

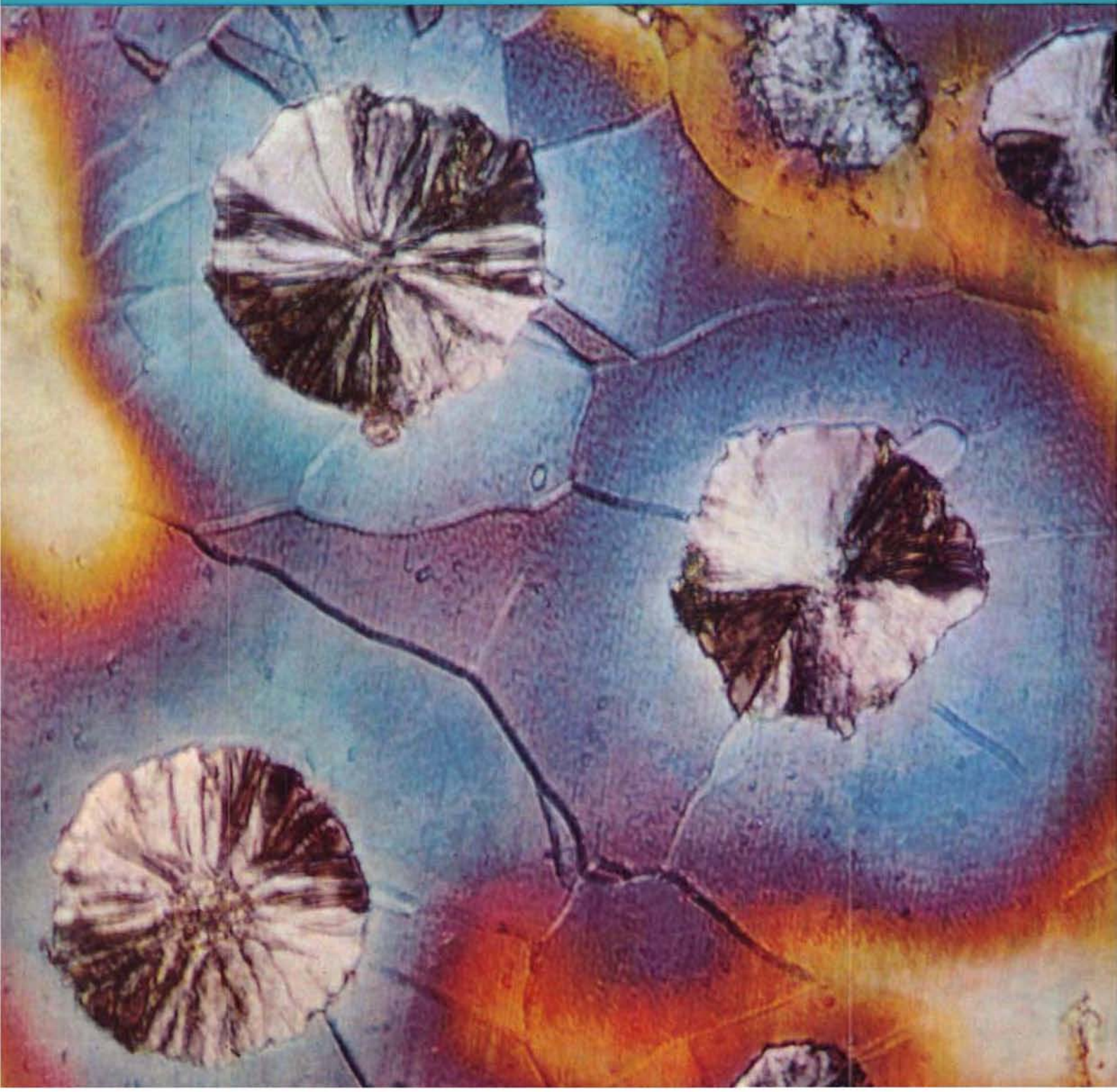
ROHRE für
GAS und
WASSER

fgr

Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre

4

Informationen für das
Gas- und Wasserfach



Inhalt

DIPL.-ING. HEINZ LOITZENBAUER

Die Verformung eingedeter duktiler Gußrohre, berechnet nach Reynold K. Watkins und Albert B. Smith

DIPL.-ING. KURT REEH UND
ING. HANS REEH

Formstücke aus duktilem Gußeisen

OBERING. DR.-ING. WOLF-DIETRICH GRAS

Eigenschaften und Bewährung von Zementmörtelauskleidungen in gußeisernen Druckrohren

DIPL.-ING. ROLAND RIPPEL

Die Verwendung duktiler Gußrohre in der Abwassertechnik

OBERING. DIPL.-ING. OTTO DINTELMANN

Duktile Gußrohre für Abwasserdruckleitungen

ING. RUDOLF ZIMMER

Transport, Verlegung und Bearbeitung von Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen

DIPL.-ING. NORBERT RAFFENBERG

Aus der Arbeit der Technischen Ausschüsse in der FGR

Herausgeber: Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre,
5 Köln 18, Konrad-Adenauer-Ufer 33, Postfach 37

Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt

Druck: Vulkan-Druck GmbH & Co. KG, Essen

Februar 1969

Titelbild:

Kugelige Graphitbildung bei duktilem Gußeisen.
Im Original-Foto: ca. 500fache Vergrößerung im
polarisierten Licht;
in dieser Druckwiedergabe ca. 1200fache Vergröße-
rung.

Die Verformung eingerdeter duktiler Gußrohre, berechnet nach Reynold K. Watkins und Albert B. Smith

Von HEINZ LOITZENBAUER

Früher [1] wurde bei der Berechnung von Rohren lediglich der Innendruck berücksichtigt. Außen angreifende Kräfte wurden vernachlässigt. Die immer besser werdende Werkstoffausnutzung zwang den Rohrkonstrukteur jedoch, sich auch mit der Wirkung dieser Kräfte zu befassen. Im Jahre 1913 berechnete Anson Marston [2] die Last des auf dem Rohr ruhenden Erdreiches und führte im Labor an Rohrabschnitten Dreipunkt-Scheitellast-Versuche durch. Die erhaltenen Werte verglich er miteinander und schloß daraus auf die notwendige Mindestwanddicke. Das Verfahren wird noch heute für starre Rohre [1] angewendet.

M. G. Spangler stellte fest [1, 3, 4], daß die Methode von A. Marston für verformbare Rohre unbefriedigende Ergebnisse lieferte. Bei diesen Rohren kommt es in der Erde zu einer Ringdurchbiegung, d. h. zu einer Veränderung des Rohrdurchmessers durch Belastung. Diese Ringdurchbiegung kann folgende Auswirkungen haben [5]:

1. das Rohr kann reißen
2. spröde Korrosionsschutzmittel können reißen (Innenbetonierung)
3. der Durchflußquerschnitt des Rohres wird vermindert
4. die Erdoberfläche über Rohren mit großem Durchmesser kann Risse und Einsenkungen erhalten.

M. G. Spangler beobachtete weiter, daß die Verformung eingerdeter Rohre wesentlich geringer war

als unter sonst gleichen Bedingungen beim Dreipunkt-Scheitellast-Versuch. Er führte diese Erscheinung darauf zurück, daß sich durch die Durchmesser-Vergrößerung ΔX in waagerechter Richtung ergibt (Bild 1). ΔX bewirkt die Entstehung eines Gegen-druckes im Boden, der der Verformung entgegenwirkt. Spangler nahm an, daß dieser sogenannte passive Erddruck h proportional $\Delta X/2$ ist. Die Proportionalitätskonstante e wurde Modul des passiven Erdwiderstandes genannt. Auf Grund dieser Überlegungen leitete M. G. Spangler die Iowa-Formel (benannt nach der Iowa-State-University) zur Berechnung der Ringdurchbiegung ab [6].

$$\Delta X = \frac{\delta \cdot P \cdot r^3}{E \cdot I + 0,061 \cdot e \cdot r^4}$$

δ = Konstante [7]

P = Scheitellast in kp/cm Rohrlänge

r = Mittlerer Rohrradius in cm

E = Elastizitätsmodul des Rohres in kp/cm²

I = Trägheitsmoment der Rohrwand in cm⁴/cm Rohrlänge

e = Erdwiderstandsmodul in kp/cm³

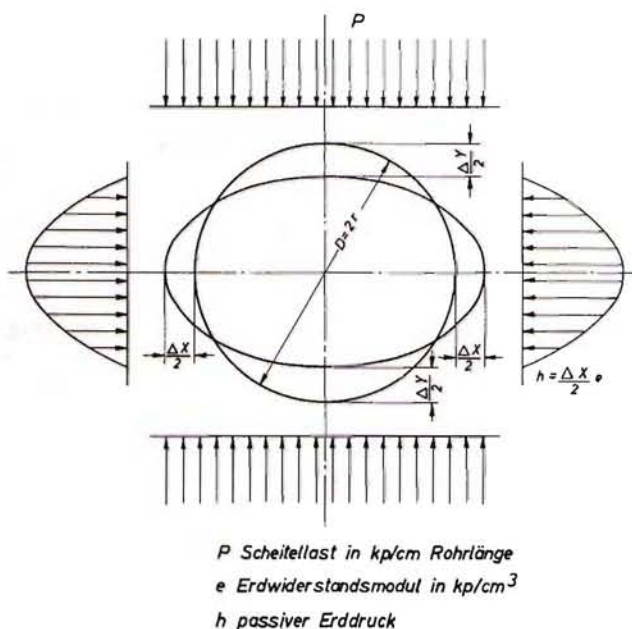


Bild 1: Grundlagen für die Ableitung der Iowa-Formel nach M. G. Spangler [6]

Für den vorliegenden Bericht wurden mit Wanddicken, die sich bei Nenndurchmesser aus dem Mindestgewicht ergeben, die Durchbiegungswerte duktiler Gußrohre aller genannten Nennweiten nach der Iowa-Formel berechnet (Bild 2, Kurve 2). Die Mindestwanddicken nach Norm wurden dazu nicht verwendet, da sie an einem Rohr nur örtlich begrenzt auftreten dürfen, andernfalls würde es sein Mindestgewicht nicht erreichen. Gußhaut und Korrosion wurde durch einen Abzug von 2,5 mm berücksichtigt. Die Scheitellast wurde nach dem von H. Hein [7] verwendeten Verfahren, das auf Marston [2], Roske [8] und Wetzorke [9] zurückgeht, ermittelt. Eine Überdeckungshöhe von 1 m, eine Verkehrslast SLW 60 nach DIN 1072 und ein Erdwiderstandsmodul von 0,55 kp/cm³ (nach Schafer und Kelley [1]) wurden zugrunde gelegt.

Die prozentuale Ringdurchbiegung ($100 \Delta Y/D$) steigt zunächst wegen der abnehmenden Ringsteifigkeit, wie zu erwarten, mit zunehmender Nennweite an. Bei NW 700 erreicht sie jedoch einen Höchstwert und sinkt anschließend wieder ab, was nicht einzusehen ist, da die Ringsteifigkeit ja weiter geringer wird.

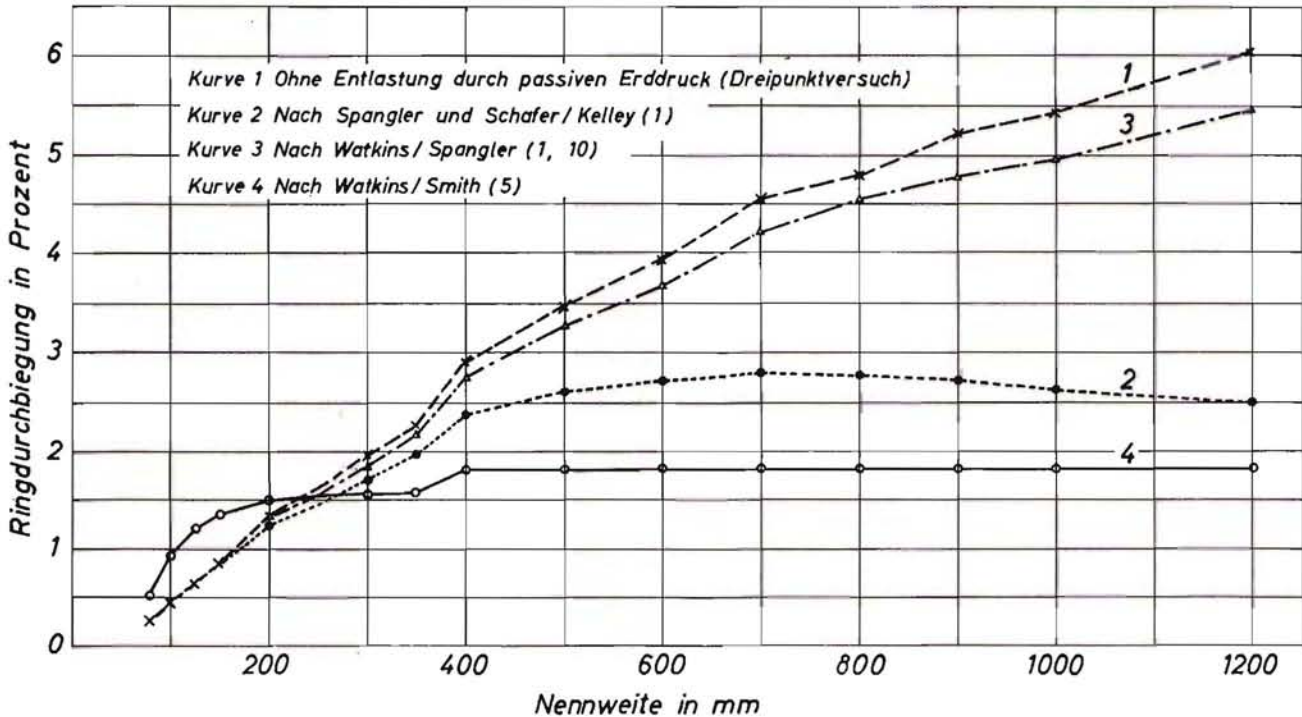


Bild 2: Vergleich von Ringdurchbiegungswerten eingeeerdeter duktiler Gußrohre mit 1 m Überdeckung unter Verkehrslast SLW 60 nach DIN 1072, nach verschiedenen Verfahren berechnet

Diese Erscheinung haben auch Schafer und Kelley [1] bei der Berechnung von Stahlrohren mit gleichmäßiger Wanddicke, aber zunehmendem Durchmesser beobachtet. Deshalb überprüften Watkins und Spangler [1, 10] im Jahre 1955 die Iowa-Formel. Sie stellten fest, daß der Erdwiderstandsmodul gar keine Eigenschaft des Bodens sein kann, da er nicht die Dimension eines Moduls Kraft/Fläche, sondern Kraft/Volumen aufweist. Sie führten deshalb den Bodenmodul $E' = e \cdot r$ ein. Die verbesserte Iowa-Formel bekam folgendes Aussehen:

$$\Delta X = \frac{\delta \cdot P \cdot r^3}{E \cdot I + 0,061 \cdot E' \cdot r^3}$$

Watkins gibt für E' einen Wert von 36 psi (2,53 kp/cm²) an. Berechnet man mit diesem Wert die Ringdurchbiegung duktiler Rohre (Bild 2, Kurve 3), so erkennt man, daß sie zwar nicht mehr ab einer bestimmten Nennweite abfällt, daß aber die Entlastung durch den passiven Erddruck sehr gering ist (unter 10 %). Dieser niedrige Wert widerspricht der Erfahrung. Dies dürfte jedoch weniger auf die Formel als vielmehr auf die Tatsache zurückzuführen sein, daß sich der Bodenmodul E' nur sehr schwierig und ungenau bestimmen läßt.

Watkins und Smith [1, 3, 5] führten daher umfangreiche Labor- und Feldversuche durch und entwickelten auf Grund der Ergebnisse eine neue, genauere Berechnungsmethode für die Ringdurchbiegung. Dabei gingen sie von folgenden Überlegungen aus (Bild 3). Man denke sich einen Boden, auf den keinerlei Kräfte — auch nicht das eigene Gewicht — wirken. Im Querschnitt eines solchen Bodens wäre der Umfang eines Rohrringes markiert (gestrichelte Linie in Skizze 1 von Bild 3). Wird dieser Boden durch einen Druck P belastet, und zwar so, daß er sich wohl in

senkrechter Richtung zusammendrücken, nicht aber in waagrechter Richtung ausdehnen kann, so nimmt der markierte Kreis die Form einer Ellipse an mit dem gleichen waagrechten Durchmesser D wie der ursprüngliche Kreis. Der senkrechte Durchmesser wird um den Betrag $\epsilon_B \cdot D$ kleiner, wobei

$$\epsilon_B = \frac{P}{E_B}$$

P = Druck in kp/cm²

E_B = Bodenmodul in kp/cm²

ϵ_B = Verformung

Ferner nehme man an, daß es möglich ist, den Boden aus dem markierten nunmehr zu einer Ellipse verformten Kreis zu entfernen, seine Form jedoch durch gedachte Kräfte zu halten. Außerdem muß ein Rohr-

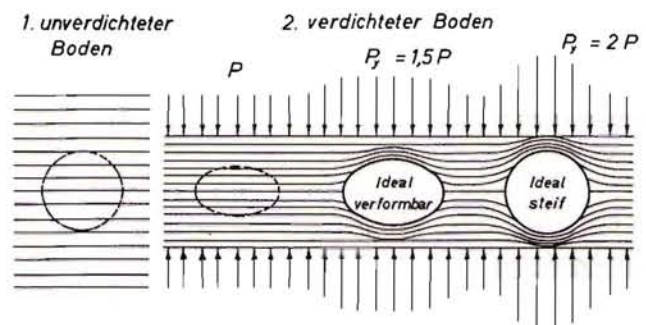


Bild 3: Grundlagen für die Theorie von Watkins und Smith [5] für die Verformung von Rohren

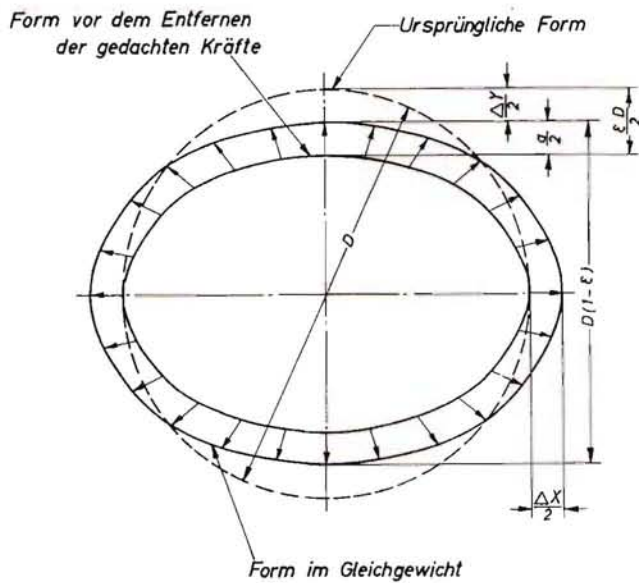


Bild 4: Gedankenmodell zur Verformung ideal verformbarer Rohre

abschnitt durch gedachte radiale Kräfte in allen Richtungen so verformt werden, daß er in das gebildete Loch paßt. Wenn man nun nach Einschieben des Rohres die gedachten Kräfte entfernt, so wird es sowohl in senkrechter als auch horizontaler Richtung gegen den Boden drücken. Wie groß diese Drücke sind und in welchem Verhältnis sie zueinander stehen, hängt

von der Beschaffenheit des eingeschobenen Rohres ab.

Handelt es sich um ein ideal steifes Rohr, so wird es gegen den Bodendruck seine ursprüngliche Form wieder einnehmen (durch die gedachten Kräfte muß es aber verformbar gewesen sein). Der Druck in waagrechtlicher Richtung ist dann gleich Null. In senkrechter Richtung wird der Boden um den gleichen Betrag zusammengedrückt, um den die ringförmige Markierung vorher in ihrer Höhe reduziert wurde. Der Bodendruck über dem Scheitel des Rohres verdoppelt sich also gegenüber dem ursprünglichen Druck P. Die Ringdurchbiegung eines vollkommen steifen Rohres ist gleich Null.

Der zweite Extremfall wäre der eines ideal verformbaren Rohres. Einen Ring aus einem solchen Rohr könnte man mit einem Uhrband vergleichen. Das heißt, da sein Umfang konstant ist, kann er Druck, der von allen Seiten kommt, aufnehmen, so lange er nicht einknickt. Einseitiger Druck dagegen wird zu einer Verformung führen. Nach Entfernen der gedachten Kräfte — diese müssen aber in der Lage sein, den Umfang eines solchen Ringes zu verkleinern, da er sonst ja nicht in den Hohlraum einzuschieben wäre — wird sich das Rohr so lange in allen Richtungen ausdehnen, bis Gleichgewicht herrscht. Ist der Bodenmodul konstant und in allen Richtungen gleichmäßig, so wird die Ausdehnung in allen Richtungen um den gleichen Betrag $\frac{a}{2}$ (Bild 4) erfolgen, denn der

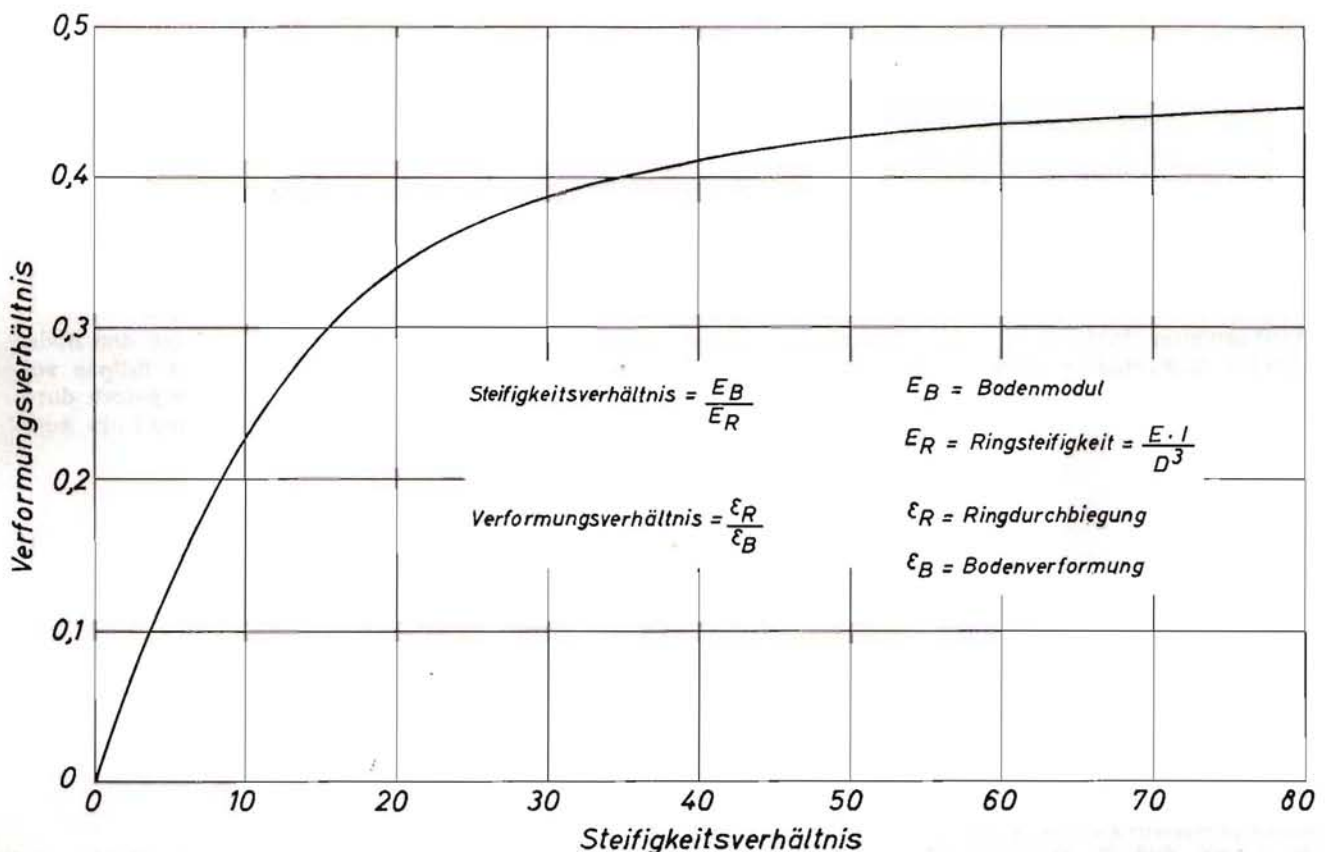


Bild 5: Abhängigkeit des Verformungsverhältnisses vom Steifigkeitsverhältnis verformbarer Rohre

Ring ist ja nur bestrebt, seinen ursprünglichen Umfang wieder zu erreichen. Es ist daher $\frac{\Delta X}{2}$ gleich $\frac{a}{2}$.

Da aber wegen der Forderung des konstanten Umfanges $\frac{\Delta X}{2}$ etwa gleich sein muß $\frac{\Delta Y}{2}$, ist $\frac{\Delta Y}{2}$ auch gleich $\frac{a}{2}$ und deshalb

$$\frac{\Delta Y}{2} = \frac{\epsilon_B \cdot D}{4}$$

$$\frac{\Delta Y}{D} = \frac{\epsilon_B}{2}$$

Verhältnisses Bodenmodul zu Rohr-(Ring-)Steifigkeit zwischen dem 0- und 0,5fachen der Bodenverformung schwanken.

$$\frac{\epsilon_R}{\epsilon_B} = f \left(\frac{E_B}{E_R} \right)$$

$$E_R = \frac{E \cdot I}{D^3}$$

E_R = Ringsteifigkeit in kp/cm^2

$$\epsilon_R = \frac{\Delta Y}{D} = \text{Ringdurchbiegung}$$

E = Elastizitätsmodul des Rohrwerkstoffes in kp/cm^2

I = Trägheitsmoment der Rohrwand je Längeneinheit des Rohres in cm^4/cm

Das heißt, daß bei vollkommen verformbaren Rohren die Ringdurchbiegung gleich der halben Verformung ist, die der Boden ohne Vorhandensein eines Rohres unter gleichem Druck erleiden würde.

Bei realen Rohren, die in ihrer Verformbarkeit zwischen den ideal steifen und ideal verformbaren liegen, wird die Ringdurchbiegung je nach Größe des

Watkins und Smith [5] haben diesen Zusammenhang quantitativ untersucht (Bild 5).

Zur Bestimmung von E_B haben sie Druck-Setzungs-Kennlinien verschiedener Böden mit unterschiedlichen Verdichtungen ermittelt (Bild 6). Sie stellten fest, daß E_B im wesentlichen von der Verdichtung, ausgedrückt

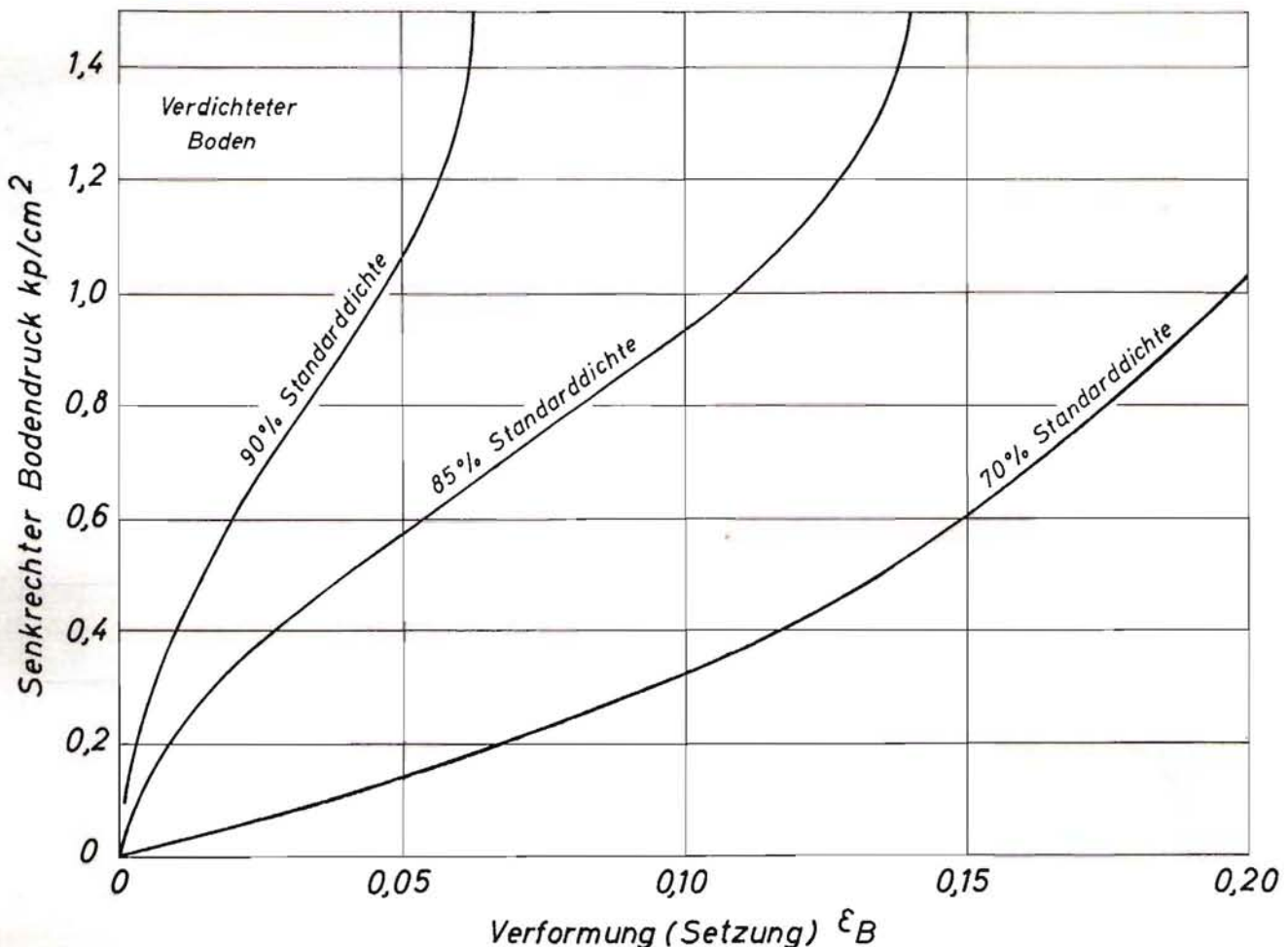


Bild 6: Spannungs-Setzungs-Kennlinien von Böden mit verschiedenen Verdichtungsgraden

als Prozentsatz der Standard-Dichte [11, 12], abhängt. Die Werte sind für 90 %, 85 % und 70 % Standard-Dichte angegeben. 90 % stellt die untere Grenze verdichteter Böden dar. Mit diesem Wert wurden für die oben beschriebenen Bedingungen die Ringdurchbiegungswerte duktiler Rohre berechnet (Kurve 4 in Bild 2). Diese bleiben bei Nennweiten über NW 400 etwa konstant. Diese Rohre sind fast vollkommen verformbar, ihre Verformung hängt im wesentlichen nur noch vom Bodenmodul ab und beträgt fast die Hälfte der Bodenverformung ϵ_B .

Außerdem wurden berechnet

die Verformbarkeit von genormten duktilen Rohren NW 80 bis 1200 in Abhängigkeit vom Bodendruck (Bild 7),

die Verformung dieser Rohre (nur NW 100, 200, 300, 600 und 1200) durch SLW in Abhängigkeit von der Überdeckungshöhe (Bild 8).

Bei diesen Berechnungen wurden bezüglich Wanddicke die oben beschriebenen Annahmen getroffen. Zur Berechnung des Bodendrucks wurde das ebenfalls oben beschriebene Verfahren angewendet.

Aus den Ergebnissen kann erneut der Schluß gezogen werden, daß die in den Normen festgelegte Wanddicke duktiler Rohre nicht nur ausreichend ist, sondern noch eine erhebliche Sicherheitsreserve enthält. Als zulässige Ringverformung wird von Watkins und Smith [5] mit einem Sicherheitsfaktor von 1,5 ein Wert von 2 % angegeben, wobei sich im Zement keine Risse mit einer Spaltbreite von über 0,01 Zoll ($\sim 0,25$ mm) bilden. Es ergeben sich daraus Mindestüberdeckungshöhen bei der höchstzulässigen Verkehrslast SLW 60 von 90 cm. Diese wird wohl überall eingehalten, wobei gar nicht berücksichtigt wurde, daß für den Straßenunterbau wesentlich höhere Verdichtungen als 90 % der Standard-Dichte vorgeschrieben sind [13]. Bei höheren Verdichtungen liegt der Bodenmodul bei höheren Werten, was geringere Verformungen des Rohres bewirkt und daher zusätzliche Sicherheit bedeutet. Die hier mit 90 % der Standard-Dichte errechneten Verformungswerte können daher als Höchstgrenzen angesehen werden.

Anmerkung:

Die Berechnungen zu dieser Untersuchung wurden im Technischen Rechenzentrum der Rheinischen Stahlwerke durchgeführt.

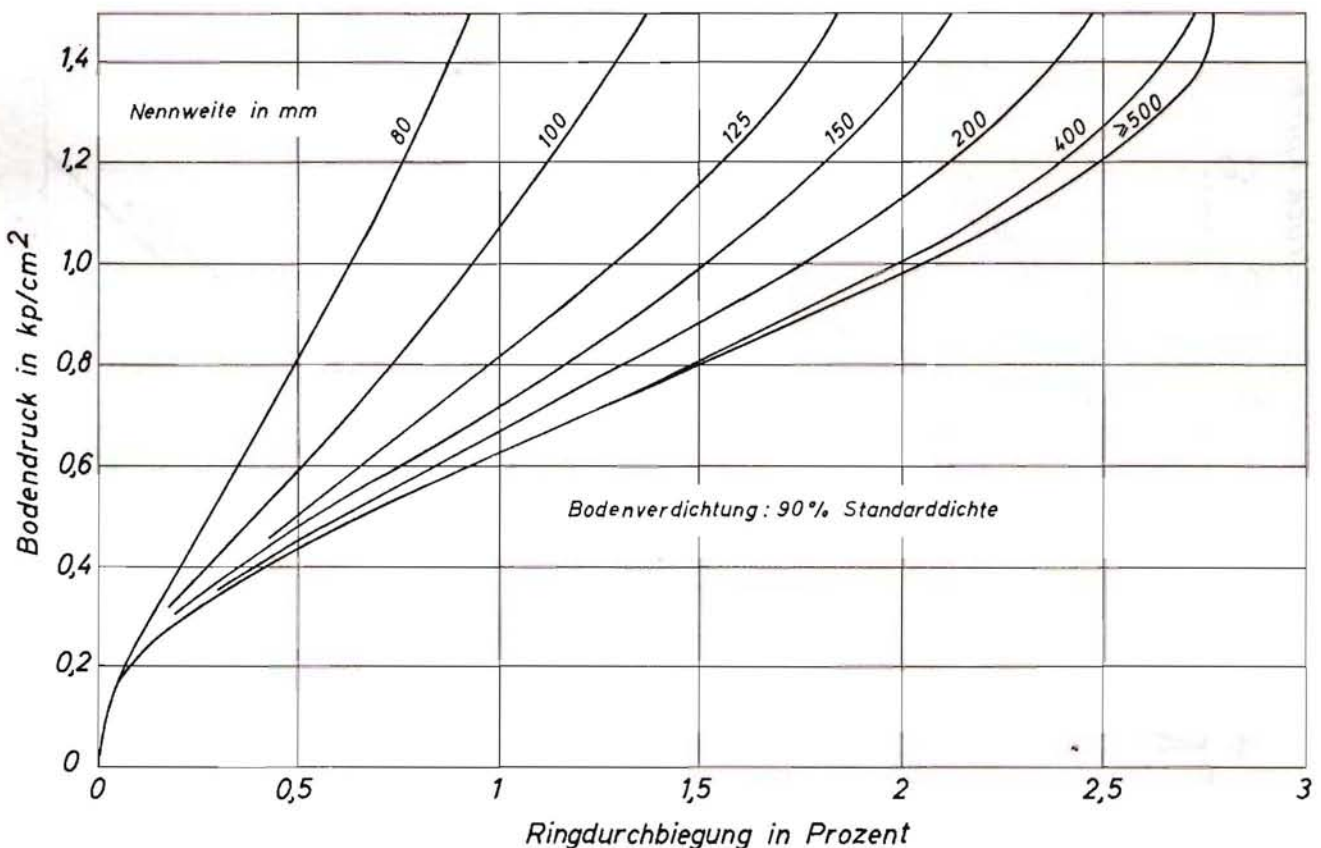


Bild 7: Änderung des Rohrdurchmessers (Ringdurchbiegung) in Abhängigkeit vom Bodendruck bei duktilen Gußrohren

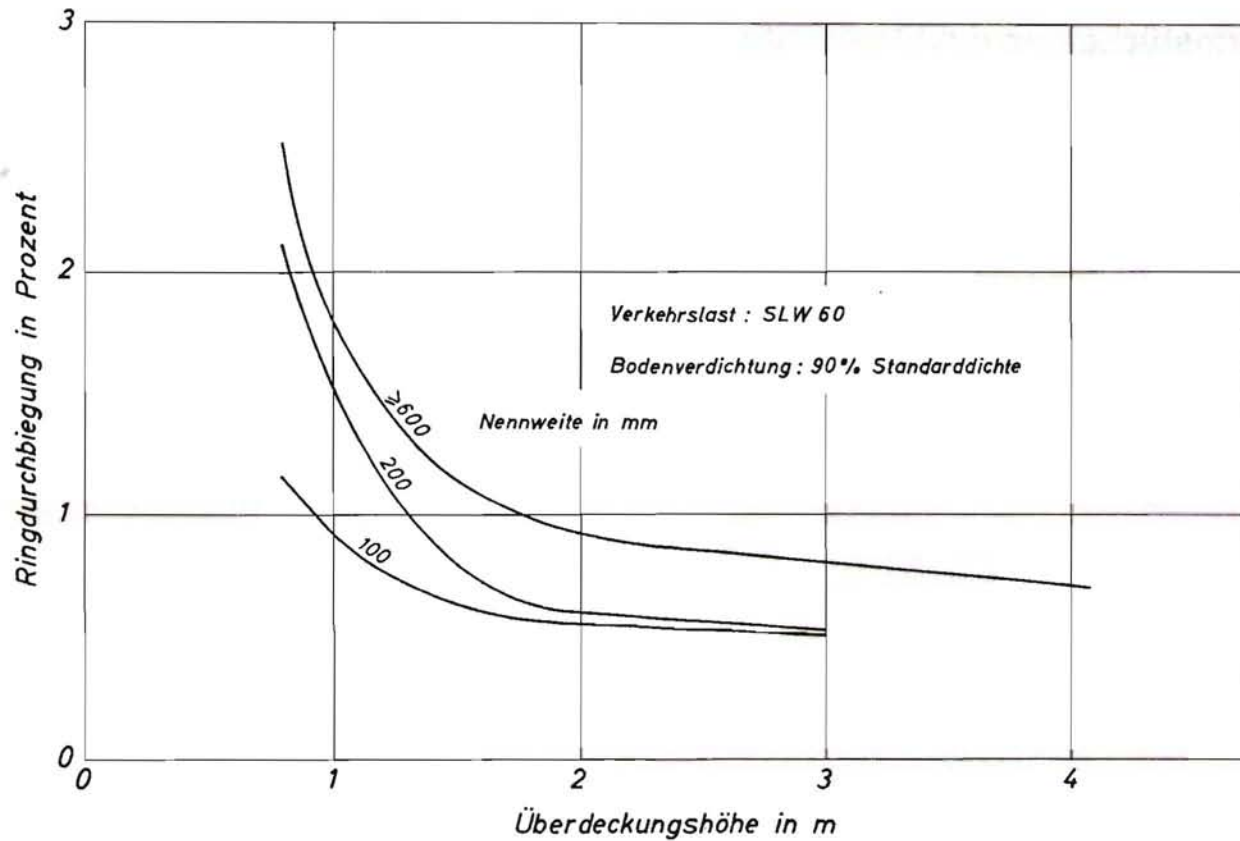


Bild 8: Ringdurchbiegung von duktilen Gußrohren unter Verkehrslast SLW 60 nach DIN 1072

Literaturübersicht:

- [1] K. Watkins, Bulletin, Engineering Experiment Station Utah State University Logan, Utah, Mai 1967
- [2] A. Marston und A. O. Anderson, Bulletin 31, Iowa Engineering Experiment Station, Ames, Iowa, 1913
- [3] K. Watkins, Journal of the Pipeline Division, ASCE Nov. 1967, Seite 5586
- [4] M. G. Spangler, Soil Engineering, International Textbook Co, 2nded, Scranton, 1960
- [5] R. K. Watkins u. A. B. Smith, Journal American Water Works Association, Vol. 59, No. 3, März 1967
- [6] M. G. Spangler, Iowa Engineering Experiment Station Bulletin 153, 1941
- [7] H. Hein, Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre, Information für das Gas- und Wasserfach, Nr. 1, 1966
- [8] K. Roske, Betonrohre nach DIN 4032, Berlin 1961
- [9] M. Wetzorke, Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Hochschule Hannover, Heft 5, 1960
- [10] R. K. Watkins und M. G. Spangler, Highway Research Board Proceedings, Vol. 37, 1958, S. 576
- [11] Merkblatt für bodenphysikalische Prüfverfahren im Straßenbau, Köln, 1963
- [12] ASTM D 698 — 645, August 1964
- [13] Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE — StB 65), Bundesministerium für Verkehr, Ausgabe 1965

Formstücke aus duktilem Gußeisen

Von KURT REEH und HANS REEH

Bei den ersten duktilen Gußrohrleitungen — es handelte sich vornehmlich um Leitungen mit großen Beanspruchungen — wurden zunächst nahezu ausschließlich Formstücke aus Grauguß verwendet. Bei den Grauguß-Formstücken ist es, bedingt durch ihre kompakte Ausführung mit dicken Doppelmuffen und großen Wanddicken, im Betrieb praktisch auch nie zu Schwierigkeiten gekommen. Es ist daher verständlich, daß auf dem Formstücksektor anfangs noch nicht so sehr wie bei den Rohren die Forderung nach dem duktilen Werkstoff erhoben wurde. So hat man in den vergangenen Jahren auch nur vereinzelt in Sonderfällen, wie z. B. bei Dükerleitungen, bei denen die reinen Materialkosten gegenüber den Gesamtbaukosten von geringerer Bedeutung sind, Formstücke aus duktilem Gußeisen eingesetzt. Diese ersten duktilen Formstücke wurden zwangsläufig nach den vorhandenen Grauguß-Modellen abgegossen, d. h. in der Form und mit den Abmessungen der Formstücke aus Grauguß. Sie waren um rund 50 % teurer als die entsprechenden Grauguß-Formstücke, da die Einsatz-, Schmelz- und Behandlungskosten beim duktilen Gußeisen wesentlich höher liegen als beim Grauguß.

Mit der steigenden Verlegung duktiler Gußrohre verstärkte sich jedoch im Laufe der Zeit bei den Verbrauchern der Wunsch, zu den duktilen Gußrohren auch duktile Formstücke zu erhalten, und zwar in werkstoffgerechter Ausführung und gleichsam zu marktgerechten Preisen.

Die ersten Konstruktionsvorschläge für derartige werkstoff- und marktgerechte duktile Formstücke stammen bereits aus dem Jahre 1960. Von Anfang an wurde dabei, in enger Zusammenarbeit zwischen der deutschen Gußrohrindustrie und den anderen maßgebenden europäischen Gußrohrherstellern, das Ziel verfolgt, ein einheitliches, auf die Wünsche der Verbraucher und auf den Werkstoff duktilen Gußeisen abgestimmtes Formstückprogramm aufzustellen. Fertigungstechnische und volkswirtschaftliche Überlegungen führten zu Konstruktionen mit gegenüber Grauguß-Modellen verringerten Wanddicken und kürzeren Baulängen.

Im Gegensatz zu den Rohren, die heute üblicherweise im Schleudergießverfahren hergestellt werden, erfolgt die Herstellung der Formstücke im Sandgußverfahren. Bei den Schleudergußrohren ist es relativ einfach, die besseren Festigkeitseigenschaften des duktilen Gußeisens dadurch auszunutzen, daß man die Wanddicke des Rohrschaftes durch eine geringere Zufuhr von flüssigem Eisen während des Schleudervorganges verringert. Bei der Fertigung von Formstücken ist die Werkstoffausnutzung nicht so einfach möglich, da das Sandgußverfahren die Verwendung besonderer Modelle und Kerne bedingt. Neue Formstück-Konstruktionen machen daher grundsätzlich entsprechende Modelländerungen bzw. ganz neue Modelle erforderlich.

Die geplante Umstellung auf duktile Formstücke mit kürzeren Baulängen und verringerten Wanddicken, also praktisch mit ganz neuer Formgebung, erforderte die Schaffung eines vollständig neuen Modellparks. Wegen der damit verbundenen hohen Investitionskosten war eine vorherige eingehende Abstimmung zwischen Verbrauchern und Herstellern unumgänglich. Eine solche Umstellung konnte nicht von heute auf morgen erfolgen, zumal nicht nur intensive Vorarbeiten auf nationaler, sondern auch langwierige Verhandlungen auf internationaler Ebene erforderlich waren.

Bei der Entwicklung des neuen duktilen Formstück-Programms mußte eine Reihe von grundsätzlichen Forderungen, die von seiten der Verbraucher und der Hersteller gestellt wurden, beachtet werden. Im wesentlichen handelte es sich um folgende Forderungen:

1. Schaffung werkstoffgerechter und kostengünstiger Formstücke
2. Gleicher Anwendungsbereich für die Formstücke wie für die Rohre
3. Verwendung von Doppelmuffen-Formstücken
4. Typenvereinfachung durch Verzicht auf ungängige Formstücke
5. Vereinheitlichung des Formstückprogramms durch Normung
6. Gute Verlegbarkeit und Gewähr für ein einwandfreies Anbringen von Widerlagern bzw. Verankerungen.

Die Beachtung dieser Grundforderungen führte zu folgenden konstruktiven und technologischen Festlegungen:

1. Schaffung werkstoffgerechter und kostengünstiger Formstücke

Diese Forderung war — wie bei den einleitenden Ausführungen bereits erwähnt — nur durch vollständig neue Formgebung der duktilen Formstücke zu erfüllen. Die Voraussetzung hierzu war jedoch, vom Werkstoff her, durch Ausnutzung der gegenüber Grauguß höheren Festigkeitseigenschaften und des beachtlichen Verformungsvermögens von duktilem

Gußeisen ohne weiteres gegeben. In den Technischen Lieferbedingungen DIN 28600, Ausgabe August 1968, sind im Abschnitt 5.7.2 „Festigkeitseigenschaften“ für Formstücke aus duktilem Gußeisen folgende Werkstoffkennwerte festgelegt:

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| Zugfestigkeit mindestens | 40 kp/mm ² |
| Streckgrenze mindestens | 30 kp/mm ² |
| Bruchdehnung mindestens | 5 ‰ |

Diese gegenüber Grauguß höheren Festigkeitseigenschaften wurden nun bei der Gestaltung der neuen duktilen Formstücke in mehrfacher Hinsicht ausgenutzt.

So konnten die Wanddicken der Formstücke aus duktilem Gußeisen gegenüber Grauguß sowohl am Schaft als auch an der Muffe bzw. am Flansch wesentlich verringert werden. Die für das Festigkeitsverhalten besonders wichtigen Schaftwanddicken „s“ der duktilen Formstücke wurden in linearer Abhängigkeit von der Nennweite festgelegt. Sie liegen, je nach Formstücktyp, aber immer noch um 20 bzw.

40 ‰ über den Wanddicken der entsprechenden in DIN 28610, Ausgabe August 1968, genormten duktilen Gußrohre. Der Wert von 40 ‰ gilt für die Abzweigformstücke (MMA-, MMB- und T-Stücke), der Wert von 20 ‰ für alle übrigen Formstücke einschließlich der Bogenformstücke. Mit den so festgelegten Wanddicken werden örtliche Überbeanspruchungen, die sich aus der Form eines Formstückes ergeben können, im Betrieb mit Sicherheit aufgenommen. Bild 1 zeigt die lineare Abhängigkeit der Wanddicken „s“ von der Nennweite sowohl bei den duktilen Formstücken als auch bei den Grauguß-Formstücken. Daraus ist auch zu ersehen, daß z. B. die duktilen Abzweigformstücke bei NW 100 um ca. 20 ‰ und bei NW 1200 um ca. 34 ‰ geringere Wanddicken als die entsprechenden Grauguß-Formstücke aufweisen.

Die Baulängen der neuen duktilen Formstücke sind insbesondere unter Berücksichtigung verlege- und fertigungstechnischer Gesichtspunkte ebenfalls möglichst klein gehalten worden. War es bei den Muffenformstücken möglich, die Baulängen sehr stark

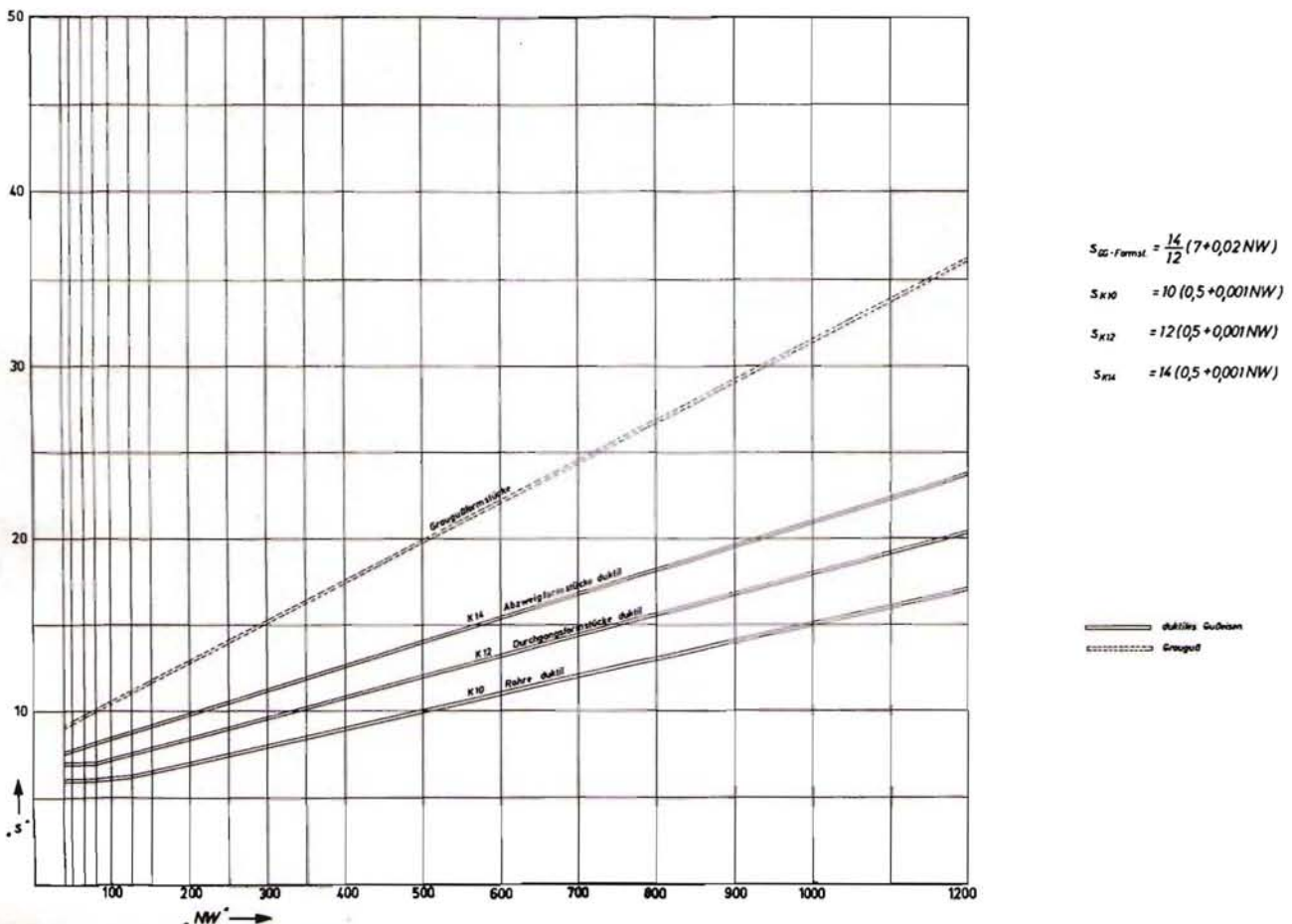


Bild 1: Gegenüberstellung der Wanddicke „s“ bei duktilem Gußeisen und bei Grauguß

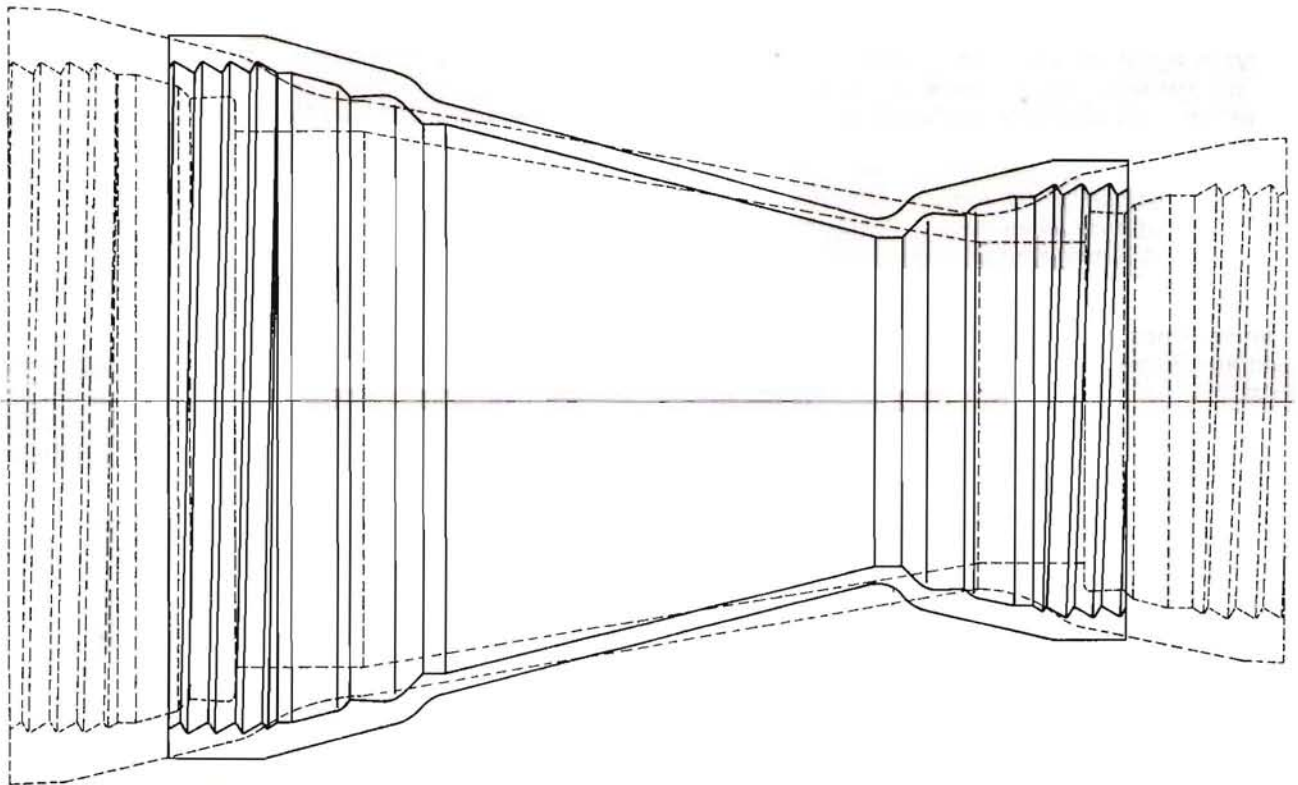


Bild 2: Gegenüberstellung der Baulängen des MMR-Stückes NW 250 x 150 aus duktilem Gußeisen und aus Grauguß

GGG ———
GG - - - - -

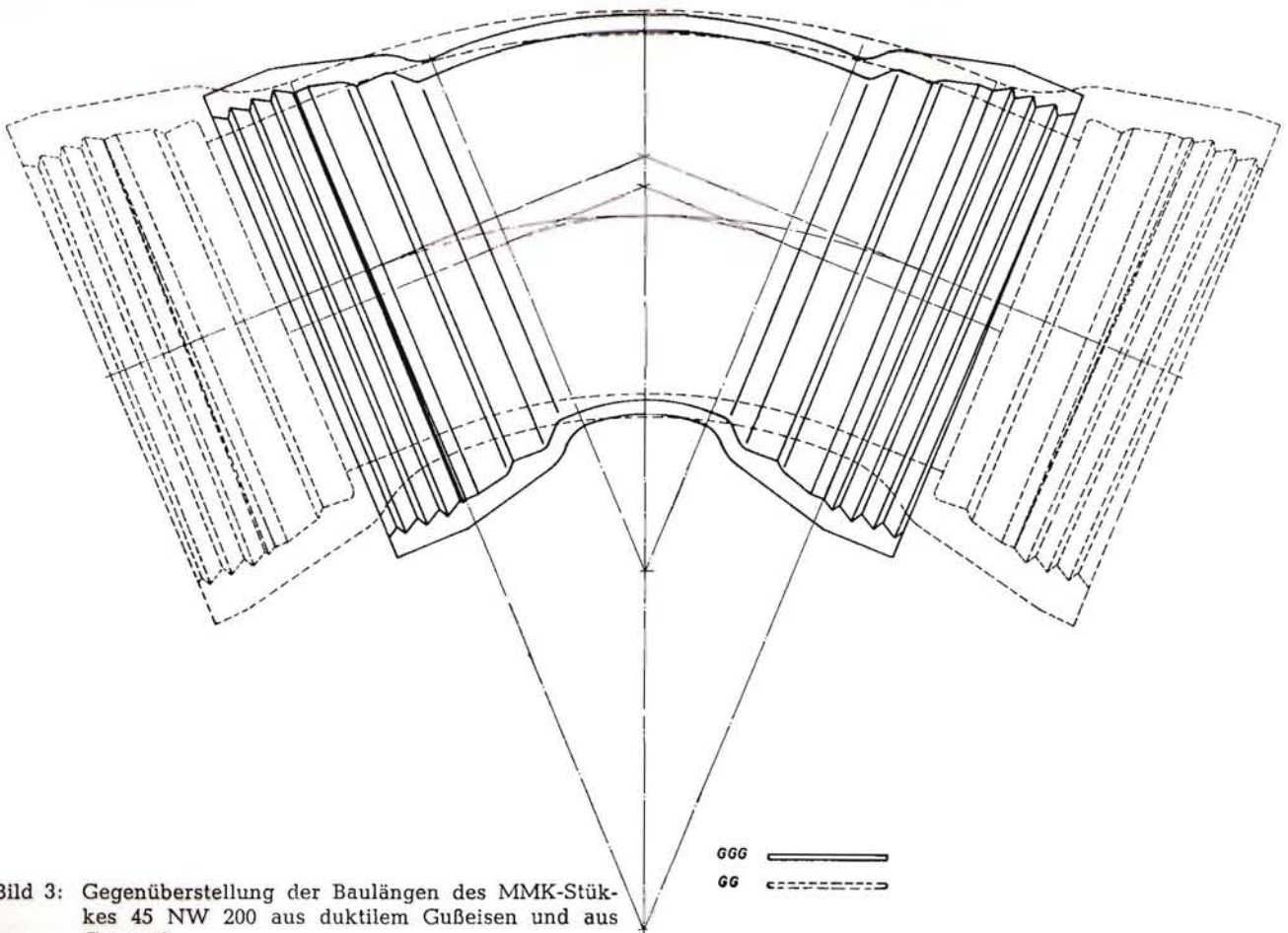


Bild 3: Gegenüberstellung der Baulängen des MMK-Stückes 45 NW 200 aus duktilem Gußeisen und aus Grauguß

GGG ———
GG - - - - -

zu verringern (siehe Bild 2 und Bild 3), so war dies bei den Flanschformstücken und bei den Formstücken mit Flanschstützen nicht in dem Maße gegeben (siehe Bild 4 und Bild 5). Bei den Formstücken mit Flansch mußte insbesondere auch darauf Rücksicht genommen werden, daß die erforderlichen Schrauben ohne Schwierigkeiten montiert werden können. So konnten insbesondere bei den duktilen T-Stücken die Baulängen und Stützenhöhen und bei den duktilen MMA-Stücken die Stützenhöhen gegenüber der Grauguß-Ausführung nicht wesentlich verkürzt werden.

Die Gewichte der duktilen Formstücke sind infolge der gegenüber Grauguß-Formstücken wesentlich verringerten Wanddicken und mehr oder weniger verkürzten Baulängen ebenfalls entsprechend geringer. Durch die erzielte Gewichtsverminderung, die im Durchschnitt rund 50 % beträgt, ist das gesteckte Ziel, trotz höherer Einsatz-, Schmelz- und Behandlungskosten, duktile Formstücke möglichst zu gleichen Preisen wie die Grauguß-Formstücke anbieten zu können, bei den meisten Typen erreicht worden. Zum überwiegenden Teil können sie sogar zu geringeren Preisen angeboten werden.

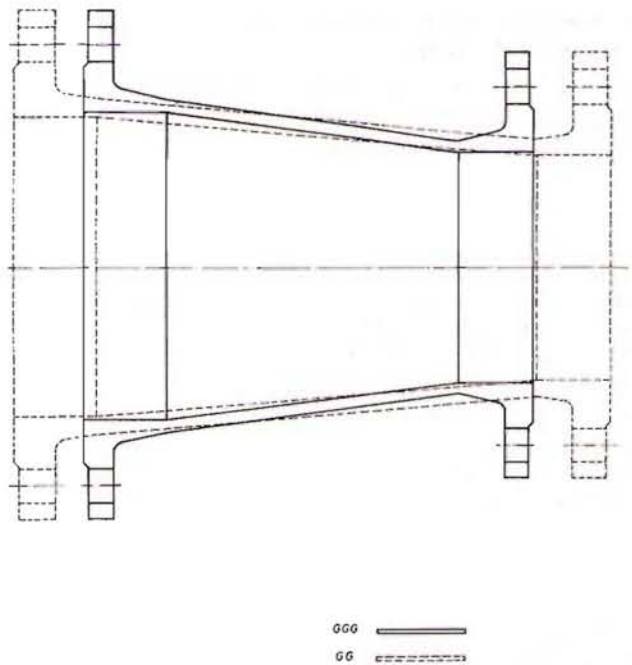


Bild 4: Gegenüberstellung der Baulängen des FFR-Stückes NW 200 x 150 aus duktilem Gußeisen und aus Grauguß

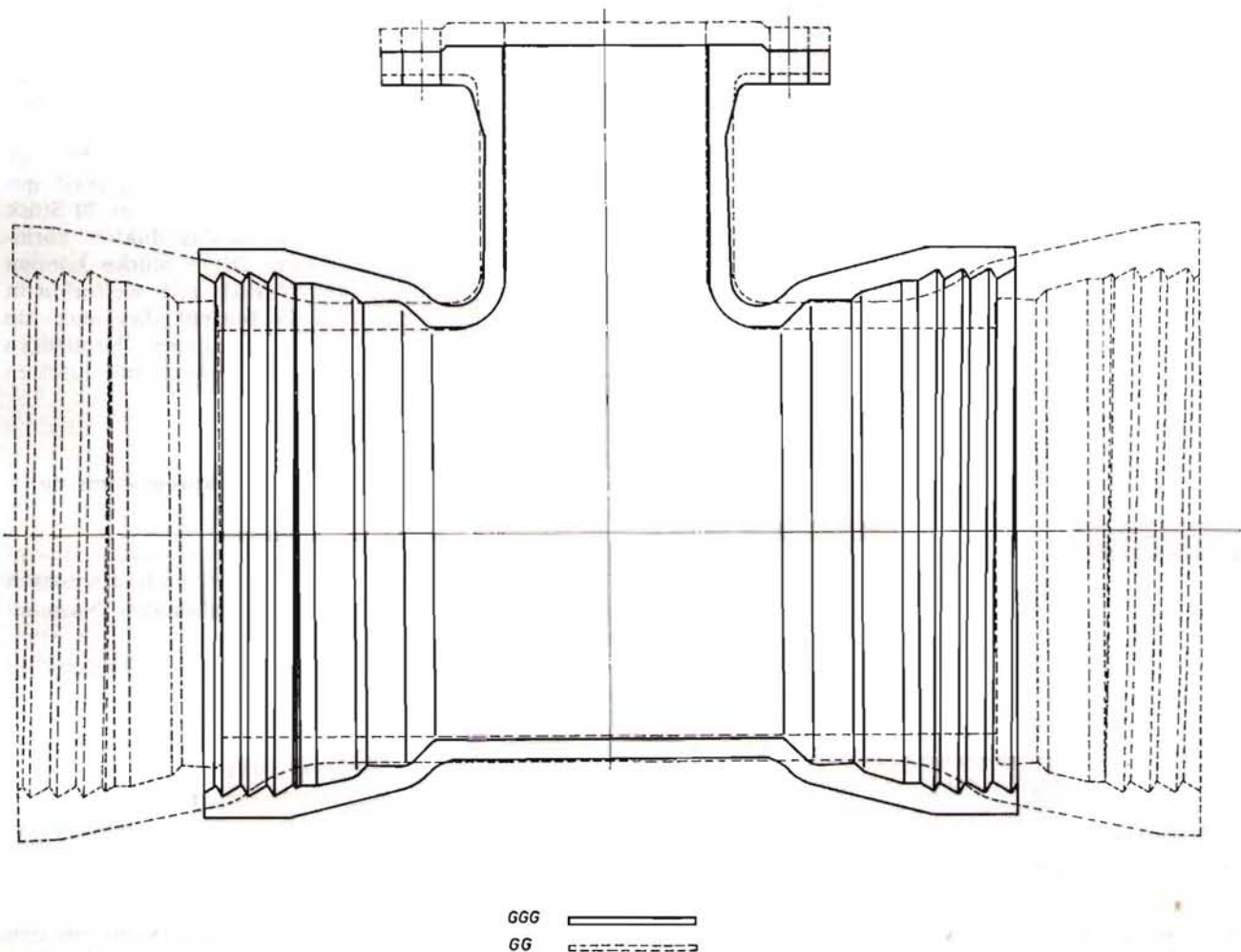


Bild 5: Gegenüberstellung der Baulängen des MMA-Stückes NW 200 x 100 aus duktilem Gußeisen und aus Grauguß

2. Gleicher Anwendungsbereich für die Formstücke wie für die Rohre

In DIN 28610, Ausgabe August 1968, sind für die duktilen Gußrohre der verschiedenen Nennweiten folgende Nenndrücke festgelegt:

| | |
|-----------------|--------|
| NW 80 bis 150 | 40 atü |
| NW 200 bis 300 | 32 atü |
| NW 350 bis 600 | 25 atü |
| NW 700 bis 1200 | 16 atü |

Mit dieser genormten Nenndruck-Palette lassen sich erfahrungsgemäß praktisch alle in Frage kommenden Betriebsdrücke bestreichen.

Die Forderung nach einem gleichen Anwendungsbereich auch für Formstücke ist vom sicheren Betrieb der Leitungen her gegeben. Von den Muffenverbindungen her, die in gleicher Form wie bei den duktilen Rohren ausgeführt werden, war die Voraussetzung ohne weiteres gegeben. Wegen ihrer besonderen Formgebung mußten jedoch die duktilen Formstücke, und zwar insbesondere die Abzweige und Bogen, die im Betrieb praktisch höher beansprucht sind als die Rohre, dementsprechend konstruktiv ausgebildet werden. So waren beispielsweise auch die duktilen Flansche neu festzulegen. Hierbei wurde die Vornorm DIN 2505 „Berechnung von Flanschverbindungen“ berücksichtigt. Da die Flansche je nach Nenndruck unterschiedlich ausgeführt werden und die Stufe ND 32 nicht genormt ist, wurde bei duktilen Formstücken generell auf die ND-Stufe 32, die bei duktilen Gußrohren von NW 200 bis 300 genormt ist, verzichtet und die nächst höhere Stufe ND 40 gewählt. Damit sind für die duktilen Formstücke folgende Nenndrücke vorgesehen:

| | |
|-----------------|--------|
| NW 80 bis 300 | 40 atü |
| NW 350 bis 600 | 25 atü |
| NW 700 bis 1200 | 16 atü |

Die Dimensionierung der Abzweigformstücke erfolgte in erster Linie nach Festigkeitsgesichtspunkten, da die Formstücke durch ihre Konstruktion praktisch die am stärksten beanspruchten Stücke darstellen. Berstversuche an Musterstücken haben das gute Festigkeitsverhalten und Verformungsvermögen des duktilen Gußeisens bestätigt. So konnten beispielsweise bei duktilen MMB-Stücken NW 200 Berstdrücke von mindestens 165 atü erzielt werden; ein duktiles MMA-Stück NW 1000 x 1000 brachte einen Berstdruck von 50 atü.

3. Verwendung von Doppelmuffen-Formstücken

In Abstimmung mit dem DVGW und auf Grund langjähriger Entwicklungsarbeit auf internationaler Ebene hat man sich für duktile Doppelmuffen-Formstücke entschieden. Schon die Doppelmuffen-Formstücke aus Grauguß brachten gegenüber den früher üblichen Einmuffen-Formstücken den Bauherren und Rohrlegern erhebliche Vorteile in verletechnischer und kostengemäßiger Hinsicht. Als Vorteile der duktilen Doppelmuffen-Formstücke können im wesentlichen folgende genannt werden:

a) Effektive Bruchsicherheit durch erhöhte Festigkeit und beachtliche Verformbarkeit in Verbindung mit neuer Formgebung

- b) Bessere Handlichkeit beim Lagern, Transportieren und Verlegen durch rund 50 % leichtere Gewichte gegenüber den entsprechenden Grauguß-Formstücken
- c) Kostenersparnis gegenüber Einmuffen-Formstücken durch Wiederverwendung muffenloser Rohrabschnitte ohne zusätzliche U-Stücke
- d) Gewähr für Maßgenauigkeit des Muffeninneren
- e) Einwandfreies Anbringen von Betonwiderlagern durch Ausnutzung der ganzen Formstücklänge als Anlegefläche

Die Erfahrungen im In- und Ausland haben gezeigt, daß sich die Doppelmuffen-Formstücke in den letzten Jahren immer stärker durchgesetzt haben.

4. Typenvereinfachung durch Verzicht auf ungängige Formstücke

Schon der Fortfall der Einmuffen-Formstücke bedeutete sowohl für den Verbraucher als auch für den Hersteller eine Vereinfachung in der Lagerhaltung. Die Erfahrung mit den zahlreichen genormten Grauguß-Formstücken hat darüber hinaus folgendes gezeigt: Bestimmte Formstücktypen werden im Rohrleitungsbau unbedingt und daher auch häufig gebraucht; sie werden als gängige Stücke bezeichnet. Andere Formstücke werden nur in vereinzelten Fällen eingesetzt; es handelt sich hier um die weniger gängigen oder ungängigen Stücke. In enger Zusammenarbeit zwischen den Verbrauchern und Herstellern wurde, auch unter Berücksichtigung der internationalen Erfahrungen, eine genaue Auswahl nach umfangreichen Unterlagen über die Gängigkeit getroffen. Formstücke, deren Gängigkeit unter 30 Stück pro Jahr liegt, wurden nicht in das duktile Formstückprogramm aufgenommen. Diese Stücke können jedoch gegebenenfalls auf Wunsch auch weiterhin in Grauguß bezogen werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, an Stelle der ungängigen Formstücke Kombinationen aus gängigen genormten duktilen Formstücken zu verwenden.

5. Vereinheitlichung des Formstückprogramms durch Normung

Die Normung der duktilen Formstücke wurde zusammen mit den zuständigen DVGW-Fachausschüssen und in Anlehnung an die internationalen Normbestrebungen vorbereitet. Insbesondere die Zustimmung des DVGW zu den für die Normung vorgesehenen Formstücktypen war eine wesentliche Voraussetzung für die Anschaffung eines neuen umfangreichen Modellparks. Innerhalb der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre wurden zunächst Werksnormen ausgearbeitet und sodann mit den französischen und englischen Gußrohrwerken abgestimmt. Auch diese Abstimmung war unbedingt erforderlich, da es die deutsche Gußrohrindustrie im Sinne einer guten Nutzung des Volksvermögens und im Hinblick auf die EWG-Bestrebungen nicht verantworten kann, für den Inlandsmarkt und den Export zwei verschiedene Formstückprogramme zu fertigen.

Auf internationaler Ebene konnte im Jahre 1967 ein gewisser Abschluß erzielt werden. Von der ISO (International Organization for Standardization) wurde ein Vorschlag zu einer ISO-Empfehlung „Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen“ vom Juli 1967 zur Prüfung und Stellungnahme veröffentlicht. Diesem Vorschlag hat der DNA (Deutscher Normenausschuß), nach erfolgter Abstimmung mit dem DVGW und der deutschen Gußrohrindustrie, Ende 1967 seine Zustimmung gegeben.

In weitgehender Anlehnung an den vorgenannten ISO-Vorschlag und in Abstimmung mit dem DVGW wurden entsprechende Deutsche Normen für duktile Formstücke vorbereitet. Für diese DIN-Vorlagen waren, auch unter Beachtung der Festlegungen in der Rohrnorm DIN 28610, folgende technische Daten die Grundlage:

- a) Nennweiten:
Von NW 40 bis 1200
- b) Nenndrücke:
10 atü von NW 40 bis 1200
16 atü von NW 40 bis 1200
25 atü von NW 40 bis 600
40 atü von NW 40 bis 300
- c) Verbindungen:
Schraubmuffe von NW 40 bis 600
TYTON-Muffe von NW 50 bis 600
Stopfbuchsenmuffe von NW 500 bis 1200

Alle schon von den genormten Grauguß-Formstücken her bekannten, für die Austauschbarkeit wichtigen Anschluß- und Funktionsmaße sind beibehalten worden; ein wichtiger Faktor für die Verlegung. Dies gilt nicht nur für die Muffen, sondern auch für die Flansche; bei letzteren bestehen nach wie vor die seit Jahrzehnten in DIN 2501 bis DIN 2504 genormten Anschlußmaße wie Lochkreisdurchmesser, Lochdurchmesser, Anzahl der Schraubenlöcher sowie auch Dichtleistendurchmesser.

Neben den bereits vom genormten Grauguß-Formstückprogramm bekannten Typen wurden neuerdings sogenannte Reduzierflansche, mit der Kurzbezeichnung XR-Stücke, in das duktile Formstückprogramm aufgenommen. Das XR-Stück stellt praktisch eine Ringplatte dar, an die von beiden Seiten die verschiedenen Anschlüsse erfolgen können. Die Baulängen bzw. Blattstärken der XR-Stücke sind sehr gering; sie liegen im Bereich von NW 200 x 80 bis NW 1200 x 1000 zwischen 40 und 90 mm. Da nun gegenüber der Graugußserie aus Rationalisierungsgründen die Anzahl der Abzweigformstücke in den einzelnen Stutzenvarianten geringer gehalten wurde, können mit den herkömmlichen Flanschübergangsstücken, den FFR-Stücken, und den neuen Reduzierflanschen, den XR-Stücken, die jeweils gewünschten Abgänge hergestellt werden. In Bild 6 sind die verschiedenen Abzweigmöglichkeiten, die bei den genormten duktilen MMA-Stücken zusammen mit den FFR- bzw. XR-Stücken bestehen, im einzelnen dargestellt. Daraus ist ersichtlich, daß praktisch alle im Rohrnetz betrieb vorkommenden Reduzierungen mit Hilfe der vorgenannten Formstücktypen vorgenommen werden

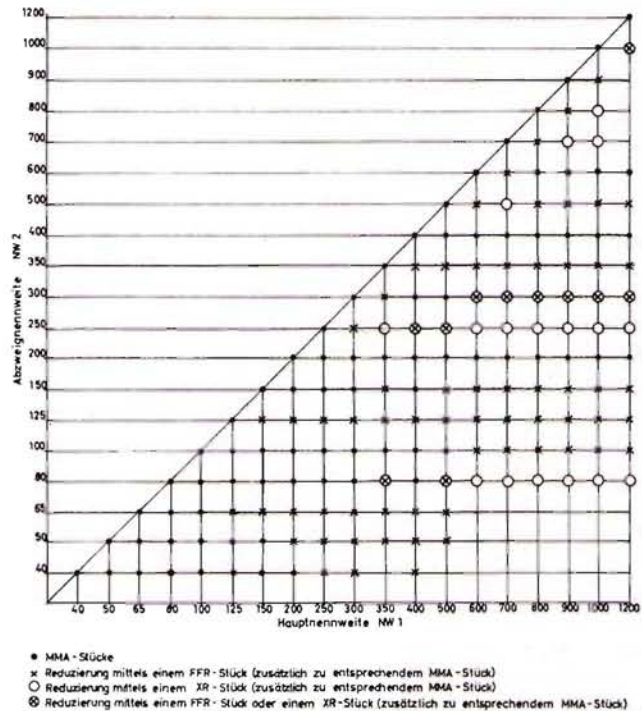


Bild 6: Darstellung der Abzweigmöglichkeiten bei den MMA-Stücken mit Hilfe der FFR- und XR-Stücke

können. Außerdem lassen sich die XR-Stücke auch dort vorteilhaft einsetzen, wo es auf kurze Baulängen ankommt, wie z. B. in Schieberschächten. Bild 7 zeigt ein solches Einbaubeispiel.

An Stelle der bisher üblichen E-Stücke sind nur noch EU-Stücke in der Normung vorgesehen. EU-Stücke haben einen überschieberartig ausgebildeten Muffenteil und können in Verbindung mit F-Stücken als bewegliche Rohrverbindungen bzw. auch als Schieberansatzstücke verwendet werden. Die Konstruktion der EU-Stücke wurde so gewählt, daß die erforderlichen Schrauben ohne Schwierigkeiten montiert und daß normale Sechskantschrauben verwendet werden

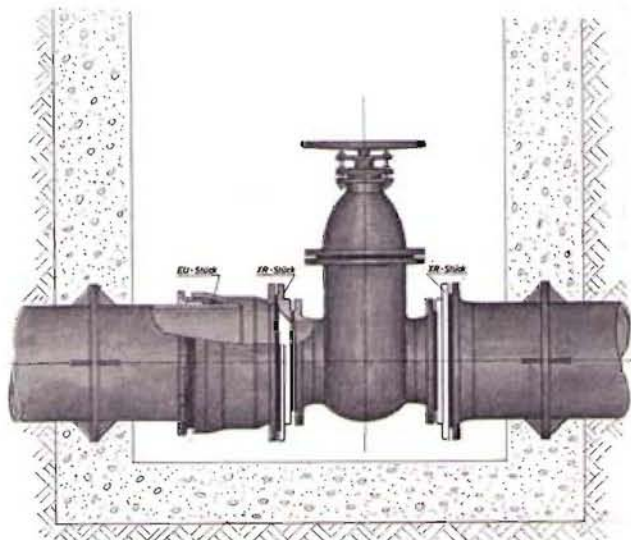


Bild 7: Einbaubeispiel für XR-Stücke

können. Bild 8 zeigt eine Gegenüberstellung des bisher üblichen E-Stückes aus Grauguß und des neuen EU-Stückes aus duktilem Gußeisen.

Die bereits vom Grauguß-Programm her bekannten Bogenformstücke, wie MMK- und MMQ-Stücke sowie FFK- und Q-Stücke, wurden vor ihrer neuen Formgebung aus duktilem Gußeisen auch nach strömungstechnischen Gesichtspunkten untersucht. Die Versuche haben gezeigt, daß strömungstechnisch praktisch keine Unterschiede zwischen Grauguß-Bogen mit Krümmungsradien $R = 3 \times NW$ und duktilen Bogen mit Krümmungsradien $R = NW$ bestehen. So haben nunmehr alle Bogen aus duktilem Gußeisen einer Nennweite unabhängig von der Gradstellung immer den gleichen Krümmungsradius.

Vom DVGW wurde — über die internationalen Festlegungen hinaus — die Aufnahme von zusätzlichen Formstücken in die Deutschen Normen angeregt. Es handelt sich um 8 MMA-Stücke, dabei insbesondere um Stutzen NW 80 bis 150, sowie um 4 FFR-Stücke und um die Neuaufnahme von EN-Stücken NW 80 und 100; es sind dies Hydranten-Flanschmuffen-Fußbogen 90° .

Nach Abstimmung mit dem DVGW konnten im August 1968 von der Gußrohrindustrie insgesamt 24 DIN-Vorlagen eingereicht werden, die in einer Normensitzung des zuständigen Arbeitsausschusses FR 5

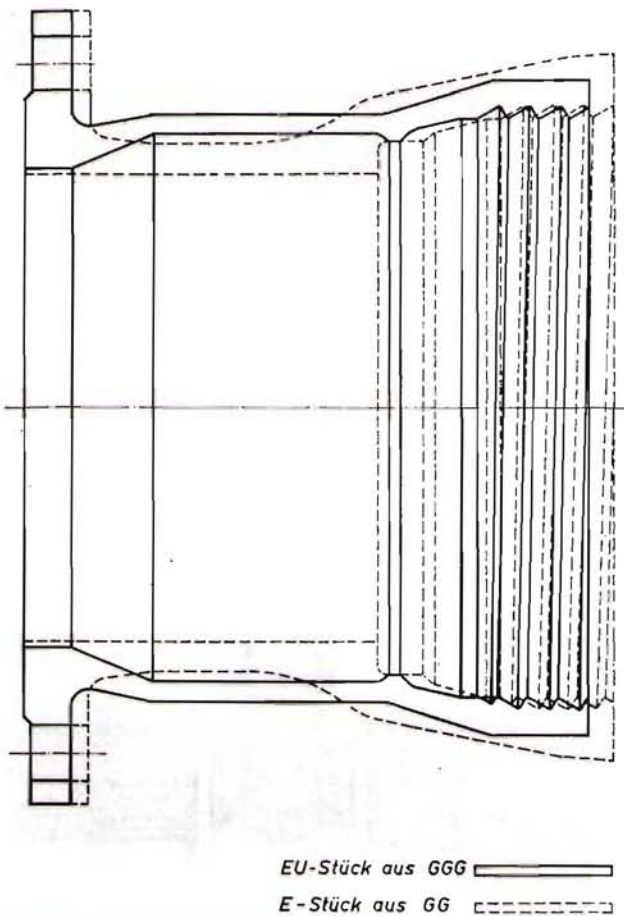


Bild 8: Gegenüberstellung des E-Stückes NW 200 aus Grauguß und des EU-Stückes NW 200 aus duktilem Gußeisen

„Gußeiserne Druckrohre und Formstücke“ im September 1968 behandelt und zur Veröffentlichung als Normentwürfe verabschiedet wurden. Es handelt sich im einzelnen um folgende Normentwürfe:

- DIN 28604 Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen
Flansche ND 10
Konstruktionsmaße
- DIN 28605 Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen
Flansche ND 16
Konstruktionsmaße
- DIN 28606 Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen
Flansche ND 25
Konstruktionsmaße
- DIN 28607 Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen
Flansche ND 40
Konstruktionsmaße
- DIN 28614 Druckrohre aus duktilem Gußeisen mit Flanschen für Gas- und Wasserleitungen
FF-Rohre
- DIN 28622 Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen
EU-Stücke
Flanschmuffenstücke, überschiebbar
- DIN 28623 Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen
F-Stücke
Einflanschstücke
- DIN 28624 Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen
U-Stücke
Überschiebmuffen
- DIN 28625 Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen
MMQ-Stücke
Doppelmuffenbogen 90°
- DIN 28626 Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen
MMK-Stücke 45
Doppelmuffenbogen 45°
- DIN 28627 Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen
MMK-Stücke 30
Doppelmuffenbogen 30°
- DIN 28628 Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen
MMK-Stücke 22
Doppelmuffenbogen $22\frac{1}{2}^\circ$
- DIN 28629 Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen
MMK-Stücke 11
Doppelmuffenbogen $11\frac{1}{4}^\circ$

| | |
|-----------|---|
| DIN 28630 | Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen MMA-Stücke Doppelmuffenstücke mit Flanschstutzen |
| DIN 28632 | Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen MMB-Stücke Doppelmuffenstücke mit Muffenstutzen |
| DIN 28634 | Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen MMR-Stücke Doppelmuffen-Übergangsstücke |
| DIN 28637 | Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen Q-Stücke Flanschbogen 90° |
| DIN 28638 | Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen N-Stücke Flanschfußbogen 90° |
| DIN 28639 | Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen FFK-Stücke 45 Flanschbogen 45° |
| DIN 28643 | Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen T-Stücke Flanschstücke mit Flanschstutzen |
| DIN 28645 | Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen FFR-Stücke Flansch-Übergangsstücke |
| DIN 28646 | Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen X-Stücke Blindflansche |
| DIN 28647 | Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen XR-Stücke Reduzierflansche |
| DIN 28648 | Druckformstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen EN-Stücke Hydranten-Flanschmuffen-Fußbogen 90° |

Die Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre hat die in den vorgenannten Normentwürfen festgelegten Maße und Gewichte in besonderen Maß- und Gewichtstafeln für Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen im Bereich von NW 40 bis 1200 zusammengestellt.

6. Gute Verlegbarkeit und Gewähr für ein einwandfreies Anbringen von Widerlagern bzw. Verankerungen

Neben Versuchen in den Gußrohrwerken selbst wurden vor der endgültigen Festlegung der Baulängen von duktilen Formstücken im Einvernehmen mit dem

DVGW im Jahre 1966 Einbauversuche bei einigen Stadtwerken (z. B. in Dortmund, Kassel, Mannheim, Nürnberg, Stuttgart) durchgeführt, um die Möglichkeiten für das Anbringen von Widerlagern und Verankerungen praktisch zu erproben. Bei diesen Versuchen wurden im Bereich von NW 100 bis 300 insbesondere MMK-, MMQ- und MMA-Stücke verwendet.

Die Versuche haben im wesentlichen folgendes ergeben:

- Das Anbringen von Betonwiderlagern ist ohne Schwierigkeiten und einwandfrei möglich.
- Bei duktilen Formstücken mit Schraubmuffe kann bis NW 200 und bis etwa 15 atü die ARS-Schelle verwendet werden.
- Die bisher bei Grauguß-Formstücken verwendeten normalen Schellenkonstruktionen mit Zugankern können bei den duktilen Formstücken wegen der kürzeren Baulängen nicht so ohne weiteres verwendet werden, da praktisch nur ein Schellenteil auf dem Schaft des Formstückes Platz hat.
- Die bisher üblichen Schellenkonstruktionen mit Zugankern können jedoch den neuen duktilen Formstücken angepaßt werden, wie z. B. bei Verwendung von zwei Schellen durch Aufweiten der Schellenteile und Anpassen an die Muffenaußenform oder bei Verwendung nur einer Schelle durch Aufbringen der Schellenteile auf die Rohrenden, wobei dann die Zuganker der Krümmung des Formstückes anzupassen bzw. besondere zweigeteilte Zugbügel einzusetzen sind.

Im Rahmen des DVGW wurde ein besonderer Arbeitskreis gebildet, der sich mit der Entwicklung einer möglichst einfachen und einheitlichen Schellenkonstruktion für duktile Formstücke befaßt. Die Arbeiten und Versuche dieses Arbeitskreises sind zur Zeit noch nicht abgeschlossen.

Darüber hinaus wird zur Zeit ein besonderer Betonwiderlager-Katalog für duktile Formstücke aufgestellt, mit dessen Hilfe es dem Konstrukteur und Bauleiter ermöglicht wird, die Hauptabmessungen der Widerlager für verschiedene Prüfdrücke unter Berücksichtigung der zulässigen Bodenpressung einfach und schnell zu bestimmen.

Zusammenfassung

Nach einer kurzen Einführung über die ersten Überlegungen zur Konstruktion der Formstücke aus duktilem Gußeisen wird an Hand von 6 Grundforderungen, die von seiten der Verbraucher und Hersteller an das neue Formstückprogramm gestellt wurden, ein Überblick über die Entwicklung konstruktiver und normungstechnischer Einzelheiten gegeben. Die Möglichkeiten der Verankerungen werden auf Grund von Einbauversuchen aufgezeigt. Abschließend wird auf die Ausarbeitung eines Betonwiderlager-Kataloges für duktile Formstücke hingewiesen.

Eigenschaften und Bewährung von Zementmörtelauskleidungen in gußeiserne Druckrohren

Von WOLF-DIETRICH GRAS

Bei der städtischen und ländlichen Wasserversorgung müssen häufig Wässer transportiert werden, die auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung an den Innenwänden gußeiserne Druckrohre keine natürliche Kalk-Rost-Deckschicht ausbilden, sondern im Laufe der Betriebszeit mehr oder weniger starke Ablagerungen in Form sogenannter Rostknollen ergeben. Die Folge sind eine ständige Verringerung des nutzbaren Leitungsquerschnittes und unter Umständen ein gleichzeitiger Korrosionsangriff auf den Rohrwerkstoff. In erster Linie wird eine Störung bei Wässern mit uberhohnten Eisen- und Mangangehalten oder freier überschüssiger Kohlensäure beobachtet, wobei derzeit noch keine exakten Grenzwerte für eine sichere Bildung von Kalk-Rost-Deckschichten bzw. das Auftreten von Rostknollen genannt werden können; gewisse Richtwerte sind in der DIN 50930 [1] verankert.

Zur Beseitigung der Rostknollenbildung ist einmal eine Aufbereitung derartiger Wässer möglich [2], einer Durchführung können jedoch betriebliche Schwierigkeiten, vor allem aber wirtschaftliche Gesichtspunkte entgegenstehen. Eine zweite, sehr wirksame und preisgünstige Abhilfemaanahme stellt der Einbau gußeiserne Druckrohre mit Zementmörtelauskleidung dar. Diese Auskleidung erlaubt eine störungsfreie Förderung aggressiver Wässer ohne korrosive Beeinträchtigung der Leitung und ohne Verminderung des freien Leitungsquerschnittes.

In der vorliegenden Veröffentlichung wird eine zusammenfassende Übersicht über die Herstellung und Qualitätseigenschaften der Zementmörtelauskleidung,

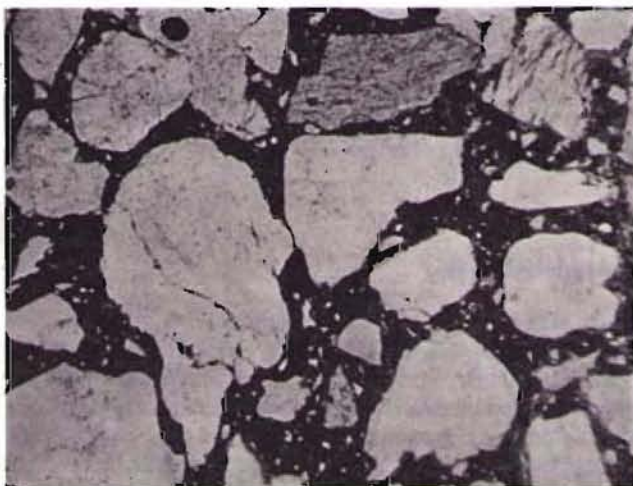


Bild 1: Gefugeausschnitt einer Zementmörtelauskleidung eines gußeiserne Druckrohres NW 100 (V = 50:1) (helle Zonen = Sandkörner, dunkle Zonen = Zement)

den chemischen und mineralogischen Aufbau der verwendeten Zementsorten sowie die Schutzwirkung und Bewährung der Auskleidung gegeben.

1. Herstellung und Qualitätseigenschaften der Zementmörtelauskleidung

Die Rohmischung der Zementmörtelauskleidung besteht aus Zement, Quarzsand und Wasser. Bei der Rohstoffauswahl finden nur besonders ausgewählte Eisenportlandzemente sowie in Sonderfällen Zemente mit erhohstem Sulfatwiderstand Berücksichtigung. Der als Zuschlag verwendete Quarzsand muß in seiner Korngrößenverteilung so beschaffen sein, daß eine gute Umhüllung der einzelnen Körner durch den Zement sichergestellt ist (vgl. Bild 1). Die maximale Korngröße soll die halbe Schichtdicke der Auskleidung nicht überschreiten.

Die Auskleidung der Gubrohre mit Zementmörtel erfolgt im Schleuderverfahren, wobei auf die Mörtelschicht hohe Zentrifugalbeschleunigungen einwirken. Durch dieses Fertigungsverfahren wird ein niedriger Wasser-Zement-Faktor, größtmögliche Verdichtung des Zementmortels und eine glatte Innenoberfläche der Auskleidung garantiert.

In Deutschland erfolgt die Auswahl der Rohstoffe und die Beurteilung der Qualität der fertigen Auskleidung weitgehend nach den AWWA-Richtlinien Nr. C-104-53 und C-104-64 [3, 4], die in USA auf Grund umfangreicher Untersuchungen und jahrzehntelanger Erfahrungen aufgestellt worden sind. In ihnen sind alle für eine einwandfreie Qualität maßgebenden Einflußgrößen berücksichtigt.

Eine sehr wichtige Einflußgröße für die chemische Beständigkeit zementgebundener Bauteile stellt ihre Dichtigkeit dar. Die Porosität der im Schleuderverfahren eingebrachten Zementmortelschichten liegt bei ca. 5 bis 12 %, also erheblich niedriger als man es von den normalen Betonbauteilen mit einem Porenvolumen von 8 bis 25 % [5] gewöhnt ist, und es sind keine durchgehenden Poren vorhanden. Diese starke Verdichtung wird im Fertigungsgang automatisch erreicht, sobald sich die Mörtelschicht im Rohrgewolbe von selbst trägt.

Die Schichtdicken der Zementmörtelauskleidung sind nennweitenabhangig; zur Zeit sind in Deutschland noch die dickeren Auskleidungen nach der älteren AWWA C-104-53 [3] mit folgenden Werten üblich:

| Nennweite der Rohre | Schichtdicke der Auskleidung |
|---------------------|------------------------------|
| 80 bis 300 mm | mind. 3,2 mm |
| 400 bis 600 mm | mind. 4,8 mm |
| oberhalb 600 mm | mind. 6,4 mm |

2. Aufbau und Eigenschaften der Zementarten

Für die Auskleidung gußeiserner Druckrohre werden normalerweise Eisenportlandzemente (EPZ 375) und in Sonderfällen (wenn z. B. erhöhter Sulfatwiderstand erforderlich ist) Tonerdeschmelzzement verwendet. Eisenportlandzement erhält man durch gemeinsames Vermahlen von mindestens 70 Gew.-% Portlandzementklinker und max. 30 Gew.-% schnell gekühlter Hochofenschlacke unter Zusatz von etwas Calciumsulfat zur Regelung des späteren Erstarrungsverhaltens [6]. Die Portlandzementklinker stellen Gemische hochbasischer Kalk-Kieselsäure-Verbindungen (z. B. Tri- und Di-Calciumsilikate) und hochbasischer Verbindungen von Kalk mit Tonerde, Eisenoxyd, Manganoyd und Magnesia dar. Der Tonerdeschmelzzement besteht im wesentlichen aus Calciumaluminaten wechselnder Zusammensetzung. Einige Richtanalysen für die chemische Zusammensetzung der beiden Zementarten sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Richtanalysen für Eisenportlandzemente und Tonerdeschmelzzemente [7]

| Art der Verbindung | handelsübliche Gehalte in % für | |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| | Eisenportlandzement | Tonerdeschmelzzement |
| CaO | 54—60 | 37—42 |
| SiO ₂ | 21—27 | 6—9 |
| Al ₂ O ₃ | 6—10 | 46—50 |
| FeO | 0.9— 3.6 | 0.5— 0.9 |
| MgO | 1— 4 | 1.5— 2 |
| MnO | 0.3— 1.4 | 0.3 |
| SO ₃ | 1— 3 | 0.4 |

Ein Vergleich der Werte zeigt, daß der Tonerdeschmelzzement gegenüber dem Eisenportlandzement etwa ein Drittel weniger Kalk und insgesamt ca. 50 % Aluminiumoxid enthält. Zur besseren Anschaulichkeit ist die Lage der zwei Zemente im Dreistoffsystem CaO - SiO₂ - Al₂O₃ in Bild 2 auch graphisch dargestellt.

Die hydraulische Erhärtung der Zemente wird durch eine Reihe von Hydrolyse- und Hydratationsreaktionen (Aufspaltung chemischer Verbindungen unter Anlagerung von Ionen und Molekülen des Wassers) der in den Zementen vorhandenen mineralogischen Phasen mit dem Anmachwasser erreicht. Es ist daher verständlich, daß für die chemische Beständigkeit und die mechanischen Eigenschaften der abgebundenen Rohrauskleidung neben der bereits erwähnten hohen Dichtigkeit auch die Art und Mengenanteile der Aus-

gangsphasen in den Zementen von gewisser Bedeutung sind. Im Interesse eines leichteren Verständnisses der späteren Ausführungen im Abschnitt 3 über die Umsetzungen der Mörtelauskleidung bei der Einwirkung mehr oder weniger aggressiver Wässer erschien es daher sinnvoll, in Tabelle 2 eine Übersicht über die in den Eisenportland- und Tonerdeschmelzzementen vorherrschenden Phasen hinsichtlich ihrer Bezeichnung, ihrer Mengenanteile und ihres Verhal-

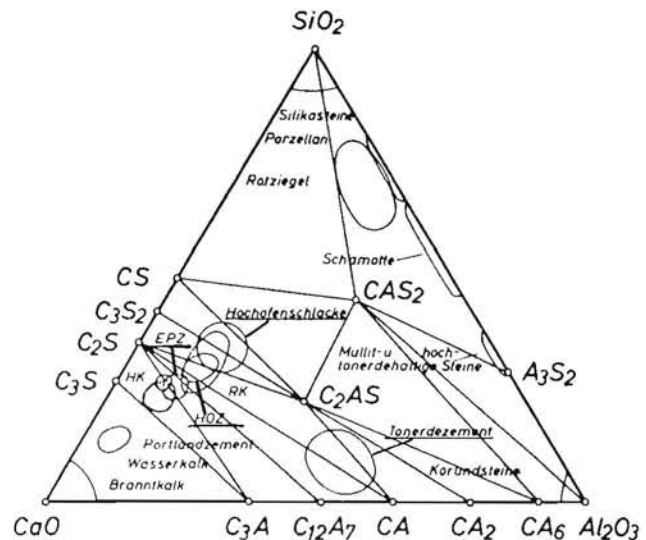


Bild 2: Lage der Felder des Eisenportlandzementes (EPZ), der Hochofenschlacke und des Tonerdeschmelzzementes im ternären System CaO-SiO₂-Al₂O₃ (nach F. Trojer [8])

tens beim Abbinden zusammenzustellen, soweit diese Angaben im Schrifttum greifbar waren [7, 8, 9, 10].

Am intensivsten ist bisher die Mineralogie des Portlandzementklinkers erforscht worden [8]. Sein Mineralbestand kann aus der chemischen Analyse unter Berücksichtigung der Schmelz- und Abkühlungsbedingungen des Vierstoffsystems CaO - SiO₂ - Al₂O₃ - Fe₂O₃ nach verschiedenen Gleichungssystemen berechnet werden. Nach einem Rechenschema von R. H. Bogue [11] besitzt z. B. ein Eisenportlandzement mit 70 % Klinkeranteil von ca. 60 % CaO-Gehalt folgenden Phasenaufbau:

- 37 % Tricalcium-Silikat, kristallin (Kurzzeichen = C₃S)
- 15 % Dicalcium-Silikat, kristallin (C₂S)
- 10 % Tricalcium-Aluminat, kristallin (C₃A)
- 5 % Tetracalciumaluminium-Ferrit, kristallin (C₄AF)
- 30 % glasig erstarrte Verbindungen (C₂S, C₂AS und CS)

zus. 97 %

Tabelle 2: Übersicht über den Phasenaufbau verschiedener Zementsorten und das Verhalten der Phasen beim Abbinden

| Lfd. Nr. | Art der Phasen | | | Vorkommen der Phasen im | | | | Verhalten der Phasen bei der hydraulischen Erhärtung |
|----------|-----------------------------|--|---------------------------|---|-----------------------------------|--------------------|------------------|---|
| | Bezeichnung | Summenformel | Kurzbezeichnung | Eisenportland-Zement | | Tonerschmelzzement | | |
| | | | | Portlandzementklinker | Hochfenschlacke | 1. Art | 2. Art | |
| 1 | Monocalciumsilikat | CaSiO_3 | CS | — | geringe Mengen, glasig erstarrt | — | — | Bei Abbindung und Erhärtung inerte Bestandteil |
| 2 | Dicalciumsilikat | Ca_2SiO_4 | C_2S | merkliche Mengen (ca. 20 %) | Hauptbestandteil, glasig erstarrt | geringe Mengen | geringe Mengen | Langsame Erhärtung, Hydratationsprodukte nicht völlig geklärt, niedrige Wärmetönung, geringere Anfangsfestigkeit als bei C_3S |
| 3 | Tricalciumsilikat | Ca_3SiO_5 | C_3S | Hauptbestandteil (ca. 55 %) | — | — | — | Hydratisiert rasch zu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ und Hydro-silikaten, erhärtet sehr rasch bei hohen Festigkeitswerten |
| 4 | Calciumaluminat | CaAl_2O_4 | CA | — | — | Hauptbestandteil | Hauptbestandteil | Hydratisiert zu Hydroaluminaten, die anfänglich amorph und als Gele auftreten |
| 5 | Calciumdialuminat | CaAl_4O_7 | CA_2 | — | — | — | Hauptbestandteil | Hydratisiert zu Hydroaluminaten |
| 6 | Tricalciumaluminat | $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ | C_3A | merkliche Mengen (ca. 15 %) | — | — | — | Bildet Aluminat-hydrate, hohe Wärmetönung, mäßige Festigkeit |
| 7 | 12/7-Calciumaluminat | $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$ | C_{12}A_7 | — | — | Hauptbestandteil | — | Stark reaktionsfähig, rasche Erhärtung |
| 8 | Dicalciumaluminiumsilikat | $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ | C_2AS | — | Hauptbestandteil, glasig erstarrt | geringe Mengen | merkl. Mengen | Kein besonderes Erhärtungsvermögen |
| 9 | Dicalciumferrit | $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ | C_2F | nur wenig vorhanden | — | — | geringe Mengen | Kein nennenswertes hydraulisches Erhärtungsvermögen |
| 10 | Tetracalciumaluminiumferrit | $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$ | C_4AF | in geringen Mengen vorhanden (ca. 7 %) | — | geringe Mengen | — | Verbindung liefert hochsulfatbeständige Hydratationsprodukte |
| 11 | Calciumoxid | CaO | C | geringe Mengen | — | — | — | Kein ausgeprägtes Abbindevermögen |
| 12 | Magnesiumoxid | MgO | M | geringe Mengen | — | — | — | Reagiert mit Wasser nur sehr langsam |
| 13 | Calciumsulfat | CaSO_4 | — | wird in Mengen bis zu ca. 4 % SO_3 zur Regelung der Erstarrung zugesetzt | — | — | — | Rasche Erhärtung |

Der Verlauf des Abbindevorganges soll am Beispiel des Eisenportlandzementes noch kurz skizziert werden: Die ersten Reaktionen nach dem Anmachen des Zementes sind durch ein rasches Inlösengehen von Alkalien und freiem Kalk aus dem Klinker gekennzeichnet. In den Poren des Mörtelbettes bildet sich nach kurzer Zeit eine kalkgesättigte flüssige Phase mit einem p_H -Wert oberhalb 12. In Fortsetzung dieser Reaktionen bilden sich Calciumsilikathydrate, die sich als Film um die Zementkörner abscheiden, so daß dann alle weiteren Hydratations- und Umlagerungsprozesse durch diesen Film hindurch ablaufen müssen. Es ist verständlich, daß die Alterung der Zementkörner deshalb mit einer gewissen Verzögerung verläuft und sich der Zement während der ersten Zeit in einer dauernden Umwandlung befindet. Das bei der Erhärtung der Portlandzementklinkerphasen freiwerdende Calciumhydroxyd wirkt gleichzeitig als Erreger auf die latent hydraulischen Eigenschaften der Hochofenschlacke, so daß sich die Erhärtung insgesamt aus den beiden Teilreaktionen „Selbsthärtung des Portlandklinkers“ und „Reaktion der Hochofenschlacke“ zusammensetzt.

3. Schutzwirkung der Zementauskleidung

Die Schutzwirkung der Zementmörtelauskleidung beruht im wesentlichen auf folgenden beiden Faktoren, wobei der erste den zweiten in seiner Bedeutung bei weitem übertrifft:

- a) mechanische Abschirmung der Gußrohrwand durch die Mörtelschicht (passive Schutzwirkung),
- b) chemische Umsetzungen innerhalb der Auskleidungsschicht und an der Grenzfläche Zementmörtel/Gußeisen durch Wechselwirkung mit eindiffundiertem Wasser (aktive Schutzwirkung).

Während die mechanische Abdeckwirkung der Mörtelschicht auf Grund ihrer geringen Porosität (5 bis 12 %) und des Fehlens durchgehender Poren ohne weiteres verständlich ist, bedürfen die chemischen Umsetzungen einer kurzen Erläuterung, zumal sie sich in dreifacher Hinsicht auswirken (Ausbildung einer Verankerungsschicht Rohrwand/Auskleidung, langsame Strukturänderung der Mörtelschicht und Selbstheilung von Rissen).

Trotz der hohen Dichtigkeit der Auskleidung diffundiert etwas Wasser bis zur Rohrwand, löst dabei eine kleine Menge Kalk und Eisen und ruft durch seine alkalische Reaktion eine Ausfällung von Eisen(III)-Hydroxyd hervor. Im Laufe der Zeit bildet sich durch diesen langsam fortschreitenden Vorgang eine dünne (ca. 0,05 mm), echte Verankerungsschicht zwischen dem Rohr und der Auskleidung aus. Eine Gefahr von Abplatzererscheinungen an der Auskleidung ist hierbei nicht gegeben. Vor Ausbildung der Verankerungsschicht ist die Haftung der Auskleidung an der Gußrohrwand bevorzugt durch Adhäsion gegeben.

Aber auch in der Mörtelschicht selbst kann eindiffundierendes Wasser die Calciumanteile langsam anlösen. Diese Reaktion erfaßt zunächst nur die oberen

Schichten der Auskleidung und dabei in erster Linie das in den Porenräumen abgelagerte Kalkhydrat und das ziemlich reaktionsfähige Tricalciumaluminat (sogenannte C_3A -Phase, vgl. Tabelle 2), greift aber mit der Zeit auch auf die beständigeren Calciumsilikate und tieferen Schichten über. Der Prozeß verläuft ohne mechanische Beeinträchtigung des Verbandes der Auskleidung, da die Reaktionen langsam erfolgen und der Lösungsprozeß mit einem Umlagerungsprozeß unter Bildung volumenmäßig größerer Verbindungen (Hydroxyde des Siliciums, Eisens und Aluminiums) gekoppelt ist. Dadurch ergibt sich eine Verkittung und als Folgeerscheinung eine fortschreitende Reaktionserschwerung mit zunehmender Betriebsdauer.

Diese Wechselwirkung der Auskleidung mit dem durchfließenden Wasser ist auch von Vorteil, wenn die Auskleidung durch mechanische Einwirkung einige Risse erhalten haben sollte. Wie K. Lauer und F. Slate [12] nachgewiesen haben, schließen sich diese Risse im fließenden Wasser durch Kristallneubildung von alleine wieder (sogenannte Selbstheilung), ohne daß der Rohrwerkstoff in Mitleidenschaft gezogen wird. Neuere Untersuchungen der Forschungsabteilung der Rhein Stahl Hüttenwerke AG. [13] haben dies bestätigt; bei der Kristallneubildung handelt es sich um Dicalciumsilikat.

4. Einsatzbereich der Zementmörtelauskleidung

Gußeiserne Druckrohre mit Zementmörtelauskleidung sind ziemlich universell verwendbar und werden daher zum Transport aggressiver Roh-, Brauch- und Trinkwässer bei den Wasserversorgungsunternehmen und der Industrie in großem Umfang und mit bestem Erfolg eingesetzt.

Es gibt nur einige wenige Grenzfälle, bei denen die in Abschnitt 3 geschilderten Umsetzungen zwischen der Auskleidung und dem durchströmenden Wasser gestört werden können, einmal hinsichtlich der Reaktionsgeschwindigkeit und zweitens der Reaktionsform. Dieser Fall ist gegeben, wenn die Wasser entweder sehr wenig gelöste Bestandteile oder aber angreifende Stoffe oberhalb bestimmter Gehaltsgrenzen enthalten.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß nach H. Kühl [10] die Einwirkung betonaggressiver Wässer in drei verschiedenen Reaktionsrichtungen erfolgen kann, nämlich durch

- a) Auslaugung (die Calciumverbindungen werden durch das Medium beschleunigt aufgelöst),
- b) Basenaustausch (die basisch reagierenden Calciumbestandteile werden unter Aufnahme anderer Basen, z. B. Magnesium, an das Medium abgegeben),
- c) Salzbildung (es entstehen neue Verbindungen aus dem Calcium des Zementes und Anionen des angreifenden Stoffes).

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die bei einer Zementmörtelauskleidung aggressiv wirkenden Stoffe, die Art der Einwirkung und Richtwerte über die Einsatzgrenzen der Auskleidung kurz dargestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die jeweilige Einsatzgrenze infolge des Zusammenwirkens mehrerer Faktoren zwangsläufig etwas fließend ist.

Tabelle 3: Übersicht über angreifende Stoffe in Roh- und Trinkwässern

| Art des einwirkenden Stoffes | Art der Einwirkung | Mörtelauskleidung nicht mehr beständig |
|------------------------------|---------------------------------------|--|
| weiche Wässer | Auslaugung | < 0,5° dKH |
| saure Wässer | Auslaugung und Salzbildung | < pH 5 |
| kalkaggressive Kohlensäure | Auslaugung und Salzbildung | > ca. 50—60 mg/l |
| Sulfat | Salzbildung unter Volumenvergrößerung | > ca. 400 mg/l bei Eisenportlandzement |

Bei Auftreten solcher Wässer ist ein gutes Langzeitverhalten der Auskleidung trotzdem gegeben, sofern die Grenzwerte nicht überschritten werden und ein dichtes Gefüge des Mörtels vorliegt. Diese zweite Forderung der Betontechnologie wird durch die Einbringungsart der Auskleidung (Schleuderverfahren!) erfüllt. Hinsichtlich der ersten Einflußgröße sollte im Zweifelsfalle die Wasseranalyse einem Rohrhersteller zur Beurteilung vorgelegt werden.

Der Einsatzbereich der Zementmörtelauskleidung läßt sich auch auf Wässer mit einem Sulfatgehalt oberhalb von ca. 400 mg/l ausdehnen, wenn an Stelle des üblichen Eisenportlandzementes Zemente mit erhöhtem Sulfatwiderstand, z. B. Tonerdeschmelzzement, verwendet werden [14]. Der Grund für den Sulfatwiderstand dieser Zemente liegt darin, daß sie nur wenig oder gar kein Tricalciumaluminat (sogenannte C₃A-Phase) enthalten; diese Phase reagiert nämlich mit Sulfat unter ca. 10 %iger Volumenvergrößerung zu dem Mineral „Ettringit“ (bekannt als sogenannter Zementbazillus).

Gußeiserne Druckrohre mit Zementmörtelauskleidung lassen sich außer für Roh- und Trinkwässer auch noch für andere Zwecke einsetzen, z. B. für den Transport von Meerwasser, Abwässern usw. Da aber hier weitere angreifende Stoffe (z. B. Magnesium, Ammonium, Sulfide, freie Säuren) eine Rolle spielen können, sollte auch in diesen Fällen Verbindung mit einem Rohrhersteller zwecks entsprechender Beratung aufgenommen werden.

5. Bewährung von Zementmörtelauskleidungen

Sofern Gespräche über die Bewährung von Zementmörtelauskleidungen geführt werden, liegt der Schwerpunkt meistens bei den beiden folgenden Fragen:

1. Werden Ablagerungen und Inkrustierungen durch die Auskleidung wirkungsvoll und über lange Zeiträume unterdrückt?
2. Erhöht sich die Porosität der Auskleidung infolge der langsamen Herauslösung von Kalkbestandteilen?

Bevor im einzelnen auf die Beantwortung der beiden Fragen eingegangen wird, sollte zunächst ein kurzer Hinweis auf die geschichtliche Entwicklung der Zementmörtelauskleidung erfolgen, denn es handelt sich keineswegs um eine erst in letzter Zeit aufkommende Form des Rohrschutzes. Bereits im Jahre 1836 berichtete die Französische Akademie der Wissenschaften über gute Erfolge, die bei der Verhinderung des Rostens und Verkrustens eiserner Leitungen durch eine Schutzschicht aus hydraulischem Zement erzielt worden sind. Wenig später (um 1850) begann man auch in USA mit dieser Art des Rohrschutzes [15]. In Deutschland sind gußeiserne Rohrleitungen mit Zementmörtelauskleidung seit nahezu drei Jahrzehnten im praktischen Einsatz und haben sich gut bewährt.

Im amerikanischen Schrifttum ist 1930 von E. L. Chappel [16] eine grundlegende Arbeit über die Bewährung von 8 Wasserleitungen mit den verschiedenartigsten Zementmörtelauskleidungen (hergestellt mit Naturzementen, Portland- und Tonerdeschmelzzementen) erschienen. Die Untersuchungen fanden an 4 Kaltwasserleitungen mit Betriebszeiten von 5, 40, 50 und 60 Jahren sowie 4 Warmwasserleitungen (ca. 70 bis 80° C) mit Betriebszeiten von 1 bis 2 Jahren statt. Sie erstreckten sich schwerpunktmäßig auf die Veränderungen der chemischen Zusammensetzung der Auskleidung im Verlauf der jeweiligen Betriebszeiten, und hierüber wird umfangreiches Zahlenmaterial vorgelegt. Über die Zusammensetzung der geförderten Wässer fehlen leider entsprechende Angaben, jedoch läßt sich aus den Mörtelanalysen ableiten, daß die Wässer größtenteils ziemlich aggressiv waren.

Der Verfasser stellt auf Grund seiner Untersuchungen fest, daß sich Rohre mit Zementmörtelauskleidungen bei Wässern, die normalerweise zur Rostknollenbildung neigen, ausgezeichnet verhalten. Durch das Herauslösen der Kalkbestandteile aus der Auskleidung werden ihre Schutzwirkung und der innere Zusammenhang nicht beeinträchtigt, selbst wenn dieser Vorgang im Lauf von Jahrzehnten restlos oder in heißem Wasser ziemlich rasch (50 bis 70 % in 2 Jahren) erfolgt.

Neben den amerikanischen Untersuchungen liegen auch entsprechende Ergebnisse von Betriebsleitungen in Deutschland vor. So hat z. B. die Rheinstahl Hüttenwerke AG. vor einigen Jahren an einer Reihe von Gußrohren mit Zementmörtelauskleidung und dem üblichen Tauchteerüberzug, die bei zwei Stadtwerken jeweils im gleichen Rohrstrang einer Betriebsleitung 5 bzw. 20 Jahre lang aggressiven Wässern ausgesetzt waren, Untersuchungen über ihren Zustand und ihr Langzeitverhalten durchgeführt. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 4 und 5 zusammengestellt, wobei auch die chemische Zusammensetzung der geförderten

Tabelle 4: Untersuchungsergebnisse an Gußrohren mit und ohne Zementmörtelauskleidung nach 20jähriger Betriebszeit

| Lfd. Nr. | zu bestimmen | Rohre aus der Betriebsleitung | | neue Rohre mit Zementmörtel *) | |
|---|--|---|---|--------------------------------|--------|
| | | mit Zementmörtel-Auskleidung | mit Tauchteerüberzug | Rohr 1 | Rohr 2 |
| A) Angaben über die Zusammensetzung der durchgeflossenen Wässer | | | | | |
| 1 | pH -Wert | 6.5 — 7 | | entfällt | |
| 2 | Gesamthärte °dH | 6 — 10 | | " | |
| 3 | Karbonathärte °dH | 2.5 — 5 | | " | |
| 4 | freie CO ₂ mg/l | keine Angaben | | " | |
| 5 | Fe-aggress. CO ₂ mg/l | keine Angaben | | " | |
| 6 | CaO-aggress. CO ₂ mg/l | 12—22 (b. Ausbau 20) | | " | |
| 7 | Fe mg/l | keine Angaben | | " | |
| 8 | Mn mg/l | keine Angaben | | " | |
| 9 | Beurteilung der Wasserbeschaffenheit | weiches bis mittelhartes Wasser mit höheren Anteilen an aggressiver Kohlensäure. Wasser ist nicht im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht | | entfällt | |
| B) Optische Begutachtung der Auskleidung bzw. Rohrinneiseite | | | | | |
| 10 | Angaben über Aussehen, Beschaffenheit sowie Rostknollenbildung | glatte Innenfläche mit dünnem rostfarbenem Belag, keine Rostknollen, Gußrohr keinen Angriff | Zusammenhängende Rostknollenschicht bis zu 15 mm Dicke, Rohr max. 2,5 mm tief angegriffen | entfällt | |
| C) Chemische Zusammensetzung der Auskleidungen | | | | | |
| 11 | SiO ₂ % | 70.23 | entfällt | 63.98 | 66.57 |
| 12 | CaO % | 10.69 | | 19.90 | 22.35 |
| 13 | MgO % | 3.32 | | 3.15 | 1.22 |
| 14 | Al ₂ O ₃ % | 4.18 | | 3.90 | 2.12 |
| 15 | Fe ₂ O ₃ % | 3.00 | | 3.00 | 1.04 |
| 16 | Glühverlust % | 6.70 | | 6.20 | n. b. |
| D) Physikalische Eigenschaften der Auskleidung | | | | | |
| 17 | Porosität % | 11.9 | entfällt | 11.4 | 8.4 |
| 18 | H ₂ O-Aufnahme % | 13.0 | entfällt | 8.6 | 9.1 |

*) zu Vergleichszwecken

Tabelle 5: Untersuchungsergebnisse an Gußrohren mit und ohne Zementmörtelauskleidung nach 5jähriger Betriebszeit

| Lfd. Nr. | zu bestimmen | Rohre aus der Betriebsleitung | | neue Rohre mit Zementmörtel ¹⁾ | | |
|---|--|---|----------------------|---|----------|-------|
| | | mit Zementmörtel-Auskleidung | mit Tauchteerüberzug | Rohr 1 | Rohr 2 | |
| A) Angaben über die Zusammensetzung der durchgeflossenen Wässer | | | | | | |
| | | 1956—1959 | und | 1960—1961 ²⁾ | | |
| 1 | pH-Wert | 7.1 — 7.8 | | 7.2 — 8.5 | entfällt | |
| 2 | Gesamthärte °dH | 7.2 — 20.3 | | 8.0 — 23.8 | " | |
| 3 | Karbonathärte °dH | 3.9 — 7.5 | | 3.4 — 7.0 | " | |
| 4 | freie CO ₂ mg/l | 4.8 — 12.8 | | 1.3 — 12.3 | " | |
| 5 | Fe-aggress. CO ₂ mg/l | 3.8 — 8.1 | | 0.5 — 8.4 | " | |
| 6 | CaO-aggress. CO ₂ mg/l | — | | — | " | |
| 7 | Fe mg/l | 0.04 — 0.40 | | Spuren — 0.1 | " | |
| 8 | Mn mg/l | 0 — Spuren | | 0 | " | |
| 9 | Beurteilung der Wasserbeschaffenheit | weiches bis hartes Wasser (jahreszeitlich schwankend) mit höheren Anteilen an aggressivem CO ₂ und teilweise überhöhtem Fe-Gehalt. Wasser ist nicht im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht. | | | entfällt | |
| B) Optische Begutachtung der Auskleidung bzw. Rohrinneiseite | | | | | | |
| 10 | Angaben über Aussehen, Beschaffenheit sowie Rostknollenbildung | glatte Innenfläche mit dünnem rostfarbenem Belag, keine Rostknollen, Gußrohr keinen Angriff | | teilweise Rostknollenbildung von 2—3 mm Dicke | entfällt | |
| C) Chemische Zusammensetzung der Auskleidungen | | | | | | |
| 11 | SiO ₂ % | 69.9 ³⁾ | 68.4 ³⁾ | | 63.98 | 66.57 |
| 12 | CaO % | 17.3 | 16.9 | | 19.90 | 22.35 |
| 13 | MgO % | 1.6 | 1.3 | | 3.15 | 1.22 |
| 14 | Al ₂ O ₃ % | 2.7 | 2.6 | entfällt | 3.90 | 2.12 |
| 15 | Fe ₂ O ₃ % | 1.9 | 1.4 | | 3.00 | 1.04 |
| 16 | Glühverlust % | 5.3 | 7.7 | | 6.20 | n. b. |
| D) Physikalische Eigenschaften der Auskleidung | | | | | | |
| 17 | Porosität % | 4.1 ³⁾ | 2.1 ³⁾ | entfällt | 11.4 | 8.4 |
| 18 | H ₂ O-Aufnahme % | 7.1 | 7.3 | entfällt | 8.6 | 9.1 |

1) zu Vergleichszwecken

2) ab 1960 Aufbereitungsanlage in Betrieb

3) zwei verschiedene Rohre

24 553/549/670

100 : 1 u. 200 : 1

a

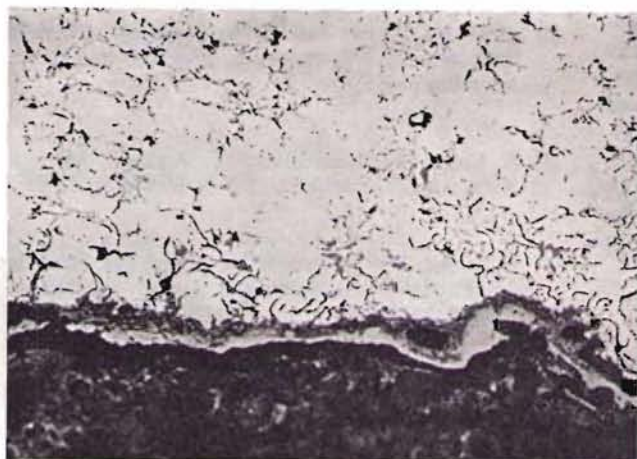


Gußeisen

keine oxydische Verzahnungsschicht

Zementmörtelauskleidung

b

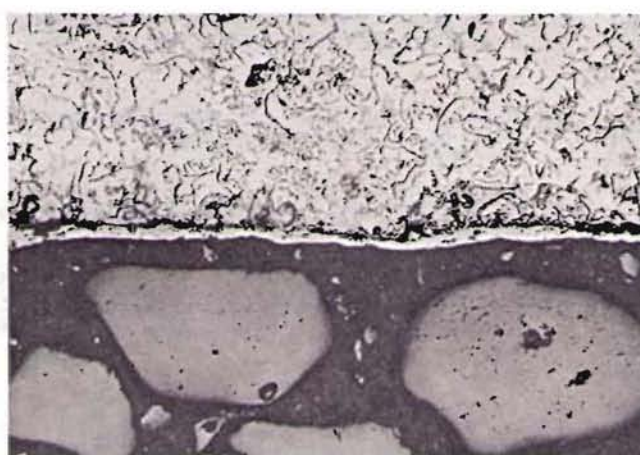


Gußeisen

oxydische Verzahnungsschicht

Zementmörtelauskleidung

c



Gußeisen

oxydische Verzahnungsschicht

Zementmörtelauskleidung

Bild 3 a-c: Querschliffe von gußeisernen Druckrohren mit Zementmörtelauskleidung

a = neues Rohr aus der Fertigung 1961

b = Rohr nach 5jähriger Betriebszeit

c = Rohr nach 20jähriger Betriebszeit

Wässer mit aufgeführt ist. Sie zeigen übereinstimmend, daß

- a) Ablagerungen und Inkrustierungen durch eine Zementmörtelauskleidung auf Jahrzehnte wirkungsvoll unterdrückt werden (vgl. Tabelle 4 und 5, lfd. Nr. 10),
- b) die Porosität der Auskleidung gegenüber dem Ausgangszustand keinesfalls zunimmt, sondern sich eher verringert (vgl. Tabelle 4 und 5, lfd. Nr. 17).

Die Ausbildung der oxydischen Verankerungsschicht zwischen dem gußeisernen Rohrwerkstoff und der Zementmörtelauskleidung unter Einfluß des durchfließenden Wassers der beiden Leitungen zeigen die Querschliffe in Bild 3.

Aus den aufgeführten Arbeiten gehen die Vorteile einer Zementmörtelauskleidung bei aggressiven Wässern überzeugend hervor. Wenn heute in USA ca. 80% aller Wasserleitungsrohre mit dieser Auskleidung geliefert werden [15], so spricht das ebenfalls für ihren hohen Gebrauchswert. Der Rohrnetzingenieur sollte daher bei jeder Neuverlegung an Hand von Wasseranalysen prüfen, ob eine Zementmörtelauskleidung angebracht ist und sich darüber klar sein, daß die etwas erhöhten Kosten bei der Anschaffung gegenüber dem späteren Nutzeffekt (Erhaltung des Förderquerschnittes der Leitung ohne Rohrreinigung) nicht nennenswert ins Gewicht fallen.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird eine zusammenfassende Darstellung der Herstellung, Qualitätseigenschaften, chemischen und mineralogischen Struktur sowie Betriebsbewährung von Zementmörtelauskleidungen in gußeisernen Druckrohren gegeben.

Die Auskleidung wird im Schleuderverfahren in die Rohre eingebracht, wodurch sich eine sehr hohe Verdichtung ergibt. Vorwiegend finden hierzu Eisenportlandzemente Verwendung, in Sonderfällen auch Spezialzemente mit verringertem Kalkanteil. Ihr Phasenaufbau wird als Grundlage des Reaktionsverhaltens erläutert.

Die korrosionsschützende Wirkung der Auskleidung ist in erster Linie auf eine rein mechanische Abdeckung der Rohrwand, daneben aber auch auf langsame chemische Umsetzungen mit dem durchfließenden Wasser zurückzuführen. An Hand einiger Untersuchungen an Betriebsleitungen in USA und Deutschland wird nachgewiesen, daß die Zementmörtelauskleidung Ablagerungen und Inkrustierungen über Jahrzehnte wirksam verhindert und der innere Verband der Auskleidung nicht beeinträchtigt wird.

Schrifttum:

- [1] DIN 50 930 (Vornorm Jan. 1966): Beurteilung des korrosionschemischen Verhaltens kalter Wässer gegenüber unverzinkten und verzinkten Eisenwerkstoffen
- [2] K. Höll: Wasser, Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung, Verlag W. de Gruyter, Berlin, 1968, S. 159/202
- [3] AWWA C-104-53: Cement Mortar Lining for Cast Iron Pipes and Fittings.
- [4] AWWA C-104-64: Cement Mortar Lining for Cast iron Pipes and Fittings for Water
- [5] A. Hummel: Das Beton-ABC, Lehrbuch der Technologie des Schwerbetons und des Leichtbetons; Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1959, S. 21
- [6] DIN 1167 (Entw. Juli 1967): Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement; Begriffe, Bestandteile und Anforderungen
- [7] F. Keil: Hochofenschlacke 2. Auflage, Verlag Stahleisen mbH., Düsseldorf, 1963, S. 89 und S. 42/50
- [8] F. Trojer: Der gegenwärtige Stand des Phasenaufbaus des Portlandzementklinkers; Zement-Kalk-Gips, Nr. 5, 1966, S. 207/15
- [9] J. Dreizler: Zur Mikroskopie des Betons; Zement-Kalk-Gips, 1966, S. 216/22
- [10] H. Kühn: Zement-Chemie Bd. II, Verlag Technik, Berlin, 1951
- [11] R. H. Bogue: vgl. H. Kühn, Zement-Chemie Bd. II, Verlag Technik, Berlin, 1951, S. 249
- [12] K. Lauer und F. Slate: Autogenous Healing of Cement Paste; Proc. ACJ 52 (1955) S. 1083/97
- [13] K. E. Granitzki: bisher unveröffentlichte Untersuchungen
- [14] P. H. Harris: Anwendung von Zement mit hohem Aluminiumgehalt; The Engineering Journal, 1956, S. 219/22
- [15] W. T. Miller: Durability of cement-mortar linings in cast iron pipe; J. AWWA 57 (1965) S. 773/82 (vgl. auch GWF 107 (1966), S. 45)
- [16] E. L. Chappel: Chemische Eigenschaften der Rohrzement-Auskleidung; Industrial and Engineering Chemistry 22, 1930, S. 1203/06

Die Verwendung duktiler Gußrohre in der Abwassertechnik

Von ROLAND RIPPEL

Die steigende Bedeutung der Abwasserbeseitigung hat — abgesehen von der fortschreitenden Entwicklung im Bereich der Abwasserreinigung — insbesondere auf dem Gebiet der Herstellung von Rohren für die Abwasserleitungen neben einigen Neuentwicklungen auch Verbesserungen bei den üblicherweise verwendeten Rohrwerkstoffen gebracht.

In neuester Zeit hat eine Rohrart, die im wesentlichen für Druckrohrleitungen in der Wasser- und Gasversorgung Verwendung findet, auch bei der Abwasserbeseitigung beim Bau von Kanalisationen Eingang gefunden. Es handelt sich hierbei um das duktile Gußrohr. Die Eigenschaften dieser Rohrart, bei welcher die Korrosionsbeständigkeit von Gußeisen mit der Elastizität und Festigkeit von Stahl gepaart ist, können als allgemein bekannt vorausgesetzt werden. Infolge der für hohe Beanspruchungen bemessenen Gußrohr-Muffenverbindungen — bis zu NW 250 kann eine schubgesicherte Schraubmuffen-Verbindung geliefert werden — ist eine über die Normalanforderung weit hinausgehende Dichtheit einer solchen Leitung gewährleistet. Dies gilt auch unter extremen Verhältnissen, wie z. B. bei sehr hoher Fließgeschwindigkeit infolge steiler Geländeneigung oder bei geringer Verschiebung der Leitung durch Senkung bzw. Rutschung des Untergrundes. Darüber hinaus ist die Abriebfestigkeit des Rohrwerkstoffes „duktiles Gußeisen“ seiner Struktur nach derart, daß auch aus diesem Grunde die nach dem Geländegefälle hydraulisch höchstmögliche Fließgeschwindigkeit voll zugelassen werden kann.

Bisher war es sowohl aus fließtechnischen als auch aus wirtschaftlichen Erwägungen beim Kanalbau verhältnismäßig schwierig, Steilstrecken zu überwinden. Um die zulässigen Fließgeschwindigkeiten bei den herkömmlichen Rohrarten in Höhe von bis zu etwa 6 m/s nicht zu überschreiten, mußte deshalb entweder in offener bzw. abgedeckter Kaskadenbauweise gearbeitet werden oder es wurden Leitungen teilweise schräg zum Hang verlegt bzw. je nach Gefälle mit verhältnismäßig aufwendigen Absturzbauwerken versehen. Da derartige Fälle infolge der Gelände-Verhältnisse im Bereich der Westpfalz häufiger vorkommen, wurde bei der Planung solcher Strecken im Rahmen von Alternativprojekten geprüft, inwieweit hier eine Verwendung von duktilen Gußrohren in Betracht gezogen werden kann.

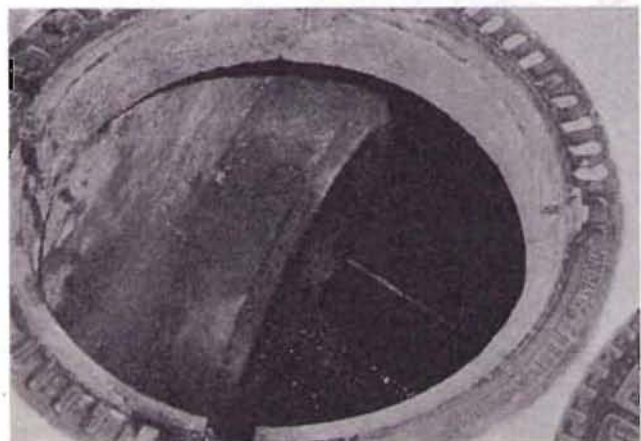
Die Verwendung duktiler Gußrohre bei derartigen Kanalisationen wird durch die, das Durchmesserprofil bestimmende, jeweils anfallende Wassermenge in wirtschaftlich vertretbarer Weise begrenzt. Infolge der nur durch die Hydraulik und die örtlichen Verhältnisse, jedoch nicht durch den Rohrwerkstoff begrenzten Fließgeschwindigkeit läßt sich bei der Verwendung duktiler Gußrohre — abgesehen von der Einsparung von Absturzschächten und sonstiger Bauwerke — durch das hiermit verbundene erhöhte Abflußvermögen gegenüber anderen Rohrarten in den

meisten Fällen eine Dimensionsverkleinerung erreichen. Trotz eines notwendigen besonderen Einlaufbauwerkes und des erforderlichen Energieumwandlungsbauwerkes am Fuß einer solchen Steilstrecke kann dies dadurch unter Umständen — zumindest bei gleichen technischen Voraussetzungen — zur Wahl der duktilen Gußrohre führen.

Auf diese Weise sind bisher im Laufe der letzten zwei Jahre im Bereich der Westpfalz fünf Projekte mit einer Gesamtlänge von fast 1000 m in Nennweiten von 250 bis 400 als duktile Gußrohrleitungen zur Ausführung gelangt bzw. zur Zeit noch in Bau. Die Fließgeschwindigkeiten bei diesen Projekten betragen bei einem Gefälle von 1 : 4 und steiler zwischen 7 und 10 m/s. Die meisten Leitungen wurden mit schubgesicherten Schraubmuffen-Verbindungen erstellt. Alle Rohrleitungen einschließlich der notwendigen Bauwerke und Schächte sind durch entsprechende Maßnahmen, wie z. B. Betonquerriegel, gegen Verschieben gesichert worden.

Bei der Ausbildung der Einlaufbauwerke von der normalen Kanalisation in die jeweiligen Steilstrecken aus duktilen Gußrohren mußte vor allem dem erheblichen Unterschied der beiden Fließgeschwindigkeiten Rechnung getragen werden. Bild 1 zeigt beispielsweise ein Rüttelpreß-Betonrohr NW 700, das in ein Einlaufbauwerk einmündet, und Bild 2 zeigt den Einlauf aus diesem Bauwerk in ein abgehendes duktilen Gußrohr NW 400. Die Einlaufbauwerke werden zweckmäßigerweise mit Parabelabsturz versehen, wobei das abgehende duktile Gußrohr mindestens um die errechnete Geschwindigkeitsdruckhöhe mit einem entsprechenden Sicherheitszuschlag für Einlaufverluste tiefer liegen muß als die Zulaufleitung. Bei einem sehr hohen Unterschied in den beiden Fließgeschwindigkeiten kann es evtl. zweckmäßig sein, den notwendigen Geschwindigkeitsausgleich in einem Einlaufbauwerk kombiniert mit einer anschließenden

Bild 1



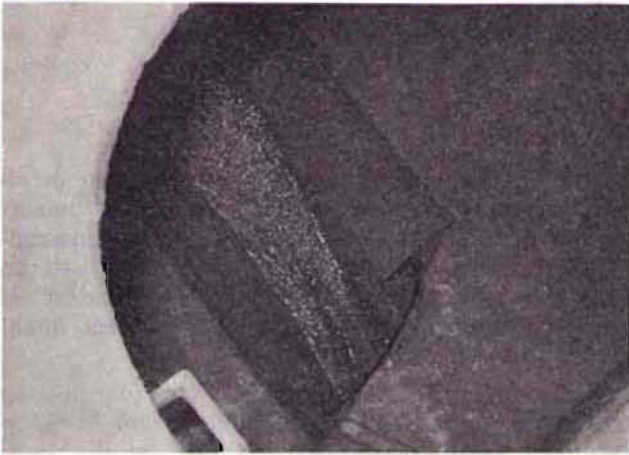


Bild 2

kurzen Übergangskanalstrecke mit größerem Durchmesser als die eigentliche Vorflutleitung zu erreichen. Die Ausbildung der Schächte, die an den Richtungs- und Gefällsknickpunkten alle 30 bis 50 m angeordnet wurden, erfolgte — bis auf Ausnahmen — wegen der hohen Fließgeschwindigkeiten ohne Unterbrechung der Rohrleitungen in der Weise, daß die Rohre in den Schachtwandungen fest einbetoniert oder beweglich gelagert wurden. Im lichten Schachtraumprofil von ca. 1,5 m Länge wurde jeweils ein entsprechend ausgebildetes herausnehmbares Verbindungsformstück mit verschraubtem Putzdeckel eingebaut. Bild 3

Bild 3

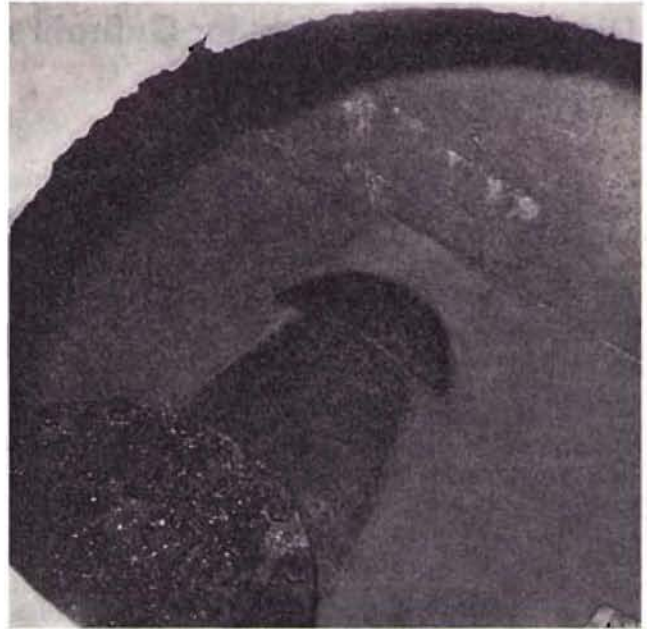
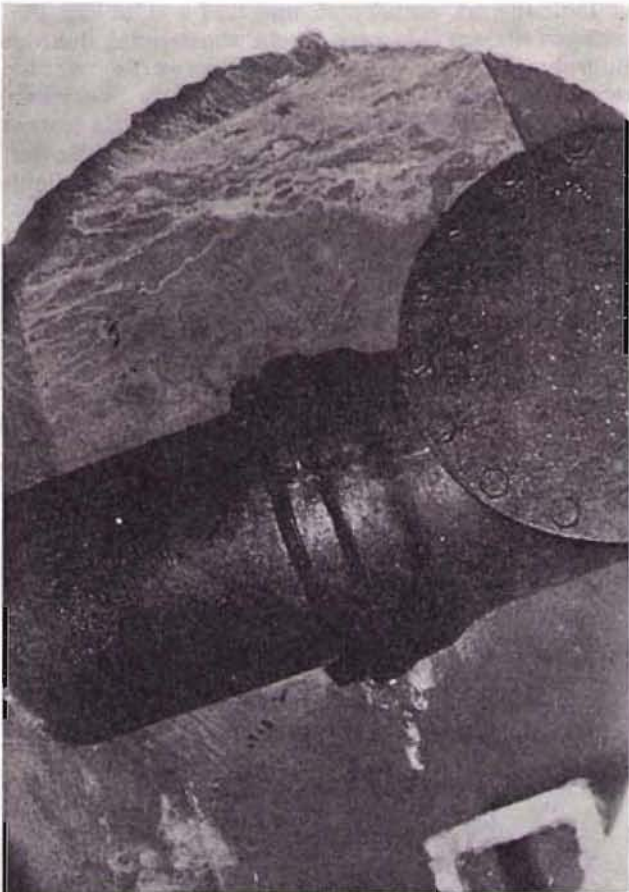


Bild 4

zeigt ein solches gußeisernes Formstück mit verschraubter Reinigungsöffnung an der Einlaufseite des Schachtes; Bild 4 zeigt das Formstück an der Ablaufseite des Schachtes. Hierdurch kann jederzeit eine

Bild 5



Kontrolle der einzelnen Haltungen und bei evtl. Verstopfungen, welche jedoch wegen der großen Fließgeschwindigkeiten nicht sehr wahrscheinlich sind, eine Reinigung durchgeführt werden. Das herausnehmbare Formstück ist in der entsprechend profilierten Schachtsohle gelagert.

Die Ausbildung der Energieumwandlungsbauwerke am Auslauf der Steilstrecken — Bild 5 zeigt ein solches Bauwerk — erfolgt zweckmäßigerweise unter Verwendung von Prallwänden in Verbindung mit kleinen Tosbecken als Wasserpolster; siehe hierzu Bild 6. Sämtliche Betonteile, bei denen ein unmittelbarer Aufprall des Wassers erfolgen kann, wurden an den betroffenen Stellen gegen Auswaschen durch entsprechende Maßnahmen wie z. B. durch den Einbau von Stahlplatten besonders gesichert; siehe Bild 7. Bei Schmutz- bzw. Mischwasserleitungen ist es darüber hinaus notwendig, für eine zügige Ableitung des Trockenwetterabflusses Sorge zu tragen, um die Ablagerung von Schmutzstoffen und die Gefahr von Geruchsbelästigungen zu vermeiden.

Über die bereits bestehenden Kanalisationsleitungen aus duktilen Gußrohren hinaus ist der Bau weiterer derartiger Strecken mit einer Gesamtlänge von über 1 km im Bereich der Westpfalz geplant. Mit der Ausführung kann im Laufe der nächsten Jahre gerechnet werden. In diesen Strecken sind unter ande-

Bild 6

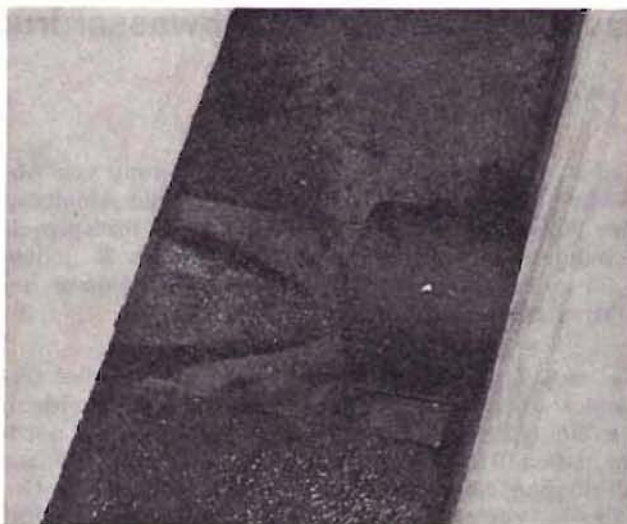
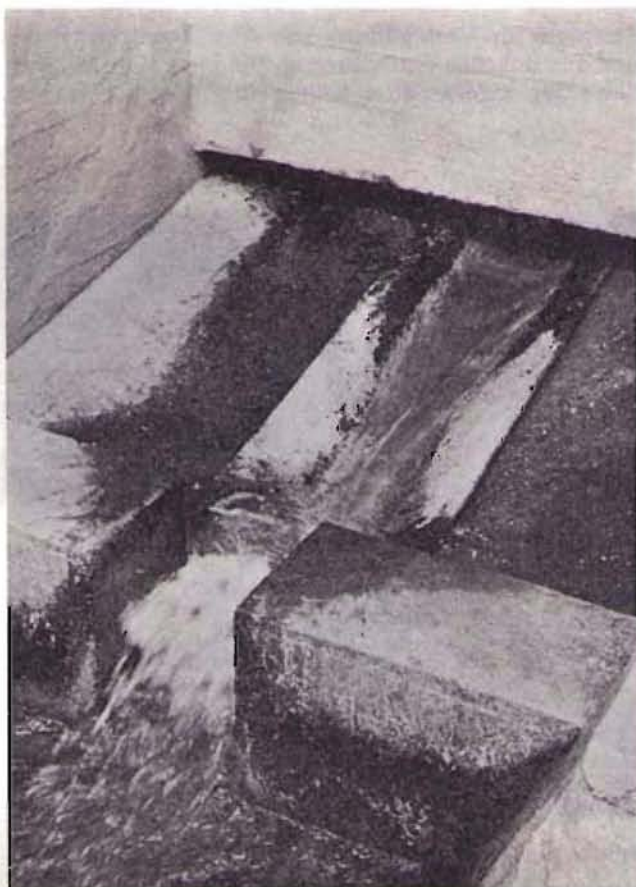


Bild 7

rem rechnerische Spitzengeschwindigkeiten bis zu 12 m/s bei Vollfüllung zu erwarten.

Als weitere Verwendungsmöglichkeit duktiler Gußrohre in der Abwassertechnik kommt — abgesehen von Installationen an Kläranlagen sowie Druckrohrleitungen und Dükern — die Verlegung von Freispiegelleitungen in Wasserschutzgebieten in Frage, bei denen hinsichtlich der Dichtheit und besonderen Betriebssicherheit evtl. Forderungen gestellt werden müssen, die mit den bisher üblichen Rohrwerkstoffen sehr schwer erreichbar sind. Darüber hinaus kann vor allem das schubgesicherte duktile Gußrohr in Hang-, Rutsch- bzw. Bergsenkungsgebieten, im aufgefüllten Gelände, bei Baugruben usw. eine Möglichkeit sein, um besonders gefährdete Bereiche mit einer Abwasserleitung zu überbrücken. Außerdem kann in extremen Belastungsfällen, die besonders hohe Anforderungen an die Festigkeit eines Rohres stellen, auch das duktile Gußrohr zum Bau einer solchen Kanalstrecke in Erwägung gezogen werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß neben den herkömmlichen Rohrwerkstoffen einschließlich der Neuentwicklungen auf dem Rohrsektor in den letzten Jahren das duktile Gußrohr, das vorwiegend für Druckrohrleitungen in der Wasser- und Gasversorgung eingesetzt wird, unter besonderen Voraussetzungen auch für Freispiegelleitungen bei Kanalisationen verwendet werden kann. Im wesentlichen handelt es sich hierbei um Steilstrecken, in geringem Umfang um Leitungen in Rutsch- bzw. Bergsenkungsgebieten und Wasserschutzgebieten sowie um Leitungen mit extrem hohen Belastungen. Vorteilhaft an diesen Rohrleitungen ist die besonders gute Dichtheit und Festigkeit der Muffenverbindungen sowie die weitgehende Unempfindlichkeit gegen Abrieb. Der planende Ingenieur muß jedoch bei der Erstellung eines Kanalisationsprojektes in jedem Falle eingehend prüfen, inwieweit die Verwendung duktiler Gußrohre technisch notwendig und wirtschaftlich vertretbar erscheint.

Duktile Gußrohre für Abwasserdruckleitungen

Von OTTO DINTELMANN

Jeder Ingenieur, der sich mit der Fortleitung von Abwasser befaßt, strebt nach Möglichkeit die Ableitung des Abwassers in freiem Gefälle durch Freispiegelleitungen oder -kanäle an. Das ist auch in jedem Fall, sofern es die geographischen Verhältnisse gestatten, die wirtschaftlichste Lösung.

Je nach Topographie des in Frage kommenden Geländes ist dieses Ziel aber häufig nicht zu erreichen, da die Niveauunterschiede, wie z. B. in der norddeutschen Tiefebene, so gering sind, daß das zur Verfügung stehende oder künstlich geschaffene Gefälle — vor allem bei längeren Leitungen — nicht ausreicht. Dann bleibt keine andere Möglichkeit, als von den jeweiligen Sammeltiefpunkten das Abwasser durch Druckrohrleitungen zur Kläranlage oder bis zum Vorfluter zu befördern.

Abwasserdruckleitungen werden im allgemeinen gegenüber Trinkwasserdruckleitungen mit geringeren Drücken betrieben, da in der Regel am Endpunkt kein Überdruck — im Gegensatz zum bürgerlichen Versorgungsdruck bei Trinkwasser — vorgehalten zu werden braucht. Der Druck braucht also nur den Niveauunterschied und die Reibungsverluste zu überwinden. Da Abwasserdruckleitungen in der Hauptsache in Gegenden mit nur geringen Höhenunterschieden erforderlich werden, sind die Innendrucke im allgemeinen gering; sie bewegen sich in der Größenordnung zwischen 1 bis 5 atü. Häufig werden diese Leitungen allerdings intermittierend betrieben und das häufige Neuanlassen der Leitungen kann zu Druckschwankungen führen, wobei maximale Drücke auftreten können, die wesentlich über dem Betriebsdruck liegen.

Für solche Abwasserdruckleitungen sind in großem Umfang gußeiserne Druckrohre verwendet worden. Als ein Beispiel für viele sei die Stadt Berlin genannt, die mehrere 100 km gußeiserne Abwasserdruckleitungen, zum Teil noch aus dem vorigen Jahrhundert, bis zur NW 1000 betreibt.

Mit dem Aufkommen des Druckrohres aus duktilem Gußeisen und der damit im Laufe der Zeit Hand in Hand gehenden Ablösung des Graugußrohres durch das duktile Gußrohr wurden auch die in jüngerer Zeit verlegten Abwasserdruckleitungen mit Rohren aus duktilem Gußeisen verlegt.

Maßgebend für die Wahl duktiler Gußrohre für den jeweiligen Verwendungszweck war jedoch in keinem Fall allein die Höhe des Innendruckes — hierzu hätte es nicht des hochwertigen duktilen Gußrohres bedurft —, sondern einfach die Summe der vielen erwünschten Eigenschaften, die das duktile Gußrohr in nahezu idealer Weise in sich vereint. Auf einen ganz kurzen Generalnenner gebracht sind dies die große Robustheit, Betriebssicherheit und lange Lebensdauer.

Die seit der Einführung des duktilen Gußeisens erreichten technologischen Fortschritte — hohe Festigkeit und beachtliche plastische Verformbarkeit bzw. Dehnungsfähigkeit — haben in erster Linie die Betriebssicherheit solcher Leitungen ganz erheblich gesteigert. Gerade an die Betriebssicherheit von Abwasserdruckleitungen müssen in der Regel noch höhere Anforderungen gestellt werden als an Trinkwasserleitungen, denn bei letzteren ist ein zeitlich begrenzter Ausfall in einem engvermaschten Netz mit wesentlich weniger Schwierigkeiten verbunden. Eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen die bei duktilen Gußrohren zur Verfügung stehenden beweglichen gummigedichteten Muffenverbindungen. Die Schraub- und TYTON-Muffenverbindungen in dem NW-Bereich 80 bis 600 sowie die Stopfbuchsenmuffenverbindungen für die größeren Durchmesser sind für Innendrucke geeignet, die ein Vielfaches dessen betragen, was bei Abwasserdruckleitungen vorkommen kann. Diese Rohrverbindungen genügen höchsten Ansprüchen bezüglich dauerhafter Dichtheit und lassen je nach Nennweite Abwinkelungen von 3 bis 5° zu. Für dynamische Beanspruchungen, wie sie z. B. durch Verkehrserschütterungen auftreten, sind sie besonders geeignet, da sie durch elastisches Nachgeben die auf die Rohrleitungen ausgeübten Beanspruchungen abbauen.

Beispiele für Verlegungen von Abwasserdruckleitungen aus duktilen Gußrohren in jüngerer Zeit in norddeutschen Großstädten zeigen die Bilder 1 und 2.



Bild 1: Abwasserdruckleitung NW 500 mit Schraubmuffenverbindungen

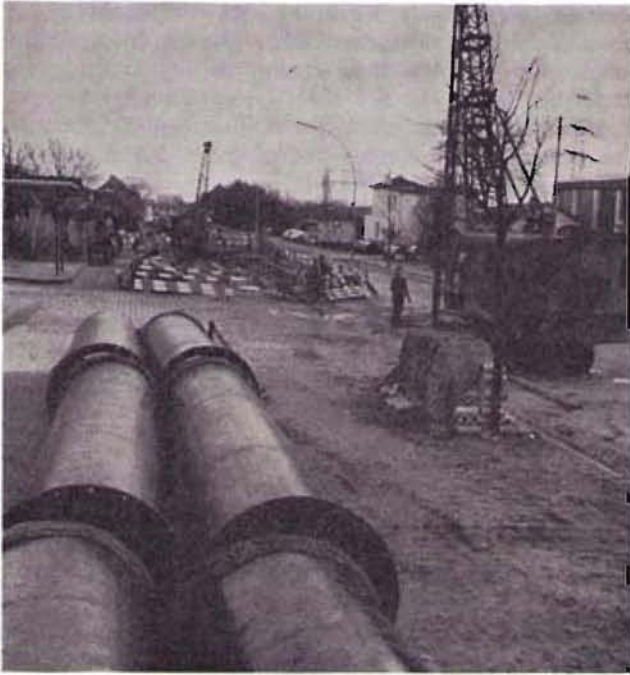


Bild 2: Abwasserdruckleitung NW 1000 mit Stopfbuchsenmuffen-Verbindungen

Da beim duktilen Gußrohr unter Beibehaltung der großen Korrosionswiderstandsfähigkeit von Grauguß die mechanischen Eigenschaften ganz entscheidend verbessert wurden — die hohe Festigkeit und das plastische Formänderungsvermögen machen es praktisch zum bruchsicheren Rohr —, steht es überall dort im Vordergrund, wo an die Betriebssicherheit und die Wirtschaftlichkeit höchste Anforderungen gestellt werden und gestellt werden müssen.

Abwasser fällt zwangsläufig an. Man kann es nicht abstellen wie eine Trinkwasserleitung. Das den Tiefpunkten zulaufende Wasser muß also unter allen Umständen fortbefördert werden. Aus diesem Grunde muß man an die Betriebssicherheit von Abwasserdruckleitungen höchste Anforderungen stellen. Die Betriebssicherheit wird durch die auf die Leitungen wirkenden Beanspruchungen beeinflusst. An eine Leitung mit niedrigerem Innendruck, die durch freies Gelände ohne jede Verkehrsbelastung führt, kann man einen anderen Maßstab anlegen, als wenn diese durch bebauten Gelände mit mehr oder weniger starkem Verkehr führt. Für solche hochbeanspruchten Abwasserdruckleitungen mit größtmöglicher Betriebssicherheit bietet sich das Druckrohr aus duktilem Gußeisen an. In den zurückliegenden Jahren wurde es zunehmend mit Erfolg eingesetzt.

Transport, Verlegung und Bearbeitung von Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen

Von RUDOLF ZIMMER

Verglichen mit den seit Jahrhunderten bekannten und bewährten Druckrohren aus Grauguß sind Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen verhältnismäßig junge Erzeugnisse der Gußrohrindustrie. Die einschlägige Fachliteratur hat inzwischen häufig und ausführlich über die besonderen Eigenschaften des duktilen Gußeisens und über die Verwendungsmöglichkeiten von Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen berichtet; längst sind duktile Gußrohrleitungen eine Selbstverständlichkeit geworden, was sich wohl am besten in der Tatsache spiegelt, daß heute in Deutschland bereits fast die gesamte Gußrohrproduktion aus duktilem Gußeisen besteht. Künftig wird das Graugußrohr eine Ausnahmerecheinung sein. Das Bessere wird dann das Gute verdrängt haben.

Die charakteristischen, technologischen Eigenschaften des duktilen Gußeisens lassen immer wieder die berechtigte Frage aufkommen, wie duktile Gußrohre gehandhabt, verlegt und bearbeitet werden müssen bzw. dürfen; dabei wird vielfach ein Vergleich mit Grauguß angestellt. Die folgenden Ausführungen sol-

len daher die Fragen beantworten, die sich demjenigen stellen, der duktile Gußrohre mit Graugußrohren vergleicht oder erstmals mit duktilen Gußrohren zu arbeiten hat und die sich beim Transport, bei der Verlegung und Bearbeitung von duktilen Gußrohren ergeben. In den einschlägigen DIN-Normen und Richtlinien werden zwar Empfehlungen gegeben, wie die verschiedenen Rohrleitungsbauteile zu handhaben sind. Diese Empfehlungen berücksichtigen aber noch zu wenig die charakteristischen Eigenschaften der duktilen Gußrohre, die durch hohe Zugfestigkeit und ein beachtliches plastisches Formänderungsvermögen gekennzeichnet sind.

Befördern und Lagern

Auch Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen sollen mit der allgemein üblichen Sorgfalt befördert und gelagert werden, wenn sie auch gegen Schlag und Stoß praktisch unempfindlich sind. Die Unempfindlichkeit duktiler Gußrohre gegen

Schlag und Stoß erübrigt einen besonderen Schutz der glatten Rohrenden für die Dauer des Transportes, wie er in der Form von Umwicklungen mit Holzwollstricken vom Graugußrohr her bekannt ist.

Beim Stapeln von Rohren, sowohl auf dem Lager und Zwischenlager als auch während des Transportes, werden üblicherweise Holzwischenlagen verwendet. Werden duktile Gußrohre ohne Holzwischenlagen gestapelt, so sind die entstehenden Belastungen für diese Rohre praktisch unbedeutend.

Duktile Gußrohre und Formstücke sind normalerweise mit einem Tauchteerüberzug versehen. Da in diesen Rohrschutz keine Pflanzenwurzeln eindringen können, ist eine besondere Vorsicht beim Lagern auf Grasböden nicht erforderlich. Wenn in Sonderfällen die Leitungsteile mit dicken Teerpechüberzügen (Schichtdicken ca. 3 mm) versehen sind, ist es allerdings angebracht, diese Teile mit entsprechender Sorgfalt zu befördern und zu lagern.

Verlegung

Grundsätzlich sind auch bei der Verlegung von duktilen Gußrohren die Verlegeanleitungen der Gußrohrhersteller zu beachten. Im folgenden soll lediglich auf Besonderheiten, die sich aus der Kenntnis der Werkstoffkennwerte und einer gegebenenfalls unsachgemäßen Behandlung ergeben, hingewiesen werden.

Für gummigedichtete, bewegliche Muffenverbindungen wird empfohlen, daß im Muffengrund ein Spalt bestimmter Größe eingehalten wird, damit die Rohre nach Herstellen der Rohrverbindungen abgewinkelt werden können. Ein ungewolltes Anstoßen bzw. auch dauerndes Anliegen des Rohrendes im Muffengrund verursacht jedoch bei duktilen Gußrohren und Formstücken keine Schäden.

Der Rohrgraben, insbesondere die Grabensohle, ist in der Regel für eine einwandfreie Rohrleitung von allergrößter Bedeutung. Der Einfluß einer schlecht vorbereiteten Grabensohle ist vor allem dann genau zu berücksichtigen, wenn Rohre aus einem spröden Werkstoff, Rohre mit einer schlag- und stoßempfindlichen Isolierung oder Rohre, die nur kleine Belastungen auszuhalten vermögen, verlegt werden. Welche Anstrengungen oft aufgewendet werden müssen, um Minimalforderungen erfüllen zu können, und welche Schwierigkeiten und Schäden trotz aller Sorgfalt entstehen können, ist hinreichend bekannt. Es soll hier nicht der falschen Großzügigkeit bei der Herstellung und Verfüllung von Rohrgräben das Wort geredet werden, aber es soll darauf hingewiesen werden, daß die Festigkeitseigenschaften des duktilen Gußeisens und die weitgehend schlagunempfindliche übliche Isolierung der duktilen Gußrohre und Formstücke einer Rohrleitung größere Sicherheit geben. In steinigem und felsigem Gelände kann notfalls einmal auf die Anfuhr von Sand, Kies, Splitt o. ä. verzichtet und der vorhandene Aushub auch für die unmittelbare Einbettung der Rohrleitung verwendet

werden; wenn beim Verfüllen des Rohrgrabens aus unumgänglichen Gründen oder unbeabsichtigt Steine unmittelbar auf die Rohrleitung zu liegen kommen, dann bedeutet das für Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen nicht gleich eine Gefahr. Es sollten jedoch keine Steine bedenkenlos auf die Rohrleitung geworfen werden, da auch die übliche Isolierung möglichst unbeschädigt bleiben soll. Dükerleitungen an Land zu verlegen und dann ohne besondere Schutzmaßnahmen in einen mehr oder weniger zu überprüfenden Rohrgraben im Bereich eines ruhenden oder fließenden Gewässers einzuziehen, könnte niemals verantwortet werden, wenn duktile Gußrohre und Formstücke nicht so unempfindlich und sicher zugleich wären.

Bearbeitung

Unter der Bearbeitung von Rohren und — in Sonderfällen — auch Formstücken aus duktilem Gußeisen auf der Baustelle oder an verlegten, sich in Betrieb befindlichen Leitungen, ist hier an das Trennen und Anbohren gedacht.

Da einige übliche Werkzeuge für ein sprödes Verhalten eines Rohrwerkstoffes konstruiert sind, muß man sich hier wieder vor Augen halten, daß duktilen Gußeisen ein Werkstoff ist, der sich vor einer Trennung des Werkstoffes plastisch verformt; er läßt sich jedoch spanabhebend gut bearbeiten.

Trennen von Rohren

Hammer und Meißel waren Werkzeuge, mit denen man in früheren Zeiten fast ausschließlich gußeiserne Rohre gekürzt hat; Glieder-Rollenrohrabschneider (Bild 1) und 3-Rad- bzw. 4-Rad-Eckabschneider (Bild 1 a) mit umlaufenden Rollen haben das erstgenannte

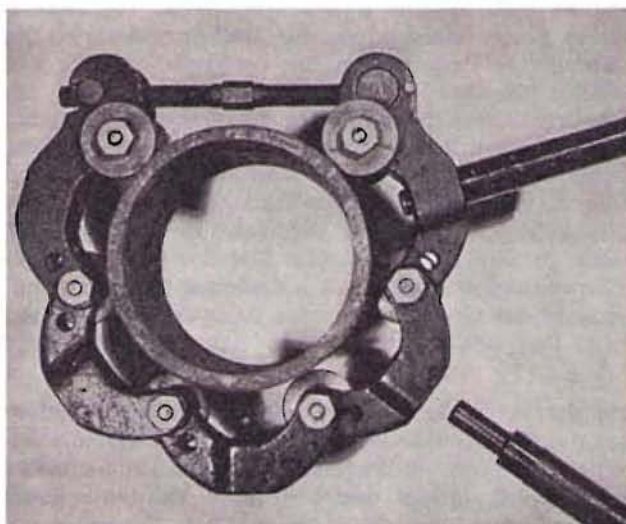


Bild 1: Glieder-Rollenrohrabschneider

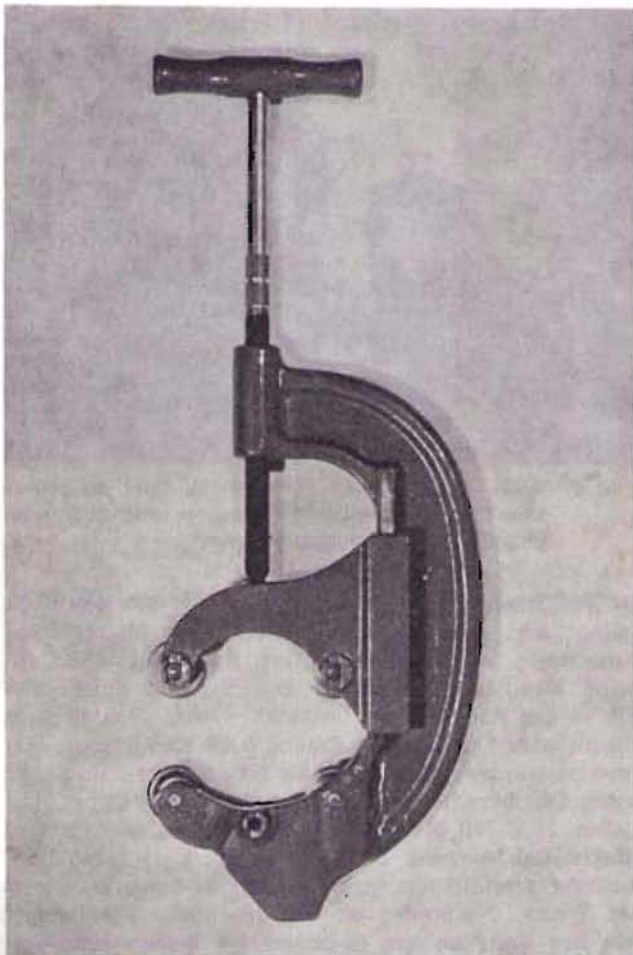


Bild 1a: 4-Rad-Rohrabschneider

Verfahren weitgehend verdrängt. Die Rollenrohrabschneider arbeiten nach folgendem Prinzip: Die Schneidrollen dringen in die Oberfläche des Rohres ein und drücken infolge ihrer konischen Form das abzutrennende Rohrstück ab.

Je zäher nun ein Rohrwerkstoff ist, um so tiefer müssen die Schneidrollen in die Rohrwand eindringen. Bei zähen, verformungsfähigen Werkstoffen werden daher sehr schlanke Schneidrollen (Bild 2) verwendet, weil dann beim Eindringen der Rollen in die Rohrwand weniger Material verdrängt wird; dieses hat zur Folge, daß weniger Zeit und weniger Kraftaufwand zum Trennen notwendig sind und daß sich nur ein geringer Wulst am gekürzten Rohr aufbaut.

Duktiles Gußeisen ist ein zäher, plastisch verformbarer Werkstoff, so daß für ihn zweckmäßigerweise schlanke Schneidrollen gewählt werden sollten, wenn zum Kürzen Rollenrohrabschneider benutzt werden. Verschiedene Hersteller von Schneidwerkzeugen bieten auch Schneidrollen an, die sowohl bei Graugußrohren als auch bei duktilen Gußrohren verwendet werden können.

Die Verwendung von Rollenrohrabschneidern mit nicht umlaufenden Rollen, bei denen eine mit Schneidrollen bestückte Gliederkette hydraulisch oder mechanisch um das zu kürzende Rohr gespannt wird, ist beim duktilen Gußrohr nicht möglich, da das Rohr infolge des Einschnürungseffektes des Schneidgerätes lediglich eingebeult wird.

Für duktile Gußrohre sind grundsätzlich alle spannhebenden Schneidwerkzeuge geeignet und insbesondere auch für $NW \geq 200$ zu empfehlen. Es ist nicht Ziel dieser Ausführungen, alle bekannten Geräte aufzuzählen. Hersteller und Handel verfügen über gutes Informationsmaterial. Es soll vielmehr auf die Besonderheiten der einzelnen Verfahren bei ihrer Anwendung für duktile Gußrohre hingewiesen werden. Stichsagen, die mit Elektro- oder Druckluftmotor ausgerüstet sind und für $NW 300$ und kleiner verwendet werden können (Bild 3), arbeiten zuverlässig und ergeben einen sauberen und glatten Schnitt.

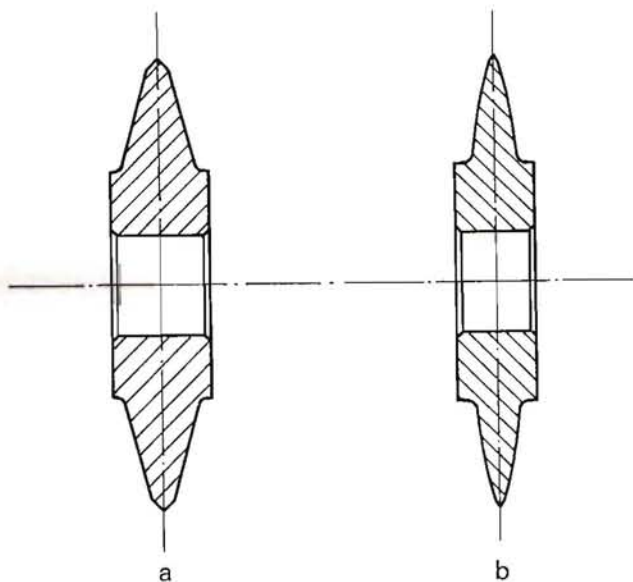


Bild 2: Schneidräder für Glieder-Rollenrohrabschneider
a) für Grauguß-Rohre
b) für duktile Gußrohre



Bild 3: Stichsäge mit Druckluftmotor im Einsatz

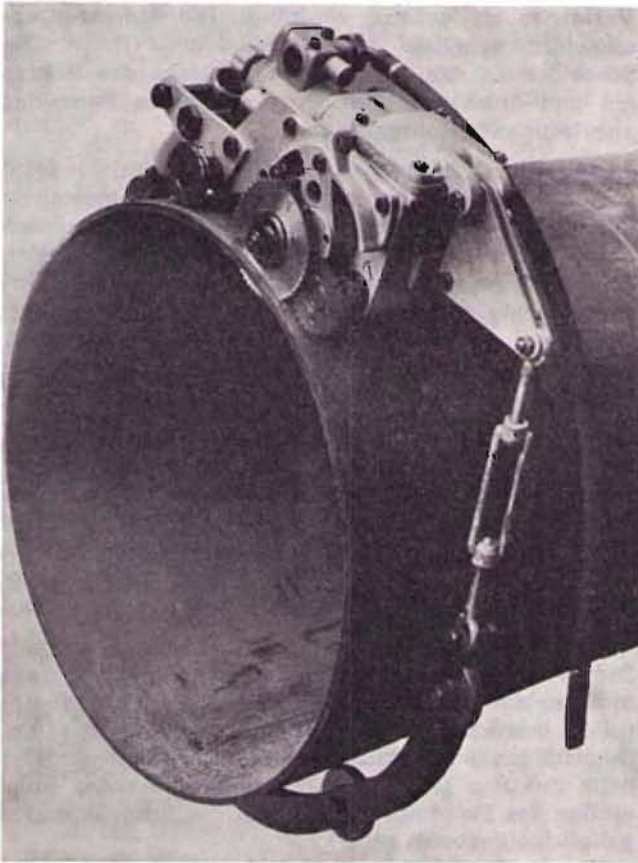


Bild 4: Selbstumlaufende Rohrsäge

Die selbstumlaufenden Rohrsägen (Bild 4), auch Rohrfräsen genannt, sind für duktile Gußrohre ebenfalls bestens geeignet; um das zu schneidende Rohr muß jedoch ringsum ein lichter Raum von 380 mm vorhanden sein.

Bei der weniger bekannten Rohrsäge nach Bild 5 wird lediglich das Sägeblatt über eine biegsame Welle von einem Druckluft- oder Benzin-Zweitakt-Motor angetrieben. Der Getriebekopf mit Sägeblatt

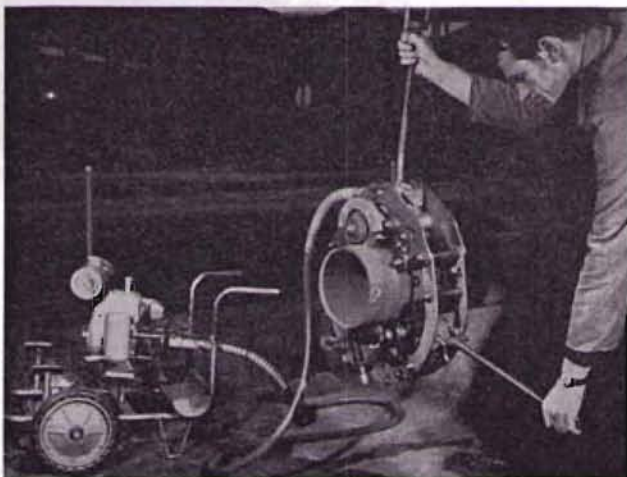


Bild 5: Rohrsäge mit Antrieb des Sägeblattes über eine biegsame Welle im Einsatz

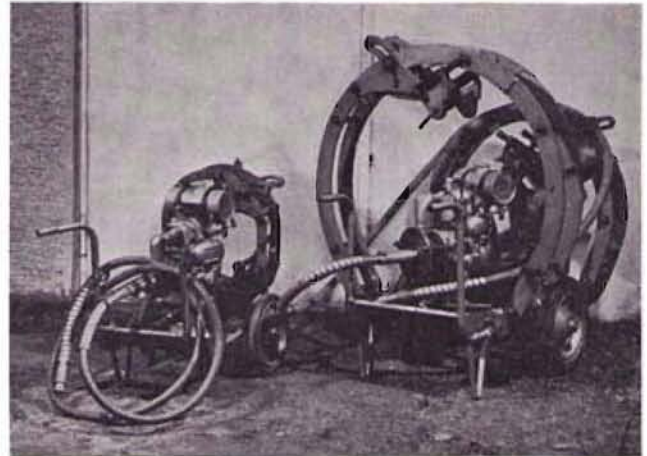


Bild 6: Ausführungsformen von Rohrsägen, bei denen das Sägeblatt von einem Benzinmotor aus über eine biegsame Welle angetrieben wird

ist Teil einer Führungsvorrichtung, die um das Rohr gelegt und gespannt sowie auch nach eingestellter Schnitttiefe von Hand um das Rohr herumgedreht wird. Der Vorteil dieser Maschine liegt darin, daß sie — mit Benzinmotor bestückt — von elektrischem Strom oder Druckluft unabhängig ist und schnell eingesetzt werden kann. Auch die Schnittzeiten sind sehr kurz. Die Maschine wird in zwei Ausführungen, mit denen NW 100 bis 300 und NW 350 bis 800 (Bild 6) geschnitten werden können, geliefert. Der fahrbare Untersatz erleichtert ihren Einsatz in bemerkenswerter Weise. Nachteilig ist der erhebliche Platzbedarf um das Rohr herum, insbesondere dann, wenn mit den verschiedenen Ausführungen die jeweils kleinstmöglichen Rohrdurchmesser geschnitten werden sollen.

Ebenfalls von einer Energiequelle unabhängig sind die Rohrabschneider, die von Hand um das zu kürzende Rohr herumbewegt werden und bei denen ein Drehstahl — kombiniert mit einem Führungsstahl — durch Federkraft gegen die Rohrwand gedrückt wird (Bild 7). Der Platzbedarf ist sehr gering; dagegen ist die Schnittzeit verhältnismäßig groß. Als Nachteil

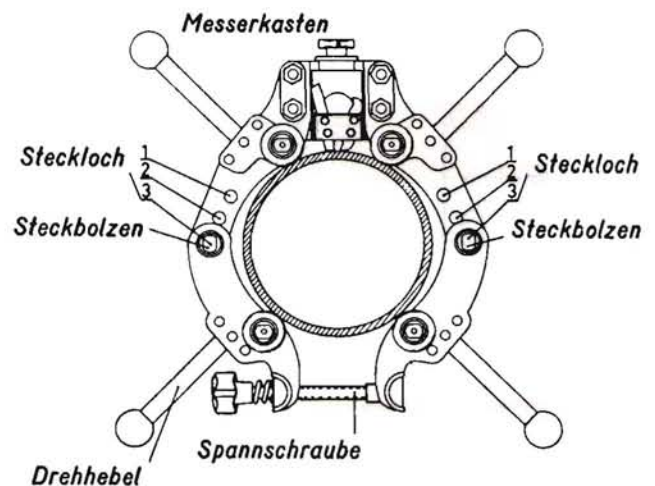


Bild 7: Rohrabschneider mit Schneid- und Führungsstahl

wird für diese Geräte gelegentlich genannt, daß der Drehstahl hängen bleibt oder klemmt, wenn die Rohrwand stellenweise durchbrochen ist; das ist ein Argument, welches nur für Stücke mit stark unterschiedlicher Wanddicke, wie sie in früheren Fertigungsverfahren angefallen sind, gültig ist.

Ein oft benutztes, auch für Rohre aus duktilem Gußeisen geeignetes Schneidgerät, ist der Handtrennschleifer, der in verschiedenen Ausführungen auf dem Markt ist. Auch diese Geräte können mit Benzinmotoren (Bild 8) geliefert werden, so daß der Benutzer von anderen Energiequellen unabhängig ist. Das Trennen von Rohren, die noch nicht eingebaut sind, bereitet in der Regel keine Schwierigkeiten. Bei eingebauten und auch bei seit langem in Betrieb befindlichen Rohrleitungen ergeben sich dagegen die Fragen, daß für dieses oder jenes Schneidgerät zu wenig Platz vorhanden ist, z. B. bei nahe nebeneinander liegenden Leitungen, oder daß axiale Kräfte in einer Größenordnung wirken, daß entweder das Schneidgerät oder auch der abgetrennte Rohrabschnitt klemmt. Bei Platzmangel können selbst unter der Berücksichtigung, daß ein erheblich höherer Zeitaufwand erforderlich ist, Rollenrohrabschneider oder Rohrabschneider mit Drehstahl erhebliche Vorteile bieten. Steht ein Leitungsabschnitt unter axialer Spannung, dann sind auf jeden Fall spanabhebende Werkzeuge vorteilhaft, weil damit zwei Spalte freigeschnitten werden, die es ermöglichen, den Rohrabschnitt aus der Leitung herauszunehmen. Der Bedeutung dieser Tatsache wird man sich erst recht bewußt, wenn man daran denkt, daß duktiler Gußeisen sich nicht zerschlagen läßt.

Schließlich soll noch auf eine Trennmöglichkeit hingewiesen werden, die allerdings nur eine Notlösung ist: Brennschneiden. Es ist durchaus möglich, mit einem autogenen Brennschneidgerät ein duktiler Gußrohr zu zerschneiden. Die Schnittfläche ist dabei allerdings stark uneben; beim Einbau eines in dieser Art gekürzten Rohrstückes in eine Steckmuffe muß das Rohrende verschliffen werden. Die Bearbeitung des Rohrendes mit einer Feile, wie sie normalerweise bei duktilem Gußeisen auf der Baustelle ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden kann, ist nicht möglich, da durch das Brennschneiden an der Schnittfläche eine sehr harte Gefügezone entsteht. Unter Umständen können auch Anrisse entstehen.

Besondere Aufmerksamkeit beim Trennen muß duktilen Gußrohren mit Zementmörtelauskleidung gewidmet werden, weil normale, spanabhebende Werkzeuge äußerst geringe Standzeiten haben, wenn sie durch den Zementmörtel geführt werden. Sollen mit Zementmörtel ausgekleidete Rohre gekürzt werden, dann müssen entweder Werkzeuge, die mit Hartmetall bestückt sind, verwendet werden oder die Schnitttiefe muß so gering gewählt werden, daß das Werkzeug möglichst wenig in den Zementmörtel einfährt. Ist das duktile Gußeisen geschnitten, dann genügt ein leichter Schlag auf das Rohr, um die Zementmörtelauskleidung an der Rohrschnittstelle zu trennen. Am zweckmäßigsten werden duktile, mit Zementmörtel ausgekleidete Gußrohre mit Handtrennschleifern getrennt; dabei haben sich im allge-

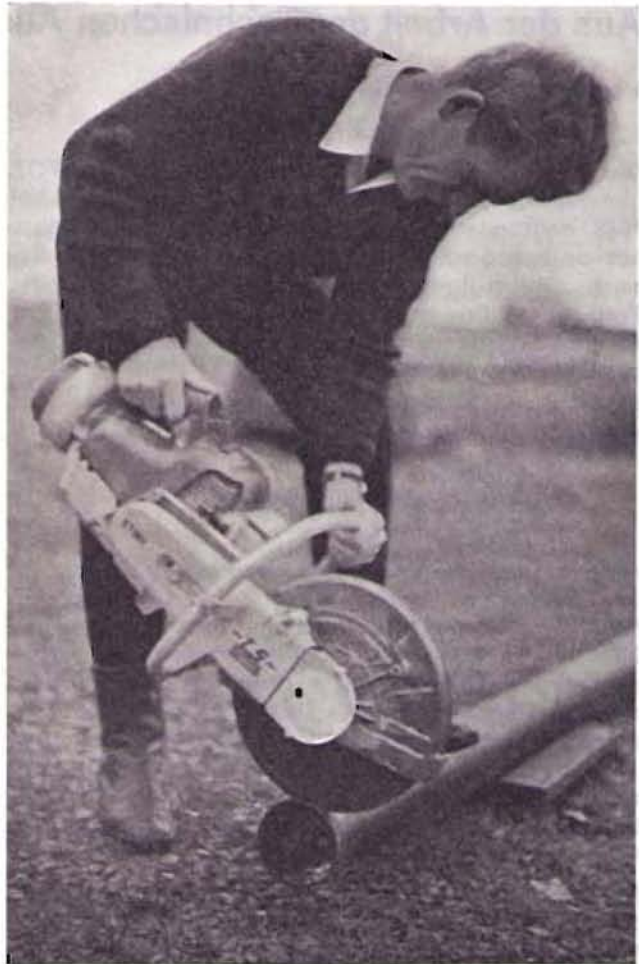


Bild 8: Trennschleifer mit Benzinmotor

meinen siliziumkarbidgebundene Trennscheiben gut bewährt. Für Rollenrohrabschneider erwachsen durch den Zementmörtel keine Schwierigkeiten.

Anbohren

Da die üblichen Anbohrverfahren durchweg mit spanabhebenden Werkzeugen arbeiten, können sie ohne besondere Vorkehrungen auch für Rohre aus duktilem Gußeisen angewendet werden. Von der einschlägigen Industrie werden in der Regel Bohrer und Lochfräser aus Schnellstahl empfohlen.

Bei Rohren mit Zementmörtelauskleidung können ebenfalls die gleichen Werkzeuge eingesetzt werden, wobei man allerdings eine etwas geringere Standzeit zu erwarten hat. Da beim Anbohren sehr niedrige Schnittgeschwindigkeiten vorliegen und da die Zementmörtelauskleidung in der Größe der Anbohrung herausbricht, wenn das duktile Gußeisen zerspant ist, lohnt es sich normalerweise nicht, die auch erhältlichen mit Hartmetallspitzen versehenen Schneidwerkzeuge einzusetzen. Einzelne Werkzeughersteller bieten auch Fräser mit versetzt gefrästen Stirnschneiden an, für die geringere Schnittzeiten angegeben werden.

Aus der Arbeit der Technischen Ausschüsse in der FGR

Von NORBERT RAFFENBERG

Die Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre, kurz FGR genannt, besteht seit 1953 und ist aus der im Jahre 1948 gegründeten Fachabteilung Gußeiserne Rohre hervorgegangen. Ihre Aufgabe im technischen Bereich „Druckrohre“ ist es, anstehende fachtechnische Fragen und Probleme im Interesse der Verbraucher und im Namen der ihr angeschlossenen Druckrohrwerke koordinierend zu behandeln.

So sind schon recht früh technische Ausschüsse gebildet worden, die sich heute

Technischer Ausschuß,
Gummikommission und
Korrosionsausschuß

nennen. Diese Ausschüsse befassen sich mit allgemein interessierenden Entwicklungs- und Konstruktionsfragen, mit Versuchsprogrammen, Berechnungen und Normungsarbeiten sowie mit technischen Spezialfragen, die von Fall zu Fall — teils vom Verbraucher, teils im Herstellerkreise selbst — aufgeworfen werden und meist eine schnelle Lösung erfordern. Den Arbeitsgebieten entsprechend setzen sich die technischen Ausschüsse aus Entwicklungs- und Versuchsingenieuren, Rohrexperthen, Werkstoff-Fachleuten und Chemikern zusammen.

Im folgenden wird über die Arbeit dieser drei Gremien der FGR berichtet, wobei naturgemäß im Rahmen dieser Informationsschrift kein umfassender Abriss des gesamten Arbeitsgebietes gebracht werden kann.

1. Technischer Ausschuß

Von der Vielzahl der Probleme, der sich der Technische Ausschuß, kurz TA genannt, annehmen muß, seien hier einige als Beispiele etwas näher skizziert.

Ausarbeitung von TA-Werksnormen

In den vom Technischen Ausschuß zu erarbeitenden Werksnormen, den sogenannten TA-Werksnormen, werden in erster Linie Angaben und Richtlinien für die Konstruktion und Fertigung von Gußrohren und Formstücken erfaßt. Diese Werksnormen können z. B. Ergänzungen zu DIN-Normen sein und Einzelheiten festlegen, die dort nicht eindeutig bestimmt sind, da sie lediglich für die Hersteller von Bedeutung sind. Sie können aber auch Teile maßlich erfassen, die noch nicht genormt sind.

TA-Werksnormen gelten für alle der FGR angeschlossenen Werke. Sie dienen dazu, daß die Werke nach einheitlichen Konstruktionsgrundsätzen, die bis ins kleinste festgelegt werden, arbeiten können. Sie erleichtern nach erfolgter Abstimmung die Arbeit bei

den einzelnen Werken; es wird unnötige Doppelarbeit vermieden. Die TA-Werksnormen tragen also zu einer einheitlichen wirtschaftlichen Fertigung bei. Sie sind nur für den internen Werksgebrauch bestimmt.

Ausarbeitung von FGR-Normen

Die von der FGR herausgegebenen Normen, die sogenannten FGR-Normen, werden ebenfalls vom TA ausgearbeitet. Diese Normen enthalten in erster Linie die für den Verbraucher erforderlichen Angaben und Richtlinien über Gußrohre und Formstücke; dazu gehören Abmessungen und Gewichte, die noch nicht in DIN-Normen festgelegt sind. Die FGR-Normen können auch als Vorläufer von DIN-Normen angesehen werden. Sobald dann entsprechende DIN-Normen vorliegen, werden solche FGR-Normen zurückgezogen.

FGR-Normen gelten für alle der FGR angeschlossenen Gußrohrwerke als einheitliche Richtlinien und sind — im Gegensatz zu den internen TA-Werksnormen — zur Unterrichtung der Verbraucher bestimmt. Sie sollen ihnen die Gewißheit geben, von allen Werken einheitliche Gußstücke zu erhalten, für die noch keine DIN-Normen bestehen.

Vorbereitung von DIN-Normen

Mit der zunehmenden Verwendung von duktilen Gußrohren stand in den letzten Jahren insbesondere das Thema „Normung der Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen“ im Vordergrund der Arbeiten des TA. Vordringlich wurden zunächst die Grundlagen für die Aufstellung Technischer Lieferbedingungen geschaffen. So mußten unter Berücksichtigung der fertigungstechnischen Gegebenheiten und der von den Gas- und Wasserversorgungsunternehmen gemachten Erfahrungen Festlegungen über Wanddicken und Gewichte sowie deren zulässige Abweichungen, über Werkstoffkennwerte, Festigkeits- und Dichtheitsprüfungen und nicht zuletzt auch über die allgemeine Beschaffenheit und die Kennzeichnung der duktilen Rohre und Formstücke getroffen werden. Des weiteren waren unter Beachtung der internationalen Normbestrebungen und in Abstimmung mit dem DVGW detaillierte Maßunterlagen vorzubereiten. Hierbei wurde stets besonderer Wert darauf gelegt, daß die vom Graugußrohr her bekannten und für die Austauschbarkeit wichtigen Anschluß- und Funktionsmaße beibehalten wurden.

In der Sitzung des DNA-Arbeitsausschusses FR 5 „Gußeiserne Druckrohre und Formstücke“ im März 1968 wurden die seit Juni 1966 vorliegenden Normentwürfe DIN 28600 über die Technischen Lieferbedingungen für duktile Gußrohre und Formstücke

und DIN 28610 über die Maße für duktile Rohre zum Druck als endgültige Normen verabschiedet. Diese beiden Normblätter liegen seit August 1968 als Weißdrucke vor. Zu dieser Zeit konnten dann auch als Ergebnis langjähriger und umfangreicher Planungs- und Entwicklungsarbeiten — nach erfolgter Abstimmung mit dem DVGW und Berücksichtigung der Wünsche der deutschen Verbraucher — die DIN-Vorlagen für Formstücke aus duktilem Gußeisen eingereicht werden. Neben den Flanschennormen DIN 28604 bis DIN 28607 handelte es sich im wesentlichen um die Formstückblätter DIN 28622 bis DIN 28648. In der Sitzung des DNA-Arbeitsausschusses FR 5 im September 1968 wurden die insgesamt 24 DIN-Vorlagen zum Druck als Normentwürfe (Gelbdrucke) verabschiedet.

Ausarbeitung von Richtlinien für Gashochdruckleitungen aus duktilem Gußeisen

Der Hinweis in DIN 28600 und DIN 28610, daß für Gasleitungen aus duktilen Gußrohren und Formstücken mit Betriebsdrücken über 1 kp/cm^2 besondere Richtlinien in Vorbereitung sind, erfaßt ein weiteres Arbeitsgebiet des TA. Auf Grund der verschärften Bestimmungen des Bundeswirtschaftsministeriums hinsichtlich der sicherheitstechnischen Forderungen im gesamten Gashochdruckbereich war eine Überarbeitung aller bestehenden Richtlinien erforderlich geworden. Gemäß einer Erklärung des Bundesministeriums für Wirtschaft in Bonn können DIN-Normen, falls sie sicherheitstechnische Bestimmungen für das Gasfach enthalten, nur dann als anerkannte Regeln der Technik gelten, wenn sie von den DVGW-Fachgremien und vom DVGW-Vorstand verabschiedet und in das DVGW-Regelwerk Gas einbezogen worden sind. Auf Wunsch des DVGW erfolgte so eine entsprechende Angleichung des bereits im Jahre 1961 aufgestellten ersten Richtlinien-Vorentwurfes der FGR an die neuen Prüf- und Güteanforderungen. Im April 1968 konnte den DVGW-Fachgremien ein neuer Entwurf März 1968 „Richtlinien für Gasleitungen mit Betriebsdrücken über 1 bis 16 kp/cm^2 aus Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen“ vorgelegt werden, der im DVGW-Arbeitskreis „Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen“ im Juni und Oktober 1968 behandelt wurde.

Die Arbeiten auf diesem Gebiet können jedoch erst dann zum Abschluß gebracht werden, wenn auch auf dem Stahlrohrsektor bei der Norm DIN 2470 Blatt 1, die sich ebenfalls mit Richtlinien für den Bau von Gasleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 kp/cm^2 bis 16 kp/cm^2 befaßt, eine eindeutige Abstimmung im Sinne der verschärften sicherheitstechnischen Bestimmungen erfolgt ist.

Aufstellung von Maß- und Gewichtstabellen

Mit Beginn der Lieferung von Formstücken aus duktilem Gußeisen im Juli 1968 mußten Unterlagen über Maße und Gewichte zur Unterrichtung der Verbraucher vorliegen. Nach Abstimmung aller hierfür er-

forderlichen Angaben im TA wurde im Juni 1968 für den Bereich von NW 80 bis NW 400, der bereits mehr als 80 % des gesamten Formstückbedarfs erfaßt, die erste Ausgabe „Maße und Gewichte für Formstücke aus duktilem Gußeisen“ herausgegeben. Inzwischen liegen neue Maß- und Gewichtstafeln für Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen im Bereich von NW 40 bis 1200 vor.

Ausarbeitung eines Widerlager-Kataloges

Im Zusammenhang mit der Entwicklung der neuen Formstückserie aus duktilem Gußeisen, deren Baulängen unter Berücksichtigung fertigungstechnischer und verlegetechnischer Gesichtspunkte möglichst klein gehalten wurden, kam von seiten des DVGW der Wunsch nach einer technischen Unterlage über die Bemessung von Betonwiderlagern für duktile Formstücke auf. Es wurde daher die Ausarbeitung eines besonderen Betonwiderlager-Kataloges in Angriff genommen, um die Arbeiten für die Bestimmung und Festlegung von Betonverspannungen im Rohrleitungsbau zu vereinfachen. Sowohl dem Konstrukteur als auch dem Bauleiter soll dieser Katalog es ermöglichen, die Hauptabmessungen der Widerlager für die verschiedenen Prüfdrücke unter Berücksichtigung der zulässigen Bodenpressung einfach und schnell zu bestimmen.

Nach Abstimmung mit dem DVGW wird zunächst ein Katalog für den Bereich von NW 80 bis NW 400 erstellt, der praktisch alle in Frage kommenden Nenndrücke und Bodenpressungen berücksichtigt.

Berechnung erdverlegter duktiler Gußrohre

Durch die Verbesserung der Werkstoffeigenschaften von Gußeisen und die infolge der höheren Festigkeiten von duktilem Gußeisen vorgenommene Verminderung der Rohrwanddicken einerseits sowie durch die stetig wachsenden Verkehrsbelastungen andererseits ist es heute im modernen Rohrleitungsbau nicht mehr vertretbar, bei der Berechnung von Druckrohren nur den Innendruck — wie früher üblich — zu berücksichtigen. Nach ersten Berechnungen dieser Art, die im Jahre 1965 vom Technischen Ausschuß in Abstimmung mit dem DVGW durchgeführt wurden, erfolgte in der FGR-Informationsschrift Nr. 1 vom März 1966 eine Veröffentlichung über die Berechnung von erdverlegten Rohren aus duktilem Gußeisen. Damals konnte bereits durch Nachrechnung der Spannungen und Verformungen nachgewiesen werden, daß die zur Normung vorgesehenen duktilen Gußrohre ohne weiteres zusätzlichen Beanspruchungen durch äußere Kräfte gewachsen sind.

Unter Berücksichtigung der Arbeiten von R. K. Watkins und A. B. Smith, USA, aus den Jahren 1966/1967 wurden weitere Berechnungen hinsichtlich der Verformungen von duktilen Gußrohren bei äußeren Belastungen angestellt. Aus den mittels Computer-Rechnungen ermittelten Ergebnissen kann erneut gefolgert werden, daß die Wanddicken der inzwischen in DIN 28610 vom August 1968 genormten duktilen

Gußrohre noch erhebliche Sicherheitsreserven enthalten. Nähere Ausführungen hierzu werden in dieser Informationsschrift unter dem Thema „Die Verformung eingedeter duktiler Gußrohre, berechnet nach Reynold K. Watkins und Albert B. Smith“ gegeben.

2. Gummikommission

Die Gummikommission befaßt sich speziell mit allen Fragen, die sich auf die Gummidichtringe der für Gußrohre üblichen beweglichen Verbindungen, wie Schraubmuffen-, Stopfbuchsenmuffen- und TYTON-Verbindung beziehen. Als ein wesentliches Beispiel der Arbeiten sei hier die

Ausarbeitung von Lieferbedingungen, Prüf- und Gütevorschriften für Dichtringe

zu nennen. Nach entsprechender Abstimmung in der Gummikommission wurden im November 1965 von der FGR Lieferbedingungen, Prüf- und Gütevorschriften für Naturgummi-Dichtringe fertiggestellt, nach denen sich die Gummiring-Hersteller bei der Fertigung und Lieferung der für gummigedichtete Gußrohrverbindungen erforderlichen Dichtringe richten müssen. In diesen Lieferbedingungen wurden die Eigenschaften, die für die Dichtheit der gummigedichteten Verbindungen von Bedeutung sind, erfaßt und zwecks Prüfung und Kontrolle mit bestimmten Prüf- und Gütewerten versehen, die unbedingt eingehalten werden müssen. Es handelt sich im wesentlichen um folgende Eigenschaften der Dichtringe: Oberflächenbeschaffenheit, Maßhaltigkeit, Härte, Zugfestigkeit, Bruchdehnung, elastisches Verhalten, Alterungsbeständigkeit, Frostbeständigkeit und chemische Beständigkeit. Die in den Vorschriften für Naturgummi verankerten Qualitätsanforderungen beruhen auf jahrzehntelangen Erfahrungen und werden bei den Gußrohrwerken entsprechend überwacht.

Mit dem Strukturwandel in der Gaswirtschaft und dem Übergang zu höheren Betriebsdrücken war es erforderlich, besondere Dichtringe zu entwickeln, wie z. B. den Perbunan-Ring, der sich durch eine beachtlich gesteigerte Quellfestigkeit gegenüber Kohlenwasserstoffen bei gleichzeitig gutem elastischen Verhalten auszeichnet. In Zusammenarbeit mit den Gummiringherstellern hat die Gummikommission daher auch entsprechende Lieferbedingungen für diese Perbunan-Dichtringe ausgearbeitet, die im Oktober 1968 fertiggestellt werden konnten.

Die Lieferbedingungen, Prüf- und Gütevorschriften für Naturgummi- und Perbunan-Dichtringe werden auch Bestandteil der Richtlinien für Gashochdruckleitungen aus duktilem Gußeisen werden, die bereits bei den Arbeiten des TA genannt wurden.

3. Korrosionsausschuß

Der Korrosionsausschuß befaßt sich mit allen Fragen, die sich auf das Korrosionsverhalten von erdverlegten Gußrohren beziehen, und gegebenenfalls mit Maßnahmen zur Vermeidung von Korrosion. Mit der Einführung duktiler Gußrohre auf dem deutschen Markt im Jahre 1956 erhob sich zwangsläufig die Frage, ob das duktile Gußrohr auch die gleich guten Korrosionseigenschaften wie das Graugußrohr besitzt. Das Thema

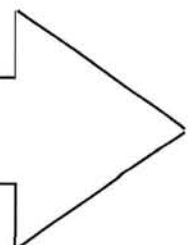
Korrosionsverhalten von duktilen Gußrohren

wurde zunächst theoretisch behandelt. Es war bekannt, daß als ein entscheidender Faktor beim bewährten guten Korrosionsverhalten von Graugußrohren der im Gefüge vorhandene Kohlenstoff mit der Fähigkeit, Deckschichten zu bilden, anzusehen ist. Da duktile Gußrohre praktisch die gleiche chemische Zusammensetzung haben wie Graugußrohre und vor allem auch der Kohlenstoffgehalt bei beiden Werkstoffsorten gleich groß ist — unterschiedlich ist lediglich die Form des im Gefüge vorhandenen Kohlenstoffs —, lag die Vermutung nahe, daß auch bei duktilen Gußrohren ein gleich gutes Korrosionsverhalten gegeben ist. Zur Untermauerung dieser zunächst rein theoretischen Überlegungen wurden sowohl Labor- als auch Korrosionsfeldversuche in die Wege geleitet, um das tatsächliche Korrosionsverhalten erdverlegter duktiler Gußrohre zu erproben. Die sichersten Aussagen konnten dabei im Laufe der Zeit durch die systematisch vorgenommenen Feldversuche sowie auch durch Ausgrabungen von bereits ausgeführten Betriebsleitungen aus duktilem Gußeisen gewonnen werden.

Die Arbeiten des Korrosionsausschusses der FGR wurden durch die schon im Jahre 1951 in Frankreich eingeleiteten Feldversuche angeregt. Bei diesen französischen Versuchen ergab sich nach bis zu 12jähriger Einwirkungszeit, daß duktile Gußrohre praktisch das gleich gute Korrosionsverhalten wie Graugußrohre zeigen. So wurde nach eingehenden Planungen und Vorbereitungen im Korrosionsausschuß und nach Abstimmung mit den entsprechenden französischen und englischen Gremien im Jahre 1963 neben Versuchsfeldern in England und Frankreich auch ein Versuchsfeld in Deutschland angelegt. Die bisherigen Ergebnisse aller im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit angelegten Versuchsfelder in den unterschiedlichsten Böden haben praktisch bestätigt:

Die Korrosionswiderstandsfähigkeit duktiler Gußrohre ist mindestens so gut wie die von Graugußrohren, in einigen Fällen sogar besser. Anders ausgedrückt bedeutet das, daß in den Böden, in denen sich bei Graugußrohren eine hinreichende Korrosionsbeständigkeit herausgestellt hat, zumindest das gleiche gute Verhalten auch bei duktilen Gußrohren zu erwarten ist.

Weitere interessante Informationen



Neues

GUSS- ROHR HAND- BUCH

Das erste Gußrohr-Handbuch vom Mai 1963 brachte im wesentlichen alles Wissenswerte über Druckrohre und Formstücke aus Grauguß mit ihren bekannten und bewährten Muffenverbindungen. Über Druckrohre aus duktilem Gußeisen wurde nur wenig berichtet. Wegen der regen Nachfrage nach dem – inzwischen vergriffenen – ersten Gußrohr-Handbuch und insbesondere auch wegen der heute im Vordergrund stehenden Verwendung von Druckrohren aus duktilem Gußeisen wird im März 1969 – mit Unterstützung der deutschen Gußrohrindustrie – von der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre, Köln, ein neues Gußrohr-Handbuch herausgegeben.

Das neue Gußrohr-Handbuch befaßt sich – der Entwicklung der letzten Jahre und dem derzeitigen Stand der Technik entsprechend – nahezu ausschließlich mit duktilen Gußrohren und den dazugehörigen Formstücken. Nach langjährigen umfangreichen Planungs- und Entwicklungsarbeiten auf nationaler und internationaler Ebene steht heute dem Gas- und Wasserfach ein ausgereiftes Formstück-Programm zur Verfügung.

Seit Einführung der duktilen Gußrohre ist ihr Einsatz so sprunghaft gestiegen, daß bis Ende 1968 bereits mehr als 15 Millionen Meter allein in der Bundesrepublik verlegt wurden; der Anteil duktiler Gußrohre an der gesamten Gußrohrproduktion betrug Ende 1968 bereits über 90 %.

Wer sich mit der Planung, Berechnung und Verlegung von Rohrleitungen befaßt, findet in dem neuen Gußrohr-Handbuch Auskunft über das duktile Gußrohr. Das Handbuch soll dem Ingenieur und Praktiker wie auch dem Kaufmann und Studierenden als Fachbuch und Nachschlagewerk dienen.

In 11 Kapiteln werden die Werkstoffeigenschaften, Herstellungsverfahren, Ausführungs- und Verbindungsarten sowie die Normung der duktilen Gußrohre und Formstücke eingehend beschrieben; ferner wird über Dichtringe, Korrosionsschutz und Verlegung von Gußrohrleitungen ausführlich berichtet. Der hydraulischen Berechnung von Rohrleitungen wurde eine Festigkeitsberechnung duktiler Gußrohre nach neuesten Berechnungsmethoden hinzugefügt. Dem Handbuch sind schließlich ein Verzeichnis wichtiger Normblätter, Maß- und Gewichtstafeln für Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen sowie die Verlegeanleitungen für gußeiserne Druckrohre angegliedert worden.

Nachstehend folgt ein kurzer Überblick über den Inhalt des neuen Gußrohr-Handbuches über duktile Gußrohre und Formstücke:

1 Einführung

Geschichtliches über Gußrohre; Warum Gußrohre?; Anwendungsbereiche von Druckrohren aus duktilem Gußeisen

2 Duktiles Gußeisen als Werkstoff für Druckrohre und Formstücke

Allgemeine Angaben; Mechanische Eigenschaften; Festigkeitsprüfung; Schleudergußrohre; Sandgußrohre und Formstücke

3 Herstellung von Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen

Erschmelzen und Herstellung des duktilen Gußeisens; Formen und Gießen; Schleudergußrohre aus Metallformen; Rohre aus Metallformen mit Innenauskleidung; Sandguß; Rohre; Formstücke und Verbindungsteile; Nachbehandlung und Fertigstellung; Thermische Nachbehandlung; Putzen und mechanische Bearbeitung; Kontrolle; Schutzüberzug und Auskleidung; Kennzeichnung und Fertigmachen für den Versand

4 Ausführungsarten, Abmessungen und Gewichte von Druckrohren aus duktilem Gußeisen

Allgemeines; Ausführungsarten; Schraubmuffenrohre; Stopfbuchsenmuffenrohre; TYTON-Muffenrohre; Muffenrohre mit geschnittenem Gewinde; Flanschrohre; Hausanschlußrohre; Übersicht der Ausführungsarten; Abmessungen; Nennweite und Außendurchmesser; Wanddicke; Baulänge; Muffen; Flansche; Gewichte

5 Ausführungsarten, Abmessungen und Gewichte von Formstücken aus duktilem Gußeisen

Allgemeines; Ausführungsarten; Abmessungen; Nennweite; Wanddicke; Baulänge; Gewichte; Ausführung mit Doppelmuffen; Typenwahl

6 Korrosion und Korrosionsschutz

Grundsätzliche Hinweise über die Korrosion von Eisen; Korrosionsverhalten des Gußeisens; Korrosion bei erdverlegten Rohrleitungen; Außenkorrosion; Innenkorrosion; Maßnahmen zur Vermeidung von Korrosionsschäden an Gußrohrleitungen; Aktive Korrosionsschutzmaßnahmen; Passive Korrosionsschutzmaßnahmen (Schutzüberzüge), allgemein; Schutzüberzüge für die Rohraußenseite; Schutzüberzüge für die Rohrinneenseite

7 Verbindungen von Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen

Allgemeines; Bewegliche gummigedichtete Muffenverbindungen; Schraubmuffen-Verbindung; Stopfbuchsenmuffen-Verbindung; TYTON-Verbindung; Starre Muffenverbindung mit geschnittenem Gewinde; Flanschverbindungen

8 Gummi als Dichtungsstoff für bewegliche Muffenverbindungen

Erfahrungen mit Gummidichtungen in alten Gußrohrleitungen; Anforderungen an Gummidichtringe; Allgemeines; Härte; Zugfestigkeit und Bruchdehnung; Elastische Eigenschaften; Alterungsbeständigkeit; Frostbeständigkeit; Chemische Beständigkeit; Lieferbedingungen, Prüf- und Gütevorschriften für Naturgummi-Dichtringe für die Schraubmuffen-, Stopfbuchsenmuffen- und TYTON-Verbindung; Lieferbedingungen, Prüf- und Gütevorschriften für Perbunan-Dichtringe für die Schraubmuffen-, Stopfbuchsenmuffen- und TYTON-Verbindung

9 Berechnung von Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen

Der wirtschaftlichste Durchmesser einer Rohrleitung; Allgemeines; Rohrleitungskosten; Energiekosten; Ermittlung des wirtschaftlichsten Durchmessers; Berechnung von Wasserleitungen; Ermittlung des Druckverlustes in Wasserleitungen; Druckverlust in geraden, waagerechten Leitungen mit kreisförmigem Querschnitt; Druckverlust in Formstücken; Konvergente Rohrstücke (Konfusoren); Divergente Rohrstücke (Diffusoren); Abzweige 90°; Krümmer; Schieber; Berechnungsbeispiele für Wasserleitungen; Berechnung von Gasleitungen; Ermittlung des Druckverlustes in Gasleitungen; Druckverlust bei geringem Druckabfall; Druckverlust bei großen Druckabfällen; Berechnungsbeispiele für Gasleitungen; Festigkeitsberechnung von duktilen Gußrohren; Allgemeines; Berechnung und Festlegung der Wanddicken duktiler Gußrohre bei Beanspruchungen durch den Innendruck; Berechnung der Wanddicken bei statischer und schwellender Beanspruchung; Festlegung der Wanddicken in DIN 28610; Berechnung der Spannungen in duktilen Gußrohren nach DIN 28610; Spannungen aus dem Innendruck; Spannungen aus der Scheitellast; Spannungen bei Beanspruchung auf Biegung; Spannungen bei kombinierten Beanspruchungen; Ermittlung der Verformung eingegrabener Rohre aus duktilem Gußeisen nach DIN 28610

10 Behandlung und Verlegung gußeiserner Druckrohre und Inbetriebnahme der Rohrleitungen

Allgemeines; Befördern der Rohre; Abladen; Befördern und Lagern auf der Baustelle; Ausheben des Rohrgrabens; Grabentiefe; Grabenbreite; Grabensohle; Verlegen der Rohre; Einbringen der Rohre; Herstellen der Rohrverbindungen; Trennen der Rohre; Druckprüfung von Wasserleitungen; Grundsätzliches; Füllen der Leitung; Prüfdruck; Temperatureinfluß; Prüfdauer; Axial- und Seitenkräfte; Druckprüfung von Gasleitungen; Verfüllung des Rohrgrabens; Spülung und Desinfektion der Leitung; Allgemeine Vorschriften; Spülung; Desinfektion

11 Normung

Zusätzliche Informationen

Schrifttumsverzeichnis; Verzeichnis wichtiger Normblätter; Stichwortverzeichnis; Maß- und Gewichtstafeln für Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen; Verlegeanleitungen für gußeiserne Druckrohre; Verzeichnis der im Anhang beigelegten Unterlagen

In der Reihe

„Rohre für Gas und Wasser - Informationen für das Gas- und Wasserfach“

sind bisher erschienen:

Nr. 1 März 1966

Dipl.-Ing. Reinhard Schaffland
Eigenschaften duktiler Gußrohre

Dr. rer. nat. Dipl.-Chem. Werner Wolf
Das Korrosionsverhalten von Rohren aus duktilem Gußeisen

Dr.-Ing. Erwin Niederschuh
Untersuchungen an duktilen Schleudergußrohren und ihre Berechnung nach dem Gutachten Prof. Dr.-Ing. habil. Karl Wellinger, Staatl. Materialprüfungsanstalt, Stuttgart

Dr.-Ing. Hansgeorg Hein
Berechnung von erdverlegten Rohren aus duktilem Gußeisen

Obering. Dipl.-Ing. Hans von Rezori
Technische Lieferbedingungen für Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen — Entwurf DIN 28 600 — Druckrohre aus duktilem Gußeisen mit Schraub-, Stopfbuchsen- und TYTON®-Muffen — Entwurf DIN 28 610

Dipl.-Ing. Kurt Reeh und Ing. Horst Nöh
Die Verbindungen duktiler Gußrohre — Ihr Einsatz in Gasleitungen unter besonderer Berücksichtigung der Gummidichtringe

Obering. Dipl.-Ing. Otto Dintelmann
Duktile Gußrohre für Gas- und Wasserleitungen und Erfahrungen bei der Verlegung

Nr. 2 April 1967

Dr.-Ing. Erwin Niederschuh
Erprobung von Gummiringen für Muffenverbindungen gußeiserner Druckrohre in Gasleitungen

Institut für Gastechnik, Feuerungstechnik und Wasserchemie der Technischen Hochschule Karlsruhe, vormals Gasinstitut
Gutachten über die Eignung gummigedichteter Gußrohrverbindungen in Gasleitungen

Ing. Karl Stahl
Ausführungen und Anwendungsgebiete gußeiserner Stemmuffen-Zusatzdichtungen

Ing. R. Zimmer
Die Möglichkeiten der Verwendung duktiler Gußrohre mit Schraublangmuffe in Bergsenkungsgebieten

Dr.-Ing. Wolf-Dietrich Gras
Korrosionsschutzüberzüge für erdverlegte gußeiserne Druckrohre

Nr. 3 März 1968

Dr.-Ing. Erwin Niederschuh
Über die Hydraulik des duktilen Gußrohres für die Trinkwasserversorgung

Dipl.-Ing. Norbert Raffenberg
Verformungsvermögen duktiler Gußrohre

Dipl.-Ing. Heinz Loitzenbauer
Beitrag zur Frage der Ermittlung der Verformbarkeit von Druckrohren aus duktilem Gußeisen

Dr.-Ing. Hansgeorg Hein
Der Einfluß der Zeit auf das Festigkeitsverhalten am Beispiel gußeiserner Rohre

Obering. Dipl.-Ing. Hans von Rezori
Anbohrschellen und Anbohrüberschieber als Hilfsmittel für die Herstellung von Hausanschlüssen an das Wasser- und Gasrohrnetz

Werner Hartmann
Konstruktion und Verlegung von Dückerleitungen aus duktilen Gußrohren

Biegezugfestigkeit

Rohrleitungen, die für die erhöhten Beanspruchungen im 21. Jahrhundert gebaut werden, müssen aus Rohren bestehen, die auf „Herz und Nieren“ geprüft sind. Wenn Sie sich einmal die Festigkeitswerte duktiler Gußrohre in Ruhe betrachten - besser noch, mit denen anderer Werkstoffe vergleichen - werden auch Sie zu der Überzeugung kommen: Duktile Gußrohre bieten höchste Sicherheit und Zuverlässigkeit auf Dauer.

Biegezugfestigkeit mind. 4 000 kp/cm²

Bei Beanspruchungen durch Längsbiegung wirkt sich insbesondere das beachtliche plastische Verformungsvermögen duktiler Gußrohre günstig aus.



Duktile Gußrohre - Rohre ohne Probleme

bauen
für das **21.**
Jahrhundert

fgr

FACHGEMEINSCHAFT GUSSEISERNE ROHRE 5 KÖLN 18, SCHLISSFACH 37