soweit sie aus Grauguß besteht, besonders am Flanschteil. Die Aufnahme der axialen Schubkräfte bei Leitungen mit nicht längskraftschlüssigen Verbindungen ist ebenfalls zu beachten. Der Axialschub ist entweder an der Armatur durch eine besondere Verankerung abzufangen, oder eine begrenzte Leitungslänge ist längskraftschlüssig herzustellen, wobei die Haftreibung der Leitung (am Erdreich) zum Abfangen der Kräfte benutzt werden kann. Hier könnte ebenfalls, wie im Abschnitt zuvor erläutert, die zugfeste Verbindung eingesetzt werden. Eine Tabelle gibt die als längskraftschlüssig auszubauende Leitungslänge an.

In Teil II von **W 338** sind die Richtlinien für das Auftauen eingefrorener Wasserleitungen gegeben. Es zeigt sich, daß die Anwendung der Auftauverfahren weitgehend vom Rohrwerkstoff und von der Rohrverbindung abhängig sind. Für Leitungen aus duktilem Gußeisen ist das Auftauen mittels Dampf, Warmwasser, Warmluft, Einziehen eines Heizkabels in jedem Fall möglich. Das Auftauen mittels Auftautransformator ist für Schraubmuffen- und sonstige Steckverbindungen, also auch für TYTON-Verbindungen – sofern keine elektrische Überbrückung eingebaut ist –, auszuschließen, da der Dichtring isolierend wirkt und die ungestörte Durchleitung des elektrischen Stromes nicht gewährleistet ist.

Die Verringerung der genormten Nennweiten im Jahre 1962 gab Veranlassung, die in **W 367** aufgeführten Übergangsverbindungen zu entwickeln. Diese geben die Möglichkeit, nicht mehr genormte Graugußrohre mit Normnennweiten in technisch einwandfreier Weise zu verbinden.

Das Arbeitsblatt **W 402** ist praktisch eine Denkhilfe für den Planer und soll ihn veranlassen, genau abzuwägen, welches Rohrmaterial für den vorliegenden Fall sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht das günstigste ist.

Dasselbe gilt in gewisser Weise auch für **W 451**. Durch die Zusammenstellung aller möglichen Gegebenheiten beim Rohrleitungsbau, die zur Ausschreibung dann für den jeweiligen Fall ausgesucht werden können, werden viele Punkte zum Nachdenken und Abwägen Veranlassung geben.

Schließlich ist hier noch darauf hinzuweisen, daß in Erweiterung des DVGW-Regelwerkes ein Arbeitskreis mit der Erarbeitung von Grundlagen für die Bemessung von Druckrohren befaßt ist. Dabei werden alle Lastfälle, also nicht allein aus dem Innendruck, wie bisher üblich, berücksichtigt. Diese sind: Beanspruchung aus Transport, Lagerung, Verlegung, aus Auftrieb, aus Verfüllung und Verdichtung, aus Erddruck, Erdauflast und dynamischen Lasten, aus Innendruck und Unterdruck, aus mangelhafter Bettung, aus Mängeln in der kontinuierlichen Längsauflagerung, aus Temperaturänderungen sowie aus stationären und nichtstationären Strömungsvorgängen. Das Arbeitsblatt wird voraussichtlich 1976 unter dem Titel „Rohrleitungen – Belastungen und Lastannahmen" erscheinen und soll für die künftige Rohrnormung einheitliche Bemessungsgrundlagen schaffen.

1.2 DVGW-Regelwerk Gas

Für die Verwendung von Rohren aus duktilem Gußeisen beim Transport von Gas sind folgende Vorschriften und Richtlinien (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) heranzuziehen:

G 260 Technische Regeln für die Gasbeschaffenheit

G 460 Richtlinien für den Bau und Betrieb von Gasleitungen mit einem Betriebsdruck über 500 mm WS bis 3 kp/cm² in industriellen und gewerblichen Anlagen

G 461 Richtlinien für den Bau von Gasleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 bar (1 kp/cm²) bis 16 bar (16 kp/cm²) aus Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen

G 464 Berechnung von Druckverlusten bei der Gasfortleitung

G 465 Richtlinien für das Überwachen und Instandsetzen von Gasrohrnetzen für Betriebsdrücke bis 10 000 mm WS

G 466/II Richtlinien für das Überwachen und Instandsetzen von Hochdruck-Gasrohrnetzen aus duktilem Gußeisen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 bar (1 kp/cm²) bis 16 bar (16 kp/cm²)

G 490 Technische Regeln für Bau und Ausrüstung von Gas-Druckregelanlagen mit Eingangsdrükken über 100 mbar bis einschließlich 4 bar

G 491 Technische Regeln für Bau und Ausrüstung von Gas-Druckregelanlagen mit Eingangsdrükken über 4 bar bis einschließlich 100 bar

G 600 Technische Regeln für Gas-Installationen DVGW TRGI 1972

Das Arbeitsblatt **G 260** gibt die Grundlage für alle technischen Einrichtungen der Gasversorgung. In Ziffer 1 ist folgendes gesagt: „Die öffentliche Gasversorgung erfordert eine sorgfältige Abstimmung der technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten in der Erzeugung und Aufbereitung sowie der Verteilung und Verwendung der Gase. Für diese Bereiche sind die Anforderungen an die Gasbeschaffenheit im vorliegenden Arbeitsblatt festgelegt. Dieses Arbeitsblatt soll sowohl für Gasverteiler als auch für Hersteller von Gaserzeugungsanlagen und Gasverbrauchseinrichtungen richtungsweisend sein."

Die Brenngase werden in Gasfamilien zusammengefaßt. Es sind:

1. Gasfamilie, Kurzzeichen: S
   Sie umfaßt Stadt- und Ferngase; das sind wasserstoffreiche Brenngase, die nach verschiedenen Verfahren hergestellt werden.
2. Gasfamilie, Kurzzeichen: N
   Sie umfaßt Naturgase; das sind aus natürlichen Vorkommen stammende Erdgase und Erdölgase sowie deren Austauschgase.
3. Gasfamilie, Kurzzeichen: F
   Diese umfaßt von den Flüssiggasen nach DIN 51622 Propan und Propan/Butan-Gemische.

In Tabellen sind die brenntechnischen Kenndaten und Richtwerte der Gasbegleitstoffe für die einzelnen Gasfamilien festgehalten.

In **G 460** ist die Verwendung von Rohren aus duktilem Gußeisen für den Druckbereich über 50 mbar bis 3 bar (Ausgabe Mai 1969) ausdrücklich zugelassen, wobei in einer Fußnote vermerkt ist, daß für Gasleitungen aus duktilem Gußeisen mit Betriebsdrücken über 1 bar Richtlinien in Vorbereitung sind. Da diese inzwischen vorliegen (siehe G 461), ist die Fußnote hinfällig. Für erdverlegte Leitungen sind die für Rohre aus duktilem Gußeisen üblichen gummigedichteten, nicht längskraftschlüssigen Muffenverbindungen (Schraubmuffe, Stopfbuchsenmuffe und TYTON-Muffe) zugelassen, dagegen nicht für Frei- und Innenleitungen; hier sind nur längskraftschlüssige Verbindungen zu verwenden. Hinsichtlich der Dichtungen ist gesagt, daß diese für das jeweilige Gas geeignet sein müssen. Über die Eignung der bislang in Gasleitungen eingesetzten Dichtungen ist in den Fachzeitschriften ausführlich berichtet [4; 5; 6].

G 461 enthält die Bestimmungen und Mindestanforderungen, die beim Bau von Gasleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 bar bis 16 bar zu beachten und anzuwenden sind, wobei alle Forderungen auf Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen ausgerichtet sind. In den einzelnen Bestimmungen werden insbesondere herstellungs-, werkstoff-, prüf-, planungs- und bautechnische Anforderungen und Bedingungen geregelt. Die Richtlinien gelten für Rohrleitungen bis NW 600 und für alle brennbaren Gase nach G 260. Für andere Gase können sie sinngemäß angewendet werden. Zu den in der Liefernorm DIN 28600 geforderten Werkprüfungen sind zusätzliche Prüfbedingungen eingebaut, besonders wichtig darunter die Luftdruckprüfung. Als Muffenverbindung sind Schraubmuffen, Stopfbuchsenmuffen und Steckmuffen (z. B. System „TYTON") zugelassen. Für die Dichtringe sind Materialqualitäten zu verwenden, die für alle Brenngasarten der öffentlichen Gasversorgung geeignet sind (siehe auch G 460). Der weiteren Entwicklung in den Verbindungsarten ist der Weg dadurch nicht verbaut, daß andere Arten von Verbindungen zulässig sind, soweit durch Betriebserfahrung oder Versuche nachgewiesen ist, daß die Verbindung allen Anforderungen hinsichtlich Festigkeit und Dichtheit genügt. Um ein Auseinanderziehen nicht längskraftschlüssiger Leitungen mit Muffenverbindungen zu verhindern, sind Formstücke durch geeignete Verankerungen zu sichern. Für die Muffenverbindungen kommen also auch hier neben Betonriegeln die schon zuvor genannten Schubsicherungen infrage [2; 3].

Bei den Tafeln in **G 464** ist darauf zu achten, daß die Kurven nur ausgelegt sind für Kokereigas (γ_0 = 0,5 kp/Nm³), eine Gastemperatur von t = 12° C, eine dynamische Viskosität $\eta = 1{,}31 \cdot 10^{-6} \cdot kp \cdot s \cdot m^{-2}$ und eine Rauhigkeitszahl von k = 0,5 mm. Für alle anderen Gase und Rauhigkeitsverhältnisse sind Umrechnungen der Tafelwerte erforderlich. Für neue, geteerte Leitungen aus duktilem Gußeisen kann mit einer Wandrauhigkeit von k = 0,1 mm gerechnet werden. Allerdings ist zu beachten, daß dieser Wert im Lauf der Jahre auf 0,5 bis 1,5 mm ansteigen kann. Die Druckverluste durch Formstücke und Armaturen sind in den Tafelwerten nicht berücksichtigt. Sie müssen besonders errechnet werden [7; 8].

G 465 gilt grundsätzlich für alle Gasleitungen aus zugelassenen Werkstoffen. Bei Rohren aus duktilem Gußeisen ergeben sich für das Aufschweißen von Anschweißstutzen neue Möglichkeiten. Nach bisherigen Versuchen [9; 10; 11] scheint das Anschweißen von Stutzen aus duktilem Gußeisen unter gewissen Voraussetzungen durchaus möglich zu sein.

Für Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen gibt **G 466/II** die Richtlinien für das Überwachen und Instandsetzen. In der technischen Durchführung beinhaltet dieses Arbeitsblatt dasselbe wie G 465, nur sind die Hinweise für die Durchführung von Schweißarbeiten naturgemäß weggefallen. Außerdem werden, da es sich ja ausschließlich um Hochdruckleitungen handelt, wesentlich erweiterte Vorbereitungsmaßnahmen bei Reparaturarbeiten verlangt. Wichtig ist auch die Ziffer 4.4, die besagt, daß unter Berücksichtigung der Gasbeschaffenheit das Korrosionsverhalten im Rohrinnern (z. B. bei Reparaturarbeiten) zu beobachten ist.

Die technischen Regeln in **G 490** gelten für Niederdruck- und Mitteldruck-Regleranlagen und für Gase nach G 260 mit Ausnahme von Flüssiggas. Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen (zumeist mit Flanschverbindungen und Stopfbuchsenmuffen als Einbaustücke) können uneingeschränkt verwendet werden.

Im Druckbereich von **G 491** (Hochdruck-Regleranlagen) sind Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen bis 16 bar zugelassen, und zwar unter Beachtung der Bestimmungen von Arbeitsblatt G 461 sowie von DIN 28610.

G 600 ist das Standardwerk für alle Bereiche der Gasinstallation. Die Technischen Regeln für Gas-Installationen (TRGI) gelten für die Einrichtung und Unterhaltung von Gasanlagen in Gebäuden und Grundstücken, die mit Gasen nach G 260 (außer Flüssiggas) und mit Niederdruck betrieben werden. Rohre, Form- und Verbindungsstücke aus duktilem Gußeisen sind gemäß Ziffer 3.2.1 nur für erdverlegte Leitungen zugelassen.

Zu erwähnen sind im Rahmen dieses Überblicks noch die Bahnkreuzungsrichtlinien für Gasleitungen, obwohl sie noch nicht im Regelwerk aufgenommen sind. Hinsichtlich des Werkstoffes der Transportleitungen besagt Ziffer 13b) folgendes: „Abweichend von DIN 19630, Abschnitt 3.1, sind für Gasleitungen auf Bahngelände nur Rohre aus duktilem Gußeisen nach DIN 28600 und DIN 28610, bei Leitungen über 1 bar Betriebsdruck nach DVGW Arbeitsblatt G 461 zulässig."

1.3 Regeln, die gleichermaßen für Gas und Wasser gelten

Hierunter fallen im Rahmen dieses Themas besonders nachstehende Regeln:

GW 301 Richtlinien für die Erteilung der DVGW-Bescheinigung für Rohrleitungsbauunternehmen

GW 303 Berechnung von Rohrnetzen mit elektronischen Datenverarbeitungsanlagen

GW 306 Richtlinien für das Verbinden von Blitzschutzanlagen mit metallenen Wasser- und Gasleitungen

GW 310/ Teil I Hinweise und Tabellen für die Bemessung von Betonwiderlagern an Bogen und Abzweigen mit nichtlängskraftschlüssigen Verbindungen

GW 310/ II Hinweise und Tabellen für die Bemessung von Betonwiderlagern an Bogen, Abzweigen und Reduzierstücken mit nicht längskraftschlüssigen Rohrverbindungen

GW 368 Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Verbindungsteilen zur Sicherung nichtlängskraftschlüssiger Rohrverbindungen

GW 369 Schrauben und Muttern aus Gußeisen mit Kugelgraphit

GW 301 beinhaltet ein System zur Prüfung von Firmen des Rohrleitungsbaues im Gas- und Wasserfach, um zu erreichen, daß auf dem Gebiet des erdverlegten Rohrleitungsbaues fachgerechte Arbeit geleistet wird und betriebssichere Leitungen hergestellt werden. Die Überprüfung der technischen Eignung erfolgt in verschiedenen Gruppen. Dabei ist zu beachten, daß die Gruppen G 3, W 2 und W 3 auch nach dem Werkstoff gegliedert sind. Es werden also auch besondere Bescheinigungen für den Werkstoff Gußeisen ausgestellt. Die Bescheinigungen können jedem Auftraggeber zum Nachweis der technischen Leistungsfähigkeit vorgelegt werden.

Die Berechnung von Rohrnetzen mit Hilfe elektronischer Datenverarbeitungsanlagen nach **GW 303** hat sich zu einem wichtigen Hilfsmittel bei der Planung neuer und der Erweiterung vorhandener Versorgungsnetze entwickelt. Das in der Praxis benutzte Näherungsverfahren arbeitet mit einer vorgegebenen Verbrauchsverteilung und einer für den ersten Rechenschritt vorgegebenen Rauhigkeit. Da die eingegebenen Festwerte zuverlässig sein müssen, sind die Unterlagen sorgfältig zu erarbeiten. Für neue Netze können die in den Arbeitsblättern festgelegten Rauhigkeitswerte genommen werden, für bestehende Netze müssen sie durch Versuche an mehreren Stellen des Netzes festgestellt werden.

Gemäß Ziffer 5.1.2 von **GW 306** ist zu empfehlen, bei Anschluß von Blitzschutzanlagen an Leitungen mit gummigedichteten Verbindungen in jedem Fall die Verbindung über Trennfunkenstrecken zu verlangen. Aufgrund der gegenüber den früher üblichen Graugußformstücken erheblich kürzeren Baulängen der Formstücke aus duktilem Gußeisen wurde es notwendig, dem Planer und dem Bauleiter Unterlagen in die Hand zu geben, die es ihm ermöglichen, die Hauptabmessungen der Widerlager für die verschiedenen Prüfdrücke unter Berücksichtigung der zulässigen Bodenpressung unmittelbar zu bestimmen.

Das Merkblatt **GW 310** ist in zwei Abschnitte unterteilt: Abschnitt I enthält allgemeine Hinweise und die Abmessungen der Widerlager für Bogen und Abzweige bis NW 400. In Abschnitt II werden die Widerlager für Bogen und Abzweige NW 500 bis NW 1000, die Endverspannungen und die Verankerungen der Reduzierstücke NW 80 bis NW 1000 behandelt. Außerdem ist auf Fragen der Bodenmechanik und Erdstatik eingegangen.

Die Richtlinien in **GW 368** gelten für die Herstellung und den Einbau zugfester Verbindungsteile zur Sicherung neuverlegter Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen [1; 2; 3]. Sämtliche Berechnungen, Bilder und Diagramme gelten für Rohre aus duktilem Gußeisen und für Rohrlängen von 6 m. Wichtig ist, darauf zu achten, daß beim Einbau solcher Schubsicherungen möglichst keine unzulässigen örtlichen Spannungen auftreten.

Hinsichtlich der Abmessungen und Toleranzen von Schrauben und Muttern konnte in **GW 369** auf bestehende Normen zurückgegriffen werden. Die Prüfbestimmungen für die Werkstückprüfung mußten dagegen eingeschränkt werden. An fertigen Schrauben wird nur die Zugfestigkeit und die 0,2 %-Dehngrenze ermittelt, da die Messung der Bruchdehnung an den fertigen Schrauben meist unmöglich ist (die Schrauben brechen im Gewinde). An die Stelle der Bruchdehnungsmessung tritt die Prüfung des Gewindes.

2. Normen für Wasser und Gas

Normung im Sinne des DNA ist die planmäßige, unter Beteiligung aller jeweils interessierten Kreise in den Ausschüssen des DNA gemeinschaftlich durchgeführte Vereinheitlichungsarbeit auf gemeinsamer Grundlage. Das deutsche Normenwerk umfaßt Normen, Vornormen und Normentwürfe. Für die Normung der Gebiete im Rahmen des vorliegenden Themas sind hauptsächlich tätig die Fachnormenausschüsse

– Wasserwesen (FNW),
– Rohre, Rohrverbindungen und Rohrleitungen (FR),

wobei unter der Federführung des FNW zum Teil auch gemeinsame Normen für die Gas- und Wasserversorgung verfaßt wurden. Daneben bestand noch ein Arbeitsausschuß Gasfernleitungen im DNA, der sich in der Hauptsache mit Vorschriften für den Bau von Gas-

Hochdruckleitungen befaßte, und der nun in den neugegründeten FNA Gasversorgung aufgehen dürfte.

Folgende Normen sind hier anzuführen:

DIN 1988	Trinkwasser-Leitungsanlagen in Grundstücken Technische Bestimmungen für Bau und Betrieb
DIN 2000	Zentrale Trinkwasserversorgung Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser Planung, Bau und Betrieb der Anlagen
DIN 2401	Rohrleitungen Druckstufen
DIN 2402	Rohrleitungen Nennweiten
DIN 2406	Rohrleitungen Kurzzeichen, Rohrklassen
DIN 2410 Blatt 2	Rohre Übersicht über Normen für Gußeisenrohre
DIN 4124	Baugruben und Gräben Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau
DIN 4279	Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen für Wasser
DIN 19630	Rohrverlegungsrichtlinien für Gas- und Wasserrohrnetze
DIN 28600 u. ff.	Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen
DIN 28617	Dichtringe Technische Lieferbedingungen

DIN 1988 ist praktisch das Grundgesetz für die Wasser-Hausinstallation und umfaßt alle technischen Bereiche, die zum Schutz des Wassers besonderer Regelungen bedürfen. Hinzuweisen ist auf Ziffer 5.1.2 (Ausgabe Januar 1962), in welcher unter den zugelassenen Rohrwerkstoffen noch die Graugußrohre aufgeführt sind (Rohre auf duktilem Gußeisen waren zur Zeit der damaligen Bearbeitung noch nicht auf dem Markt). Hierfür können heute duktile Rohre ohne weiteres verwendet werden. Sollte dies formale Schwierigkeiten bereiten, können diese durch örtliche Vorschriften ausgeräumt werden. Die Neufassung der Norm wird die entsprechende Änderung enthalten.

DIN 2000 gilt für die zentrale Trinkwasserversorgung, bei der Trinkwasser durch ein Rohrnetz einem großen Verbraucherkreis zugeführt wird, und gibt Hinweise für hygienisch befriedigende sowie technisch und wirtschaftlich zweckmäßige Bau- und Betriebsweisen. Alle Regeln dieser Norm gehen davon aus, daß Trinkwasser das wichtigste Lebensmittel ist und nicht ersetzt werden kann.

DIN 2401 Blatt 1 (Ausgabe Januar 1966) gibt die Erläuterung für die Begriffe „zulässiger Betriebsdruck", „Prüfdruck" und „Nenndruck", wobei dem letzteren eine Tabelle über die Stufung angefügt ist. Die in **Blatt 2** (Ausgabe Januar 1966) aufgeführte Tabelle enthält die Rohrleitungsteile aus Eisenwerkstoffen, darunter auch duktiles Gußeisen, in Zuordnung zu den einzelnen Nenndrücken. Dabei sind Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen auch für die Nenndrücke 25 und 40 aufgeführt, wobei auf die Technischen Lieferbedingungen hinsichtlich vergrößerter Wanddicken verwiesen wird. Für **Blatt 1** liegt ein neuer Entwurf Dezember 1973 vor.

Der Begriff und die Stufung der Nennweite sind in **DIN 2402** enthalten.

In **DIN 2406** ist unter den Rohrwerkstoffgruppen das Gußeisen mit dem Kennbuchstaben „A" eingereiht.

DIN 2410 Blatt 2 gibt eine Übersicht über die Normen für Gußeisenrohre. Hierzu muß vermerkt werden, daß auf Veranlassung des FNA „Rohre, Rohrverbindungen und Rohrleitungen" inzwischen die Normen DIN 28503 bis DIN 28546, die Rohre und Formstücke aus Grauguß beinhalten, zurückgezogen wurden [12]. Das Normblatt befindet sich im übrigen in Überarbeitung.

Die Norm **DIN 4124** gibt an, nach welchen Regeln Baugruben sowie Gräben für Leitungen und Kanäle zu bemessen und auszuführen sind. Sie gilt für geböschte und für verkleidete Baugruben und Gräben, die von Hand oder maschinell ausgehoben und in denen Bauwerke oder Kanäle hergestellt bzw. Leitungen verlegt werden.

Da in der Neufassung der **DIN 4279** alle im Wasserleitungsbau zugelassenen Werkstoffe enthalten sein sollten, wurde die Norm in 10 Blätter aufgeteilt. **Blatt 1** beinhaltet Regeln, die für alle Rohrwerkstoffe gleichermaßen gelten, während die übrigen Blätter die dem einzelnen Rohrwerkstoff zuzuordnenden besonderen Prüfbestimmungen enthalten. So enthält **Blatt 2** die zusätzlichen Bestimmungen für Druckrohre aus duktilem Gußeisen und **Blatt 3** diejenigen für Druckrohre aus duktilem Gußeisen und Stahlrohre mit Zementmörtelauskleidung.

Die Rohrverlegungsrichtlinien in **DIN 19630** gelten für in die Erde zu verlegende Gas- und Wasserleitungen in Ortsnetzen. Für Zubringer- und Fernleitungen sowie frei zu verlegende Rohrleitungen dürfen sie sinngemäß angewendet werden. Dieser Zusatz war notwendig, da für Ortsnetze der Wasserversorgung grundsätzlich ND 10 verlangt wird, was z. B. für Fernleitungen über- oder unterschritten werden kann. Sondervorschriften für Fernleitungen und Gas-Hochdruckleitungen gehen den Richtlinien der DIN 19630 vor. Die unter Ziffer 3 aufgeführte Liste der zulässigen Rohrwerkstoffe enthält auch die Normen für Rohre aus duktilem Gußeisen, und zwar sowohl für Wasser als auch für Gas.

Die Technischen Lieferbedingungen und Maße für

Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen sind in den Normen **DIN 28600 und ff.** enthalten. Bislang geht die Normenreihe bis DIN 28649. Auf diese Normenreihe braucht hier nicht besonders eingegangen zu werden. Sie ist in einer Reihe von Veröffentlichungen im einzelnen erläutert. Lediglich **DIN 28617** (z. Z. Entwurf) ist zu erwähnen. Hierin sind die seit langem erwarteten Anforderungen und Prüfungen von Dichtringen aus Gummi für Gußrohr-Muffenverbindungen in Wasserleitungen enthalten (für Dichtringe in Gasleitungen gibt es die Vornorm DIN 3535 Blatt 3). Es sind Dichtringe für Schraubmuffen, Stopfbuchsenmuffen und Steckmuffen behandelt, die in der Regel aus zwei unterschiedlichen Gummiqualitäten aufgebaut sind.

3. Vorschriften aus anderen Organisationen

Der Vollständigkeit halber sind noch einige Vorschriften aus anderen Organisationen zu erwähnen, soweit sie für den Rohrleitungsbau maßgebend sind. Hierzu zählen:

3.1 „Zusätzliche Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau" (ZTVE – STB 59). Diese Vorschriften sind herausgegeben vom Bundesminister für Verkehr, Abt. Straßenbau. Sie enthalten u. a. Angaben über lichte Mindestbreiten der Baugruben sowie Hinweise über Hinterfüllen und Überschütten von Rohrleitungen.

3.2 „Merkblatt für das Zufüllen von Leitungsgräben", herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen. Das Merkblatt enthält Vorschriften über Einbringen und Verdichten des Füllbodens, Nachprüfen der Verdichtung und Wiederherstellen der Fahrbahnbefestigung.

3.3 Unfallverhütungsvorschriften „Leitungsgrabenarbeiten und Leitungsbauarbeiten", herausgegeben von der Tiefbauberufsgenossenschaft.

3.4 VDE 0190 „Bestimmungen für das Einbeziehen von Rohrleitungen in Schutzmaßnahmen von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V". Wichtig ist, daß in neu errichteten elektrischen Verteilungsnetzen und Verbrauchsanlagen Wasserrohrnetze und Wasserverbrauchsleitungen mit Ausnahme nicht mehr als Erder und nicht als Schutzleiter benutzt werden dürfen. Bei gummigedichteten Verbindungen war die Frage schon immer problematisch, da die Ableitung des elektrischen Stroms nicht gewährleistet war.

Literatur

[1] Wolf, A.

„Zugfeste Muffenverbindungen für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen"
FGR-Informationen Nr. 6 (1971), S. 42

[2] Hugelmann, H.

„Löschwasser-Düker aus duktilen Gußrohren NW 250 durch die Fulda"
FGR-Informationen Nr. 7 (1972), S. 12

[3] Wolf, A. und Imhof, E.

„Schubsicherungen für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen"
FGR-Informationen Nr. 9 (1974), S. 20

[4] Wolf, W.

„Einsatz von Gummidichtringen in Gasleitungen aus Gußrohren" FGR-Informationen Nr. 6 (1971), S. 12 und gwf 111 (1970), H. 8

[5] Nöh, H.

„Typprüfungen an Gußrohrdichtungen für Gasleitungen gemäß Vornorm DIN 3535 Blatt 3"
FGR-Informationen Nr. 10 (1975), S. 50

[6] Kottmann, A.

„Bau- und Betriebserfahrungen im Ortsverteilungsnetz bei der Verwendung von gußeisernen Rohren"
gwf 107 (1966), H. 35

[7] Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre

Gußrohr-Handbuch II „Duktile Gußrohre und Formstücke"
Vulkan-Verlag (1969)

[8] Niederschuh, E.

„Die störmungstechnische Berechnung von Leitungen aus duktilen Rohren für den Gastransport"
FGR-Informationen Nr. 9 (1974), S. 44

[9] Schneider, W.-D. und Theis, E.

„Das Schweißen von duktilen Gußrohren"
FGR-Informationen Nr. 8 (1973), S. 2

[10] Host, O., Scherwass, H. und Steinlein, W.

„Hausanschlußstutzen und Sattelstutzen aus duktilem Gußeisen zum Anschweißen"
FGR-Informationen Nr. 8 (1973), S. 14

[11] Schaffland, R., Theis E. und Wolf, A.

„Anschweißstutzen aus duktilem Gußeisen für Hausanschlußleitungen"
FGR-Informationen Nr. 9 (1974), S. 2

[12] DNA

DIN-Mitteilungen Bd. 54 (1975), H. 1, S. A. 9 und A 10

fgr

Großrohre aus duktilem Gußeisen

Von Adolf Wolf

1. Einleitung

Durch das Wachstum von Bevölkerung und Wirtschaft sowie die steigenden Ansprüche unserer Gesellschaft, erhöht sich der Wasserverbrauch ständig. Gleichzeitig werden die Wasservorräte, vor allem in städtischen und industriellen Ballungszentren, immer geringer.

Um den höheren Wasserbedarf auch in Zukunft dekken zu können, muß Trinkwasser für die öffentliche Wasserversorgung und Brauchwasser für Industrie und Landwirtschaft über weite Entfernungen in die Verbraucherzentren gebracht werden. Dafür sind Fern-Transport-Leitungen mit größerem Durchmesser zu bauen, die den steigenden Belastungen standhalten.

Ein weiteres Problem bilden die damit verbundenen zunehmenden Abwassermengen, die heute mehr und mehr zentralen Kläranlagen zugeführt werden müssen. Die Anforderungen, die an diese Rohrleitungssysteme gestellt werden bezüglich innerer und äußerer Belastung, absoluter Dichtheit und Langlebigkeit, werden in besonderem Maße von Großrohren aus duktilem Gußeisen erfüllt. Die europäische Gußrohrindustrie ist in der Lage, Großrohre bis NW 2000 herzustellen und hat inzwischen schon eine ganze Reihe von Großobjekten bis NW 1600 ausgeführt.

2. Werkstoff und Werkstoffeigenschaften

Duktiles Gußeisen ist als Werkstoff für Rohre und Formstücke in DIN 28600 und in ISO (International Standard Organisation) 2531 genormt.

Die deutsche Norm umfaßt den Nennweitenbereich bis NW 1200 mit folgenden Werkstoffkennwerten:

	Zugfestigkeit N/mm²	Streckgrenze N/mm²	Bruchdehnung $L_0 = 5\,d_0$ %
Rohre	≧ 400	≧ 300	≧ 10
Formstücke	≧ 400	≧ 300	≧ 5

Die ISO-Norm erfaßt z. Z. den Nennweitenbereich bis NW 1000 mit folgenden Abweichungen:

Zugfestigkeit für Rohre und Formstücke: ≧ 420 N/mm²
Bruchdehnung für Rohre größer NW 1000: ≧ 8 %.
Eine Erweiterung der ISO-Norm bis NW 2000 ist in Vorbereitung.

3. Herstellung der Rohre und Formstücke

Großrohre (NW 700 bis NW 2000) werden – wie die Rohre kleinerer Nennweiten – im Schleuderguß-Verfahren in Stahlkokillen mit 6 bis 8 m Baulänge her-

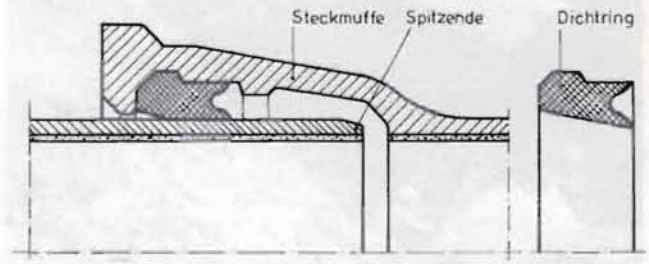


Bild 1: Steckmuffen-Verbindung System STANDARD

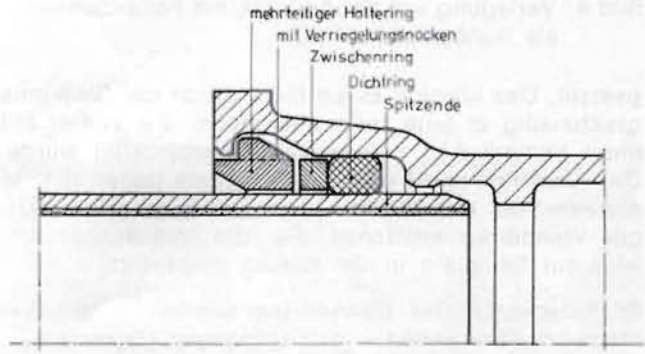


Bild 2: Steckmuffen-Verbindung System MATIC

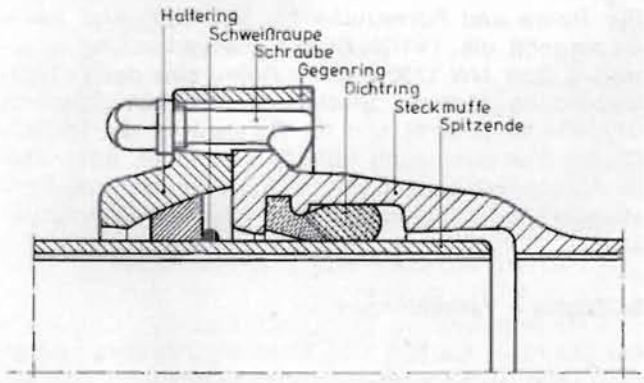


Bild 3: Steckmuffen-Verbindung System TYTON, schubgesichert

Bild 4: Verlegung von Großrohren, mit Folienbahnen als Sonderschutz

gestellt. Das flüssige Eisen fließt durch die Gießrinne gleichmäßig in eine rotierende Form, die vorher mit einer keramischen Schutzschicht ausgesprüht wurde. Die Fliehkraft preßt das flüssige Eisen gegen die Innenwand der Kokille und läßt so ein Rohr gleichmäßiger Wanddicke entstehen. Für die Muffeninnenform wird ein Sandkern in die Kokille eingesetzt.

Formstücke großer Nennweiten werden – wie bei kleineren Nennweiten – in Sandformen gegossen.

4. Verbindungen

Für Rohre und Formstücke bis NW 1200 wird heute vorwiegend die TYTON-Steckmuffenverbindung angewandt. Über NW 1200 wird für Rohre eine der TYTON-Verbindung ähnliche Steckmuffenverbindung System STANDARD (Bild 1) und für Formstücke die MATIC-Steckmuffenverbindung (Bild 2) verwendet. Allen Verbindungen ist gemeinsam, daß sie durch ihre Konstruktion axial beweglich und allseitig abwinkelbar sind.

5. Zugfeste Verbindungen

Für Gußrohre bis NW 1200 steht die TYS-Schubsicherung (Bild 3) zur Verfügung. Die Kraftübertragung erfolgt über einen mit kugeliger Außenfläche versehenen geschlitzten Haltering, der an der Schweißraupe anliegt und über einen Schubsicherungsring, der, um die volle Abwinkelbarkeit der Verbindung zu erhalten, innen kugelig ausgebildet ist. Gehalten wird dieser Ring durch Schrauben aus duktilem Gußeisen, die mit ihrer Haltenase hinter den Muffenbund greifen. Die zulässigen Nenndrücke für die Schubsicherung entsprechen DIN 28610.

Der Einsatz der Schubsicherung hat sich besonders beim Bau von Dükerleitungen durch Flüsse und als Ersatz von Betonwiderlagern in instabilen Böden und Steilhängen bewährt.

6. Innere und äußere Belastungen

Die Wanddicken der Rohre und Formstücke bis NW 2000 sind so bemessen, daß sie mindestens für einen Betriebsdruck von 16 bar geeignet sind. Auf Anfrage können Rohre und Formstücke auch für noch höhere Drücke geliefert werden.

Allgemein kann man sagen, daß bei Verlegung unter Dammbedingungen und der Verkehrslast SLW 60 bei Überdeckungshöhen zwischen 1 m und 3 m eine Proctordichte von 90 % ausreichend ist, um das Rohr statisch gesichert zu verlegen.

7. Innen- und Außenüberzüge

Serienmäßig werden duktile Großrohre innen mit Zementmörtel ausgekleidet. Die Schichtdicke der Zementmörtelauskleidung liegt je nach Nennweite zwischen 6 und 9 mm. Diese Auskleidung hat sich besonders durch die Verhinderung von Inkrustationen und gegenüber Angriffen von aggressiven Wässern bewährt. Außerdem verbessert die glatte Oberfläche des Zementmörtels die hydraulischen Eigenschaften der Rohre. Der Außenüberzug der Rohre und Formstücke besteht aus einer etwa 70 μm dicken bituminösen Schicht.

8. Sonderschutz durch Folie

Gußrohre sind für ihr gutes Korrosionsverhalten bekannt; jedoch in stark aggressiven Böden, wie z. B. in stark gipshaltigem Erdreich, müssen auch sie zusätzlich geschützt werden. Hier bietet sich die Umhüllung der Rohre mit Polyäthylen-Schlauchfolie an, da dieses Verfahren besonders preisgünstig, einfach und wirkungsvoll ist. Einfach und preisgünstig deshalb, weil die Folie erst auf der Baustelle aufgebracht wird und nur dort, wo der Boden wirklich aggressiv ist. Die günstigste Foliendicke beträgt ca. 0,2 mm; hierbei besitzt sie eine gute mechanische Festigkeit bei ausreichender Flexibilität. Die Schutzwirkung der Folie besteht im wesentlichen darin, daß sie die Berührung der Rohroberfläche mit dem Erdboden verhindert. Wie Untersuchungen gezeigt haben, verliert das zwischen Rohr und Folie eingesickerte Wasser, durch Reaktion mit der Rohrwand, seine Aggressivität. Ein Austausch des eingedrungenen Wassers wird durch die eng an der Rohrwand anliegende Folie weitgehend unterbunden.

Zur Verlegung der Folie werden vorwiegend die nachfolgend beschriebenen Verfahren angewandt:

a) Schlauchfolienverlegung

Vor der Verlegung des Rohres wird die im Durchmesser etwas größere Schlauchfolie vom Spitzende her auf das Rohr aufgezogen, eng angelegt und dann verklebt. Nach Herstellung der Verbindung wird die Muffe mit einer Folienbahn geschützt, die so bemessen ist, daß sie die Schlauchfolie des vorhergehenden und nachfolgenden Rohres überlappt.

Die Befestigung erfolgt mittels Klebeband oder umhülltem Draht.

b) Verlegung mittels Folienbahnen

Das Überziehen der Schlauchfolie kann bei schlechter Witterung schwierig werden. Hier ist es vorteilhaft, Folienbahnen zu verwenden, die in Umfangsrichtung des auf Kanthölzern liegenden Rohres überlappt verklebt werden (Bild 4). Der Schutz der Muffe erfolgt dann wie vorher beschrieben.

9. Verlegung von Großrohren

Sogar bei Großrohren ist wegen der einfach und schnell herzustellenden gummigedichteten Steckmuffenverbindung ein zügiger Baufortschritt gewährleistet. Prinzipiell lassen sich die Großrohre in ähnlicher Art und fast mit gleicher Schnelligkeit wie Rohre kleinerer Nennweiten verlegen. Die Verlegung erfolgt heute vorwiegend auf zwei Arten:

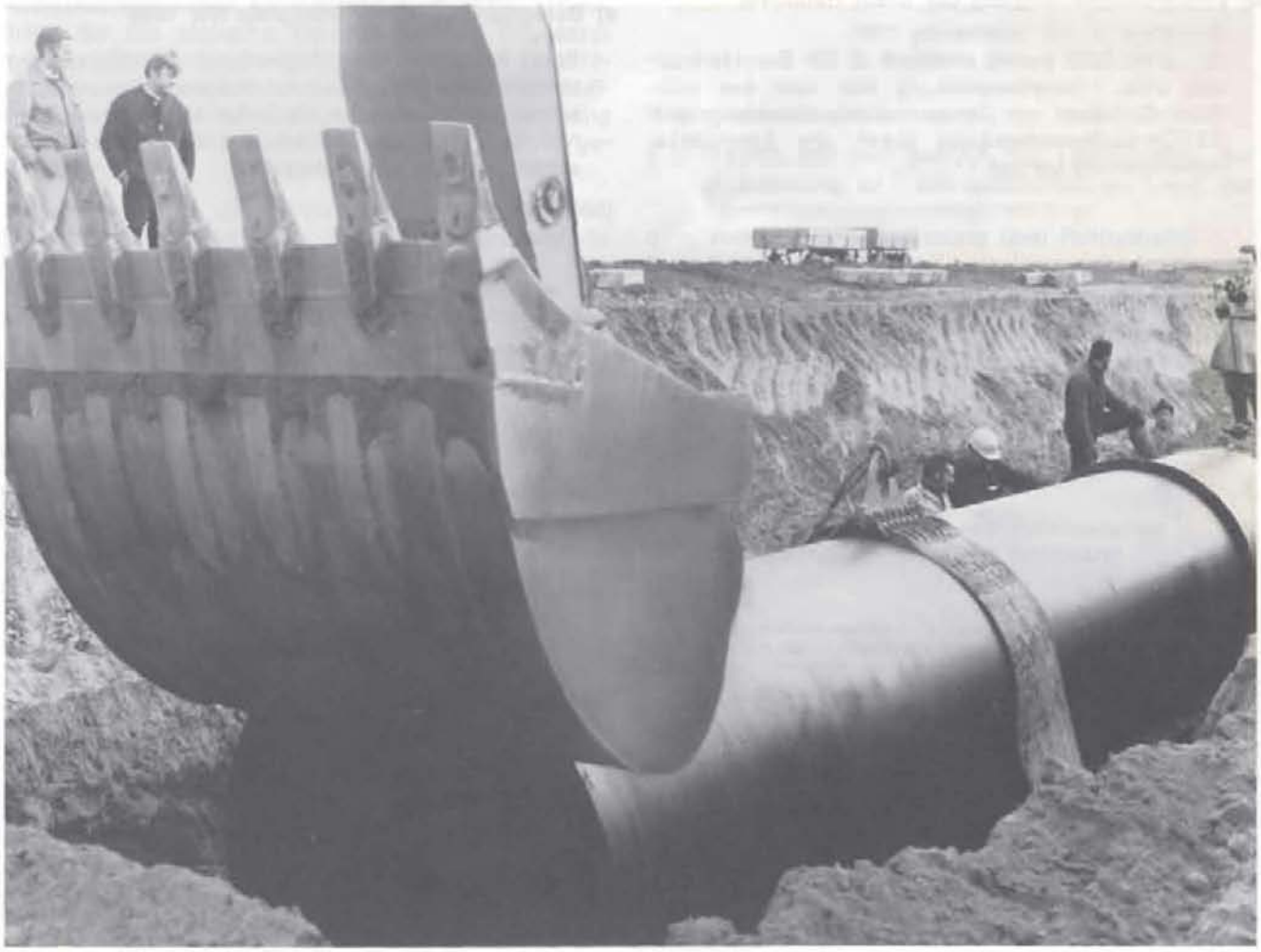
a) Zweikettenzuggerät oder Hydraulikzuggeräte

Ab NW 700 werden überwiegend zwei getrennt arbeitende Ketten- oder Hydraulikzüge zur Verlegung eingesetzt. Die Zuggeräte werden an beiden Seiten der Muffe des jeweils zu verlegenden Rohres angehängt. Durch die zweiseitige Steuerbarkeit ist ein zentrisches Einziehen des Spitzendes in die Muffe gewährleistet.

b) Verlegung mit Baggerlöffel

Überall dort, wo Grabenaushub und Rohrverlegung unmittelbar aufeinander folgen können, hat sich in

Bild 5: Verlegung von Großrohren mittels Baggerlöffel



letzter Zeit die Verlegemethode mit Hydraulikbaggern recht gut bewährt. Dabei wird nach dem Zentrieren des Spitzendes in der Muffe das Rohr mit dem Baggerlöffel langsam in die Muffe eingeschoben und dadurch die Verbindung hergestellt (Bild 5).

Auf diese Weise sind bei Verlegung von Rohren NW 1600 schon Tagesleistungen von 160 m erreicht worden.

10. Konstruktive Sonderheiten – SCHWEISSEN

Die Möglichkeit des Schweißens an duktilen Gußrohren im Herstellerwerk und auf der Baustelle hat eine Fülle neuer Anwendungsmöglichkeiten bei Rohren großer Nennweiten ergeben. Schweißkonstruktionen auf dem Druckrohrsektor werden vorwiegend zur Herstellung von Abzweigen eingesetzt und dienen somit zur Einsparung von Formstücken. Auf dem Abwassersektor dagegen sind erste Lösungen durch das Schweißen geschaffen worden, wie z. B. für Einstiegschächte, Schachteinbindungen und Anschlußstücke (Bild 6).

11. Anwendungsbeispiele für Großrohre aus duktilem Gußeisen

a) Trinkwasserversorgung der Stadt Hannover

Baulänge 20 km; Nennweite 1000

Im Jahre 1970 wurde erstmals in der Bundesrepublik eine Trinkwasserleitung NW 1000 aus duktilem Gußeisen mit Zementmörtelauskleidung und TYTON-Muffenverbindung durch die Stadtwerke Hannover AG verlegt.

b) Fernwasserleitung NW 1000 Nördliches Ruhrgebiet

Durch die Rhein.-Westfälische Wasserwerksgesellschaft Mülheim wurde 1970/71 eine 19 km lange Trinkwasserleitung NW 1000 mit TYTON-Langmuffen durch Bergsenkungsgebiet verlegt, wo mit erheblichen Absenkungen durch den Kohleabbau zu rechnen ist.

c) Abwassersammler NW 1200 in Sindelfingen

Da der Sammler durch ein Wasserschutzgebiet verlegt wurde, mußten die Rohrverbindungen und acht Schachtbauwerke gegen Auslaufen von Abwasser absolut dicht sein. Man wählte daher zementmörtelausgekleidete Gußrohre mit Steckmuffe. Dichten Anschluß an die Schächte erreichte man durch aufgeschweißte Mauerflansche.

d) Trinkwasserversorgung der Stadt Bordeaux

Baulänge 20 km; Nennweite 1400

Um den Bedarf an Trinkwasser für die Großstadt Bordeaux zu decken, wurde 1975 eine Ferntransportleitung aus duktilen Gußrohren NW 1400 gebaut.

e) Beregnungsanlage Vorderpfalz NW 1600

Zum Transport von Rheinwasser zur Beregnung landwirtschaftlich genutzter Flächen dienen Gußrohre der Nennweite 1600. An Verteilerleitungen NW 600 und NW 800 wurden die Hydrantenanschlüsse direkt angeschweißt.

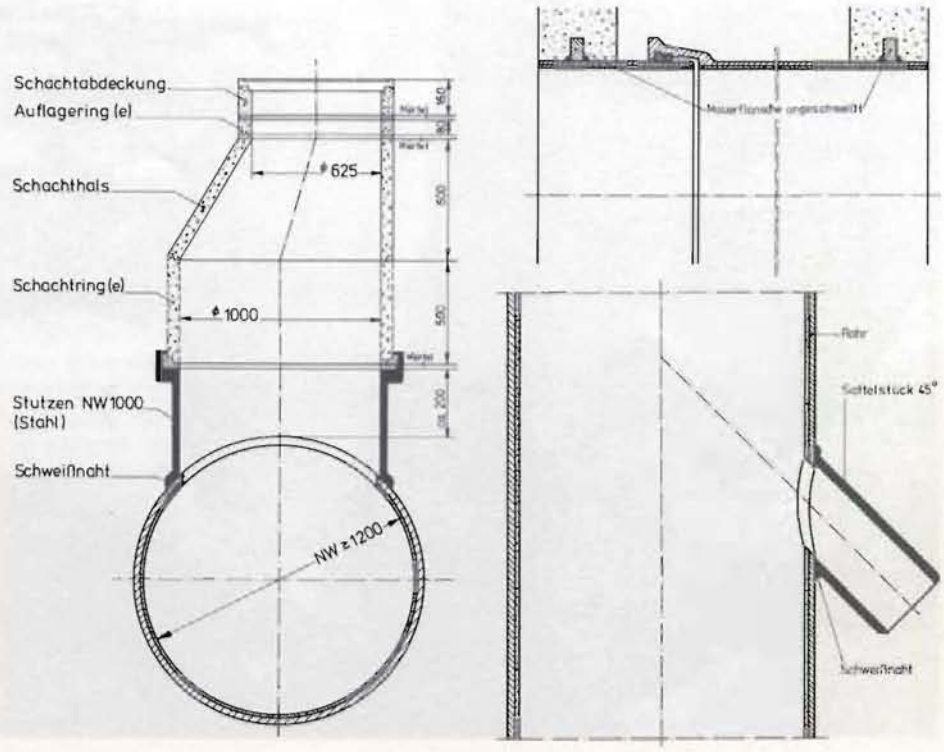


Bild 6: Schweißkonstruktionen für Einstiegschächte, Schachteinbindungen und Anschlußstücke

fgr

Ein neues Verfahren zur statischen Berechnung erdverlegter Rohre aus duktilem Gußeisen — Vergleich mit früheren Methoden

Von Hansgeorg Hein

1. Einleitung

In den letzten Jahren wurde der Anwendungsbereich duktiler Gußrohre beträchtlich erweitert, dies sowohl in bezug auf die Nennweite als auch auf die Art der Beanspruchung von außen und innen.

Um dabei zu wirtschaftlichen Abmessungen zu gelangen, wurde es notwendig, den das Rohr umgebenden Boden als tragendes Element in die Berechnung einzubeziehen, wobei dem duktilen Gußrohr seine hohe Verformbarkeit in besonderem Maße zugute kommt.

Die vorliegende Arbeit basiert auf dem Entwurf der Abwassertechnischen Vereinigung e. V. (ATV) „Richtlinien für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen, Teil 1" [1]. Die Übertragung der Ergebnisse auf Druckrohre aus duktilem Gußeisen ist ohne weiteres möglich, da die Berechnung dieser Rohre für äußere Belastung und Innendruck getrennt erfolgt [2].

Es wurden ferner die FGR-Informationen Nr. 1 (1966) [3], das Gußrohr-Handbuch II [4] und grundlegende Arbeiten von Leonhardt [5–8] verwendet.

2. Vorangegangene Berechnungsmethoden

Bei den vorangegangenen Methoden werden zwei Arten unterschieden.

2.1 Spannungsrechnung

Mit den vertikalen Belastungen aus Erdreich und Verkehr berechnet man die maximalen Ringbiegespannungen, die von der Art des Lastangriffes und der Auflagerausbildung abhängen. Die entlastende Wirkung des passiven Erddruckes wird dadurch berücksichtigt, daß man die vertikalen Lasten um einen willkürlichen Faktor reduziert. Der Einfluß der Rohrsteifigkeit findet in der Breite des das Rohr belastenden Erdprismas Eingang, indem die Belastungsbreite von B = Grabenbreite auf d_1 = Rohraußendurchmesser reduziert wird. Vorangehen muß in jedem Falle eine Unterscheidung nach Graben- oder Dammbedingungen.

Die Formel für die Berechnung des Biegemomentes M in der Rohrwand hat folgendes Aussehen [3]:

$$M = \beta \cdot q \cdot b \cdot r \qquad (1)$$

Hierin bedeuten:

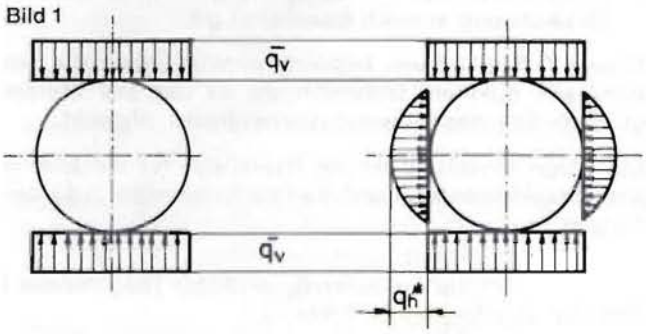
β = Faktor, der von der Art des Lastangriffes, der Auflagerung und der geometrischen Lage des Momentenbezugspunktes abhängt
q = vertikale Bodenpressung über Rohrscheitel
b = Breite des das Rohr belastenden Bodenprismas
r = mittlerer Rohrradius

Ebenso lassen sich die vertikalen Durchmesseränderungen Δ d nach folgender Beziehung berechnen:

$$\Delta d = \delta \cdot \frac{q \cdot b \cdot r}{E \cdot J} \qquad (2)$$

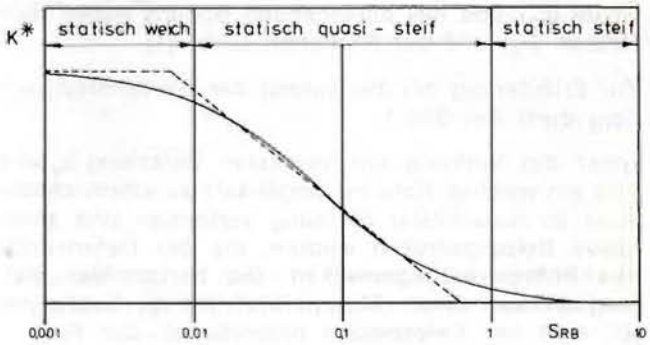
mit δ = Faktor (siehe β)
E = Elastizitätsmodul des Rohrmaterials
J = Trägheitsmoment der Rohrwand

Bild 1



a) steifes Rohr b) weiches Rohr

Bild 2



2.2 Verformungsrechnung

Diese Methode stützt sich auf Versuche, die von Watkins [9] an eingeerdeten Rohren durchgeführt wurden. Das Ergebnis ist eine Funktion, die das Verformungsverhältnis mit dem Steifigkeitsverhältnis von Rohr und Boden verknüpft [4].

$$\frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_B} = f\left(\frac{E_B}{E_R}\right) \qquad (3)$$

Es bedeuten:

ε_R = relative Durchmesseränderung des Rohres
ε_B = Setzung des Bodens, eine Funktion der Bodenspannung und der Verdichtung
E_B = Bodenmodul
E_R = Ringsteifigkeit des Rohres

In letzter Zeit haben neuere Versuche jedoch ergeben, daß die von Watkins angegebene Kurve im Bereich hoher E_B/E_R-Werte nicht zutrifft, so daß sie zur Berechnung großkalibriger Rohre aus duktilem Gußeisen nicht verwendet werden kann.

3. Neue Berechnungsmethode

Die neue Berechnungsmethode baut auf den Überlegungen von Watkins auf, als charakteristische Kenngröße erscheint die sogenannte Systemsteifigkeit S_{RB}, die folgender Beziehung gehorcht:

$$S_{RB} = \frac{S_R}{S_B} \qquad (4)$$

S_R ist die Rohrsteifigkeit

$$S_R = \frac{E \cdot J}{r^3} \qquad (5)$$

während S_B als horizontale Bettungssteifigkeit bezeichnet wird.

Die horizontale Bettungssteifigkeit S_B ist dem Steifemodul E_2 der Verfüllung proportional:

$$S_B = 0{,}6 \cdot \zeta \cdot E_2 \qquad (6)$$

Der Faktor 0,6 berücksichtigt die Spannungsausbreitung im Boden, während ζ eine Funktion der unterschiedlichen Steifemodulen des Bodens seitlich der Rohre (E_2) und des anstehenden Bodens neben dem Graben (E_3) und der Grabenbreite ist [1].

Zur Erläuterung der Bedeutung der Systemsteifigkeit S_{RB} dient das Bild 1.

Unter der Wirkung der vertikalen Belastung $\bar{q}_v$ wird sich ein weiches Rohr im Gegensatz zu einem steifen Rohr in horizontaler Richtung verformen und somit aktive Bettungsdrücke wecken, die der Deformation des Rohres entgegenwirken. Die horizontalen Bettungsdrücke, deren Maximalwert mit q_h^* bezeichnet ist, sind der Deformation proportional; der Proportionalitätsfaktor ist der sogenannte Seitendruckbeiwert K*, so daß

$$q_h^* = \bar{q}_v \cdot K^* \qquad (7) \text{ wird.}$$

($\bar{q}_v$ siehe 3.3)

Mit der allgemeinen Spannungs-Dehnungsbeziehung $q = \varepsilon \cdot E$ wird

$$K^* = \frac{\varepsilon_h \cdot E_h}{\varepsilon_v \cdot E_v} \qquad (8)$$

Hierin bedeuten E_h die horizontale Bettungssteifigkeit S_B, während E_v sich aus der Summe der horizontalen Bettungssteifigkeit S_B und dem Steifemodul des Rohres, der sich nur durch einen konstanten Faktor C von der Rohrsteifigkeit S_R unterscheidet, ergibt. Die Summation ist eine Folge der Parallelschaltung von zwei Einzelsteifigkeiten.

$$K^* = \frac{\varepsilon_h \cdot S_B}{\varepsilon_v (C \cdot S_R + S_B)} \qquad (9)$$

Durch Umformung geht K* in

$$K^* = \frac{C_1}{S_{RB} + C_2} \qquad (10) \text{ über,}$$

womit die Beziehung zur Systemsteifigkeit S_{RB} hergestellt ist; C_1 und C_2 sind hierin Konstanten, die von der Verteilung der Auflasten abhängen.

Für den Fall – entsprechend Bild 1 b –, wobei die horizontalen Bettungsdrücke parabelförmig über einen Winkel von 120° verteilt sind, wird

$$K^* = \frac{0{,}083}{S_{RB} + 0{,}066} \qquad (11).$$

Bild 2 zeigt K* als Funktion der Systemsteifigkeit S_{RB}.

Es lassen sich deutlich drei Abschnitte unterscheiden:

- Im Bereich $S_{RB} < 0{,}01$ sind die Rohre als statisch „weich" zu betrachten
- $S_{RB} > 1$ bezeichnet Rohre, die als statisch „steif" anzusehen sind
- dazwischen liegt ein Übergangsgebiet, für das die Bezeichnung statisch quasi-steif gilt.

Dieses Gebiet ist von besonderer Wichtigkeit für das Rohr aus duktilem Gußeisen, da es den bei weitem größten Teil des Anwendungsbereiches abdeckt.

Die obige Einteilung ist die Grundlage für die Ermittlung der Momente M und der Verformungen Δd_v des Rohres.

3.1 Das durch die Auflasten $\bar{q}_v$ erzeugte Biegemoment läßt sich in allgemeiner Form zu

$$M = Cm \cdot \bar{q}_v \cdot r^2 \qquad (12)$$

anschreiben, worin Cm ein von der Art der Beanspruchung und dem Momentenbezugspunkt abhängiger Beiwert ist.

$$Cm = C_3 - C_4 \cdot K^* \quad (13)$$

Die Formel läßt die Abhängigkeit von K^* und damit von der Systemsteifigkeit S_{RB} erkennen.

Für den in Bild 1 b gegebenen Belastungsfall wird

$$Cm = 0{,}250\left(1 - \frac{0{,}0604}{S_{RB} + 0{,}066}\right) \quad (14)$$

Um einen Vergleich mit früheren Berechnungsmethoden zu bekommen, werden die Gleichungen (1) und (12) herangezogen. Für den angegebenen Fall ist in (1) b = 2 r und für β der Wert 0,125 zu setzen, während q mit $\bar{q}_v$ identifiziert wird.

Der Vergleich der Formeln (1) und (12) ergibt dann für den Quotienten der Momentenbeiwerte

$$\frac{Cm}{2\,\beta} = 1 - \frac{0{,}0604}{S_{RB} + 0{,}066} \quad (15)$$

Bild 3 zeigt den Einfluß der Systemsteifigkeit auf das Biegemoment. Mit geringer werdender Systemsteifigkeit, d. h. in Richtung auf das „weichere" Rohr werden die Momente im Vergleich zu vorangegangenen Methoden stark reduziert. Dies gilt besonders für duktile Rohre großer Nennweiten, bei denen die Systemsteifigkeit i. a. kleiner als 0,1 ist.

3.2 Die gleichen Abhängigkeiten finden sich auch bei der Verformungsberechnung [3–8].

Als Ergebnis ergibt sich für das Verhältnis der Verformungsbeiwerte C_v (neu) und δ/2 (alt)

$$\frac{C_v}{\frac{\delta}{2}} = 1 - \frac{0{,}064}{S_{RB} + 0{,}066} \quad (16),$$

wobei die vertikale Durchmesseränderung Δd_v durch die Formel

$$\Delta d_v = \frac{C_v \cdot \bar{q}_v \cdot r^4}{J \cdot E} \quad (17)$$

mit dem Verformungsbeiwert C_v verknüpft ist.

Auch hier zeigt sich der entscheidende Einfluß der Systemsteifigkeit auf die Deformation des Rohres.

3.3 Auch bei der Ermittlung der Auflasten $\bar{q}_v$ wird ein teilweise anderer Weg beschritten. Die Auflast $\bar{q}_v$ ist die Differenz aus der vertikalen Belastung q_v und der horizontalen Belastung q_h.

Diese Annahme stützt sich auf die Tatsache, daß es einen allseitig angreifenden Belastungsanteil gibt, der nur vom horizontal wirkenden Erdruhedruck bestimmt wird, und der in der Rohrwand nur Ringdruckkräfte erzeugt. q_h ist durch den Erdruhedruckbeiwert K mit der nach der Silotheorie ermittelten Erdlast p verknüpft:

$$q_h = K \cdot n \cdot p \quad (18)$$

n ist hierbei der Konzentrationsfaktor für den Bereich neben dem Rohr.

Die Gesamtbelastung des Rohres q_v setzt sich aus der mit einem Konzentrationsfaktor m multiplizierten Erdlast p und der Verkehrslast p_v zusammen.

$$q_v = m \cdot p + p_v \quad (19)$$

Der Faktor m berücksichtigt die Lastkonzentration über dem Rohr; außerdem ist er eine Funktion der Überdeckungshöhe H, der Ausladungsziffer a und der Grabenbreite B. Der Grenzübergang für B ergibt die Bedingungen für die in einem Damm verlegte Leitung, so daß dieser Belastungsfall hier ebenfalls erfaßt ist.

4. Belastungsannahmen als Funktion der Systemsteifigkeit

Der Entwurf der ATV [1] unterscheidet lediglich zwei Belastungsfälle, deren Grenze der Wert $S_{RB} = 0{,}1$ ist:

$S_{RB} > 0{,}1$ steife Rohre
$S_{RB} < 0{,}1$ weiche Rohre

Bild 2 zeigt jedoch, daß der relativ große Übergangsbereich $0{,}01 \leq S_{RB} \leq 1$, in dem vor allem Rohre aus duktilem Gußeisen liegen, einer genaueren Analyse bedarf.

Für Rohre aus duktilem Gußeisen hat sich in Abhängigkeit von der Systemsteifigkeit folgende Aufteilung als praktisch erwiesen:

Tabelle 1

Bereich	K^*	Belastung Auflager	Cm Cv
$S_{RB} < 0{,}01$	1,25	2 × 90°	0,02375
		2 × 90°	−0,0060
$0{,}01 \leq S_{RB} < 0{,}1$	0,083	2 × 90°	0,250 − 0,181 K*
	$S_{RB} + 0{,}066$	2 × 90°	−0,166 + 0,128 K*
$0{,}1 \leq S_{RB} \leq 1$	0,105	2 × 90°	0,377 − 0,181 K*
	$S_{RB} + 0{,}066$	2 × 30°	−0,206 + 0,128 K*
$S_{RB} > 1$	0	2 × 90°	0,377
		2 × 30°	−0,206

Aus den Werten Cm und Cv lassen sich mit Hilfe der Formeln (12) und (17) die Momente und vertikalen Durchmesseränderungen bestimmen.

5. Vergleich von Ergebnissen bei Spannungsrechnungen

Im folgenden Bild 4 sind die Ergebnisse von Spannungsrechnungen nach beiden Methoden dargestellt. Die Kurven zeigen, daß die nach der neuen Methode ermittelten Spannungen erheblich unter denen einer früheren Rechnung liegen, die dem Gußrohr-Handbuch II [4] entnommen wurden. In beiden Fällen beträgt die Überdeckungshöhe H = 1 m, die Verkehrslast besteht aus einem SLW 60.

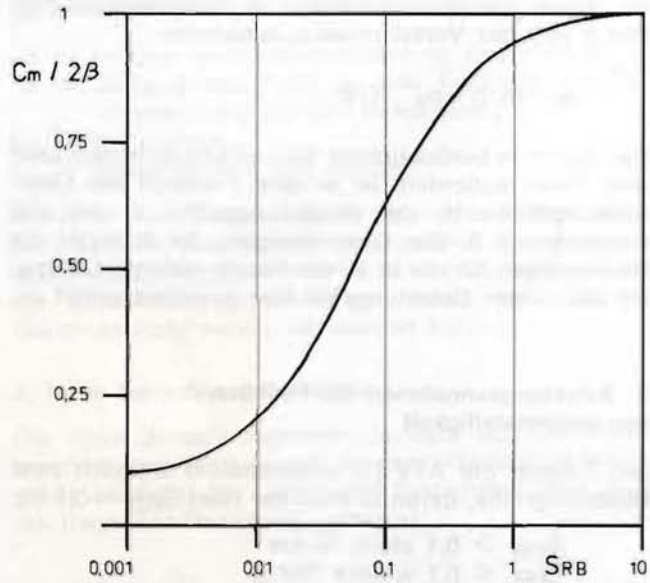


Bild 3

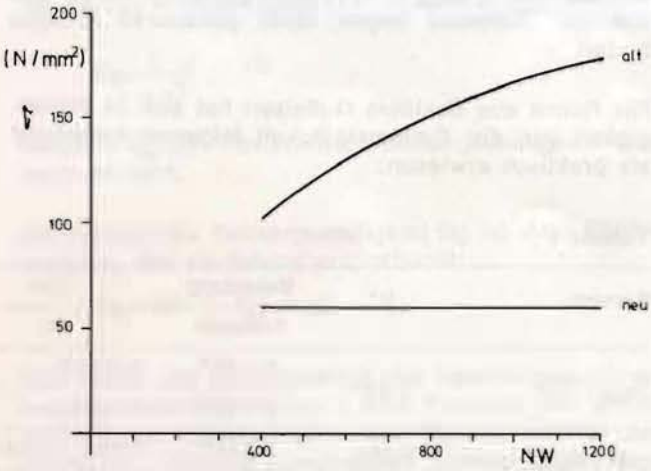


Bild 4

Literatur

[1] Richtlinien für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen
Teil 1: Lastermittlung – Entwurf

[2] Wellinger, K. und Gaßmann, H.
Die Berechnung duktiler Schleudergußrohre
Techn.-wiss. Berichte MPA Stuttgart (1965)

[3] Hein, H.
Berechnung von erdverlegten Rohren aus duktilem Gußeisen
FGR-Informationen für das Gas- und Wasserfach Nr. 1 (1966), S. 20–27

[4] Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre
Gußrohr-Handbuch II
Köln (1969), S. 164–189

[5] Leonhardt, G.
Die Belastung von Rohren verschiedener Steifigkeiten unter Berücksichtigung des Verformungsverhaltens des umgebenden Bodens
Straße–Brücke–Tunnel (Veröffentlichung in Vorbereitung)

[6] Leonhardt, G.
Einfluß der Bettungssteifigkeit auf die Tragfähigkeit und die Verformung von flexiblen Rohren
Straße–Brücke–Tunnel (1972) Heft 3, S. 63–68

[7] Leonhardt, G.
Die Belastung von starren Rohrleitungen unter Dämmen
Mitt. des Inst. f. Grundbau, Bodenmechanik und Energiewasserbau der TU Hannover (1973), Heft 4

[8] Leonhardt, G. und Hein, H.
Berechnung erdverlegter Großrohre aus duktilem Gußeisen
3 R international (1975) Heft 5, S. 280–284

[9] Watkins, R. K. und Smith, A. B.
Journal American Water Works Association
Vol. 59, No. 3 (1967)

Aus der Reihe:

„fgr Informationen für das Gas- und Wasserfach"

sind wegen der großen Nachfrage die Hefte 1 bis 3 leider vergriffen. Die Ausgaben 4 bis 11 stellen wir Ihnen bei Bedarf gerne noch zur Verfügung. Bitte, benutzen Sie den nachstehenden Bestellschein.

Bestellschein

Bitte übersenden Sie mir kostenlos folgende Ausgaben der fgr-Informationen

Heft 4: ☐ Heft 5: ☐ Heft 6: ☐

Heft 7: ☐ Heft 8: ☐ Heft 9: ☐

Heft 10 ☐ Heft 11: ☐

Gewünschtes bitte ankreuzen.

Name: _____

Anschrift: _____

Falls sich Ihre Anschrift ändert oder schon geändert hat, geben Sie uns bitte Ihre neue Anschrift bekannt:

Name: _____

bisherige Anschrift: _____

_____

neue Anschrift: _____

_____

Unsere Anschrift:

Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre · Postfach 16 01 76, 5 Köln 1

**Duktile Großrohre
NW 800 mit
TYTON-Verbindung
Wasserbeschaffungsverband
Taunus**