

ROHRE für
GAS und
WASSER

fgr

Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre

5

Informationen für das
Gas- und Wasserfach



ROHRE für GAS und WASSER



Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre

5

Informationen für das
Gas- und Wasserfach

Inhalt

BEIGEORDNETER DIPL.-ING. HANS-GEORG KÖHLER	Seite
Erfahrungen bei der Verlegung von duktilem Gußrohr bei den Städtischen Werken Essen	2
OBERBAUDIREKTOR DIPL.-ING. RICHARD FUNK	
Rohrwerkstoffe im Wandel der 700jährigen Wasserversorgung der Stadt Freiburg i. Br.	6
DIPL.-ING. NORBERT RAFFENBERG	
Entwurf von Richtlinien für den Bau von Gasleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 kp/cm² bis 16 kp/cm² aus Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen Neuentwurf des DVGW-Arbeitsblattes G 461	10
DR.-ING. ERWIN NIEDERSCHUH	
Die TYTON®-Verbindung für gußeiserne Rohre	17
DR.-ING. WOLF-DIETRICH GRAS UND DR. RER. NAT. WERNER WOLF	
Neuere Untersuchungsergebnisse über das Korrosionsverhalten von Rohren aus duktilem Gußeisen	25
DIPL.-ING. ADOLF WOLF	
Hinweise für die Bemessung von Betonwiderlagern an Bogen und Abzweigen aus duktilem Gußeisen	33
ING. (GRAD.) HANS REEH	
Die ARS-Universal-Klemmschelle (DBGM) aus duktilem Gußeisen zur Schubsicherung von gußeisernen Druckrohrleitungen	39

Titelbild:

Hubschrauber als Rohrtransporter

Wenn Gußrohre dort verlegt werden müssen, wo Räder und Raupen versagen, geht's eben durch die Luft.

Herausgeber: Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre,
5 Köln 1, Konrad-Adenauer-Ufer 33, Postfach 160 176

Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt

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

Januar 1970

Erfahrungen bei der Verlegung von duktilem Gußrohr bei den Städtischen Werken Essen

Von HANS GEORG KOHLER

Im DIN-Blatt 28600 „Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen, Technische Lieferbedingungen“ heißt es in der Vorbemerkung:

„Duktiles Gußeisen ist ein Eisen-Kohlenstoff-Gußwerkstoff, dessen als Graphit vorliegender Kohlenstoffanteil wie bei Gußeisen mit Kugelgraphit (GGG) nach DIN 1693 nahezu vollständig in weitgehend kugelig Form vorliegt.“

Der Wortstamm „duktil“ hat im Lateinischen seinen Ursprung und bedeutet soviel wie „dehnbar oder streckbar“. Ein duktile Rohr ist also ein verformbares Rohr.

Duktile Gußeisen wird durch Impfung mit einer Magnesiumlegierung gewonnen. Es kommt dabei zu der Erzeugung der knotigen bis kugeligen Graphit-ausbildung, die dem Eisen die besonderen Eigenschaften verleiht. Im Maschinenbau fand duktile Gußeisen bei der Herstellung von Kurbelwellen erste Verwendung. Als Rohrwerkstoff ist es in der Bundesrepublik seit etwa 1956 bekannt. Wegen seiner guten mechanischen Eigenschaften, die dem Stahl ähnlich sind, wurde es zunächst überall dort eingesetzt, wo ein besonderes Bedürfnis nach Sicherheit bestand oder aber besonders hohe Belastungen zu erwarten waren. So finden wir duktile Gußrohre zu Beginn der Entwicklung hauptsächlich bei der Verlegung von Gas-Niederdruck-, -Mitteldruck- und -Hochdruckleitungen und auf der Wasserseite bei Dükerleitungen, Brückenleitungen und bei Leitungen in schwierigem Gelände, wie z. B. in bergbaugesährdeten Gebieten, an Steilhängen, bei Kreuzungen verkehrsreicher Straßen.

Mit dem wachsenden Bedarf und der damit verbundenen Preisermäßigung haben duktile Gußrohre inzwischen Eingang in den gesamten Bereich der Gas- und

Wasserversorgung gefunden. Bei den Städtischen Werken Essen wurden 1964 erste Versuche unternommen, die dann bald zur endgültigen Einführung des duktilen Rohres führten.

So wurden z. B.

1964	etwa	8 250 m
1965	etwa	13 700 m
1966	etwa	23 600 m
1967	etwa	43 300 m
1968	etwa	56 800 m
bis 15. 11. 1969		etwa 49 000 m

duktiler Gußrohre verlegt.

Insgesamt wurden im Bereich der Städtischen Werke Essen bisher

6 270 m	NW	80
37 840 m	NW	100
57 220 m	NW	150
52 840 m	NW	200
5 370 m	NW	250
24 180 m	NW	300
7 540 m	NW	400
2 630 m	NW	500
760 m	NW	600

innerhalb eines Zeitraumes von 6 Jahren 194 650 m duktile Gußrohre verarbeitet. Die Gründe hierzu sind einfach und einleuchtend. Etwa 75 % des Essener Versorgungsgebietes ist vom Bergbau beeinflusst. In den letzten 20 Jahren wurden Absenkungen bis zu 6 m festgestellt. Hieraus ergeben sich erhebliche Bodenverschiebungen und damit Belastungen sowohl als Zug-, Druck- und Querkräfte für die Leitungen. Die vorzüglichen mechanischen Eigenschaften des duktilen Gußeisens, die mit einer Zugfestigkeit von mindestens 40 kp/mm², einer Streckgrenze von mindestens 30 kp/mm², einer Bruchdehnung von mindestens 10 % angegeben werden, lassen diesen Werkstoff als besonders geeignet erscheinen. Neben den aus diesen Bewegungen resultierenden Spannungen sind vom Rohr noch die aus dem Innendruck und der Scheitelast hervorgerufenen Kräfte aufzunehmen. Bei elastischen Rohren ist zu beobachten, daß bei der aus der Erdlast und der Verkehrslast zu erwartenden Verformung des Rohres eine seitliche Entlastung durch den passiven Erddruck eintritt. Duktile Gußrohre, also verformbare Rohre, sind zur Aufnahme dieser Kräfte deshalb besser geeignet als starre, nicht verformbare Graugußrohre. Die Wandstärken und damit das Gewicht der Rohre sind dabei geringer als das der Rohre aus Grauguß.

Duktile Gußrohre werden mit gummigedichteten Muffenverbindungen (Schraub-TYTON-Stopfbuchsenmuffe) geliefert. Sie sind wegen ihrer einfachen Montage bestens für erdverlegte Rohre geeignet (Bild 1). Die Städtischen Werke Essen beziehen praktisch ausschließlich Schraubmuffenrohre. Diese haben sich in

Bild 1



der Praxis überall dort gut eingeführt, wo es auf dichte und trotzdem bewegliche Verbindungen ankommt. In bergbaugestörten Gebieten bietet die Schraublangmuffe noch erhöhte Sicherheiten. Die beim Gußrohr übliche TYTON-Muffe ist eine wenig Arbeitsaufwand erfordernde Verbindung, die praktisch ohne seitliche Kopflöcher hergestellt werden kann.

Duktile Gußrohre werden in Längen von 5 bis 6 m angeliefert und sind deshalb besonders gut innerhalb eines Stadtgebietes zu verarbeiten, da hier bei der Verlegung meistens eine Vielzahl von Hindernissen im Rohrgraben zu umgehen ist (Bild 2 und 2 a). Kreuzende Kabel, Kanäle, Hausanschlüsse oder sonstige Bauwerke sind mit kurzen Rohrstücken besser zu unterfahren als mit langen Rohren. Da jede Muffenverbindung noch Abwinkelungen aus der Rohrachse zuläßt, sind auch leichte Kurven gut mit geraden Rohren zu verlegen (Bild 3). Kurze Aufbrüche und kleine Arbeitsräume sind nicht unbedeutende Vorteile.

Der Rohrtransport zur Baustelle ist bei den geringen Rohrlängen mit Lkw möglich und verhältnismäßig einfach durchzuführen. Bei großen Rohrlängen ist in jedem Falle ein Rohrwagen oder Lkw mit Nachläufer erforderlich. Daß solche Transporte in engen Straßen unbeweglicher und verkehrsstörender sind, braucht nicht besonders betont zu werden.

Das Rohrmaterial erdverlegter Rohrleitungen ist sowohl den korrodierenden Angriffen des umgebenden Erdreichs als auch dem Angriff des durchfließenden Stoffes ausgesetzt.



Bild 2a

Bild 2



Bild 3



Bei der Korrosion metallischer Rohrleitungen handelt es sich um elektrochemische Reaktionsvorgänge. Folgende drei Bedingungen müssen erfüllt sein, wenn eine Korrosion stattfindet:

1. Es muß eine Flüssigkeit vorhanden sein, die auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung auf das Rohr angreifend wirkt.
2. Auf der Metalloberfläche muß es Bereiche mit unterschiedlichen elektrochemischen Potentialen geben.
3. Zwischen diesen unterschiedlichen Potentialen muß eine elektrisch leitende Verbindung bestehen.

Die Bedingung 1. ist in fast allen Fällen des Rohrleitungsbaues erfüllt, entweder vom Durchleitungsmedium her oder vom umgebenden Erdreich.

Zur Bedingung 2. kann gesagt werden, daß bei Gußeisen infolge der Ausscheidung des freien Kohlenstoffes als lamellarer beim Grauguß oder als kugeliges Graphit beim duktilen Gußrohr ein ungleichartiger Gefügeaufbau entsteht. Graphit besitzt dabei gegenüber dem Eisen ein höheres Potential.

Die Bedingung 3. ist ebenfalls erfüllt, und doch kommt es beim Gußeisen zu keinen wesentlichen Korrosionen. Die Erklärung ist leicht gefunden. Ein Schliffbild von Gußeisen zeigt, daß sich Graphitteilchen und Eisenmischkristalle auf engem Raum ständig abwechseln. Dadurch wird eine flächige Abtragung mit geringen örtlichen Stromdichten erreicht.

Es wird sich deshalb sehr rasch über der gesamten Fläche eine graphithaltige Deck- oder Schutzschicht bilden, die außer Graphit noch Eisenoxydhydrat und Kieselsäure enthält. Diese Deckschicht verschließt dem angreifenden Medium den Zutritt zur Metalloberfläche und verhindert oder hemmt zumindest eine weitere Korrosion (Bild 4). Aus diesen Überlegungen folgert, daß duktiler Gußeisen noch korrosionsbeständiger sein muß als Grauguß. Beim Grauguß scheidet sich Graphit lamellar, also mit großer Oberfläche aus;

Bild 4



Bild 5

bei duktilem Guß finden wir kugelige Ausscheidungen, also geringere Oberflächen bei gleichem Volumen. Damit fällt auch die kathodische Gesamtoberfläche und die Korrosionsgeschwindigkeit wird kleiner. Diese theoretischen Überlegungen wurden durch Feldversuche bestätigt. Auch aus der Praxis liegen bereits Ergebnisse vor. Seit 1951 werden duktile Gußrohre in Europa zum Rohrleitungsbaue verwendet. Sie zeigen in den verschiedensten Bodenarten ein gutes Korrosionsverhalten. Interessant ist noch, daß bei künstlich durchgraphitierten Rohrwandungen das duktile Rohr höhere Drücke aushält als das Graugußrohr. Bei der Innenkorrosion ist nur das Verhalten bei der Verwendung als Wasserleitungsrohr zu beachten, da bei Gasleitungen so gut wie keine Innenkorrosion zu erwarten ist. Bei der Korrosion in Wässern handelt es sich in der Hauptsache um Angriffe durch die freie aggressive Kohlensäure und in geringem Umfang auch um Angriffe von gelösten Chloriden und Sulfaten. Als nichtaggressiv gelten alle Wässer, die im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht stehen, da sie auf der Rohrwand eine Kalkrostschutzschicht ausbilden, die den Korrosionsablauf sehr stark verzögert. Zum Schutz der Rohrleitungen wird deshalb in vielen Fällen das Wasser aufbereitet und durch Entfernung der aggressiven Kohlensäure ins Gleichgewicht gebracht. Darüber hinaus werden alle Rohre mit einem

Rohrschutzüberzug versehen, dessen Eigenschaften in DIN 28600 festgelegt wurden.

Für den Bereich der Städtischen Werke Essen werden alle Rohre außen mit einem Tauch- oder Spritzüberzug auf der Grundlage von Steinkohlenteerpech mit einer Schichtdicke von ungefähr 0,1 mm versehen (Bild 5). Die Teerüberzüge erfüllen die Aufgabe, das Rohr vor Korrosion im Erdboden zu schützen, sehr weitgehend. Bei der Verwendung der Rohre als Gasleitung reicht der vorgenannte Schutzüberzug auch für die Rohrrinnenflächen vollständig aus.

Im Bereich des Wasserrohrnetzes finden Rohre mit Zementmörtelaukleidung Verwendung, da das Wasser in Essen nicht den Gleichgewichtsbedingungen entspricht (Bild 6). Die Auskleidung der Rohre mit Zementmörtel erfolgt im Schleuderverfahren, wobei infolge der Zentrifugalkräfte eine große Verdichtung erreicht wird. Der Schutz durch die Auskleidung besteht einmal in der mechanischen Abschirmung der Rohrwandung und zum anderen durch eine chemische Umsetzung innerhalb der Auskleidungsschicht zwischen dem Mörtel und dem Gußeisen. Zementausgeschleuderte Rohre (Grauguß) werden in Essen bereits seit 1951 mit bestem Erfolg eingebaut.

Alle diese Merkmale führten bei den Städtischen Werken Essen zu dem Entschluß, bei der Verlegung von Gas-Niederdruck-, -Mitteldruck- und Wasserleitungen jeder Druckstufe bis zur Nennweite 500 einschließlich hauptsächlich, ja fast ausschließlich duktilen Gußrohr zu verwenden. Es sei in diesem Zusammenhang bemerkt, daß bei den Städtischen Werken Essen Versuche über die Entsäuerung des Wassers laufen. Bei Einführung einer Entsäuerung würde dies bedeuten, daß für Wasserleitungsrohre die jetzt noch übliche Zementauskleidung in Fortfall kommen könnte, und damit keine Unterscheidung mehr zwischen Gas- und Wasserleitungsrohren bestehen würde. Für die Lagerhaltung wäre dies ein ganz erheblicher Vorteil.

Für die Arbeiten an der Baustelle ergeben sich aus einer Typisierung ebenfalls ganz erhebliche Vorteile.

Bild 6



Bild 7

Bei den Rohrlegekolonnen handelt es sich meistens um angelernte Arbeitskräfte, die in werksseitigen Schulungen und Unterweisungen mit den Aufgaben und Fertigkeiten ihres Berufes vertraut gemacht wurden. Je geringer die Zahl der einzelnen Arbeitsgänge ist, um so besser und schneller kann eine Einweisung erfolgen. Bei gleichen Materialien und gleichen Arbeitsgängen sind ebenfalls auch gleiche Werkzeuge notwendig (Bild 7). Auch hier bringt die Typisierung erhebliche Vorteile. Die Werkzeughaltung und Werkzeugaufbereitung wird einfach und läßt den Austausch von Ersatzteilen oder ganzer Geräte ohne weitere Störungen zu. Der Handwerker stellt sich auf ein ihm vertrautes Werkzeug ein und erreicht in der Handhabung große Fertigkeiten und damit höhere Leistungen.

Rohrlegekolonnen, die bisher gewohnt waren, Graugußrohre zu verlegen, werden bei der Umstellung auf duktilen Rohr nicht umlernen müssen. Alle Arbeitsgänge bleiben gleich bis auf die Herstellung von Trennschnitten. Da das duktile Gußrohr stahlähnliche Eigenschaften besitzt, sind die für Graugußrohre üblichen Schneidwerkzeuge nicht geeignet. Rohre aus duktilem Gußeisen lassen sich mit Sägen, Fräsern, Trennscheiben und Gliederrohrschneidern mit speziellen Schneidrollen schneiden. Notfalls sind auch automatische Trennschnitte möglich.

Im Bereich der Städtischen Werke Essen sind seit der Einführung des duktilen Rohres keine Nachteile bekannt geworden. Die Vorteile gegenüber dem normalen Graugußrohr sind jedoch bedeutend. Duktile Gußrohre haben wegen ihrer höheren Festigkeit geringere Wandstärken und damit ein geringeres Gewicht. Der Transport und die Verlegung werden

dadurch wesentlich beeinflusst. Wegen der großen Elastizität des Materials sind bisher — auch in bergbaugestörten Gebieten — keine Rohrbrüche infolge Querbeanspruchung aufgetreten. Längsrisse, infolge Druckbeanspruchung, konnten ebenfalls bisher nicht festgestellt werden, auch dort nicht, wo durch starke und plötzliche Entnahme großer Wassermengen erhebliche Druckstöße im Rohrnetz auftraten. Bei der Verwendung in stark schwingenden Brückenbauwer-

ken konnten keine nachteiligen Auswirkungen festgestellt werden.

Nach den bisherigen Erfahrungen ist das duktile Gußrohr ein vorzügliches Bauelement für Gas- und Wasserversorgungsleitungen. Die Städtischen Werke Essen werden auch in Zukunft diesem Rohr einen vorrangigen Platz beim Ausbau des Rohrnetzes einräumen.

Rohrwerkstoffe im Wandel der 700-jährigen Wasserversorgung der Stadt Freiburg i. Br.

Von RICHARD FUNK

Wenn sich für die Stadt Freiburg durch ihre Lage am Rande der Schwarzwaldhänge in der frühesten Zeit der Stadtgeschichte noch nicht die Notwendigkeit komplizierter Wasserfassungs- und Rohrleitungsanlagen ergab, wie sie zum Teil schon vor Jahrtausenden von den Inkas oder von den Römern zu unserer heutigen Bewunderung praktiziert wurden, eröffnen sich beim Studium der Quellen- und Brunnengeschichte der südbadischen Metropole sehr interessante und stadtgeschichtlich aufschlußreiche Aspekte. Solange Freiburg noch eine für die von Westen nach Osten und von Süden nach Norden durchziehenden Kaufleute wichtige, aber in ihrer Ausdehnung bescheidene Siedlung war, mag sich wohl die Wasserversorgung dem Fremden so dargestellt haben wie man ihr heute noch begegnet, wenn wir durch den Schwarzwald wandern und uns über die Laufbrunnen, vor allem der abseits liegenden Bauernhöfe, erfreuen. Hier ergießt sich noch sommers wie winters ein Strahl frischen, klaren und wohlschmeckenden Quellwassers in ein zumeist aus einem Baumstamm gehauenes Brunnenbecken. Nicht weit vom Hofe in einer Mulde am Berg ist die Brunnenstube angelegt und für die Zuleitung zum Brunnen benutzte man bis in unsere Zeit sogenannte Deicheln oder Deucheln, das sind längs durchbohrte Fichtenstämme, welche durch Eisenringe untereinander verbunden sind.

Nach der Gründung der Stadt Freiburg unter den Herzögen von Zähringen, aber spätestens um 1200, als man mit dem romanischen Teil des Münsterbaues begann, wird wohl diese ursprüngliche Form der Wasserversorgung nicht mehr ausgereicht haben. Die Bürger der Stadt mußten sich angesichts des steigenden Bedarfs frühzeitig nach einer weitergehenden Nutzung von Quellwasser für die gesamte Einwohnerschaft und die durchreisenden Kaufleute mit ihrem zwei- oder vierbeinigen Gefolge umsehen. Neben Freiburg gab es sicher nur wenige Städte, die auf Grund ihrer Lage auf reiche höhergelegene Quellen zurückgreifen konnten.

Größere Wassermengen fand man im Mösle, etwa 1500 m vor den Toren der Stadt und etwa 20 m über dem Straßenniveau innerhalb der engeren Stadtmauer. Dort wurde eine Reihe von Brunnenstuben

angelegt, von denen das Wasser in zwei hölzernen Deuchelleitungen zu verschiedenen Laufbrunnen der Innenstadt hingeleitet wurde. Da man noch keine Reservoire kannte und überdies genug Wasser zur Verfügung stand, liefen diese Brunnen Tag und Nacht. Private Brunnen gab es anfangs nur wenige. Die meisten Laufbrunnen, an denen sich das öffentliche Leben abspielte, standen auf Plätzen und Straßen und jedermann konnte den täglichen Bedarf für Mensch und Vieh in Kübeln abholen.

Vom Deichele zum Tonrohr

Der Brunnenmeister war von Beruf Zimmermann. Er hatte vor allem die vielen Deichelleitungen zu unterhalten, die ständig undicht wurden. Bald verfaulten aber die hölzernen Einrichtungen und mußten in kurzen Abständen mit großem körperlichen und materiellen Aufwand immer wieder instand gesetzt werden. Um 1500 wurde darum die Freiburger Wasserversorgung grundlegend erneuert. Im März 1501 schloß die Stadt mit einem auswärtigen Brunnenmeister einen Werkvertrag über die Herstellung und Verlegung neuer Wasserzubringerleitungen aus gebrannten Tonrohren.

Die Beschreibung der Wasserversorgung von 1535 gibt einen interessanten Einblick in alle bis dahin vorhandenen Wasserversorgungseinrichtungen der Stadt Freiburg. In dem Bericht ist manches über die Rohrführung innerhalb und außerhalb der Stadtmauer, über die Verteilerbauwerke, die Wasserzumessung und die Aufteilung der Herstellungs- wie der laufenden Unterhaltungskosten vermerkt. Es würde zu weit führen, die in der damaligen Ausdrucksweise sehr interessanten Berichte hier auch nur auszugsweise wiederzugeben.

Vom Tonrohr zum Gußrohr

Aber auch die um 1500 verlegten und damals recht modernen Tonrohre blieben nicht dicht und gingen laufend zu Bruch. Dadurch war der Wasserzufluß oft

so gering, daß man sich heimlich mit der Zuleitung von Wasser aus der nahegelegenen Dreisam behalf. Dies führte immer wieder zu Klagen über die schlechte Beschaffenheit des „Trinkwassers“, obwohl der Begriff Hygiene zur damaligen Zeit noch ziemlich fremd war.

Am Anfang des 19. Jahrhunderts, die Stadt beherbergte nun schon fast 20 000 Einwohner, waren die tönernen Wasserzubringerleitungen so veraltet und unbrauchbar geworden, daß man an eine generelle Erneuerung des gesamten Leitungssystems denken mußte. Damals gab es schon die ersten stehend gegossenen Rohre aus Grauguß und die Freiburger Stadtväter griffen gerne etwas tiefer in die Tasche, um mit zwei Rohrleitungen von je 150 mm lichter Weite aus diesem „modernen“ Werkstoff das gesamte Quellwasser aus dem nahegelegenen Mösle in die zahlreichen öffentlichen und privaten Brunnen der Stadt zu leiten. Endlich gab es also Rohrleitungen, die bei sorgfältiger Verlegung nicht zu Bruch gingen und auch dicht waren. Es spricht für die Qualität dieses Materials und auch der Verlegung, daß dieses gußeiserne Rohrleitungssystem aus dem Jahre 1843 noch bis zum Ende des zweiten Weltkrieges neben der inzwischen längst errichteten zentralen Wasserversorgung uneingeschränkt zur Versorgung von mehr als 70 öffentlichen Brunnen seinen Dienst tat.

Gußeiserne Stemmuffenrohre um 1873 für das öffentliche Trinkwasserversorgungsnetz

Kaum drei Jahrzehnte nach der Erneuerung der Quellzuleitungen — die Stadt war schnell auf etwa 40 000 Einwohner angewachsen — reichte nun das fast 600 Jahre alte Wasservorkommen im nahen Mösle nicht mehr aus. Auch wurde der Ruf nach einer öffentlichen Wasserversorgung mit Wasseranschlüssen in jedes Bürgers Haus immer lauter. Um 1870 entschloß sich der Freiburger Gemeinderat zu einer zukunftsweisenden Neuorientierung der Trinkwasserversorgung. Das nahegelegene Dreisamtal, das sich weiter östlich zu einigen engen Schwarzwaldtälern verjüngt, sollte für ein weiteres Jahrhundert Grundlage für eine sichere Versorgung der gesamten Freiburger Bevölkerung mit gutem Trinkwasser aus den Schwarzwaldhängen sein.

Bei der um 1873 einsetzenden modernen Freiburger Wasserversorgung wurden innerhalb 4 Jahren über 25 000 m Stemmuffenrohre verlegt. Darin enthalten war die erste ca. 5100 m lange Wasserzubringerleitung NW 450, die bald darauf durch eine parallele Rohrleitung mit ebenfalls NW 450 ergänzt wurde, weil der Wasserverbrauch nun sprunghaft zunahm. Die gußeisernen Stemmuffenrohre waren ebenfalls noch stehend gegossen und wir bewundern heute noch die mächtigen Wandstärken, die damals aus fertigungstechnischen Gründen noch erforderlich waren. Auch wollte man keine Risiken eingehen, weil die damaligen Gußerzeugnisse noch erhebliche Schlackeneinschlüsse hatten, was bei der Festigkeitsrechnung berücksichtigt werden mußte.

Die um 1873 verlegten Wasserleitungen waren aber schon von so guter Beschaffenheit und die Abdichtung der Stemmuffen erfolgte so sorgfältig und gewissenhaft, daß die meisten dieser Rohre heute noch ihren zuverlässigen Dienst tun und zur allgemeinen Bewunderung auch noch absolut dicht sind. Erst vor zwei Jahren wurden zwei Proberohre NW 450 aus dieser Zeit zu einem Gußrohrwerk gegeben, wo sie auf Herz und Nieren geprüft wurden. Diese wahllos herausgelösten Rohre wurden u. a. einer Druckprobe unterzogen. Bei dem nachfolgenden Berstversuch ging das Material erst bei einem Innendruck von 40 atü zu Bruch. Die Praxis hat also gezeigt, daß man Wasserleitungsrohre aus Gußeisen ohne besondere Risiken durchaus 100 Jahre und mehr in Betrieb halten kann. Wenn in Freiburg dennoch Rohrleitungs Erneuerungen vorgenommen werden, was heuer im Zuge des verstärkten Straßenbaues im Innern der Stadt in verstärktem Maße getan wird, so geschieht dies nur, weil diese alten Rohrleitungen den mengenmäßigen Anforderungen nicht mehr gewachsen sind und größeren Querschnitten Platz machen müssen.

Die Wasserversorgung einer mittleren Großstadt

Inzwischen ist die Stadt Freiburg auf über 165 000 Einwohner angewachsen und um die Jahrhundertwende werden es weit über 200 000 sein. Bei dieser seit langem schon anhaltenden stürmischen Entwicklung der Stadt ist es eine besondere Aufgabe der Wasserversorgung, rechtzeitig den jeweils erforderlichen Wasserbedarf sicherzustellen. Trotz intensiver Bemühungen um neue Großlösungen hat die Freiburger Bevölkerung seit den fünfziger Jahren wiederholt Wasserengpässe hinnehmen müssen. Durch die Erkundung und Erschließung eines neuen und sehr reichen Wasserentnahmegebietes im Rheinvorland, etwa 15 km westlich der Stadt, wird die Wasserbeschaffung auf mehrere Jahrzehnte kein Problem mehr sein.

Inzwischen geht der modernste und größte Wasserwerksbau in Südbaden seinem Ende entgegen. Aus vier Großbrunnen sollen zunächst bis zu 60 000 cbm Wasser nach Freiburg gepumpt werden. Durch den Bau weiterer Tiefbrunnen und die Aufstellung zusätzlicher Pumpeinheiten kann die Kapazität dieses Wasserwerkes nach den heutigen Erkenntnissen auf mindestens 120 000 bis 140 000 cbm täglich erweitert werden. Diese gewaltigen Wassermengen, die in steigendem Maße auch dem Landkreis zukommen sollen, werden im Endausbau über zwei je 15 km lange Wasserzubringerleitungen NW 800 den westlichen Neubaugebieten der Stadt zugeführt. Die erste Wasserzubringerleitung, innerhalb der Stadt um 2,5 km NW 1000 zu einem neuen Wasserhochbehälter mit 20 000 cbm Fassungsvermögen verlängert und über eine 1000 m lange Anschlußleitung NW 600 mit dem vorhandenen Ringrohrnetz NW 500 um die Altstadt verbunden, wurde bereits verlegt und inzwischen in Betrieb genommen. Das gesamte Wasserwerksprojekt mit Hochbehälter und Zubringerleitung wird insgesamt 30 Mio. DM verschlingen. Fast 15 Mio. DM entfallen auf den Bau der eben erwähnten Gußrohrleitungen NW 800 und NW 1000.



Leistungsmodell Wasserversorgung Hausen - Freiburg (NW 800 und 1000) mit dem neuen Wasserwerk Hausen am Anfang und dem 20 000 cbm großen Gegenbehälter im Stadtgebiet

Duktiles Rohrmaterial auch für die neue Wasserzubringerleitung NW 800/1000

Um einem erneuten Wasserengpaß zuvorzukommen, wurde schon 1964 mit der Planung der neuen Wasserzubringerleitung aus dem Rheinvorland begonnen. Insgesamt wurden drei Rohrtrassen nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten untersucht und ausgewertet.

Besonderes Augenmerk wurde dabei auf nahezu 100 Probebohrungen bis zu 10 m Tiefe entlang der zu erkundenden Trassenführungen gelegt. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse waren für die Ausschreibung der Erd- und Rohrverlegungsarbeiten sehr wichtig. Gleichzeitig wurden mehrere Bodenproben zur bodenchemischen Beurteilung zur Technischen Hochschule nach Karlsruhe gegeben. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen haben die Wahl des Rohrwerkstoffes stark beeinflusst, denn die untersuchten Bodenproben zeigten allesamt stark aggressives Verhalten. Außerdem wurden streckenweise hohe Sulfatkonzentrationen festgestellt, die sich wie das aggressive Verhalten des Bodens auf verschiedene Rohrwerkstoffe sehr nachteilig auswirken und zu einer frühen und permanenten Werkstoffzerstörung führen können.

Bei der Ausschreibung des Rohrleitungsmaterials wurden sämtliche auf dem Markt befindlichen Rohrwerkstoffe berücksichtigt. Neben den bodenchemischen Angriffen waren auch die Belastungen durch äußere Krafteinwirkungen während und nach der Rohrverlegung bei allen weiteren Überlegungen und Entscheidungen im Auge zu behalten. Nicht zuletzt auch spielte die außerordentlich hohe Innendruckbelastung bis zu 16 atü eine große Rolle. Dieser hohe Druck setzt sich zusammen aus dem geodätischen Unterschied zwischen Pumpwerk und Hochbehälter, dem hydraulischen Druckverlust bei voller Beanspruchung

der Rohrleitung und einem Druckstoß bei plötzlichem Abschalten der Förderpumpen im Falle eines unvermuteten Stromausfalles. Die Begrenzung dieses Abschalt-Druckstoßes auf einen verhältnismäßig geringen Restwert wird durch den Einbau einer großen Druckwindkesselanlage bewerkstelligt. Diese Anlage bewahrt das Pumpwerk vor Armaturen- und Maschinenbrüchen und damit auch vor folgenschweren Überflutungen.

Angesichts des reinen Preisvergleichs für Rohrleitungen und Formstücke waren die vom Herstellerwerk angebotenen duktilen Stopfbuchsenmuffenrohre, System Expresß, und Formstücke NW 800 und NW 1000 nicht gerade billig. Dennoch konnte der Gemeinderat von der Zweckmäßigkeit und Langlebigkeit dieses Materials überzeugt werden. Folgende Gründe be-

Rohre NW 800 in Durchpressungsstrecke



wegen die Verantwortlichen der Freiburger Stadtwerke entgegen weit günstigeren Angeboten anderer Rohrhersteller dem duktilen Gußeisen den Vorzug zu geben.

In Freiburg sind gußeiserne Rohre aus dem Jahre 1873 immer noch in Betrieb. Seit dieser Zeit traten kaum Rohrschäden auf, die auf mangelhafte Güte des Materials zurückgeführt werden können.

Gußeiserne Rohre aus duktilem Material sind im Gegensatz zu anderen Rohrmaterialien den bodenchemischen Einflüssen des Freiburger Raumes nach den bisherigen Erfahrungen hundertprozentig gewachsen und versprechen eine noch längere Lebensdauer als das bisher verwendete gußeiserne Rohrleitungsmaterial.

Auch die im Jahre 1956 verlegte 5 km lange Wasserzubringerleitung NW 800 vom Wasserwerk Ebnet nach Freiburg wurde in gußeisernen Stopfbuchsenmuffenrohren verlegt und erbrachte beste Erfahrungen in Verlegung und Betrieb.

Die angebotene Stopfbuchsenmuffen-Verbindung, System Expreß, wurde von vornherein als absolut betriebssicher erkannt. Diese läßt sich, falls überhaupt einmal erforderlich, nachträglich noch anziehen und gestattet jederzeit Änderungen bzw. zusätzliche Einbauten ohne besondere Spezialeinrichtungen.

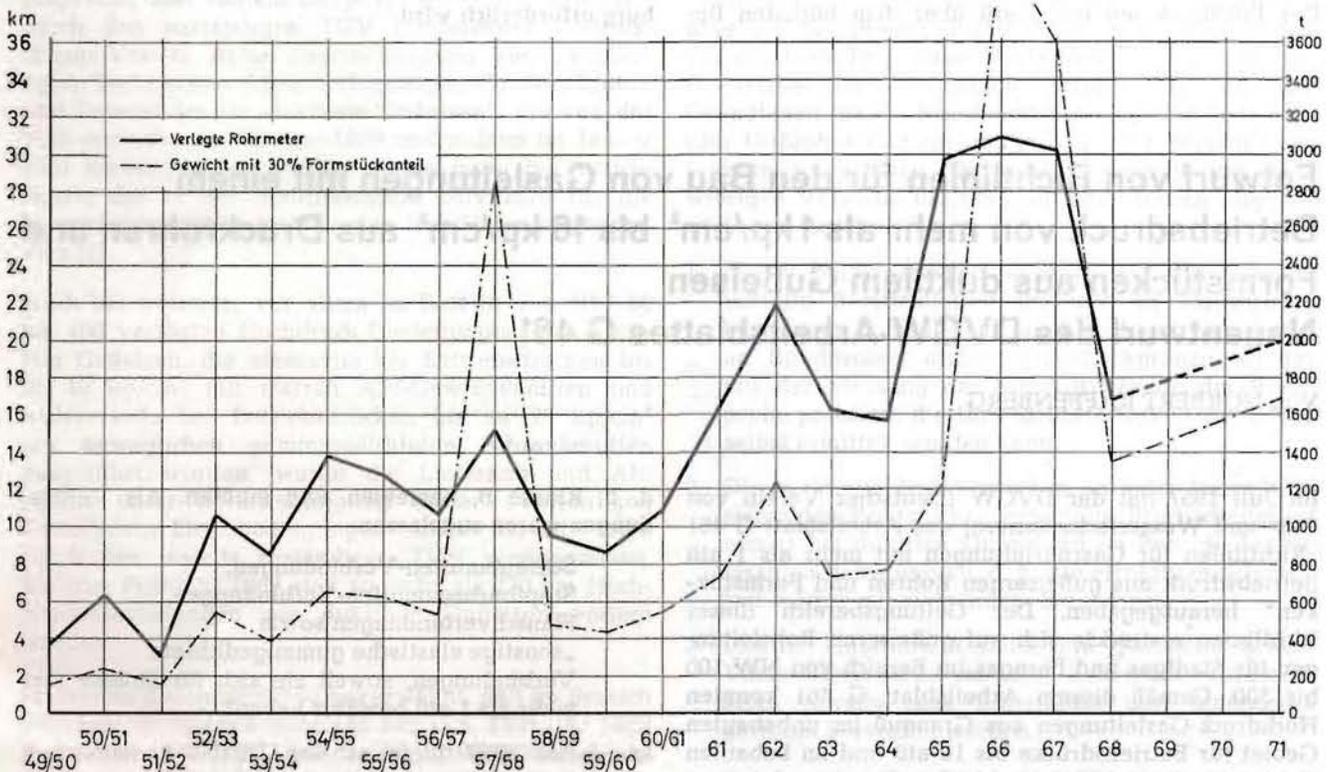
In Freiburg wurden bisher ausschließlich gußeiserne Rohre (seit 1963 nur noch duktil) verlegt. Die Verlegung der neuen Wasserzubringerleitung Hausen — Freiburg erfordert keine zusätzliche Lagerhaltung.

Das Rohrnetzpersonal der Stadtwerke Freiburg beherrscht die Verlege- und Reparaturpraxis an gußeisernen Rohren und sollte nicht ohne Not mit einem anderen Rohrwerkstoff konfrontiert werden.

Ein Großrohrprojekt erfordert das gute Zusammenwirken aller Beteiligten

Da sich die Vorplanungen für die Wasserzubringerleitungen länger hinauszogen als ursprünglich angenommen und insbesondere mehrere Umplanungen an verschiedenen Kreuzungspunkten erforderlich wurden, konnten die beachtlichen Formstückbestellungen erst aufgegeben werden, als die ersten 1000 m Rohre NW 800 bereits auf dem Lagerplatz des Herstellerwerkes gestapelt waren. Nach einigen weiteren Schwierigkeiten im Zusammenhang mit den umfangreichen und langwierigen Grundstücksverhandlungen sowie mit der Ausschreibung der Erd- und Rohrverlegearbeiten konnten endlich im Mai 1966 die Bauarbeiten an dem für südbadische Verhältnisse einmaligen Wasserleitungsprojekt aufgenommen werden. Die gesamte Rohrstrecke wurde in drei Lose unterteilt, was sich für die spätere Beurteilung der am Bau beteiligten Firmen als sehr vorteilhaft und aufschlußreich erwies.

Die Bauarbeiten gestalteten sich teilweise recht schwierig. Besondere Probleme erwuchsen aus dem sehr hohen Grundwasserstand sowie aus den streckenweise sehr schlechten Bodenverhältnissen, die von den verschiedenen Firmen mit unterschiedlichem Ge-



Gas- und Wasserrohrnetz-Neuverlegung der Stadtwerke Freiburg i. Br. (ab 1963 duktile Rohre)



Idealstrecke, Rohre bereits angedeckt

schick und Erfolg gemeistert wurden. Angesichts dieser zum Teil sehr schwierigen Bauverhältnisse konnte die Bauherrschaft zufrieden über die Wahl des Rohrwerkstoffes sein. Denn es zeigte sich oft, daß bei dem rauen Baustellenbetrieb mit den Rohren weniger sorgfältig umgegangen wird, als dies nach den Verlege- und Transportvorschriften erlaubt ist.

In Abständen von 500 bis 1000 m wurden nach mehrmaligem vorschriftsmäßigem Anziehen der Muffen mit einem auf 18 kp eingestellten Drehmomentenschlüssel Betonwiderlager für die Durchführung von Einzeldruckprüfungen hergestellt. Diese Druckprüfungen erfolgten aber erst nach dem Andecken der Rohre, wobei die Muffen zunächst noch frei blieben. Der Prüfdruck lag um 5 atü über dem höchsten Be-

triebsdruck und betrug an der tiefsten Stelle 21 atü. Von einer Ausnahme abgesehen, was auf unsachgemäßes Arbeiten einer nicht ständig beaufsichtigten Verlegegruppe zurückzuführen ist, sind alle Einzeldruckproben wie auch die Gesamtdruckprobe der 15 km langen Zubringerleitung erfolgreich abgelaufen. Dieser Erfolg fällt in einem hohen Maße auf die einwandfreie Konstruktion der Stopfbuchsenmuffen-Verbindung, System Expresß, zurück, die sich bei diesem Rohrleitungsprojekt bestens bewährt hat. Aus diesem Grunde wurde bei der Fortführung dieser wichtigen Transportleitung als Nord-Süd-Leitung innerhalb der Stadt dieselbe Rohrverbindung gewählt. Von den insgesamt 5,5 weiteren Kilometern Rohrleitung NW 800 sind inzwischen 2,8 km bereits verlegt und in Betrieb. Die 15 km lange Wasserzubringerleitung NW 800/1000 ist seit Sommer 1967 soweit fertiggestellt, daß eine zusätzliche Einspeisung aus einem ebenfalls fertiggestellten Notpumpwerk in das Stadtgebiet möglich gewesen wäre. Die Niederschläge der letzten beiden Jahre fielen jedoch so reichlich aus, daß auf dieses Provisorium nicht zurückgegriffen werden brauchte. Das Wasserwerk selbst mit allen seinen technisch notwendigen und interessanten Nebeneinrichtungen geht in diesem Jahr seiner Vollendung entgegen, so daß die erstmalige Inbetriebnahme der Wasserzubringerleitung bei Vollast erprobt werden kann.

Bei fortlaufender Entwicklung der Freiburger Bevölkerung und zunehmender Belieferung der umliegenden Landkreismunicipalitäten wird der Zeitpunkt nicht fern sein, wo die gerade fertiggestellte Wasserzubringerleitung ausgelastet sein und bei entsprechender Kapazitätsausweitung des Wasserwerkes die zweite Druckleitung NW 800 von Hausen nach Freiburg erforderlich wird.

Entwurf von Richtlinien für den Bau von Gasleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 kp/cm^2 bis 16 kp/cm^2 aus Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen

Neuentwurf des DVGW-Arbeitsblattes G 461

Von NORBERT RAFFENBERG

Im Juli 1957 hat der DVGW (Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern) das Arbeitsblatt G 461 „Richtlinien für Gasrohrleitungen mit mehr als 1 atü Betriebsdruck aus gußeisernen Rohren und Formstücken“ herausgegeben. Der Geltungsbereich dieser Richtlinien erstreckte sich auf gußeiserne Rohrleitungen für Stadtgas und Ferngas im Bereich von NW 100 bis 500. Gemäß diesem Arbeitsblatt G 461 konnten Hochdruck-Gasleitungen aus Grauguß im unbebauten Gebiet für Betriebsdrücke bis 10 atü und im bebauten Gebiet für Betriebsdrücke bis 5 atü verwendet werden, wobei Rohre und Zubehör mindestens für ND 16,

d. h. Klasse B, bemessen sein mußten. Als Verbindungen waren zugelassen:

Schraubmuffen-Verbindungen,
Stopfbuchsenmuffen-Verbindungen,
Flanschverbindungen sowie
„sonstige elastische gummigedichtete Verbindungen, soweit sie sich für Drücke von mehr als 1 atü bewährt haben“.

Im Jahre 1967 hielt es der DVGW-Fachausschuß „Orts-Gasverteilung“ für erforderlich, das ebenfalls im Jahre 1957 herausgegebene Arbeitsblatt G 460

„Richtlinien für den Bau und Betrieb von Gasleitungen mit einem Betriebsdruck über 500 bis 10 000 mm WS in industriellen und gewerblichen Anlagen“ im Hinblick auf eine sich künftig in zunehmendem Maße abzeichnende Gasabgabe mit Betriebsdrücken von über 1 kp/cm² bis 3 kp/cm² zu überarbeiten. Dabei wurde auch im Einvernehmen mit der FGR (Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre) festgelegt, daß für Gasleitungen künftig Rohre aus Grauguß nicht mehr verwendet werden dürfen, sondern (neben Stahlrohren) nur noch Rohre aus duktilem Gußeisen. Mit dieser Festlegung wurde den sicherheitstechnischen Erfordernissen sowie dem neuen Stand der Technik auf dem Gußrohrsektor Rechnung getragen.

Die zwischen dem DVGW und der FGR getroffene Vereinbarung hat ebenfalls Gültigkeit für das DVGW-Arbeitsblatt G 461, das gleichsam als Vorläufer der Richtlinien für Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen angesehen werden kann.

Nach welchen Richtlinien sind nun bisher Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen geliefert und abgenommen worden?

Hierzu sei zunächst einmal herausgestellt, daß die Fertigung duktiler Gußrohre in der Bundesrepublik im Jahre 1956 aufgenommen wurde und daß bereits im Frühjahr 1957 die erste Hochdruck-Gasleitung aus duktilem Gußeisen in Betrieb genommen werden konnte. Es handelt sich hier um die Hochdruck-Gasleitung NW 200 der Ferngas Nordbayern im Gebiet Amberg — Weiden in der Oberpfalz, die bis heute störungsfrei mit Drücken bis 25 kp/cm² betrieben wird. Die Leitung wurde im Laufe einiger Jahre auf insgesamt über 100 km Länge erweitert und seinerzeit durch den zuständigen TÜV (Technischer Überwachungs-Verein) unter Zugrundelegung von „Vorläufigen Technischen Lieferbedingungen für Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen“, die von der FGR erstmalig im Februar 1959 und sodann im Januar 1961 herausgegeben wurden, sowie unter Berücksichtigung der in der Stahlrohrnorm DIN 2470 für die Hauptdruckprüfung festgelegten Richtlinien abgenommen [1].

Auch bei weiteren, vor allem im Bereich von NW 80 bis 400 verlegten Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen, die einerseits bei Betriebsdrücken bis zu 40 kp/cm² mit starren API-Gewindemuffen und andererseits bei Betriebsdrücken bis zu 25 kp/cm² mit beweglichen gummigedichteten Schraubmuffen ausgeführt wurden, wurde die Lieferung und Abnahme unter Berücksichtigung dieser „Vorläufigen Technischen Lieferbedingungen“ sowie der DIN 2470 durch den jeweils zuständigen TÜV vorgenommen. Bis zum Frühjahr 1969 sind so mehr als 270 km Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen verlegt worden.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß im Bereich von NW 80 bis 500 ebenfalls bis zum Frühjahr 1969 mehr als 1900 km Mitteldruck- bzw. Niederdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen mit Schraubmuffen und TYTON®-Muffen verlegt wurden.

Ausarbeitung vorläufiger Richtlinien für Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gasrohrleitungen mit mehr als 1 kp/cm² Betriebsdruck

Bereits Anfang 1960 haben die deutschen Gußrohrwerke mit der Ausarbeitung von „Vorläufigen Richtlinien für Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen in Gasrohrleitungen mit mehr als 1 atü Betriebsdruck“ begonnen, um für die Verlegung von Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen eigene, auf duktile Gußrohre abgestimmte Unterlagen zu schaffen. Dies geschah in enger Anlehnung an das DVGW-Arbeitsblatt G 461 und an die Norm DIN 2470. Diese „Vorläufigen Richtlinien“ wurden als Entwurf April 1960 im DVGW-Fachausschuß „Gasrohrnetz“ erörtert, aber wegen der damals anstehenden Überarbeitung von DIN 2470, Ausgabe Dezember 1954, zunächst noch zurückgestellt.

Anfang 1961 hat der vorgenannte Fachausschuß die Arbeiten zu den „Vorläufigen Richtlinien“ wieder aufgenommen, um den Gasversorgungsunternehmen, die eine Verlegung von Hochdruck-Gasleitungen mit Rohren aus duktilem Gußeisen beabsichtigen, technische Hinweise geben zu können. Dabei wurde vom Fachausschuß „Gasrohrnetz“ angeregt, ein Gutachten über die Bemessung der Wanddicken duktiler Gußrohre und über die Festlegung des für duktile Gußrohre erforderlichen Sicherheitsbeiwertes erstellen zu lassen, um die Einarbeitung einer entsprechenden Bemessungsvorschrift in die „Vorläufigen Richtlinien“ zu beschleunigen.

Noch im Jahre 1961 wurde die MPA-Stuttgart (Staatliche Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart) damit beauftragt, ein Gutachten über die Berechnung duktiler Gußrohre anzufertigen. Für die Erstellung dieses Gutachtens waren sehr umfangreiche Untersuchungen erforderlich, um die Grundlagen für die Bestimmung der Wanddicken duktiler Gußrohre und für den Aufbau der Berechnungsformeln zu erhalten. Die sehr intensiven und langwierigen Versuche brachten im wesentlichen folgende wichtigen Ergebnisse:

1. Die in Berstversuchen an duktilen Gußrohren ermittelte Berstfestigkeit und die an Flachproben bestimmte Zugfestigkeit sind praktisch gleich der an Rundproben ermittelten Streckgrenze, so daß mit der Messung der Streckgrenze an der Rundprobe praktisch die Innendruckfestigkeit der Rohre selbst ermittelt werden kann.
2. Die in Scheiteldruckversuchen an unter Innendruck stehenden Rohrstücken ermittelte Bruchscheitellast nimmt bei duktilen Gußrohren im Bereich der zulässigen Belastung zu, d. h. die ertragbare Scheitellast wächst mit steigendem Innendruck.
3. Duktile Gußrohre können, ein genügend großes Verformungsvermögen der Rohrwand vorausgesetzt, jeweils nach Scheitellast und Innendruck getrennt berechnet werden.

Im Rahmen des Gutachtens der MPA-Stuttgart wurde noch folgendes herausgestellt:

Zum Nachweis eines genügend großen Verformungsvermögens duktiler Rohre sowie mit Rücksicht auf die Sicherheit, die vor allem im Bereich der Hochdruck-Gasversorgung gefordert werden muß, soll die an einer Rundprobe gemessene Bruchdehnung einen Wert von mindestens 10 % erreichen; ferner soll als Werkstoffkennwert bei der Berechnung der Wanddicken duktiler Gußrohre eine Streckgrenze von mindestens 30 kp/mm² sowie ein Sicherheitsbeiwert von $S = 2,3$ eingesetzt werden.

Mit dem im Jahre 1965 fertiggestellten Gutachten [2] war eine wichtige Voraussetzung für die weitere Bearbeitung der „Vorläufigen Richtlinien“ im DVGW-Fachausschuß „Gasrohrnetz“ gegeben. Es mußten zu dieser Zeit aber erst noch die Normungsarbeiten für Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen zum Abschluß gebracht werden.

So wurden in Anlehnung an die im Januar 1961 von der FGR herausgegebenen „Vorläufigen Technischen Lieferbedingungen für Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen“ und in Anlehnung an einen inzwischen ausgearbeiteten Vorentwurf einer ISO-Empfehlung sowie nach Abstimmung mit den zuständigen DVGW-Fachausschüssen entsprechende DIN-Vorlagen erarbeitet. Nach mehreren Beratungen im Arbeitsausschuß FR 5 „Gußeiserne Druckrohre und Formstücke“ des Fachnormenausschusses „Rohre, Rohrverbindungen und Rohrleitungen“ konnten im Juni 1966 die Normentwürfe DIN 28600 über die Technischen Lieferbedingungen für duktile Rohre und Formstücke für Gas- und Wasserleitungen und DIN 28610 über die Maße für duktile Rohre mit Schraub-, Stopfbuchsen- und TYTON®-Muffen für Gas- und Wasserleitungen veröffentlicht werden.

Nach Ablauf der Einspruchsfrist wurden die beiden Normentwürfe in mehreren Sitzungen des DVGW-Arbeitskreises „Rohrnormen“ behandelt und schließlich vom Arbeitsausschuß FR 5 im März 1968 als endgültige Normen verabschiedet. Seit August 1968 liegen diese beiden, auch für Gasleitungen maßgebenden Normen DIN 28600 und DIN 28610 als Weißdrucke vor.

In DIN 28600 sind die im Gutachten der MPA-Stuttgart für duktile Schleudergußrohre angesprochenen Werkstoff-Kennwerte, und zwar eine Streckgrenze von mindestens 30 kp/mm² und eine Bruchdehnung von mindestens 10 %, verankert worden. Ferner sind in DIN 28610 Wanddicken und Nenndrucke festgelegt worden, die in jedem Falle Sicherheitsbeiwerte ergeben, die über dem im Gutachten genannten Wert von $S = 2,3$ liegen.

In den beiden Normen ist vermerkt, daß Druckrohre aus duktilem Gußeisen (neben der Verwendung in Wasserleitungen) für Gasleitungen mit einem zulässigen Betriebsdruck bis 1 kp/cm² bestimmt sind und daß für Gasleitungen mit Betriebsdrücken über 1 kp/cm² besondere Richtlinien vorbereitet werden.

Mit den im März 1968 verabschiedeten Normen DIN 28600 und DIN 28610 war somit endgültig die Voraussetzung für die Weiterbearbeitung der bereits im Jahre 1960 aufgestellten ersten Richtlinien-Entwürfe gegeben.

Ausarbeitung eines neuen Richtlinien-Entwurfs für den Bau von Gasleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 kp/cm² bis 16 kp/cm² aus Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen

Auf Grund der Bestimmungen des § 4 des Gesetzes zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) vom 13. Dezember 1935 sind Bauvorhaben für Hochdruck-Gasleitungen dem zuständigen Energiereferat der betreffenden Länderministerien für Wirtschaft anzuzeigen. Gemäß einer Erklärung des BMWI (Bundesministerium für Wirtschaft) können zudem 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 somit in das DVGW-Regelwerk „Gas“ einbezogen worden sind.

Mit den vorgenannten gesetzlichen Bestimmungen hinsichtlich der sicherheitstechnischen Forderungen im gesamten Gashochdruckbereich war eine Überarbeitung aller bestehenden Richtlinien, sowohl auf dem Stahlrohr- als auch auf dem Gußrohrsektor, erforderlich geworden. Auf Wunsch des DVGW mußte somit auch eine entsprechende Angleichung der bereits im Jahre 1960 aufgestellten „Vorläufigen Richtlinien“ an die neuen Prüf- und Güteanforderungen vorgenommen werden.

Nachdem — wie bereits erwähnt — in der Sitzung des Arbeitsausschusses FR 5 „Gußeiserne Druckrohre und Formstücke“ am 5. März 1968 die Normentwürfe DIN 28600 und DIN 28610 über Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen als endgültige Normen verabschiedet waren, hat die FGR — entsprechend einer Anregung des DVGW — sogleich mit der Ausarbeitung eines neuen Richtlinien-Entwurfs begonnen. Im April 1968 konnte die FGR den DVGW-Fachgremien den Richtlinien-Entwurf vom März 1968 vorlegen. Dieser Entwurf wurde im neu gegründeten DVGW-Arbeitskreis „Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen“ im Juni und Oktober 1968 näher behandelt.

In der Oktober-Sitzung des genannten DVGW-Arbeitskreises hat man eine kleine Arbeitsgruppe damit betraut, in enger Anlehnung an den neuesten Stand bei der Bearbeitung der DIN 2470 Blatt 1, die sich ebenfalls mit Richtlinien für den Bau von Gasleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 kp/cm² bis 16 kp/cm² befaßt, eine Neufassung des Richtlinien-Entwurfs für Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen zu erstellen. Nach mehreren eingehenden Beratungen konnte diese Arbeitsgruppe die „Richtlinien für den Bau von Gasleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 kp/cm² bis 16 kp/cm² aus Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen“ als Entwurf 19. Juni 1969 zur Neufassung von DVGW-Arbeitsblatt G 461 zusammenstellen.

Dieser neue Richtlinien-Entwurf (Stand: 19. Juni 1969), der im einzelnen noch im DVGW-Arbeitskreis „Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen“ behandelt und von den übergeordneten DVGW-Gremien verabschiedet werden muß, gliedert sich in folgende Abschnitte:

1. Geltungsbereich
2. Anforderungen
3. Planung und Bau der Leitung, Sicherheitsmaßnahmen
4. Prüfung der verlegten Leitung auf Dichtheit
5. Prüfbescheinigungen
6. Inbetriebnahme
7. Kennzeichnung der Leitung
8. Richtlinien, Vorschriften und Bestimmungen, die zu beachten sind.

Im folgenden sollen nun die für duktile Rohre und Formstücke wesentlichsten Bestimmungen dieses Richtlinien-Entwurfs näher erläutert werden.

Zu 1. Geltungsbereich

In DIN 28610 ist — in Anlehnung an die in DIN 2470 Blatt 1 vorgesehene Nenndruckbegrenzung bis 16 kp/cm² — für duktile Rohre ebenfalls als höchster Nenndruck für Gas ND 16 festgelegt worden, und zwar für den Bereich von NW 80 bis 600. Entsprechend dieser Festlegung in DIN 28610 ist auch der Geltungsbereich der Gashochdruck-Richtlinien auf Nennweiten bis zu NW 600 begrenzt worden.

Zu 2. Anforderungen

In mehreren Unterabschnitten werden die Anforderungen, die an Rohre, Formstücke, Kondensatsammler, Armaturen, Innen- und Außenschutz sowie an die Arten der Verbindungen zu stellen sind, im einzelnen aufgeführt.

Zu 2.1 Rohre

Die Rohre NW 80 bis 600 sind ausschließlich aus duktilem Gußeisen nach DIN 28600 im Schleudergießverfahren herzustellen. Wenn die Schleudergußrohre mit Nennwanddicken nach DIN 28610 hergestellt sind, können sie ohne gesonderte Berechnung in bezug auf Innendruck und äußere Belastung verwendet werden. Die genormten duktilen Rohre berücksichtigen praktisch alle Belastungsfälle und Einflußgrößen, wie sie bei Leitungen auftreten können, die mit den in der Norm festgelegten Nenndrücken betrieben werden. Sie erfüllen damit auch die sicherheitstechnischen Erfordernisse. Dies haben ausführliche Berechnungen eindeutig erwiesen [3].

Zusätzlich zu den in DIN 28600 getroffenen Festlegungen müssen die für Gashochdruck bestimmten Rohre noch folgende Bedingungen erfüllen:

a) Festigkeitseigenschaften

Bei Rohren bis NW 400 muß ein Ringfaltversuch an einem 30 ± 5 mm breiten Rohrabschnitt mit unbearbeiteten Rohroberflächen durchgeführt werden; dabei soll die Bruchverformung mindestens 3 % betragen.

b) Festigkeits- und Dichtheitsprüfung

Alle Rohre sind im Herstellerwerk nach DIN 50104 einem Innendruckversuch mit Wasser auf Festigkeit mit mindestens dem 1,5fachen Nenndruck zu unterziehen. Ferner sind alle Rohre im Werk — nach Wahl des Herstellers mit Wasser oder Luft — auf Dichtheit zu prüfen. Der Prüfdruck mit Wasser muß dabei für Rohre bis NW 300 = 80 kp/cm² und für Rohre über NW 300 bis NW 600 = 60 kp/cm² betragen. Die Prüfung mit Luft ist mit dem 1,1fachen Betriebsdruck, jedoch höchstens mit 6 kp/cm² durchzuführen.

c) Beschaffenheit

Die Rohre sind insbesondere auf Nadellöcher („pinholes“) hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit für Gas zu überprüfen.

d) Kennzeichnung

Jedes Rohr muß mit einem ca. 5 cm breiten, gelben Farbring hinter der Muffe besonders gekennzeichnet sein.

Zu 2.2 Formstücke

Die zugehörigen Formstücke bis NW 600 sind ausschließlich aus duktilem Gußeisen nach DIN 28600 im Sandgußverfahren herzustellen und nach den Maßnormen DIN 28622 ff. zu bemessen. Im Anhang der Richtlinien werden die entsprechenden Maßnormen für duktile Formstücke im einzelnen aufgeführt.

Zusätzlich zu den Festlegungen in DIN 28600 müssen die für Gashochdruck bestimmten Formstücke folgende Bedingungen erfüllen:

a) Festigkeits- und Dichtheitsprüfung

Alle Formstücke sind im Herstellerwerk nach DIN 50104 einer Innendruckprüfung mit Wasser auf Festigkeit mit mindestens dem 1,5fachen Nenndruck zu unterziehen. Ferner sind alle Formstücke im Werk — nach Wahl des Herstellers mit Wasser oder Luft — einer Dichtheitsprüfung zu unterziehen. Während der Prüfdruck mit Wasser für die Formstücke so hoch wie für die Rohre zu wählen ist, wird im Falle einer Dichtheitsprüfung mit Luft die Prüfung höchstens mit 3 kp/cm² durchgeführt.

b) Kennzeichnung

Jedes Formstück ist mit einem ca. 5 cm breiten, gelben Farbring hinter einer Muffe oder einem Flansch besonders zu kennzeichnen.

Zu 2.3 Kondensatsammler

Für den Werkstoff und die Ausführung der Kondensatsammler gelten praktisch die gleichen Bestimmungen wie für die Formstücke.

Zu 2.4 Armaturen

Die Anforderungen an Armaturen entsprechen im wesentlichen den Richtlinien der DIN 2470.

Zu 2.5 Innen- und Außenschutz

Alle Rohre und Formstücke sind — wie auch bereits in DIN 28600 festgelegt — mit einem gut haftenden Innen- und Außenschutz zu versehen. Werden Spezialüberzüge gewünscht, so bedürfen diese einer besonderen Vereinbarung.

Zu 2.6 Arten der Verbindungen

Nach den Richtlinien kommen als Muffenverbindungen die

- Schraubmuffen-Verbindung
- Stopfbuchsenmuffen-Verbindung und
- TYTON®-Verbindung

in Frage. Dabei sind für die Dichtringe Materialqualitäten zu verwenden, die für alle Brenngasarten der öffentlichen Gasversorgung nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 geeignet sind.

Es wird besonders herausgestellt, daß die Dichtringe den Lieferbedingungen, Prüf- und Gütevorschriften für Naturgummi- bzw. Perbunan-Dichtringe, die im Anhang der Richtlinien im einzelnen aufgeführt sind, entsprechen müssen.

Über den Rahmen des Richtlinien-Entwurfs vom 19. Juni 1969 hinaus sollen nunmehr nachstehend nähere Ausführungen zum Thema „Dichtringe für bewegliche Muffenverbindungen in Gasleitungen aus Gußrohren“ gebracht werden.

Zunächst einmal sei darauf hingewiesen, daß die Erfahrungen mit gummigedichteten Muffenverbindungen bei erdverlegten Gasleitungen aus Gußrohren bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurückreichen [4, 5]. Bereits die ersten, in Gasleitungen eingesetzten Gummiringe haben ihre Bewährung über viele Jahrzehnte Betriebszeit bewiesen. So sind bis heute schon viele tausend Kilometer gummigedichteter Gußrohrleitungen für Gas unter Verwendung von Naturkautschuk-Dichtringen verlegt worden, wobei die Erfahrungen mit diesen Leitungen absolut positiv sind.

In Anbetracht des Strukturwandels in der Gaswirtschaft mit wechselnden Gasarten, höheren Drücken und der heute mit Recht gestellten erhöhten Anforderungen an die Sicherheit von Gasleitungen haben die deutschen Gußrohrwerke Spezial-Dichtringe mit größerer chemischer Beständigkeit entwickelt. Bei diesen Dichtringen ist — bedingt durch die großen Fortschritte in der Gummitechnologie — die Haltbarkeit wesentlich erhöht worden.

So wurde für die Schraubmuffen-Verbindung der Polygum-Ring entwickelt. Er besteht aus einem UNION-Ring aus Naturkautschuk, der auf seiner Hartspitze eine Kappe aus Polyamid trägt. Diese Polyamidkappe schützt die dem geförderten Medium ausgesetzte Seite des Dichtringes vor quellend wirkenden Substanzen. Polyamid ist gegen aromatische und aliphatische Kohlenwasserstoffe beständig.

Für die Schraubmuffen- und Stopfbuchsenmuffen-Verbindung wurde der Perbunan-Ring entwickelt. Er wird aus Akrylkautschuk, einem Mischpolymerisat aus Butadien mit Akrylnitril, hergestellt. Diese Kautschukmischung ist auf gute Quellfestigkeit gegenüber

Kohlenwasserstoffen bei gleichzeitigem Vorhandensein der für die Dichtfunktion des Ringes erforderlichen elastischen Eigenschaften abgestimmt.

Für die TYTON-Verbindung wurde ein Vorsatz-Ring entwickelt, der den TYTON-Ring aus Naturkautschuk daran hindert, unter der Einwirkung von Quellmitteln in den Muffenspalt einzudringen.

So können heute — dem derzeitigen Stand der Technik entsprechend — als Dichtringe, die den im Anhang des Richtlinien-Entwurfs aufgeführten Lieferbedingungen, Prüf- und Gütevorschriften entsprechen, von der deutschen Gußrohrindustrie folgende Typen für die üblichen Muffenverbindungen in Gasleitungen aus duktilem Gußeisen angeboten werden:

a) für die Schraubmuffen-Verbindung

- bis NW 300
- Polygum-Ringe oder Perbunan-Ringe
- über NW 300 bis NW 600
- Perbunan-Ringe

b) für die Stopfbuchsenmuffen-Verbindung

- NW 500 und NW 600
- Perbunan-Ringe

c) für die TYTON-Verbindung

- bis NW 600
- Naturkautschuk-Ringe mit zusätzlichem Perbunan-Vorsatzring

Für die Qualität der Dichtringe sind deren Härte, Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Elastizität, Alterungsbeständigkeit, Frostbeständigkeit und chemische Beständigkeit von besonderer Bedeutung. Für diese Eigenschaften wurden in den bereits erwähnten Lieferbedingungen, Prüf- und Gütevorschriften — unter Berücksichtigung der vorliegenden Langzeiterfahrungen — bestimmte Grenzwerte festgelegt, deren Einhaltung streng überwacht wird, um die für die Betriebssicherheit einer Leitung erforderliche gute Dichtringqualität zu gewährleisten. Es dürfen daher auch nur solche Dichtringe zum Einsatz kommen, die den im Anhang der Richtlinien aufgeführten strengen Lieferbedingungen, Prüf- und Gütevorschriften entsprechen.

Wie bereits in der Einleitung ausgeführt wurde, waren die Schraubmuffen- und Stopfbuchsenmuffen-Verbindung für gußeiserne Gasrohrleitungen mit mehr als 1 kp/cm² schon nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 461 vom Juli 1957 zugelassen. Verbindungen dieser Art haben sich bei Graugußrohren bereits seit einigen Jahrzehnten im Gashochdruckbereich bewährt. Seit 1957 — also seit Einführung der duktilen Gußrohre auf dem deutschen Markt — wurden beispielsweise bis zum Frühjahr 1969 auch schon über 150 km Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen mit Schraubmuffen-Verbindungen unter Verwendung von Perbunan- oder Polygum-Ringen verlegt, und zwar vor allem im Bereich von NW 80 bis 400. Auf Grund der heute allgemein und mit Recht gestellten erhöhten Anforderungen an die Dichtheit und Sicherheit von Gasleitungen wird neuerdings bei der Montage von

Schraubmuffen-Verbindungen der Einbau von Gleitringen empfohlen. Der Gleitring wird zwischen Dichtring und Schraubring angeordnet; er bietet den Vorteil des besseren Gleitens des Schraubringes und erleichtert auch das Anziehen der Verbindung.

Liegen nun für die Schraubmuffen-Verbindung, die von der Gußrohrindustrie seit den dreißiger Jahren geliefert wird, schon entsprechend lange und umfangreiche positive Erfahrungen aus Betriebsleitungen vor, so kann die TYTON®-Verbindung, die in der Bundesrepublik erstmals im Jahre 1957 in einer Wasserversorgungsleitung eingesetzt wurde, naturgemäß derartige Langzeiterfahrungen auf dem Gassektor noch nicht aufweisen. Bis zum Frühjahr 1969 sind jedoch schon über 70 km duktile Gasleitungen mit TYTON®-Muffen NW 80 bis 350 im Nieder- und Mitteldruckbereich verlegt worden; davon allein in den letzten zwei Jahren über 50 km.

Um Aufschluß über das Verhalten der heute für duktile Gußrohre üblichen gummigedichteten Muffenverbindungen in Hochdruck-Gasleitungen, in denen entsprechend der Umstrukturierung in der Gaswirtschaft insbesondere Erd-, Erdöl- und Raffineriegas gefördert wird, geben zu können, hat die Gußrohrindustrie schon sehr früh eine Reihe von Versuchsleitungen installiert. Die sehr umfangreichen und langjährigen Versuche, über die vom Institut für Gastechnik, Feuerungstechnik und Wasserchemie der Technischen Hochschule Karlsruhe am 17. Dezember 1965 ein Gutachten erstellt wurde, haben für die untersuchten Verbindungsarten durchweg positive Ergebnisse erbracht. Diese praktischen Erprobungen haben gezeigt, daß die gummigedichteten Gußrohrverbindungen (Schraubmuffe „Union“ und TYTON) auch bei sehr hohen Drücken (bis 35 kp/cm²) und bei Gasen unterschiedlicher Zusammensetzung (Kokereigas, Erdgas, Erdölgas) und bei Vorhandensein von zum Teil erheblichen Kondensatmengen auf die Dauer dichte Verbindungen ergeben haben [6].

Soweit die zusätzlichen über den Rahmen des Richtlinien-Entwurfs vom 19. Juni 1969 hinausgehenden Ausführungen zum Thema „Dichtringe für bewegliche Muffenverbindungen“.

Bei den Flanschverbindungen, deren Flansche — falls nichts anderes vereinbart wird — mit ebenen gedrehten Dichtleisten zu versehen sind, müssen die Flansche und Dichtungswerkstoffe gegenüber den auftretenden Kräften und natürlich auch gegenüber den Gasen haltbar sein.

Andere Arten von Verbindungen sind zulässig, soweit durch Betriebserfahrung oder Versuche nachgewiesen ist, daß die gewählte Verbindung allen Anforderungen hinsichtlich Festigkeit und Dichtheit genügt.

Dieser Hinweis entspricht der Fassung, wie sie bereits im DVGW-Arbeitsblatt G 461 vom Juli 1957 aufgeführt war und nach wie vor auch in DIN 2470 zu finden ist.

Zu 3. Planung und Bau der Leitung, Sicherheitsmaßnahmen

Die Bestimmungen für die technische Planung und Überwachung des Bauvorhabens, für die Zulassung von Baufirmen, für die Planung und Trassierung der Leitung sowie für die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen (z. B. Einbau von Absperrorganen, Ausblaseeinrichtungen und Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitungen) entsprechen im wesentlichen den Richtlinien der DIN 2470.

Wenn bei einem Abstand der Leitung von weniger als 20 m zu Gebäuden Riechrohre zur Anwendung kommen, so sind sie bei einer duktilen Gußrohrleitung über den Rohrverbindungen einzubauen. Sondermaßnahmen sind zu berücksichtigen, wenn Geländebewegungen (z. B. durch Bergbaueinflüsse) zu erwarten sind. So ist beispielsweise in Zusammenarbeit mit den Bergbautreibenden zu prüfen, ob die achsiale Beweglichkeit und Abwinkelbarkeit der vorgesehenen Muffenverbindungen ausreichen.

Für die Leitungsverlegung gelten zunächst auch hier grundsätzlich die Richtlinien der DIN 19630. Das Herstellen der Verbindungen erfolgt im Graben, wobei an den Verbindungsstellen entsprechende Vertiefungen in der Grabensohle oder Kopflöcher vorzusehen sind. Es wird besonders darauf hingewiesen, daß beim Herstellen der Verbindungen die Verlegeanleitungen der Rohrhersteller zu beachten sind.

Da die Gußrohr-Muffenverbindungen in der Regel nicht längskraftschlüssig sind, müssen Formstücke (z. B. Bogen, Abzweige, Endstopfen) und Schieber durch geeignete Verankerungen (z. B. Betonwiderlager) mit einer Schubsicherung versehen werden, um ein Auseinanderziehen der Leitung bei den in Abschnitt 4 festgelegten Prüfdrücken zu verhindern.

Zu 4. Prüfung der verlegten Leitung auf Dichtheit

Jede Leitung ist vor der Inbetriebnahme — zusammenhängend oder abschnittsweise — einer Dichtheitsprüfung mit Luft oder inertem Gas bei einem Prüfdruck in Höhe von 18 kp/cm² oder in Höhe des Betriebsdruckes + 2 kp/cm² zu unterziehen. Die Prüfung ist in Anwesenheit eines Sachverständigen durchzuführen.

Zu 5. Prüfbescheinigungen

Über das Ergebnis der nach Abschnitt 4 durchgeführten Dichtheitsprüfung stellt der Sachverständige Prüfbescheinigungen aus mit der Bestätigung, daß gegen die Inbetriebnahme der Leitung auf Grund der Dichtheitsprüfung keine Bedenken bestehen.

Zu 6. Inbetriebnahme

Die Leitung darf erst in Betrieb genommen werden, wenn die Dichtheitsprüfung abgeschlossen ist. Die Inbetriebnahme hat nach den Bestimmungen des in Vorbereitung befindlichen DVGW-Arbeitsblattes

„Richtlinien für das Überwachen und Instandsetzen von Hochdruck-Gasrohrnetzen aus Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 kp/cm² bis 16 kp/cm²“ zu erfolgen.

Zu 7. Kennzeichnung der Leitung

Der Leitungsverlauf und die für den Betrieb erforderlichen Armaturen sind durch Schilder, Pfähle oder Merksteine nach DIN 4065 zu kennzeichnen.

Zu 8. Richtlinien, Vorschriften und Bestimmungen, die zu beachten sind

Hier werden u. a. die maßgebenden DVGW-Arbeitsblätter, AfK-Empfehlungen, DIN-Blätter, AD- und VdTUV-Merkblätter aufgeführt, die bei der Anwendung der „Richtlinien für den Bau von Gasleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 kp/cm² bis 16 kp/cm² aus Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen“ zu beachten sind.

Zusammenfassung

Im Jahre 1967 wurde zwischen dem DVGW und der FGR die Vereinbarung getroffen, daß für Gasleitungen künftig Graugußrohre nicht mehr verwendet werden sollen, sondern statt dessen nur noch duktile Gußrohre. Mit dieser Festlegung war die Überarbeitung des im Juli 1957 für Hochdruck-Gasleitungen aus Grauguß herausgegebenen DVGW-Arbeitsblattes G 461 dringend erforderlich geworden. Schon recht früh, und zwar bereits Anfang 1960 haben die deutschen Gußrohrwerke mit der Ausarbeitung vorläufiger Richtlinien für Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen begonnen. Es konnte jedoch erst nach Fertigstellung des Gutachtens der MPA-Stuttgart über die Berechnung duktiler Rohre sowie nach Vorliegen der endgültigen Normen DIN 28600 und DIN 28610 über Technische Lieferbedingungen und Maße duktiler Gußrohre die Aufstellung eines neuen Entwurfs von Gashochdruck-Richtlinien für duktile Rohre und Formstücke in Angriff genommen werden.

Nach mehreren Beratungen im DVGW-Arbeitskreis „Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen“ wurde im Juni 1969 von einer kleinen Arbeitsgruppe ein neuer Entwurf zur Neufassung von DVGW-Arbeitsblatt G 461 zusammengestellt. Die wesentlichsten Bestimmungen dieses Richtlinien-Entwurfs vom 19. Juni 1969 werden im einzelnen erläutert.

Die Neufassung des DVGW-Arbeitsblattes G 461 soll, sobald sie vom DVGW-Arbeitskreis „Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen“ im einzelnen behandelt und vom Fachausschuß „Gasfernleitungen“ offiziell verabschiedet ist, nach Genehmigung durch den DVGW-Hauptausschuß „Gastransport“ und durch den DVGW-Vorstand als Entwurf in der Zeitschrift GWF mit der üblichen dreimonatigen Einspruchsfrist veröffentlicht werden.

Bis zum Erscheinen der Neufassung des DVGW-Arbeitsblattes G 461 kann der Bau von Gasleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 kp/cm² bis 16 kp/cm² aus Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen unter Berücksichtigung der neuesten Bestimmungen des in Überarbeitung befindlichen DVGW-Arbeitsblattes G 461, der Normen DIN 28600, DIN 28610, DIN 28622 ff. und DIN 19630 sowie in Anlehnung an DIN 2470 und in Abstimmung mit dem DVGW vorgenommen werden; zuvor ist eine Anzeige des Bauvorhabens gemäß § 4 des Energiewirtschaftsgesetzes erforderlich.

Literaturübersicht:

- [1] A. Bertling,
Gußeisen mit Kugelgraphit für Schleudergußrohre,
Technische Überwachung 1 (1960) Nr. 12, Dezember,
Seite 455 bis 461
- [2] K. Wellinger und H. Gaßmann,
Die Berechnung duktiler Schleudergußrohre,
Techn.-wiss. Ber. MPA-Stuttgart (1965), Heft 65—01
- [3] Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre,
Festigkeitsberechnung von duktilen Gußrohren,
Gußrohr-Handbuch II (1969), Seite 164 bis 189
- [4] K. Wagenführer,
Kautschuk als Werkstoff für die Dichtung von gußeisernen Muffendruckrohren für Gas- und Wasserleitungen,
GWF Nr. 16 (1936), Seite 249 bis 252
- [5] M. Kootz,
Muffen-Rohrverbindungen mit Kautschuk-Rolldichtung,
GWF Nr. 37 (1936), Seite 677/678
- [6] E. Niederschuh,
Erprobung von Gummiringen für Muffenverbindungen gußeiserner Druckrohre in Gasleitungen,
FGR-Informationen für das Gas- und Wasserfach Nr. 2 (1967), Seite 2 bis 16

Die TYTON®-Verbindung für gußeiserne Rohre

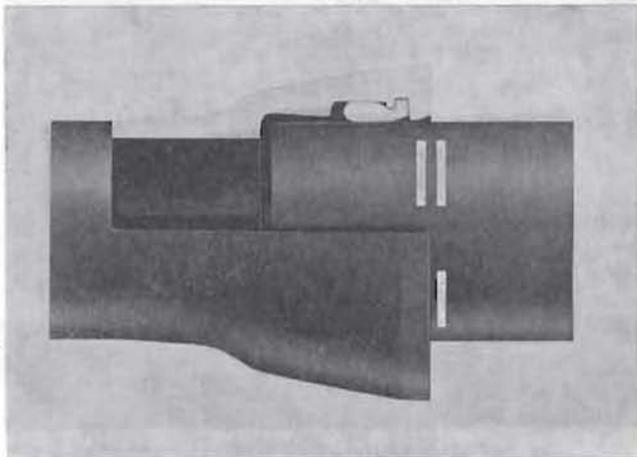
Von ERWIN NIEDERSCHUH

Anforderungen an eine Rohrverbindung

Die Rohrverbindung ist ein wichtiges Bauelement einer Rohrleitung, besonders bei einer im Erdreich verlegten Leitung, da nach dem Zufüllen des Rohrgrabens und der Inbetriebnahme der Leitung eine Kontrolle der einwandfreien Funktion der Verbindungen mit erheblichem Zeit- und Arbeitsaufwand verbunden ist. Wenn man weiter bedenkt, daß eine erdverlegte Leitung und damit auch die Rohrverbindungen nicht nur durch den Innendruck beansprucht, sondern auch von außen Kräfte, hervorgerufen durch Erd- und Verkehrslasten und Bodenbewegungen, auf die Leitung übertragen werden, ergibt sich, daß der konstruktiven Ausbildung einer Rohrverbindung große Bedeutung zukommt. In erster Linie muß eine Rohrverbindung bei allen vorkommenden und späterhin zu erwartenden Drücken — auch bei Unterdrücken — dicht sein und beim Auftreten von Bodenbewegungen und periodischen Erschütterungen auch dicht bleiben. Voraussetzung dafür, daß die Leitung Bodenbewegungen folgen kann, ist eine ausreichende Beweglichkeit der gekuppelten Rohre in den Verbindungen, und zwar nicht nur in Richtung der Rohrachse, sondern auch senkrecht dazu. Eine gute Auslenkbarkeit hat außerdem noch den Vorteil, daß im Verlauf der Rohrtrasse die Einsparung von Bogen ermöglicht wird. Wichtig ist weiterhin, daß die Verbindung der Rohre einfach, schnell und sicher durchgeführt werden kann.

Eine Verbindung, die den vorgenannten Anforderungen im vollen Umfang gerecht wird, ist die TYTON-Verbindung. Sie wurde von der United States Pipe and Foundry Company entwickelt und hatte sich bereits mehrere Jahre bestens bewährt, bevor sie in Europa eingeführt wurde.

Bild 1: TYTON-Verbindung nach dem Einschieben des Spitzendes



Aufbau der TYTON-Verbindung

Die TYTON-Verbindung ist eine Steckmuffen-Verbindung, bei der die Abdichtung durch einen besonders profilierten Gummiring erreicht wird, wie aus Bild 1 zu erkennen ist. Der vordere Teil des Ringes besteht aus einer weicheren Gummiqualität mit einer Shorehärte von 55. Der hintere Teil, der in einer Haltenut liegt und die Aufgabe hat, den Ring beim Einschieben des Spitzendes zu halten und am Herauspringen zu hindern, wenn die Leitung unter Druck steht, besteht aus einer härteren Gummiqualität, deren Härte 85 Shore beträgt. Die konstruktiven Abmessungen des Dichtungssitzes, des Zentrierbundes, des Gummiringes und des Spitzendes sind so festgelegt, daß unter Berücksichtigung der Herstellungstoleranzen und der größtmöglichen Dezentrierung der Verbindung eine einwandfreie Abdichtung sichergestellt ist und der Gummiring nicht herausgedrückt wird. Der Außendurchmesser des Gummiringes ist geringfügig größer als der Durchmesser des Dichtungssitzes, so daß der Ring mit einer kleinen Vorspannung fest in der Muffe sitzt. Nach Einschieben des Spitzendes in die Muffe verformt sich der Wulst des Innenringes. Um zu verhindern, daß dabei der Wulst in den Spalt zwischen Muffe und Spitzende eindringt, ist die Dichtkammer entsprechend groß ausgebildet. Der Gummiring füllt also die Dichtkammer nicht voll aus. Zum leichteren Einführen des Rohres und um den Gummiring vor Verletzungen zu schützen, ist das Spitzende des einzuführenden Rohres abgerundet. Außerdem wird das Spitzende und der Wulst vor dem Einschieben des Rohres dünn mit einem Gleitmittel bestrichen, damit die Einschubkraft möglichst klein gehalten wird und die Montage leichter und schneller durchführbar ist.

Montage der TYTON-Verbindung

Zunächst müssen von der Muffe und dem Spitzende alle Schmutzteile, die von der Auslegung der Rohre neben dem Rohrgraben herrühren, entfernt und der Dichtungssitz in der Muffe mit einem Gleitmittel gestrichen werden. Dabei ist zu beachten, daß kein Gleitmittel in die Haltenut gelangt. Dann wird der Gummiring, nachdem er ebenfalls gereinigt und herzförmig zusammengedrückt wurde, wie Bild 2 zeigt, so in die Muffe eingelegt, daß die Haltekralle des Ringes in die Haltenut der Muffe eingreift und anschließend die verbliebene Schlaufe — der Außendurchmesser des Gummiringes ist ja wie oben ausgeführt, etwas größer als der des Dichtungssitzes — glattgedrückt. Sobald der Ring in der Muffe überall gleichmäßig festsitzt, wird die Innenseite des Ringwulstes und das Spitzende des Rohres mit einer dünnen Schicht Gleitmittel versehen. Diese vorbereitenden Arbeiten zur Herstellung der Verbindung sollten nach Möglichkeit

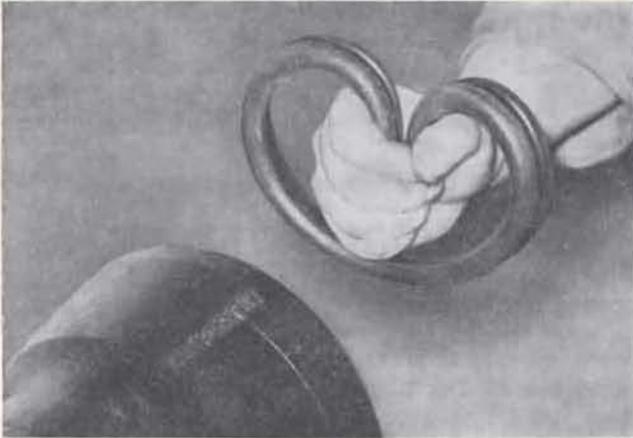


Bild 2: Falten des Ringes zum Einlegen in die Muffe

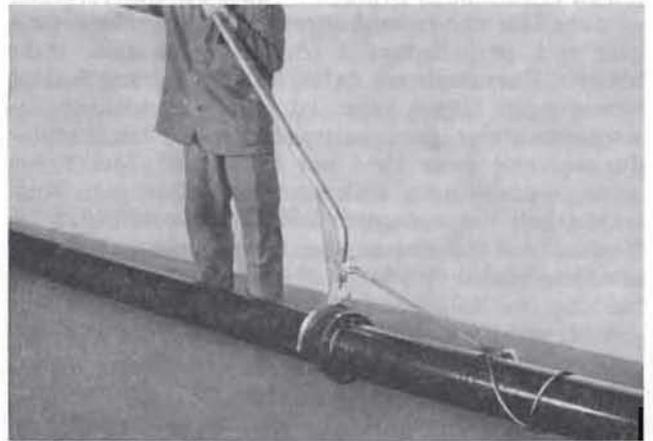
außerhalb des Grabens erfolgen. Wichtig ist, daß Erde, Lehm und Kies nicht in die Muffe gelangen. Das auf diese Art und Weise vorbereitete Rohr wird nach Absenken in den Rohrgraben in die Muffe des bereits im Graben liegenden Rohres eingeschoben.

Bis zur Nennweite 125 kann dies mit einem einfachen Hebel geschehen. Bei Nennweiten 150 bis 300 verwendet man ein Gabelwerkzeug und für die größeren Nennweiten von NW 350 bis 600 eine Zugratsche, einen Hub- oder auch Kettenzug. Die vorgenannten Montagemöglichkeiten sind aus den Bildern 3 a bis 3 c zu entnehmen. Ergibt sich die Notwendigkeit, ein Rohr gleich nach der Montage wieder aus der Muffe zu ziehen, kann man das Rohr durch Hin- und Herbewegen aus der Muffe des zuvor verlegten Rohres herausziehen, gegebenenfalls verwendet man eine Schelle nach Bild 4. Mit den deutlich zu erkennenden Schrauben, die gegen die Muffenstirn drücken, läßt sich das Rohr wieder herausziehen.

Auf dem Spitzende werden vom Rohrhersteller weiße Markierungsstriche angebracht, die dem Rohrverleger angeben, wie weit das Spitzende in die Muffe einzuschieben ist, damit der vorgeschriebene Abstand zwischen Spitzende und Muffe eingehalten wird. Nach Herstellung der Verbindung ist die Lage des Gummiringes zu überprüfen. Dies geschieht mit Hilfe einer Fühllehre, die zwischen Zentrierbund und Rohrschaft eingeführt wird. Unterbleibt z. B. beim Einsetzen des Gummiringes in die Muffe das Glattdrücken der Schlaufe, dann wird beim Einschieben des Spitzendes dieser Teil des Ringes in den Muffengrund gedrückt, was sich leicht mit der eben genannten Fühllehre feststellen läßt. Eine solche Verbindung kann nicht dicht sein. Erst wenn die Montage der Verbindung beendet ist, und die einwandfreie Lage des Gummiringes überprüft wurde, darf, falls erforderlich, eine Abwinklung der Rohrachsen vorgenommen werden, und zwar

- bis NW 300 um 5°
- bei NW 350 und 400 um 4°
- bei NW 500 und 600 um 3°

Da die normal verlegten Rohre eine Länge von 6 m haben, beträgt der Abstand von der ursprünglichen Rohrachse am Ende des abgewinkelten Rohres 10 cm

Bild 3: Einführen des Rohres in die Muffe
a) mittels eines Hebels für Nennweiten bis 125

b) mit einem Gabelwerkzeug für Nennweiten 150 bis 300



c) mit einer Zugratsche für Nennweiten 350 bis 600

je 1°, bei Rohren bis Nennweite 300 also 50 cm. Nähere Einzelheiten über die Durchführung der Montage sind in der ausführlichen Verlegeanleitung für gußeiserne Druckrohre mit TYTON-Verbindung, die von den Gußrohrwerken ausgearbeitet wurde, niedergelegt. Erwähnt sei, daß die bei Beginn der Druckprüfung zu beobachtende Druckabsenkung nicht auf anfänglich undichte Muffen zurückzuführen ist, sondern auf die Tatsache, daß der Gummiring durch den aufgegebenen Innendruck nach der Muffenstirnseite geschoben wird. Die dabei entstehende Vergrößerung des Leitungsvolumens hat einen gewissen Druckabfall zur Folge.

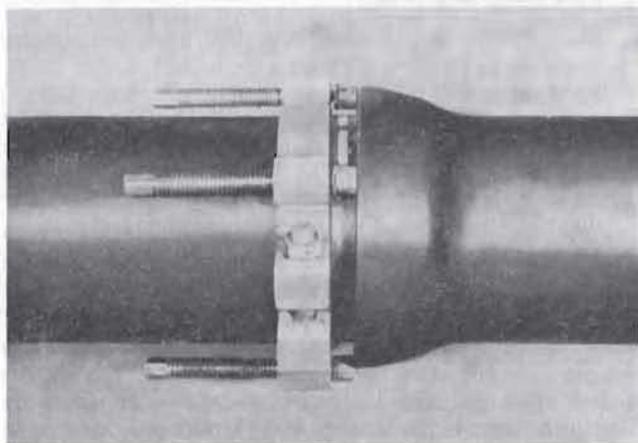


Bild 4: Demontageschelle, vor allem für größere Nennweiten

Untersuchungen und Prüfungen der TYTON-Verbindung

Obwohl sich die TYTON-Verbindung bereits mehrere Jahre in den USA bewährt hatte, wurden vor Aufnahme der Fertigung und dem Einsatz der TYTON-Verbindung in der Wasserversorgung der Bundesrepublik auf den Prüfständen der Gußrohrwerke und in Versuchsgräben umfangreiche Untersuchungen und eingehende Prüfungen vorgenommen. Vor allem sollte festgestellt werden, bis zu welchen Drücken die Verbindung dicht ist und wie sich der Gummiring bei hohen Innendrücken verhält. Dabei war zu berücksichtigen, daß die Rohre in einer erdverlegten Leitung nicht immer zentrisch in der Muffe liegen, durch Bodenbewegungen also eine Dezentrierung der Verbindung stattfindet, und die Rohre in der Muffe teilweise abgewinkelt werden. Bei zentrischer Lage der Rohre in den Muffen sind die Verhältnisse am günstigsten, weil über den ganzen Umfang ein gleichgroßer Spalt vorhanden ist, der durch den Gummiring abgedichtet werden muß. Wird die Verbindung aber dezentriert, und zwar soweit, daß das Spitzende des Rohres auf dem Zentrierbund der Muffe aufliegt, dann tritt auf der gegenüberliegenden Seite der größtmögliche Spalt auf. Um diesen Zustand herbeizuführen, sind gewaltige Kräfte erforderlich. Bei der Nennweite 200 mußte z. B. eine Radialkraft von 3000 kp aufgebracht werden, bevor das Spitzende zum Aufliegen auf dem Zentrierbund kam.

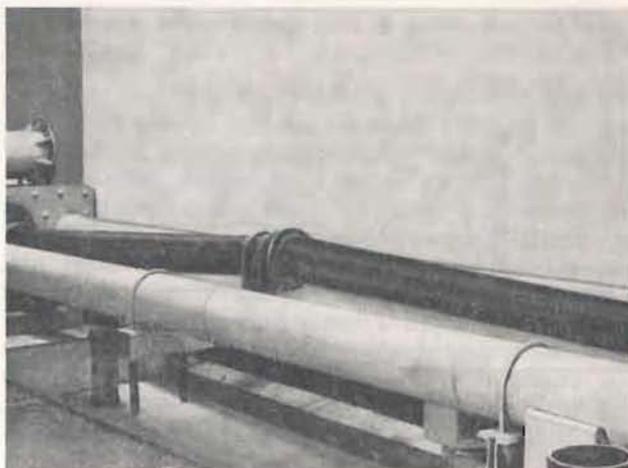


Bild 5: In der Versuchspressur eingebaute um 6°20' abgewinkelte TYTON-Verbindung
(Die Aufnahme wurde gemacht, als das Rohr unter einem Druck von 100 atü stand.)

Aus den zahlreichen Versuchsserien sollen hier nur einige Angaben über die Nennweite 200 gemacht werden:

Bei zentrischer Lage des Spitzendes in der Muffe wurde der Innendruck bis zum Bersten des Rohres gesteigert — verwendet wurden Graugußrohre —, ohne daß die Verbindung undicht wurde. Der Gummiring blieb vollkommen in Ordnung, so daß er für den anschließenden Versuch mit dezentrierter Verbindung wieder verwendet werden konnte. Wie schon oben angedeutet, erfolgte die Dezentrierung bis zum Anliegen des Spitzendes an dem Zentrierbund.

Ferner wurde ein Versuch über 24 Stunden bei einem Druck von 100 atü durchgeführt, bei dem ebenfalls keine Undichtheiten an der Verbindung auftraten. Nach diesem Versuch wurde an dieser Verbindung mit dem gleichen Gummiring ein weiterer Versuch über 67 Stunden ebenfalls bei 100 atü vorgenommen, zuvor aber die beiden Rohrstücke um 6°20' abgewinkelt. Aus Bild 5 sind die Abwinklung und die Verankerung gegen Ausknicken der Verbindung zu sehen. Die Verbindung blieb dicht. Direkt im Anschluß an den Versuch wurde der Druck gesteigert, bis bei 130 atü das Graugußrohr aus der Verankerung sprang und dabei zu Bruch ging, ohne daß die Verbindung undicht geworden war.

In einer Rohrleitung treten bisweilen Wasserschläge auf, die je nach der Entstehungsursache sehr hart sein können, eine plötzliche Drucksteigerung hervorrufen und zu erhöhten Beanspruchungen der Rohre und Verbindungen führen. Zur Feststellung, ob die TYTON-Verbindung auch bei Wasserschlägen einwandfrei abdichtet, wurden mit Hilfe einer eigens hierfür geschaffenen Einrichtung, die besonders harte Schläge erzeugt, auf eine Verbindung NW 200 eine größere Anzahl Schläge, wie sie in der Praxis kaum vorkommen, aufgegeben. An der Verbindung traten keine Undichtheiten auf. Auch bei dem anschließend durchgeführten Berstversuch wurde keine Undichtheit an der Verbindung festgestellt. Der Ring blieb unbeschädigt.

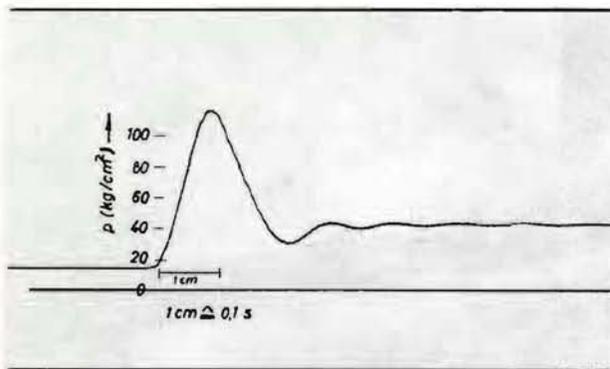


Bild 6: Druck-Zeit-Schaubild einer der Wasserschläge, mit denen die TYTON-Verbindung belastet wurde

Neben dem Auftreten von plötzlichen Druckerhöhungen durch Wasserschläge muß auch mit der Möglichkeit der Entstehung von Unterdrücken in einer Rohrleitung gerechnet werden. Eine Rohrverbindung muß daher bei einem äußeren Überdruck dicht sein, damit kein Wasser von außen in die Leitung gelangen kann. Zum Nachweis der Dichtheit der TYTON-Verbindung gegen äußeren Überdruck wurde eine Verbindung in einen senkrecht geteilten Überschieber eingebaut und über 7 Wochen einem äußeren Überdruck von 2 atü ausgesetzt mit dem Ergebnis, daß die Verbindung vollkommen dicht war.

Diese Versuche, die den Nachweis erbracht hatten, daß die TYTON-Verbindung unter härtesten Bedingungen bis zum Bersten der Rohre, bei max. Dezentrierung, starken Abwinklungen der Rohre und extrem hohen Wasserschlägen dicht bleibt, wurden auf dem Prüfstand eines Druckrohrwerkes durchgeführt. Ähnliche Versuche wurden auch von der Technischen Hochschule Darmstadt vorgenommen, die hierüber ein Prüfungszeugnis ausstellte. Das Druck-Zeit-Schaubild eines Wasserschlages in Bild 6, mit dem eine TYTON-Verbindung NW 200 belastet wurde, stammt aus der Versuchsserie der Technischen Hochschule Darmstadt. Die Ergebnisse sind in dem Prüfungszeugnis wie folgt zusammengefaßt:

„Die Prüfung der TYTON-Rohrdichtung auf inneren und äußeren Überdruck, die mit 8 verschiedenen Versuchen erfolgte, ergab, daß

1. bei einer 15tägigen Wechseldruck-Untersuchung mit um $5,5^\circ$ abgewinkelter Rohrverbindung NW 200 bei einer Gesamt-Lastwechselzahl von 9452 von 0 bis 100 atü die TYTON-Verbindung vollkommen dicht blieb und der Gummiring nach dem Versuch keine Veränderung zeigte,
2. bei einem Dauerstandsversuch mit um $5,5^\circ$ abgewinkelter Rohrverbindung NW 200 beim Ende des Versuches nach 112,5 Stunden statischer Belastung mit einem Druck von 100 atü keine Undichtigkeiten der TYTON-Verbindung festgestellt wurden,

3. bei einem Wasserschlagversuch die Rohrverbindung NW 200 auch nach 25 aufeinanderfolgenden plötzlichen Wasserschlägen, wobei die Drucksteigerung von 14 auf 116 atü in $\frac{9}{100}$ Sekunden erfolgte, keine Undichtigkeiten in der TYTON-Verbindung festgestellt wurden,

4. bei einem Berstdruckversuch die TYTON-Verbindung NW 200 bis zu einem Berstdruck des Rohres von 230 atü keine Undichtigkeiten zeigte.

Dabei wurde der gleiche Gummiring verwendet, der dem unter 3. beschriebenen Wasserschlagversuch ausgesetzt war,

5. die TYTON-Verbindung NW 200 auch bei einem Dezentrierungsversuch mit unter 3000 kg Last dezentriertem Spitzende bis zum Berstdruck des Rohres von 220 atü dicht blieb,

6. bei einer Dichtheitsprüfung mit 50 atü Preßluft während 15 Minuten keine Undichtigkeiten der TYTON-Verbindung festgestellt wurde,

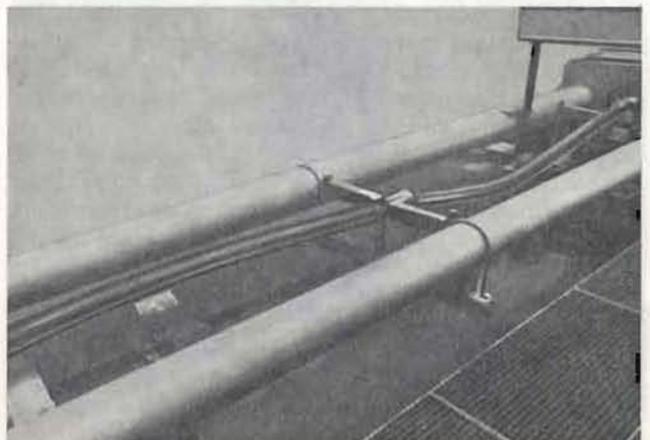
7. bei einem Außendruckversuch mit 100 m Wassersäule während 16 Stunden kein Wasser in das Rohrinne eingedrungen war,

8. bei allen für die Versuche verwendeten Gummiringe keine Änderung des Umfanges und der Härte festzustellen war.

Abschließend kann gesagt werden, daß die TYTON-Verbindung nach vorstehenden Versuchsergebnissen die erforderliche Sicherheit gegenüber den in der Praxis vorkommenden Betriebsbeanspruchungen gewährleistet.“

In Ergänzung hierzu soll noch angeführt werden, daß bei späteren Versuchen mit duktilen Gußrohren auch bei stark deformierten Rohren, wie Bild 7 zeigt, die Verbindung dicht blieb. Bei diesem Versuch in einer Versuchspresse handelte es sich um einen Berstversuch an zwei Rohrstücken NW 100 aus duktilem Gußeisen von je 3 m Länge mit 3 TYTON-Verbindungen.

Bild 7: Berstversuch an duktilen Gußrohren NW 100 mit TYTON-Verbindungen



Durch eine TYTON-Verbindung waren die Rohre miteinander verbunden, die beiden anderen TYTON-Verbindungen befanden sich in den Verankerungen an den Querhäuptern der Presse. Bei einem Innendruckversuch mit Wasser von 320 kp/cm^2 knickten die Rohre infolge des hohen Druckes auf den Muffengrund und das Spitzende aus. Dies führte zu der deutlich zu sehenden Deformation der Rohre, ohne daß die Verbindungen undicht wurden. Der Versuch wurde bei 320 kp/cm^2 abgebrochen, um bei weiterer Drucksteigerung und damit verbundenen weiteren Durchbiegung der Rohre ein Herausreißen des Spitzendes aus der Muffe zu verhindern. Die bleibende Durchbiegung des linken Rohres betrug 110 mm und die des rechten Rohres 210 mm. Die Wanddicken lagen bei 6,1 bis 6,2 mm.

Vorstehende Untersuchungen und Prüfungen wurden an einzelnen Verbindungen auf Prüfständen vorgenommen. Der Vollständigkeit halber soll noch kurz erwähnt werden, daß eine eingehende Erprobung der TYTON-Verbindung auch im Versuchsgraben, in dem eine größere Anzahl TYTON-Rohre verlegt waren, unter anderem auch bei starker Abwinkelung der Rohrachsen erfolgte. Mit Rücksicht darauf, daß die Rohre mit ihren Verbindungen alle frei lagen und der Aufbau dazu diente, Fachleuten der Wasserwirtschaft die TYTON-Verbindung vorzuführen, mußte man sich mit einer Innendruckbelastung von 20 atü begnügen, da das Abfangen der durch die Abwinkelungen hervorgerufenen Kräfte nur provisorisch erfolgen konnte.

Alle diese Untersuchungen, die zum größten Teil unter extremen Bedingungen erfolgten, wie sie in der Praxis nicht auftreten, haben ergeben, daß es sich bei der TYTON-Verbindung um eine ideale Verbindung für Gußrohre handelt. Sie gewährleistet, bedingt durch ihren Aufbau und die scharfe Kontrolle der Abmessungen bei der Fertigung, eine absolute Dichtigkeit bis zum Bersten der Rohre, aber auch dann, wenn in der Leitung Unterdruck herrscht; sie besitzt eine große Beweglichkeit bei auftretenden Bodenbewegungen und ermöglicht eine weitestgehende Auslenkung der Rohrachsen, wodurch Bogen im Verlauf der Trasse eingespart werden können. Über diese Eigenschaften hinaus, die den Verbrauchern eine erhöhte Sicherheit des Leitungsbetriebes bieten, ist für den Rohrleger von besonderer Bedeutung, daß sich Leitungen mit TYTON-Verbindungen einfacher und schneller verlegen lassen, als Leitungen mit Schraub- bzw. Stopfbuchsenmuffen-Verbindungen.

Auf Grund dieser Eigenschaften wurde auch für die größeren Nennweiten über NW 600 die TYTON-Verbindung entwickelt. Gegenüber der Stopfbuchsenmuffen-Verbindung mit dem Stopfbuchsenring, den notwendigen Schrauben und dem Gummiring ist bei der TYTON-Verbindung nur ein Gummiring erforderlich, der, wenn er richtig eingelegt wurde — sein Sitz in der Haltenut kann, wie oben bereits dargelegt, leicht kontrolliert werden —, eine einwandfreie und sichere Abdichtung gewährleistet. Untersuchungen haben gezeigt, daß die TYTON-Verbindung für Nennweiten 700 bis 1000 funktionssicher ist. Die Fertigung von Rohren dieser Nennweiten hat bereits begonnen.

Erfahrungen, Bewährung und Einsatz der TYTON-Verbindung

Nachdem die TYTON-Verbindung vielseitig und gewissenhaft geprüft und der Nachweis erbracht worden war, daß sie zur Kupplung von Gußrohren bedenkenlos verwendet werden kann, hatten die Gußrohrwerke mit der Aufnahme der Fertigung begonnen. Im Herbst 1957 wurde die erste Versorgungsleitung im Bundesgebiet im Bereich des Wasserverbandes der Mittelhessischen Wasserwerke verlegt. Sie hat eine Länge von 2400 m und einen Durchmesser von 250 mm. Diese Gelegenheit wurde gleich wahrgenommen, um eingehende Studien über das Verlegetempo anzustellen. Unter Zuhilfenahme eines Baggers für das Absenken der Rohre wurde bei einer Verlegung von 15 Rohren eine mittlere Verlegezeit von 3,8 Min. je Rohr ermittelt. Hervorzuheben ist, daß für die reine Montage der Verbindung nur rund 50% der Zeit erforderlich war, die für die Montage einer Schraubmuffen-Verbindung benötigt wurde. Solche Verlegeleistungen sind zu erreichen, wenn die Baustelle gut vorbereitet ist, also zügig verlegt werden kann. Auch die Witterungsverhältnisse, die örtliche Bodenbeschaffenheit, ob Formstücke einzubauen sind, ob die Verlegung im ebenen oder hügeligen Gelände erfolgen muß, spielen eine Rolle. Berücksichtigt man diese verzögernden Momente, so kann man mit einer täglichen Verlegeleistung von 500 m bei der Nennweite 250 rechnen. Nach Beobachtungen bei der Verlegung von Gußrohren mit der TYTON-Verbindung der Nennweite 100 beträgt die Verlegeleistung 800 bis 1000 m pro Tag (10 Std.). Bei der Nennweite 600 liegt sie zwischen 150 bis 180 m pro Tag. Die durchschnittliche Mehrleistung bei der Verlegung von TYTON-Rohren gegenüber Schraubmuffenrohren liegt nach Angaben eines weiteren bedeutenden Versorgungsunternehmens bei 25%. Bei größeren Durchmessern kann die Mehrleistung noch höher angesetzt werden. Zum Vergleich mit Erfahrungen, die in den USA an zahlreichen Stellen gesammelt wurden, sei angeführt, daß nach einem Bericht eines früheren Präsidenten der AWWA für die Verlegung von 1000 m 6"-TYTON-Rohren je nach dem Schwierigkeitsgrad zwischen 7 und 11 Stunden benötigt wurden. Besonders erwähnt wird in diesem Bericht die Verlegung eines 6"-Leitungsstückes von 660 m Länge, das in etwa 6 Stunden verlegt wurde. Der Unterschied im Durchmesser von NW 150 gegenüber NW 100 dürfte keinen Einfluß auf die Montagezeit der Verbindungen haben, da, wie es in dem Bericht heißt, das Einschleiben der Rohre ohne Vorrichtungen mit einem Spaten bzw. einer Brechstange erfolgte. Das Besondere an dem 660 m langen Leitungsstück ist, daß es entlang einer Straße verlegt wurde, die beträchtliche Krümmungen aufwies. Es war daher notwendig, dort Verbindungen herzustellen, wo eine Abwinkelung erfolgen mußte. Dabei hat sich gezeigt, daß in einem bogenförmig verlaufenden Graben unter Auslenkungen, die ungefähr die Hälfte der zulässigen max. Abwinkelung ausmachen, die TYTON-Verbindung einwandfrei montiert werden konnte. Bei der Druckprobe mit 35 kp/cm^2 traten auch bei diesen sowie an den unter Ausnutzung der max. Abwinkelung stehenden Verbindungen keine Undichtheiten auf.

Wie der deutsche Verbraucher über die TYTON-Verbindung urteilt und welche Vorteile er bei der Verbindung begrüßt, geht deutlich aus einer Reihe von Mitteilungen hervor, von denen hier nur ein Ausschnitt wörtlich wiedergegeben werden soll.

Ein größeres Stadtwerk berichtete über die Verlegung von TYTON-Rohren der Nennweiten 80 bis 300 wie folgt:

„Bei der Verlegung von TYTON-Rohren stellten wir erhebliche Zeiteinsparungen fest, da sich die Rohre wesentlich schneller verlegen lassen und auch bei der Druckprobe keinerlei Nacharbeiten an den Muffen mehr erforderlich wurden. Darüber hinaus zeigten sich bei sämtlichen bisher verlegten TYTON-Muffen keine Undichtigkeiten an der Verbindung.“

Ein anderes Stadtwerk erklärte, daß sich die TYTON-Verbindung bestens bewährt hat, die Druckproben mit 20 kp/cm² in allen Fällen eine einwandfreie Dichtigkeit dieser beweglichen Rohrverbindung ergeben hat und daß mit der TYTON-Muffe den Wasserwerken ein Gußrohr mit einfachster und zweckmäßigster Verbindung zur Verfügung steht, das aus wirtschaftlichen Gründen künftig in ihrem großen Versorgungsnetz Verwendung finden wird. Besonders hervorgehoben wird die mühelose und leichte Montage der TYTON-Verbindung, die selbst bei Gußrohren der Nennweite 250 ohne jede Schwierigkeit erfolgte, und eine große Ersparnis an Lohn- und Zeitaufwand erzielt werden konnte.

Weitere Stadtwerke weisen zusätzlich auf die Einsparungen der Kopflöcher und Ausbuchtungen in der Grabenwand hin. Auch über die Verlegung von TYTON-Rohren unter schwierigen Bedingungen im Winter bei Schnee und Eis wird kurz berichtet. Die Verlegung ging schnell und einfach vonstatten, wobei auch hier die sonst übliche Verlegezeit wesentlich verringert werden konnte. Die vorgeschriebenen Druckproben standen sofort.

Auch Wasserbeschaffungsverbände, Ingenieurbüros und Rohrverlegefirmen haben im gleichen Sinne zu der TYTON-Verbindung Stellung genommen.

Zusammenfassend wurde in der Praxis festgestellt, daß

1. durch die neue Verbindungsart eine einwandfreie Dichtigkeit und damit größere Sicherheit erzielt wurde,
2. sämtliche Druckproben sofort standen,
3. sich die übliche Verlegezeit wesentlich verringerte,
4. ein Nachdichten der Muffen entfällt,
5. insbesondere bei größeren Nennweiten und schlechten Bodenverhältnisse die seitliche Grabenaussparung für den Schraubbringschlüssel entfällt,
6. durch die einfache Montage Arbeitskräfte eingespart werden können,
7. auch bei ungünstigen Witterungsverhältnissen die Bauzeit auf Grund der einfacheren Verlegung verkürzt werden kann,
8. durch die mögliche Abwinklung der Rohre Formstücke eingespart werden können.



Bild 8: Gußrohrleitung NW 600 mit TYTON-Muffen

Der Einsatz der TYTON-Verbindung, über den Erfahrungen von einem reichlichen Jahrzehnt vorliegen, beschränkt sich nicht nur auf Trink- und Brauchwasserleitungen, sondern es wurden auch Abwasserdruckleitungen, Leitungen für Faulschlamm, für Kaliendlauge und für den Transport von Mineralwässern mit TYTON-Rohren verlegt. Es gibt auch Fälle, in denen die beschränkten Platzverhältnisse keine andere Verbindung als die TYTON-Verbindung zulassen, wie bei einer Leitung, die zwischen Betonmauern verlegt werden muß, deren Abstand so gering ist, daß z. B. eine Schraubmuffen-Verbindung nicht montiert werden kann. Bild 8 zeigt eine Trinkwasserleitung aus duktilen Gußrohren NW 600 mit TYTON-Verbindungen. Man erkennt deutlich im Hintergrund die Krümmung der Leitung, die dort ohne den Einbau von Bogenformstücken verlegt wurde. Bild 9 stellt einen an Land montierten Abwasserdüker NW 700 aus duktilen Gußrohren dar, der die Lahn bei Marburg kreuzt. Das Besondere an diesem Düker ist, daß er aus glatten, also muffenlosen Rohren besteht, die

Bild 9: Abwasserdüker aus duktilen Gußrohren NW 700 mit TYTON-Kupplungen



durch TYTON-Kupplungen (Bild 10) miteinander verbunden sind, wodurch die Auslenkbarkeit der Rohre auf 6° erhöht wird. Diese gegenüber der Schraubmuffen-Verbindung größere Abwinkelung erwies sich insofern als besonders vorteilhaft, als teilweise hohe Uferböschungen vorlagen. Der Düker wurde auf einer Uferseite auf Gleitschlitten montiert und durch Einfügen flachliegender Schubänder ohne Gelenke auf beiden Seiten der Rohrstränge gegen Auseinanderziehen gesichert.

Die TYTON-Verbindung ist wie die Schraubmuffen-Verbindung keine kraftschlüssige Verbindung. Um nun Gußrohre mit der TYTON-Verbindung auch dort zu verwenden, wo der Boden, in dem die Leitung zu liegen kommt, nur eine geringe Flächenpressung zuläßt und bei der Abwinkelung der Rohre in den Verbindungen die Gefahr besteht, daß die Leitung in Betrieb durch die resultierende Kraft in der Muffe, hervorgerufen durch den Innendruck, auseinandergezogen und undicht wird, wurden verschiedene Schub Sicherungen entwickelt. In USA wurde die sogenannte Lok-TYTON-Verbindung entwickelt, bei der Stahlplättchen an den TYTON-Dichtring anvulkanisiert werden, die in eine Nut am Spitzende einrasten.

In Deutschland befindet sich die ARS-Klemmschelle aus duktilem Gußeisen auf dem Markt, die in dem in dieser Zeitschrift abgedruckten Artikel ausführlich beschrieben wird.

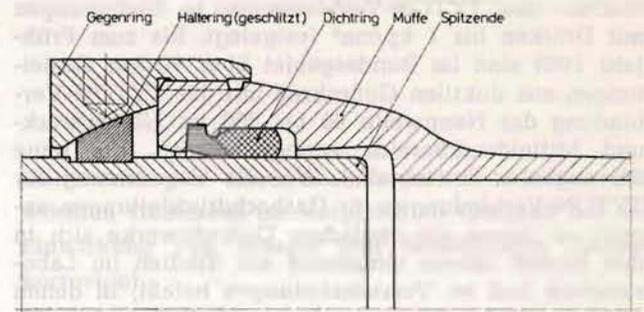
Eine weitere Schubsicherung zeigt Bild 11.

Auf dem Spitzende sitzt in einer eingedrehten Nut ein geschlitzter Haltering, der an einen auf der Muffe aufgeschraubten Gegenring zum Anliegen kommt, wenn axiale Kräfte wirksam werden und auf diese Art und Weise ein Herausziehen des Spitzendes aus der Muffe verhindert. Diese Schubsicherung, die bis NW 600 verwendbar ist, macht die TYTON-Verbindung zu einer kraftschlüssigen Verbindung. Sie ist beweglich, ein Vorteil, der insbesondere bei Dükerleitungen von Nutzen ist, die an Land zusammengebaut, abgepreßt und anschließend in das Flußbett eingezogen werden. Unter anderem wurden bei einem Donaudüker in der Nähe von Riedlingen TYTON-Rohre NW 300 mit dieser Schubsicherung verwendet. Ein weiteres Anwendungsgebiet für TYTON-Rohre

Bild 10: Muffenloses Rohr aus duktilem Gußeisen mit TYTON-Kupplungen



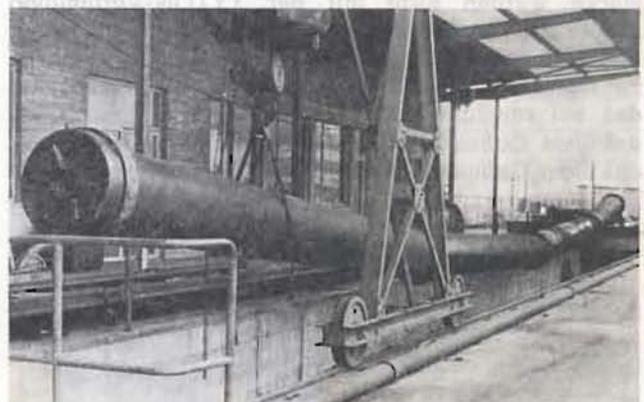
Bild 11: Schubgesicherte TYTON-Verbindung mit Halte- und Gegenring



mit Schubsicherung sind Leitungen, die Straßen, Autobahnen und Gleisanlagen kreuzen sowie Brückenleitungen. Bild 12 zeigt eine Rohrleitung mit schubgesicherten TYTON-Verbindungen auf dem Rohrprüfstand eines Gußrohrwerkes. Es handelt sich um einen Rohrstrang der Nennweite 500 von 20 m Länge, der frei schwebt und an zwei Stellen im Abstand von 18 m unterstützt ist. Dieser Rohrstrang wurde mit Wasser von 15 kp/cm^2 abgedrückt; alle Verbindungen waren dicht.

Die TYTON-Verbindung wurde zunächst in Wasserrohrleitungen eingesetzt. Auch für den Transport von Gasen wurden bereits Gußrohre mit der TYTON-Verbindung verlegt. Gasleitungen waren auch die ersten Leitungen, bei denen als Dichtungsmittel Gummi eingesetzt wurde. Erst später wurde die Gummidichtung auch für Wasserleitungen übernommen. Anfangs waren es Rollgummi-Verbindungen mit ihren Abarten, die in den dreißiger Jahren durch die Schraubmuffen-Verbindung, die für höhere Drücke geeignet war, abgelöst wurde. Auf Grund der guten Erfahrungen, die man mit gummigedichteten Verbindungen im Gasleitungsbau gesammelt hatte, und wenn man weiter bedenkt, daß inzwischen die Gummiqualität, für die eigens geschaffene Lieferbedingungen sowie Prüf- und Gütevorschriften ausgearbeitet wurden, wesentlich verbessert werden konnten, besteht keine Veranlassung, aus Sorge um die Sicherheit der Abdichtung vom Einsatz der TYTON-Verbindung für Gas-

Bild 12: Rohrleitung mit schubgesicherten TYTON-Verbindungen nach Bild 11 auf dem Rohrprüfstand



leitungen abzusehen. In DIN 28610 sind die Anwendungsbereiche für die Schraubmuffen-, Stopfbuchsenmuffen- und TYTON-Verbindungen in Gasleitungen mit Drücken bis 1 kp/cm^2 festgelegt. Bis zum Frühjahr 1969 sind im Bundesgebiet über 70 km Gasleitungen aus duktilen Gußrohren mit der TYTON-Verbindung der Nennweite 80 bis 350 im Niederdruck- und Mitteldruckbereich verlegt worden, die ohne Störungen in Betrieb sind. Was die Verwendung der TYTON-Verbindungen für Gashochdruckleitungen angeht, so haben die deutschen Gußrohrwerke sich in den letzten Jahren eingehend mit Studien im Laboratorium und an Versuchsleitungen befaßt, in denen nicht nur Kokereigase, sondern auch Erd- und Erdöl-gase befördert wurden, worüber der Verfasser in der FGR-Informationsschrift Nr. 2 vom April 1967 ausführlich berichtet hat. Die Ergebnisse dieser zahlreichen und gewissenhaft in Verbindung mit dem DVGW durchgeführten Untersuchungen bilden die Grundlage für die Schaffung von Richtlinien für den Bau von Gasleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 kp/cm^2 bis 16 kp/cm^2 aus Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen, die vom DVGW gemeinsam mit den Gußrohrwerken erarbeitet werden. Vergleiche hierzu den Beitrag von Dipl.-Ing. Raffenberg in dieser Informationsschrift.

Die TYTON-Verbindung für Formstücke

Die Betrachtungen über die TYTON-Verbindung sollen nicht abgeschlossen werden, ohne die Formstücke mit der TYTON-Muffe zu erwähnen. Die Einführung der TYTON-Verbindung für Gußrohre in der Bundesrepublik fiel zeitlich in etwa mit der Aufnahme der Fertigung von Rohren aus duktilem Gußeisen zusammen. Sowohl Graugußrohre als auch duktile Gußrohre wurden mit der TYTON-Verbindung geliefert. Anders lagen die Verhältnisse bei den Formstücken. Ihre Herstellung erfolgte zunächst weiterhin in Grauguß, denn es bestand anfänglich keine zwingende Notwendigkeit im Hinblick auf die Schaffung neuer Modelle — die Wanddicken können bei Verwendung von duktilem Gußeisen infolge der doppelt so hohen Festigkeit des duktilen Gußeisens kleiner gehalten werden — Formstücke aus duktilem Gußeisen zu fertigen, um so mehr, als es bei den Graugußformstücken wegen der bedeutend größeren Wanddicken nie zu Schwierigkeiten im Betrieb gekommen ist. Die Graugußformstücke wurden nicht mit der TYTON-Verbindung ausgerüstet, um die Lagerhaltung nicht zu vergrößern und erst einmal Erfahrungen mit den TYTON-Rohren zu sammeln. Außerdem war man sich klar darüber, daß bei zunehmender Verwendung von Rohren aus duktilem Gußeisen eines Tages auch Formstücke aus duktilem Gußeisen geschaffen werden müssen, da die

besonderen Eigenschaften des duktilen Gußeisens, die hohe Festigkeit und das Verformungsvermögen, eine Formgebung bzw. Ausführung der Formstücke rechtfertigen, die zu wesentlichen Gewichtseinsparungen führt. Es war selbstverständlich, daß die Gußrohrwerke bei der Konstruktion von neuen Modellen bzw. bei der Aufstellung eines neuen Programms für Formstücke aus duktilem Gußeisen — erwähnt sei, daß aus Rationalisierungsgründen eine Typenvereinfachung erfolgte — nunmehr auch die Verwendung der TYTON-Muffe berücksichtigten. Die Norm-Entwürfe der neuen Formstückserie sehen auch die TYTON-Muffe vor.

Die TYTON-Verbindung ist, wie bereits ausgeführt, keine kraftschlüssige Verbindung. An den Stellen einer Leitung, wo Formstücke eingebaut sind, müssen daher Widerlager angebracht werden, um zu verhindern, daß die Leitung unter dem Einfluß des Innendruckes auseinandergezogen wird. Während bei der Ausbildung der Widerlager für Schraubmuffen-Formstücke beachtet werden muß, daß genügend Platz für die Anbringung des Hakenschlüssels zum Anziehen des Schraubringes vorhanden ist, kann bei den TYTON-Muffenformstücken das Einbetonieren bis an den äußeren Muffenbund erfolgen. Ist die Anbringung von Widerlagern wegen anderer an der gleichen Stelle liegenden Leitungen nicht möglich, kann auch auf eine schubgesicherte TYTON-Verbindung, z. B. die ARS-Klemmschelle, zurückgegriffen werden.

Zusammenfassung

In den vorstehenden Ausführungen wird über die seit 1957 im Bundesgebiet in zunehmenden Maße verwendete TYTON-Verbindung berichtet. Ausgehend von den Anforderungen, die an eine gute Rohrverbindung zu stellen sind, werden kurz der Aufbau und die Montage der TYTON-Verbindung erläutert. Etwas ausführlicher werden die vor der Einführung der TYTON-Verbindung bei den Gußrohrwerken und an der Technischen Hochschule Darmstadt vorgenommenen Untersuchungen und Prüfungen behandelt und dabei festgestellt, daß es sich bei der TYTON-Verbindung um eine allen Anforderungen der Praxis gerecht werdende Ausführung handelt. In der anschließenden Rückschau auf Erfahrungen mit der TYTON-Verbindung wird besonders die schnelle Verlegung herausgestellt, der allgemeine Anwendungsbereich sowie der Einsatz der TYTON-Verbindung in gesonderten Fällen behandelt, für die schubgesicherte TYTON-Verbindungen entwickelt wurden. Auf die Bewährung in der Praxis wird hingewiesen. Mit einem Überblick über die Entwicklung der TYTON-Muffenformstücke schließt der Bericht.

Neuere Untersuchungsergebnisse über das Korrosionsverhalten von Rohren aus duktilem Gußeisen

Von WOLF-DIETRICH GRAS und WERNER WOLF

Die letzten Jahre sind im Rohrleitungsbau dadurch gekennzeichnet, daß bei der Verwendung von Gußrohren für die Wasser- und Gasversorgung an Stelle der jahrzehntelang bewährten Graugußrohre fast ausnahmslos Rohre aus duktilem Gußeisen zum Einsatz gelangen. Von der deutschen Gußrohrindustrie wurden für den einheimischen Markt im Jahre 1969 98 % duktile Gußrohre und nur noch 2 % Graugußrohre ausgeliefert.

Bei Rohrwerkstoffen sind zwei Eigenschaften von großem Interesse

- a) ihr Verhalten gegenüber mechanischen Belastungen,
- b) ihre Korrosionsbeständigkeit gegenüber dem innen fließenden Medium und dem außen anliegenden Erdreich.

Über die mechanischen Eigenschaften des duktilen Gußeisens wurde wiederholt an anderer Stelle berichtet [1, 2, 3].

Ein zusammenfassender Überblick über das Korrosionsverhalten von Rohren aus duktilem Gußeisen auf der Grundlage theoretischer Überlegungen und praktischer Versuchsergebnisse wurde im FGR-Informationenheft Nr. 1 von W. Wolf gegeben. Seither sind immerhin schon 4 Jahre vergangen. In der Zwischenzeit wurden von der Gußrohrindustrie in Deutschland und einigen anderen Ländern, wie z. B. England, Frankreich und USA, weitere Vergleichsuntersuchungen über das Korrosionsverhalten duktiler Gußrohre und Graugußrohre abgeschlossen. Es erscheint daher angebracht, diese Ergebnisse der Fachwelt ebenfalls zugänglich zu machen und eine ergänzende Übersicht über die heutigen Kenntnisse auf diesem Gebiet unter Einbeziehung früherer Unterlagen [4] zu erstellen. Eine zusammenfassende Übersicht wurde von W. D. Gras und W. Wolf [5] auf dem Internationalen Wasserkongreß, Wien 1969, gegeben.

Der vorliegende Bericht ist nach Untersuchungen, die 1. die Innenkorrosion und 2. die Außenkorrosion betreffen, unterteilt.

Auf eine Besprechung atmosphärischer Korrosionseinflüsse, denen höchstens im Zusammenhang mit langjähriger Freilagerung von Rohren eine gewisse Bedeutung zukommt, wird verzichtet. Die Korrosionsraten liegen bei ungeteertem Material und Versuchszeiten bis zu 4 Jahren in der Größenordnung von ca. 0,01 bis 0,03 mm/Jahr, je nachdem, ob es sich um ländliche, maritime oder industrielle Atmosphäre handelt [6].

Untersuchungen über das Korrosionsverhalten des duktilen Gußeisens im Vergleich zu Grauguß bei der Einwirkung von Wasser und Salzlösungen (Innenkorrosion)

Dieses Gebiet umfaßt die Einwirkung von Roh- und Trinkwässern sowie Salzlösungen, wie z. B. Meerwasser.

P. Speidel und A. Wittmoser [7] haben im Jahre 1960 über eine Laboratoriums-Vergleichsuntersuchung an zylinderförmigen Proben aus duktilem Gußeisen, Grauguß und Temperguß in einem aggressiven Trinkwasser mit erhöhten Anteilen an freier, aggressiver Kohlensäure (ca. 15 mg/l) berichtet. Die Versuche mußten damals nach einer Einwirkungszeit von 285 Tagen abgebrochen werden. Es bestand nach dem Kurvenverlauf der Eindruck, daß die Korrosionsgeschwindigkeit mit zunehmender Zeit noch weiter absinken würde. Dies war der Anlaß, im Korrosionslaboratorium der Rheinstahl Hüttenwerke AG., Gelsenkirchen, [8] einen Langzeitversuch über fünf Jahre unter Beibehaltung der früheren Versuchsanordnung [7] und Probenform anzusetzen. Die Untersuchung wurde auf ferritisches Material beschränkt. Einen Überblick über die chemische Zusammensetzung der geprüften Werkstoffe und des einwirkenden Wassers geben Tabelle 1 und 2. Die ermittelten Ergebnisse der 5-Jahresstufe sind unter Einbeziehung der Werte von P. Speidel und A. Wittmoser [7] in Bild 1 graphisch dargestellt. Man erkennt aus Bild 1 den starken Abfall der Korrosionsgeschwindigkeit mit wachsender Einwirkungszeit, wobei diese im Verlauf von 5 Jahren etwa auf ein Drittel des nach 1 Monat gefundenen Wertes abgenommen hat.

Es wurde festgestellt, daß bei dem Langzeitversuch (5 Jahre) die 3 Parallelproben aus duktilem Gußeisen

Tab. 1: Chemische Zusammensetzung der untersuchten ferritischen Eisen-Kohlenstoff-Legierungen

Element	Gehalte in Prozent		
	duktiler Gußeisen	Grauguß	Temperguß
C ges.	3,5	3,34	2,15
C graphit	3,5	3,25	2,11
Si	3,15	2,21	1,17
Mn	0,62	0,61	0,40
P	0,055	0,26	0,077
S	0,006	0,010	0,082
Mg	0,077	—	—

Tab. 2: Angaben über die chemische Zusammensetzung des Wassers während der 5jährigen Einwirkungszeit (Untersuchung erfolgte an jedem Monatsersten)

Zeit- raum		Chemische Zusammensetzung des Wassers								
		pH- Wert	Gesamt- härte °dH	Karbonat- härte °dH	freie CO ₂ mg/l	aggr. CO ₂ mg/l	Eisen mg/l	Chlorid mg/l	Sulfat mg/l	O ₂ mg/l
1. Jahr	Ø ²⁾	6,75	11,6	4,8	13	9,7	Spur	164	126	2,4
	max.	6,9	18,8	7,0	15	12,4	0,15	368	202	4,2
	min.	6,5	7,4	2,5	9	6,9	Spur	67	91	1,2
2. Jahr	Ø	6,83	7,9	3,5	11	9,0	Spur	61	83	4,2
	max.	6,95	10,4	4,5	14	12,4	Spur	150	106	5,8
	min.	6,75	6,2	3,1	10	8,0	Spur	34	67	2,1
3. Jahr	Ø	6,95	7,4	3,5	10	9,0	Spur	40	72	5,6
	max.	7,03	9,5	5,3	12	10,3	0,15	67	82	9,5
	min.	6,85	6,2	2,5	7	5,5	Spur	26	62	3,3
4. Jahr	Ø	7,00	8,5	3,6	13	10,9	Spur	61	82	2,1
	max.	7,15	10,6	4,8	18	15,8	0,15	96	115	3,4
	min.	6,85	7,0	2,2	8	7,0	Spur	37	67	1,1
5. Jahr	Ø	6,95	8,6	3,8	15	13,2	Spur	59	86	2,2
	max.	7,05	10,1	4,5	20	17,2	0,08	74	106	5,1
	min.	6,8	6,2	3,1	11	9,1	Spur	29	53	1,2

Anm.: ¹⁾ Mangan nicht nachweisbar

²⁾ Durchschnittswert

durchweg flächiger als die Graugußproben angegriffen worden sind, was sich dahingehend auswirkte, daß die „maximale Angriffsgeschwindigkeit“ von duktilem Gußeisen nur halb so groß wie die von Grauguß war.

Im Schrifttum ist schon eine Reihe von Vergleichsuntersuchungen an duktilem Gußeisen und Grauguß in Meerwasser aufgeführt [7, 9, 10, 11]. Trotzdem erschien es angebracht, dieses Zahlenmaterial durch weitere Untersuchungen an Gußrohren unter Änderungen einiger Versuchsbedingungen zu ergänzen, um die Basis an Werten insgesamt zu verbreitern. So haben W. Wolf [12] und K. Wiethan [13] vor einiger Zeit vergleichende Laboratoriumsuntersuchungen an Rohrsegmenten (125 x 40 x 9 bzw. 6 mm) aus duktilem Gußeisen und Grauguß in 50° C warmem, künstlichem Meerwasser (nach DIN 50900) über 6 Monate durchgeführt. Die Reaktionstemperatur wurde gegenüber den oben genannten Arbeiten höher gewählt, da Meerwasser teilweise zu Kühlzwecken in Anlagen eingesetzt wird. Die von beiden Verfassern erzielten Ergebnisse sind in Bild 2 dargestellt. Die Kurven zeigen ebenfalls den bekannten parabolischen Verlauf der Korrosionsgeschwindigkeit mit der Zeit. Ein gewisser Unterschied in den Absolutwerten der Kurven ist auf unterschiedliche Belüftungseinflüsse zurückzuführen.

Im Rahmen einer Gemeinschaftsarbeit des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute hat P. Drodten [14] von der Forschungsabteilung der Rheinstahl Hüttenwerke AG., Hattingen, eine 4^{1/2}jährige Auslagerung von Platten (250 x 400 x 6 mm) aus duktilem Gußeisen und Grauguß auf Helgoland in Meerwasser durchgeführt. Die mittlere Korrosionsgeschwindigkeit der höchsten Zeitstufe lag für das duktile Gußeisen bei 0,09 mm/Jahr und für Grauguß bei 0,11 mm/Jahr.

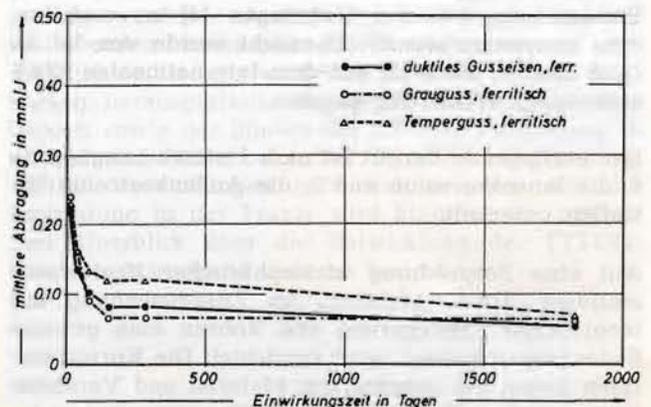


Bild 1: Abtragungsgeschwindigkeit von 3 Eisen-Kohlenstoff-Legierungen in Leitungswasser nach Untersuchungen von P. Speidel/A. Wittmoser [7] und W.-D. Gras [8]

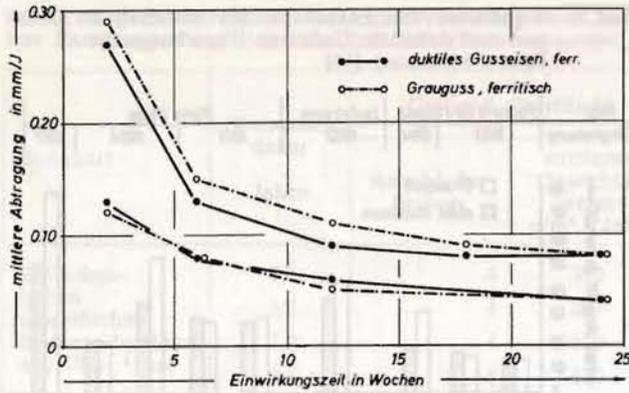


Bild 2: Abtragungsgeschwindigkeit von Rohrabschnitten aus duktilem Gußeisen und Grauguß in Meerwasser (DIN 50900) nach Untersuchungen von W. Wolf [12] und K. Wiethan [13]

Zur besseren Übersicht sind in Bild 3 aus den neueren und früheren Vergleichsuntersuchungen die Werte für die mittlere Korrosionsgeschwindigkeit am Ende der jeweiligen Versuchszeit graphisch dargestellt. Aus dem Diagramm ist ersichtlich, daß die Zahlenwerte zwischen den einzelnen Versuchsreihen, verursacht durch die jeweiligen Versuchsbedingungen, gewisse Abweichungen zeigen, das duktile Gußeisen aber mit geringen Schwankungen nach unten und oben die gleiche Korrosionsbeständigkeit wie der Grauguß aufweist.

Untersuchungen über das Korrosionsverhalten des duktilen Gußeisens im Vergleich zu Grauguß bei der Einwirkung von Erdböden (Außenkorrosion)

Es erscheint angebracht, vor der Diskussion der Untersuchungsergebnisse zunächst einige kurze Bemerkungen zur Untersuchungstechnik zu machen.

Das Korrosionsverhalten gußeiserner Rohre gegenüber den üblichen transportierten Medien läßt sich ohne große Schwierigkeit in Laboratoriumsversuchen in diesen Medien oder entsprechenden Testflüssigkeiten mit zeitraffendem Charakter prüfen. Diese Technik versagt jedoch, wenn die Wechselwirkung der Rohraußenfläche mit den verschiedenartigen Erdböden zu untersuchen ist, da hier die Einflüsse sehr komplexer Natur sind. Um den Verhältnissen der Praxis wirklich gerecht zu werden, ist man leider auf sehr aufwendige Feldkorrosionsversuche angewiesen. Feldkorrosionsversuche werden in der Regel so angesetzt, daß Rohrabschnitte in stark aggressive Böden eingegraben werden, in denen Rohre normalerweise nur mit einem Sonderschutz verlegt würden. Durch dieses Vorgehen wird ein gewünschter Zeitraffungseffekt erzielt; es darf allerdings dabei nicht übersehen werden, daß sich durch die Art der Versuchsführung hohe Angriffsgeschwindigkeiten ergeben, die selbstverständlich nicht als Grundlage für Lebensdauerberechnungen von Rohrleitungen dienen können.

Bei Feldkorrosionsversuchen ist darauf zu achten, daß die Rohrabschnitte eine ausreichende Größe aufweisen. Nach Meinung der Korrosionsfachleute der euro-

päischen Gußrohrindustrie sollte z. B. bei Rohrabschnitten der Nennweite 100 mm die Rohrlänge immerhin etwa 1,5 bis 2 m betragen, um eine ausreichende Probenauswertefläche zur Verfügung zu haben.

Als Maß für den Korrosionsverlauf wird bei Feldkorrosionsversuchen nicht mehr die bei wäßrigen Lösungen übliche sogenannte mittlere Korrosionsgeschwindigkeit (aus dem Gewichtsverlust berechnet) gewählt, sondern die maximale Angriffstiefe bzw. die sich daraus ergebende maximale Angriffsgeschwindigkeit. Obwohl der Rohrnetzfachmann geneigt ist, dieser letztgenannten Meßgröße die meiste Aussagekraft zuzubilligen, so muß doch auf Grund eigener Erfahrungen bei derartigen Versuchen festgestellt werden, daß diese Zahl keineswegs ausreichend ist, den Gesamtzustand einer Rohroberfläche richtig zu kennzeichnen. Im Hinblick auf eine umfassende Auswertung von Feldkorrosionsversuchen ist man deshalb seit ca. 2 Jahren in einigen Laboratorien der Gußrohrhersteller damit beschäftigt, neuartige Meßmethoden für eine statistische Erfassung der Angriffstiefenverteilung auf der Rohroberfläche zu entwickeln.

In den letzten Jahren hat sich die Informationsbasis hinsichtlich des Korrosionsverhaltens duktiler Gußrohre bei Bodenkorrosion (Außenkorrosion) ebenfalls weiter verbreitert. Aus den Korrosionsfeldversuchen der Forschungsanstalt von Pont-à-Mousson in Frankreich sind Untersuchungsergebnisse einer weiteren Zeitstufe (12,5 Jahre) zur Verfügung gestellt worden [15].

Als ein sehr wertvoller Beitrag ist die Veröffentlichung der gesamten Untersuchungsergebnisse der Cast Iron Pipe Research Association in USA aus Korrosionsfeldversuchen in zwei Feldern über insgesamt 14 Jahre zu bezeichnen [16, 17].

Daneben liegen nunmehr auch die Meßergebnisse aus Korrosionsfeldversuchen verschiedener europäischer Gußrohrhersteller vor, die als Gemeinschaftsarbeit in drei Korrosionsfeldern in Deutschland, England und Frankreich über bisher 5 Jahre ausgeführt worden sind [5].

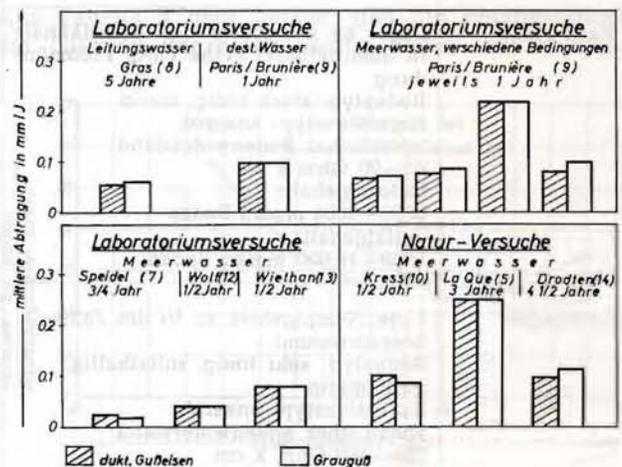


Bild 3: Ergebnisse vergleichender Korrosionsversuche verschiedener Verfasser an duktilem Gußeisen und Grauguß

Insgesamt stehen damit heute Versuchsunterlagen aus 8 Korrosionsfeldern mit den verschiedenartigsten Böden zur Verfügung.

Die bei den einzelnen Feldkorrosionsversuchen eingehaltenen Versuchsbedingungen und erzielten Ergebnisse ergeben sich aus folgenden Ausführungen:

1. Versuche der Forschungsanstalt von Pont-à-Mousson

Böden: Die Bodeneigenschaften sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Proben: 2 m lange Abschnitte von Rohren NW 150 aus Grauguß und duktilem Gußeisen, ohne Schutzüberzug.

Versuchsdurchführung: Die Proben wurden in ca. 1 m Tiefe in parallel zueinander verlaufenden Gräben verlegt. Der Abstand der Gräben untereinander betrug mindestens 2,50 m.

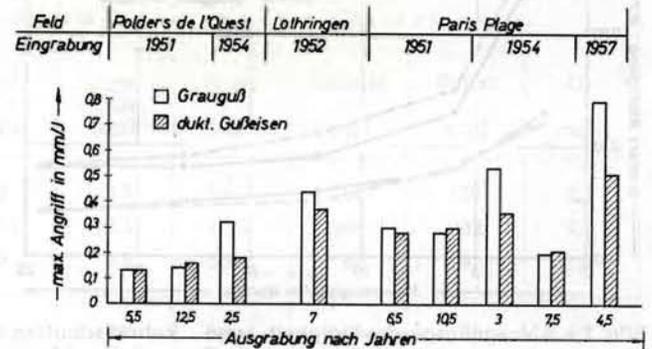
Versuchsdauer: bis zu 12¹/₂ Jahren.

Versuchsauswertung: Nach der Ausgrabung wurden die Proben durch Sandstrahlen gereinigt und die Tiefe der stärksten Anfrassungen gemessen. Zu

Tab.3: Kenndaten der französischen Korrosions-Versuchsfelder (Forschungsanstalt von Pont-à-Mousson)

Versuchsfeld	Kenndaten des Feldes
Polders de l'Qüest	Lage: in einem Poldergebiet vor den Deichen, bei Springflut vom Meer überspült Bodentyp: tonig, sandig, marin Korrosionstyp: halb aerob, halb anaerob Spezifischer Bodenwiderstand: 70—150 Ohm x cm Chloridgehalt: 5000—9000 mg/kg Boden Sulfatgehalt: 5000—6000 mg/kg Boden
Paris-Plage	Lage: an der Küste des Ärmelkanals in unmittelbarer Nähe einer Flußmündung Bodentyp: stark tonig, marin Korrosionstyp: anaerob Spezifischer Bodenwiderstand: 65—90 Ohm x cm Chloridgehalt: 6000—9000 mg/kg Boden Sulfatgehalt: 5000—10 000 mg/kg Boden
Lothringen	Lage: Sumpfbereich, zu 3/4 des Jahres überschwemmt Bodentyp: sehr tonig, sulfathaltig, nicht marin Korrosionstyp: anaerob Spezifischer Bodenwiderstand: 290—460 Ohm x cm Chloridgehalt: < 500 mg/kg Boden Sulfatgehalt: 8000—12 000 mg/kg Boden

Bild 4: Ergebnisse von Feldkorrosionsversuchen an Grauguß und duktilem Gußeisen (Forschungsanstalt von Pont-à-Mousson) [15]



jeder Zeitstufe wurden zwischen 3 und 10 duktile Rohrabschnitte und 2 oder 3 Rohrabschnitte aus Grauguß ausgegraben.

Ergebnisse: In Bild 4 sind die gefundenen Ergebnisse wiedergegeben. Aus den gefundenen Werten ergibt sich, daß die Proben aus duktilem Gußeisen in einigen Fällen etwa ebenso stark wie die Graugußproben, in anderen Fällen etwa 20 bis 30 % schwächer angegriffen worden sind. Die Eingrabung im Feld von Paris Plage vom Jahre 1957 erfolgte an einer Stelle extremer Bodenaggressivität. Es ist zu den Versuchen zu bemerken, daß die 1951 eingegrabenen Proben aus duktilem Gußeisen noch aus der Anlaufperiode der Fertigung stammten und gewisse Unregelmäßigkeiten der Oberfläche aufwiesen, die teilweise den Angriff begünstigten.

2. Versuche der Cast Iron Pipe Research Association (CIPRA)

Böden:

- Schlackenboden mit einem spezifischen Bodenwiderstand von etwa 400 Ohm · cm.
- Alkalischer Boden mit einem spezifischen Widerstand von etwa 200 Ohm · cm.

Proben: Es wurden 1,50 m lange Abschnitte von Graugußrohren und duktilen Gußrohren NW 150 ohne Schutzüberzug eingegraben. Man hatte in den Versuch Proben mit ferritischem und mit perlitischem Gefüge einbezogen. Von 200 eingegrabenen Rohrproben wurden bis heute 160 wieder ausgegraben, um den erfolgten Korrosionsangriff festzustellen.

Versuchsdauer: Die maximale Versuchszeit betrug 14 Jahre.

Versuchsauswertung: Die ausgegrabenen Proben wurden geprüft auf:

Berstdruckfestigkeit: Um festzustellen, welche Berstdruckfestigkeit die Rohrproben im korrodierten Zustand noch besitzen, wurden sie einer Wasserdruckprüfung unterzogen und die mittlere Abnahme der Berstdruckfestigkeit in % gegenüber dem Ausgangszustand festgestellt. Bei diesen Berstversuchen wurde gleichzeitig die Haftung der Korrosionsprodukte an

Tab. 4: Ergebnisse von Feldkorrosionsversuchen der Cast Iron Pipe Research Association (CIPRA) mit Rohrproben aus Grauguß und duktilem Gußeisen (Proben geblüht — ferritisches Gefüge) [16, 17]

Bodenart	Versuchsdauer Jahre	Grauguß (ferritisch)		duktiles Gußeisen (ferritisch)		Durchschnittliche Berstfestigkeit in % vom Ausgangswert*)	
		Anzahl der Proben	mittlerer Gewichtsverlust g/m ² · Jahr	Anzahl der Proben	mittlerer Gewichtsverlust g/m ² · Jahr	Grauguß	duktiles Gußeisen
Schlackenboden (spezifischer Bodenwiderstand 400 Ohm · cm)	3,7	4	390	8	450	80	> 90
	5,9	4	590	8	580	70	> 90
	7,9	4	510	8	460	69	> 90
	9,4	4	430	8	390	73	> 90
	13,5	2	420	4	340	60	> 85
	Summe	18		Summe	36		
alkalischer Boden (spezifischer Bodenwiderstand 200 Ohm · cm)	3,7	4	200	8	270	90	> 90
	6,0	2	120	4	160	90	> 90
	8,0	2	85	4	120	76	> 90
	9,9	2	60	4	85	58	> 85
	12,0	2	85	4	100	59	> 85
	14,0	2	70	4	90	61	> 91
	Summe	14		Summe	28		

*) Die mit > gekennzeichneten Werte schließen Rohre ein, die bei 356 kp/cm², dem maximalen Druck, der mit der transportablen Prüfeinrichtung erzeugt werden konnte, nicht geplatzt sind.

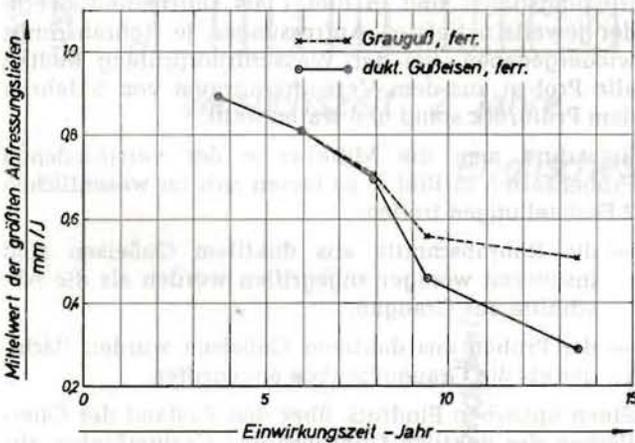


Bild 5: Ergebnisse von Feldkorrosionsversuchen an Grauguß und duktilem Gußeisen in einem Schlackenboden (Cast Iron Pipe Research Association — CIPRA —) [16, 17]

den Rohren beobachtet und Proben der Korrosionsprodukte untersucht.

Gewichtsverlust: Die Proben wurden durch Sandstrahlen von anhaftendem Korrosionsprodukt befreit und ihr Gewichtsverlust bestimmt.

Angriffstiefe: Nach dem Sandstrahlen der Rohrabschnitte wurde die Tiefe der stärksten Anfrassungen gemessen.

Ergebnisse: Die gefundenen Werte von 96 ferritischen Rohrabschnitten sind in Tabelle 4 sowie in den Bildern 5 und 6 zusammengestellt. In den Dia-

grammen der Bilder 5 und 6 stellen die Meßprodukte Durchschnittswerte von jeweils 2 bis 8 Rohrabschnitten dar.

Aus den Bildern 5 und 6 geht hervor, daß sich in den beiden betrachteten Böden Rohre aus duktilem Gußeisen im Vergleich zu Graugußrohren zumindest gleichwertig, zum Teil deutlich besser verhalten haben. Bei beiden Materialien findet auf Grund der Bildung von Korrosionsdeckschichten ein Abfall der Korrosionsgeschwindigkeit statt, der bei dem Schlackenboden stärker ausgeprägt ist als bei dem alkalischen Boden.

Aus Tabelle 4 geht hervor, daß die Berstfestigkeit der duktilen Rohre bei beiden Böden und in allen

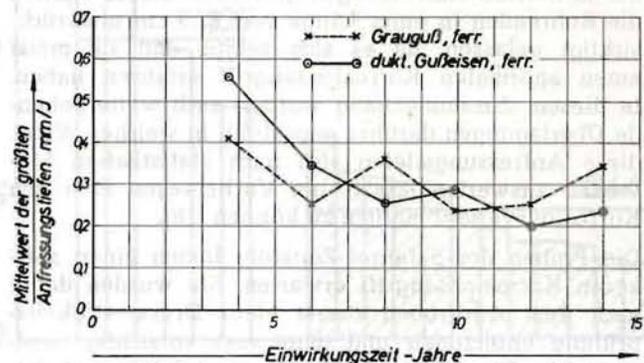


Bild 6: Ergebnisse von Feldkorrosionsversuchen an Grauguß und duktilem Gußeisen in einem alkalischen Boden (Cast Iron Pipe Research Association — CIPRA —) [16, 17]

Zeitstufen zum Teil erheblich höher als die der Graugußrohre lag und Werte nahe der Ausgangsberstfestigkeit der Rohre erreichte.

Berstversuche an Rohren, deren Wand an einer oder mehreren Stellen durchgraphitiert war, hatten folgendes Ergebnis gebracht:

Material	Zahl der Proben	mittlerer Berstdruck
duktiler Gußeisen	19	20 kp/cm ²
Grauguß	27	13 kp/cm ²

Aus diesen Zahlen muß geschlossen werden, daß die Festigkeit des Korrosionsproduktes von Rohren aus duktilem Gußeisen größer als die von Graugußrohren ist.

3. Versuche europäischer Gußrohrhersteller

Böden: Die Bodeneigenschaften sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Proben: 1,75 m lange Abschnitte von Schleuder- gußrohren NW 100 aus ferritischem Grauguß und duktilem Gußeisen, ohne Schutzüberzug.

Es wurden in jedem der 3 Felder Proben deutscher, englischer und französischer Herkunft eingegraben.

Versuchsdurchführung: Die Rohrabschnitte wurden mit Holzstopfen verschlossen und in etwa 1 m Tiefe in parallel zueinander im Abstand von 3,5 m gezogenen Rohrgräben mit einem in der Rohrachsrichtung gemessenen Abstand von 0,25 m eingegraben. Die Proben waren mit einem Innenanstrich versehen worden, um Innenkorrosion zu verhindern.

Versuchsdauer: Es liegen bisher Ergebnisse nach Einwirkungszeiten von 2 und 5 Jahren vor.

Versuchsauswertung: Die Proben wurden sandgestrahlt und von jedem Rohrabschnitt die 25 bis 40 tiefsten Anfressungen gemessen. Dabei wurden die Rohrenden in einer Länge von 12,5 cm unberücksichtigt gelassen, da es sich zeigte, daß sie meist einen anormalen Korrosionsangriff erfahren haben. In diesem Zusammenhang wurden auch weitergehende Überlegungen darüber angestellt, in welcher Weise diese Anfressungstiefen sich nach statistischen Methoden auswerten lassen, um Vorhersagen über den Korrosionsverlauf machen zu können [18].

Die Proben der 5-Jahres-Zeitstufe ließen einen stärkeren Korrosionsangriff erwarten. Sie wurden daher nach dem Ausgraben zuerst einer Druckfestigkeitsprüfung unterzogen und dann erst vorsichtig sandgestrahlt. Die Wasserdruckprüfung erfolgte mit folgenden Drücken:

Rohrabschnitte aus Grauguß = 35 kp/cm²
 Rohrabschnitte aus duktilem Gußeisen = 60 kp/cm²

Tab. 5: Kenndaten des deutschen, englischen und französischen Versuchsfeldes

Versuchsfeld	Kenndaten des Feldes
Deutsches Feld Oldenburg	Bodentyp: tonhaltiger Moorboden mit ca. 70 % Wassergehalt Korrosionstyp: anaerob Spezifischer Bodenwiderstand: 900 Ohm x cm Chloridgehalt: 1700 mg/kg Boden Sulfatgehalt: 2700 mg/kg Boden
Englisches Feld Essex	Bodentyp: Tonboden Korrosionstyp: vorwiegend anaerob Spezifischer Bodenwiderstand: 500—900 Ohm x cm Chloridgehalt: 300 mg/kg Boden Sulfatgehalt: 1000 mg/kg Boden
Französisches Feld Bretagne	Bodentyp: tonig, sandig, marin, bei Springflut vom Meer überspült Korrosionstyp: halb aerob, halb anaerob Spezifischer Bodenwiderstand: ca. 110 Ohm x cm Chloridgehalt: 5000—9000 mg/kg Boden Sulfatgehalt: 5000—10 000 mg/kg Boden

Ergebnisse: Die ermittelten Werte für die Anfressungstiefen sind in Bild 7 als Durchschnittswerte der jeweils 5 tiefsten Anfressungen je Rohrabschnitt wiedergegeben. Bei der Wasserdruckprüfung hielten alle Proben aus dem Versuchszeitraum von 5 Jahren dem Prüfdruck stand und waren dicht.

Betrachtet man die Mittelwerte der verschiedenen Probenreihen in Bild 7, so lassen sich im wesentlichen 2 Feststellungen treffen:

- die Rohrabschnitte aus duktilem Gußeisen sind insgesamt weniger angegriffen worden als die Abschnitte aus Grauguß,
- die Proben aus duktilem Gußeisen wurden flächiger als die Graugußproben angegriffen.

Einen optischen Eindruck über den Zustand der Oberflächen der duktilen Gußrohre und Graugußrohre aus dem deutschen Korrosionsfeld nach 5jähriger Einwirkungszeit vermittelt Bild 8.

Zusammenfassung

Beim Bau von Rohrleitungen trat in den letzten Jahren in steigendem Umfang auf Grund seiner günstigen mechanischen Eigenschaften das Rohr aus duktilem Gußeisen an die Stelle des Graugußrohres. So entfiel im Jahre 1969 von den Inlandslieferungen der deutschen Gußrohrwerke ein Anteil von 98 % auf duktile Gußrohre.

Bei den Werkstoffen für erdverlegte Rohrleitungen ist neben den mechanischen Eigenschaften das Korrosionsverhalten von großem Interesse.

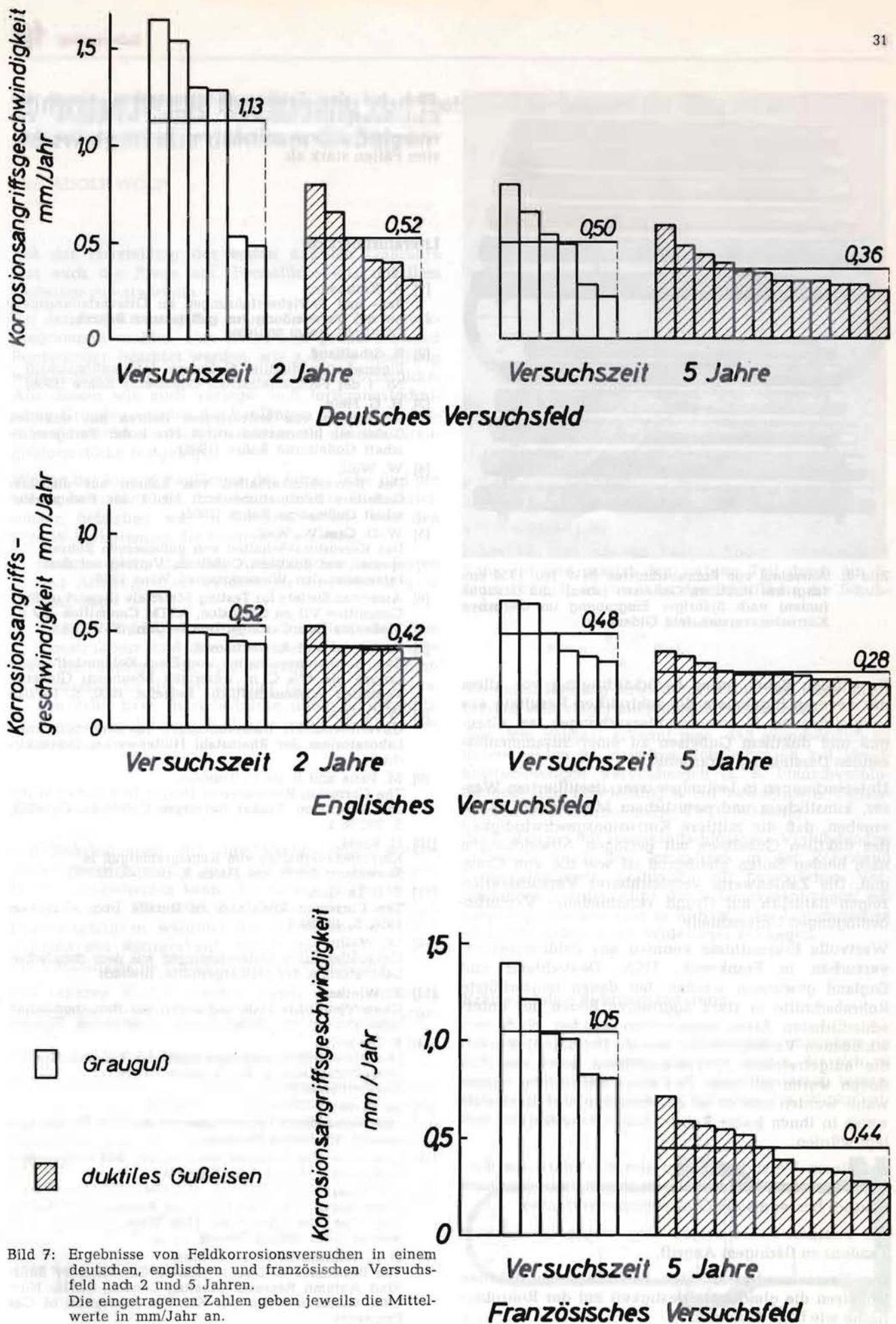


Bild 7: Ergebnisse von Feldkorrosionsversuchen in einem deutschen, englischen und französischen Versuchsfeld nach 2 und 5 Jahren. Die eingetragenen Zahlen geben jeweils die Mittelwerte in mm/Jahr an.

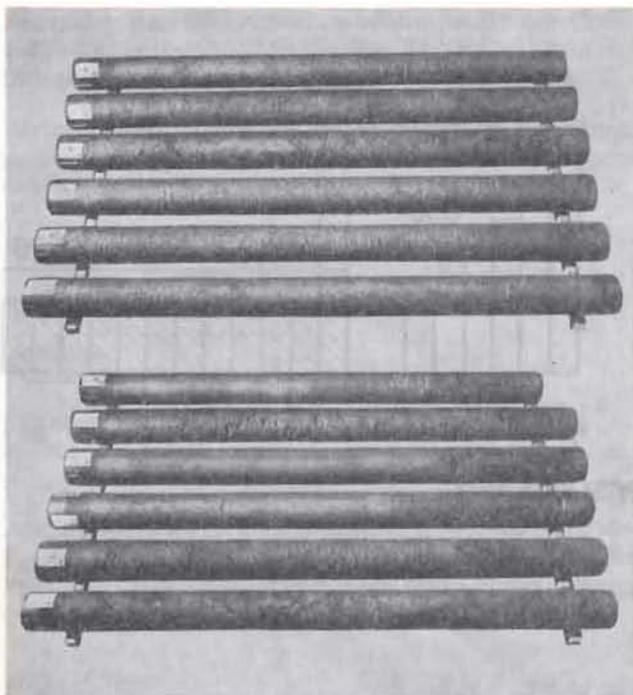


Bild 8: Aussehen von Rohrabschnitten (NW 100, 1750 mm lang) aus duktilem Gußeisen (oben) und Grauguß (unten) nach 5jähriger Eingrabung im deutschen Korrosionsversuchstfeld Oldenburg

Es wurden daher unter Berücksichtigung vor allem der neueren Ergebnisse die zahlreichen Resultate aus vergleichenden Korrosionsuntersuchungen an Grauguß und duktilem Gußeisen zu einer zusammenfassenden Darstellung verarbeitet.

Untersuchungen in Leitungswasser, destilliertem Wasser, künstlichem und natürlichem Meerwasser haben ergeben, daß die mittlere Korrosionsgeschwindigkeit des duktilen Gußeisens mit geringen Abweichungen nach beiden Seiten gleichgroß ist wie die von Grauguß. Die Zahlenwerte vergleichbarer Versuchsserien zeigen natürlich auf Grund verschiedener Versuchsbedingungen Unterschiede.

Wertvolle Erkenntnisse konnten aus Feldkorrosionsversuchen in Frankreich, USA, Deutschland und England gewonnen werden, bei denen ungeschützte Rohrabschnitte in stark aggressive Böden der unterschiedlichsten Arten eingegraben wurden. Nach verschiedenen Versuchszeiten (bis zu 14 Jahren) wurden die aufgetretenen Anfressungstiefen gemessen. Die Böden waren mit dem Ziel einer Zeitraffung ausgewählt worden und es ist zu bemerken, daß normalerweise in ihnen keine Rohre ohne Schutzüberzug verlegt würden.

Bei diesen Versuchen haben sich die Rohre aus duktilem Gußeisen mindestens gleichgut, teilweise auch deutlich besser als die Graugußrohre verhalten.

Die duktilen Rohre zeigen eine ausgeprägt stärkere Tendenz zu flächigem Angriff.

Die Korrosionsdeckschichten besitzen beim duktilen Gußeisen die gleiche Haftfestigkeit auf der Rohroberfläche wie beim Grauguß.

Auch bei den Feldkorrosionsversuchen nimmt die Korrosionsgeschwindigkeit beider Werkstoffe mit steigender Einwirkungszeit des Bodens in den meisten Fällen stark ab.

Literaturübersicht

- [1] A. Kottmann, Bau- und Betriebserfahrungen im Ortsverteilungsnetz bei der Verwendung von gußeisernen Rohren; GWF 107 (1966) 999/1006
- [2] R. Schaffland, Eigenschaften duktiler Gußrohre; Informationsschrift Nr. 1 der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (1966)
- [3] H. G. Hein, Berechnung von erdverlegten Rohren aus duktilem Gußeisen; Informationsschrift Nr. 1 der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (1966)
- [4] W. Wolf, Das Korrosionsverhalten von Rohren aus duktilem Gußeisen; Informationsschrift Nr. 1 der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (1966)
- [5] W.-D. Gras/W. Wolf, Das Korrosionsverhalten von gußeisernen Rohren speziell aus duktilem Gußeisen; Vortrag auf dem Internationalen Wasserkongreß Wien 1969
- [6] American Society for Testing Materials (Report of Subcommittee VII on Corrosion, ASTM Committee A-7 on Malleable Iron Castings, 1961 — Juni, S. 25/30)
- [7] P. Speidel und A. Wittmoser, Zum Korrosionsverhalten von Eisen-Kohlenstoff-Legierungen bis 4⁰/₁₀₀ C in wässrigen Lösungen; Gießerei, Technisch Wissenschaftliche Beihefte, 1960, S. 1607/15
- [8] W.-D. Gras, Unveröffentlichte Untersuchungen aus dem chemischen Laboratorium der Rhein Stahl Hüttenwerke, Gelsenkirchen
- [9] M. Paris und B. de la Brunière, The Corrosion Resistance of Ductile Iron In Sea Water and Petroleum Tanker Services; Corrosion 13, 1957, S. 292/96 t
- [10] H. Kress, Korrosionsverhalten von Kugelgraphitguß in Seewasser; Schiff und Hafen 5, 1953, S. 292/93
- [11] F. L. La Que, The Corrosion Resistance of Ductile Iron; Corrosion 1958, S. 485/92 t
- [12] W. Wolf, Unveröffentlichte Untersuchungen aus dem chemischen Laboratorium der Halbergerhütte, Brebach
- [13] K. Wiethan, Unveröffentlichte Untersuchungen aus dem chemischen Laboratorium der Buderus'schen Eisenwerke, Wetzlar
- [14] P. Drodten, Unveröffentlichte Untersuchungen im Rahmen einer Gemeinschaftsarbeit des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute
- [15] M. Paris, Unveröffentlichte Untersuchungen aus der Forschungsanstalt von Pont-à-Mousson
- [16] Cast Iron Pipe Research Association: Soil Corrosion Test Report Ductile Iron Pipe 1964
- [17] E. C. Sears, Comparison of the Soil Corrosion Resistance of Ductile Iron Pipe and Gray Cast Iron Pipe; Materials Protection, Okt. 1968, S. 33—36
- [18] D. R. Whitchurch, H. H. Collins, The Resistance of Ductile Iron to Corrosion by Soils; 32nd Autumn Research Meeting London, 15./16. Nov. 1966, Communication Nr. 732 The Institution of Gas Engineers

Hinweise für die Bemessung von Betonwiderlagern an Bogen und Abzweigen aus duktilem Gußeisen

Von ADOLF WOLF

Mit der Herstellung der ersten duktilen Gußrohre trat auch die Frage auf, Formstücke aus duktilem Gußeisen zu entwickeln.

Bei der Projektierung des neuen duktilen Formstückprogrammes mußten eine Reihe von grundsätzlichen Forderungen beachtet werden, wie z. B. die Schaffung werkstoffgerechter und kostengünstiger Formstücke. Aus diesen wie auch verlege- und fertigungstechnischen Gründen wurden die Baulängen der neuen duktilen Formstücke wesentlich kürzer als die der Graugußformstücke festgelegt.

Wegen der kurzen Baulängen der Formstücke und der hohen Betriebsdrücke, mit denen duktile Gußrohrleitungen betrieben werden können, wurde von den DVGW-Fachgremien die Forderung erhoben,

1. nachzuweisen, daß die Anlageflächen an Bogen und Abzweigen für Widerlager ausreichend groß sind, und
2. einen Widerlagerkatalog zu erstellen, der dem Konstrukteur und dem Bauleiter eine Unterlage in die Hand gibt, die es ihm ermöglicht, die Hauptabmessungen der Widerlager für die verschiedenen Prüf- bzw. Betriebsdrücke unter Berücksichtigung der zulässigen Bodenpressung direkt zu bestimmen.

Kräfte an Rohrleitungen

Auf Rohrleitungen und ihre Verbindungen wirken zahlreiche Kräfte, die man als äußere und innere Kräfte unterscheiden kann. Als äußere Kräfte wirken auf Rohr und Formstück bei erdverlegten Leitungen Beanspruchungen während des Verfüllens und Verdichtens des Rohrgrabens, ferner der Erddruck und die Verkehrslasten zuzüglich der Verkehrsstöße.

Die inneren Kräfte werden durch den jeweiligen Innendruck (Prüfdruck oder Betriebsdruck) hervorgerufen.

Wie entstehen nun diese inneren Kräfte?

Im Mantel eines an beiden Enden verschlossenen Rohres erzeugt der Innendruck Spannungen und Kräfte, die mit diesem im Gleichgewicht stehen. Der Innendruck p wirkt nach allen Richtungen gleichmäßig (Bild 1).

In Längsrichtung entsteht die Spannung

$$\sigma_l = p \frac{\pi \cdot d^2}{4\pi \cdot d \cdot s} = p \frac{d}{4s}$$

quer dazu die Spannung

$$\sigma_r = p \frac{d}{2s}$$

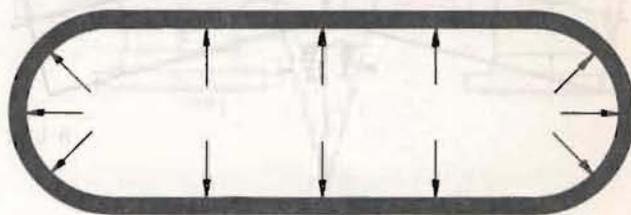


Bild 1

Dabei bedeutet:

p = Innendruck [kp/cm²]

d = Rohraußendurchmesser [cm]

s = Wanddicke [cm]

Schneidet man das an beiden Enden verschlossene Rohr auf und ersetzt den rechten Teil durch ein E-Stück (Bild 2), so wirkt in der Dichtfläche die Schubkraft

$$P = p \frac{\pi \cdot d^2}{4} \text{ [kp]},$$

die durch Reibung bzw. durch rechts und links angebrachte Widerlager aufgefangen werden muß.

Aus dem Beispiel erkennt man, daß grundsätzlich zu unterscheiden ist zwischen Rohrleitungen mit längskraftschlüssigen Verbindungen (z. B. Flanschverbindungen) und Rohrleitungen mit beweglichen Verbindungen (z. B. Schraubmuffe, TYTON-Muffe).

Bei Leitungen mit längskraftschlüssigen Verbindungen entstehen durch den Innendruck in der Rohrwand Längsspannungen. Leitungen mit beweglichen Verbindungen werden nicht durch Längsspannungen beansprucht, müssen aber in Richtung der Leitungsschse wirkende Kräfte durch Widerlager auffangen.

Kräfte infolge Richtungsänderung

Bei jeder Krümmung der Rohrachse entstehen in Richtung der Rohrachse wirkende Kräfte, die sich zu einer resultierenden Kraft N zusammenfassen lassen. Die Kraft N wirkt stets in Richtung der Winkelhalbierenden (Bild 3).

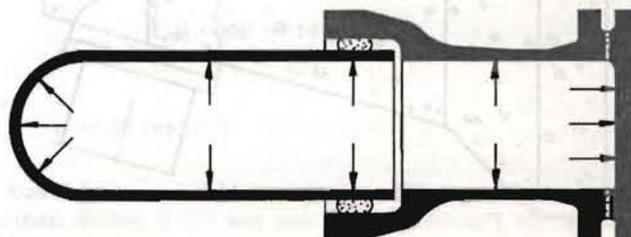
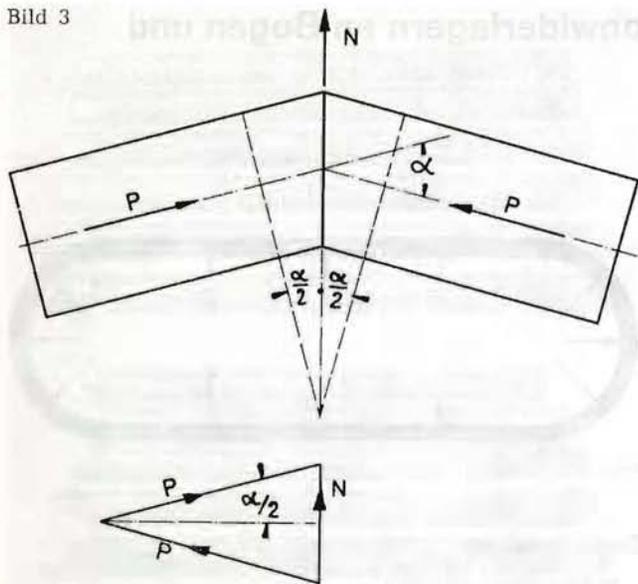


Bild 2

Bild 3



Es ist:

$$N = 2 P \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad [\text{kp}]$$

Für die gebräuchlichsten Krümmungswinkel erhält man für die resultierende Kraft N folgende gerundete Verhältniszahlen a^* zur Schubkraft P:

α	11°	22°	30°	45°	90°
a^*	0,2	0,4	0,5	0,75	1,5

$$a^* \approx 2 \sin \frac{\alpha}{2}$$

Die resultierende Kraft N muß durch ein Widerlager aufgenommen werden.

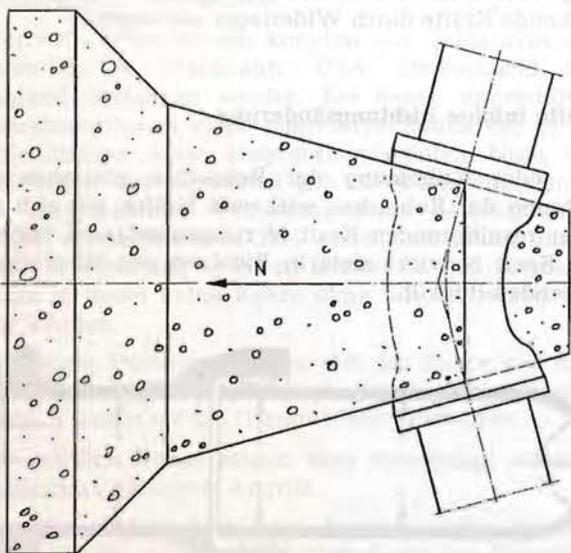


Bild 4

Flächenpressung zwischen Formstück und Betonwiderlager

In Abstimmung mit dem DVGW wurden schon im Jahre 1966 bei verschiedenen großen Stadtwerken Verlegeversuche mit den neuen duktilen Formstücken durchgeführt, die zufriedenstellende Ergebnisse brachten. Hier soll nun gezeigt werden, bis zu welchem Druck, in Abhängigkeit von der Betongüte, die Anlagefläche zwischen Formstück und Beton ausreichend groß ist.

Die Kraft N bewirkt an der Anlagefläche zwischen Formstück und Betonwiderlager die größte Druckspannung auf den Beton, da diese Betonfläche am kleinsten ist (Bild 4).

Für die üblichen Betongüten sind nach DIN 1045 folgende Druckspannungen zulässig:

Betongüte	zulässige Druckspannung
B 80	24 kp/cm ²
B 120	36 kp/cm ²
B 160	48 kp/cm ²
B 225	65 kp/cm ²

Ermittlung der Anlagefläche an Bogen (Bild 5)

$$F = a \cdot b \quad [\text{cm}^2]$$

Bei der Annahme einer Verteilung der Schubkraft unter 45° ist

$$a = d \cdot \frac{\pi}{4} \quad [\text{cm}]$$

oder als Funktion der Nennweite

$$a = \frac{\pi}{4} (1,04 \text{ NW} + 14) \quad [\text{mm}]$$

$$b = \frac{(\text{NW} + \frac{1}{2} d) \cdot \pi \cdot \alpha}{180^\circ} + 2 (\text{Muffentiefe} - c)$$

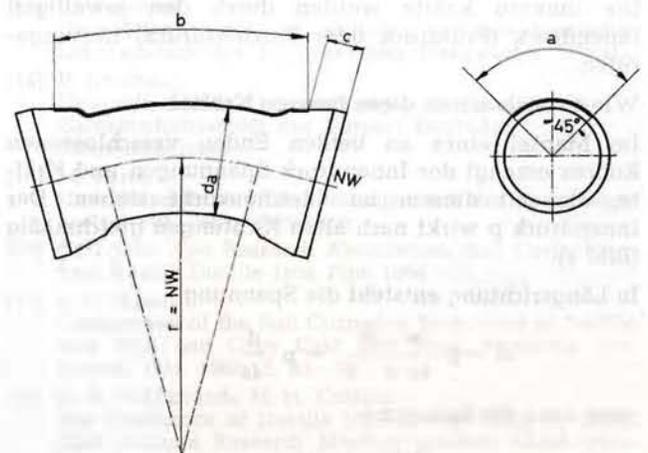


Bild 5

c = notwendiger Platz zum Nachziehen der Verbindung.

$$b = \frac{(1,52 \text{ NW} + 7) \cdot \pi \cdot \alpha}{180^\circ} + 0,14 \text{ NW} + 120 \text{ [mm]}$$

Der Wert b ist durch die Verwendung von Doppelmuffenformstücken, die sich wesentlich besser hinterbetonieren lassen als Einmuffenformstücke, eindeutig bestimmt.

Die zulässige Druckspannung ist:

$$\sigma_{zul} = \frac{N}{F} = \frac{a \cdot p}{F}$$

eingesetzt:

$$\sigma_{zul} = \frac{a \cdot p \cdot \frac{\pi}{4} (1,04 \text{ NW} + 14)^2}{\frac{\pi}{4} (1,04 \text{ NW} + 14) \left(\frac{(1,52 \text{ NW} + 7) \pi \cdot \alpha}{180^\circ} + 0,14 \text{ NW} + 120 \right)}$$

$$\sigma_{zul} = \frac{a \cdot p (1,04 \text{ NW} + 14)}{\frac{(1,52 \text{ NW} + 7) \cdot \pi \cdot \alpha}{180^\circ} + 0,14 \text{ NW} + 120} \quad \text{I.}$$

In der Rechnung wird σ_{zul} kleiner gewählt als in DIN 1045, da hier von einer Betonfestigkeit nach 28 Tagen ausgegangen wird, aber die Druckprüfung der Rohrleitungen oft früher erfolgt.

Beispiel:

- Beton B 80
- $\sigma_{zul} = 20 \text{ kp/cm}^2$
- Bogen 90° NW 300

Frage: Welcher Druck kann zugelassen werden?

Werte in Formel I eingesetzt:

$$20 = p \cdot \frac{1,5 (1,04 \cdot 300 + 14)}{\frac{(1,52 \cdot 300 + 7) \cdot \pi \cdot 90^\circ}{180^\circ} + 0,14 \cdot 300 + 120}$$

$$p = 36 \text{ [kp/cm}^2\text{]}$$

Ermittlung der Anlagefläche an Abzweigen (Bild 6)

Für b ergibt sich in Abhängigkeit von der Nennweite:

$$b = 150 + 1,3 \text{ NW}$$

a hat die gleiche Größe wie bei Bogen:

$$a = \frac{\pi}{4} (1,04 \text{ NW}_1 + 14)$$

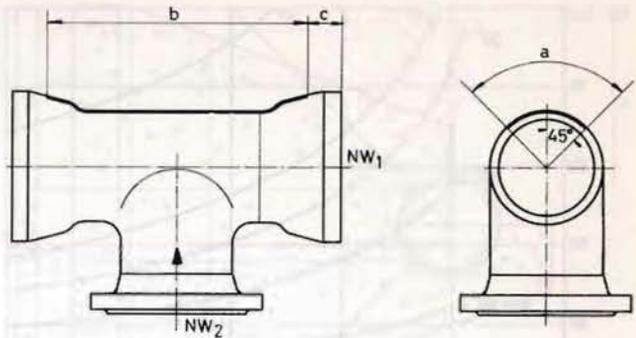


Bild 6

Bei Abzweigen ist die resultierende Kraft N gleich der Schubkraft p des Abzweiges.

Für die zulässige Druckspannung ergibt sich somit:

$$\sigma_{zul} = \frac{p \cdot \frac{\pi}{4} (1,04 \text{ NW}_2 + 14)^2}{\frac{\pi}{4} (1,04 \text{ NW}_1 + 14) (1,3 \text{ NW}_1 + 150)}$$

Die größte Beanspruchung auf das Widerlager tritt ein, wenn die Abgangsnennweite gleich der Hauptnennweite ist.

Die Formel lautet dann:

$$\sigma_{zul} = p \frac{1,04 \text{ NW} + 14}{1,3 \text{ NW} + 150} \quad \text{II.}$$

Beispiel:

- Beton B 80
- $\sigma_{zul} = 20 \text{ kp/cm}^2$
- MMA-Stück 300/300

Frage: Welcher Druck kann zugelassen werden?

Werte in Formel II eingesetzt:

$$20 = p \frac{1,04 \cdot 300 + 14}{1,3 \cdot 300 + 150}$$

$$p = 33 \text{ [kp/cm}^2\text{]}$$

Aus Bild 7 und Bild 8 sind die zulässigen Drücke für einen Beton B 80 mit $\sigma_{zul} = 20 \text{ [kp/cm}^2\text{]}$ für Bogen und Abzweige zu ersehen.

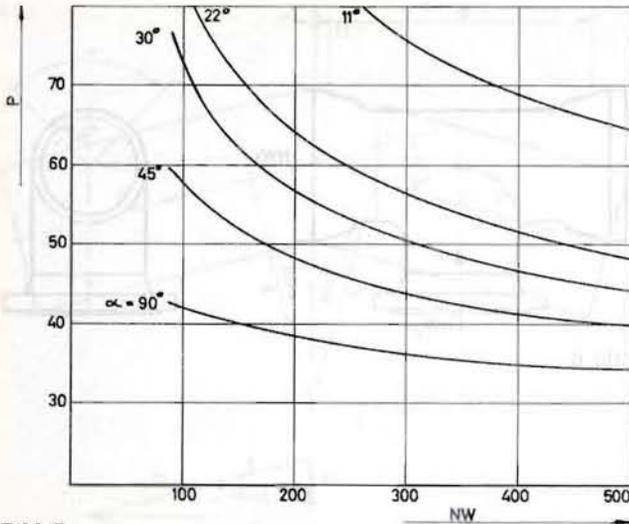


Bild 7

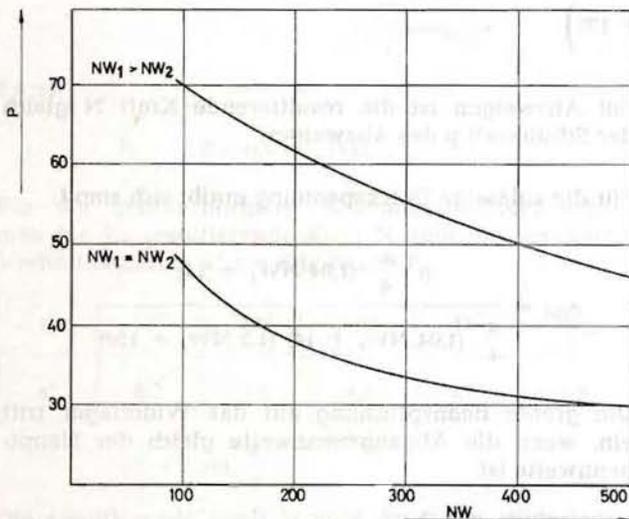


Bild 8

Bemessung der Betonwiderlager

Grundsätzlich muß man bei der Ausführung der Widerlager unterscheiden zwischen

1. Bogen in der Waagerechten mit Aufnahme der Schubkraft
 - a) durch die Grabenwand und
 - b) durch die Grabensohle
2. Bogen in der Senkrechten mit Richtung der Resultierenden
 - a) gegen Luft und
 - b) gegen die Erde.

Die zu Anfang erwähnte Forderung der DVGW-Fachgremien, einen Widerlagerkatalog zu erstellen, ist inzwischen durch den DVGW-Arbeitskreis „Rohrnormen“ in Zusammenarbeit mit den Technischen Werken der Stadt Stuttgart (TWS) und der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (FGR) erfüllt worden. Der erste Abschnitt des Widerlagerkataloges wurde als Entwurf zum DVGW-Arbeitsblatt W 310 „Hinweise und Tabellen für die Bemessung von Betonwiderlagern an Bogen und Abzweigen“ in der Zeitschrift GWF, Heft

38, 1969, Seite 1073 bis 1084, veröffentlicht. Die oben aufgeführten Fälle werden in diesem Arbeitsblatt einzeln dargelegt und an Beispielen erklärt.

Durch graphische Darstellungen sind die gebräuchlichsten Ausführungsformen aufgeführt, so daß es relativ einfach ist, an Hand der Beispiele ein beliebiges Widerlager auszulegen.

Hier soll nur der am häufigsten vorkommende Fall 1. a) „Bogen in der Waagerechten mit Aufnahme der Schubkraft durch die Grabenwand“ erläutert werden, da hierzu im Arbeitsblatt W 310 für jeden in der Praxis vorkommenden Fall bis Nennweite 400 Tabellen erstellt wurden, die eine Rechnung erübrigen.

Rechnerische Größe eines Betonwiderlagers:

Fall 1. a)

Unter Annahme einer Verteilung der Schubkraft unter 45° sowie der zulässigen Druckbeanspruchung des Betons durch den Bogen erhält man (Bild 9):

$$0,707 \cdot d \cdot B = \frac{N}{\sigma_B}$$

$$B \approx \frac{N}{0,707 \cdot d \cdot \sigma_B}$$

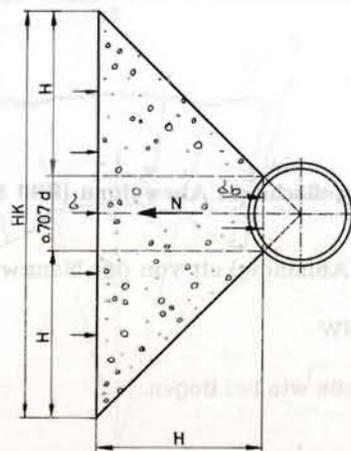
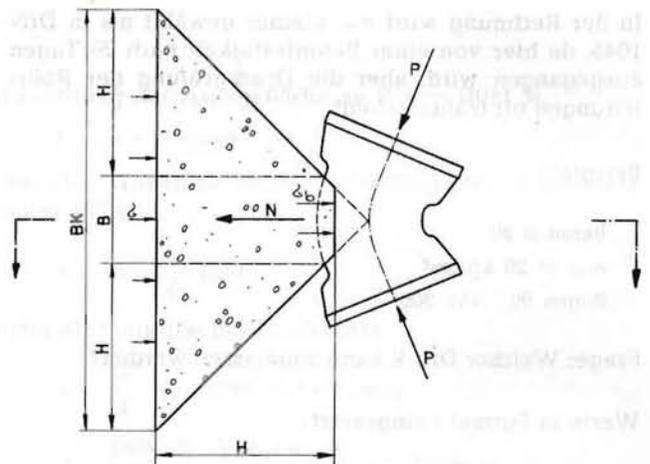


Bild 9

N = resultierende Kraft [kp]
 d = Rohraußendurchmesser [cm]
 B = theoretische Anlagebreite [cm]
 σ_B = zulässige Betonbeanspruchung [kp/cm²]

Die Dicke H [cm] des Betonwiderlagers ergibt sich aus der Gleichung:

$$\frac{N}{\sigma} = (2H + B) \cdot (2H + 0,707 d)$$

$$= BK \cdot HK$$

σ = zulässige Beanspruchung der Grabenwand [kp/cm²]

Beispiel:

Bogen 45° NW 400
 $d = 42,9$ cm; $\sigma_B = 20$ kp/cm²
 Prüfdruck: $p = 15$ kp/cm²
 $\sigma = 1$ kp/cm²

gesucht: H = theoretische Länge des Widerlagers [cm]
 HK = Höhe des Widerlagers [cm]
 BK = Breite des Widerlagers [cm]
 F = Anlagefläche des Widerlagers = $HK \cdot BK$ [cm²]

Es ist $N = 2 P \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 16\,600$ kp

$$B \geq \frac{16\,600}{0,707 \cdot 42,9 \cdot 20} \geq 27,4 \text{ cm}$$

H ermittelt man aus:

$$\frac{16\,600}{1,0} = (2H + 27,4) \cdot (2H + 0,707 \cdot 42,9)$$

$$H = 50 \text{ cm}$$

$$BK = 2H + B = 127,4 \text{ cm}$$

$$HK = 2H + 0,707 d = 130 \text{ cm}$$

$$F = BK \cdot HK = 16\,600 \text{ cm}^2$$

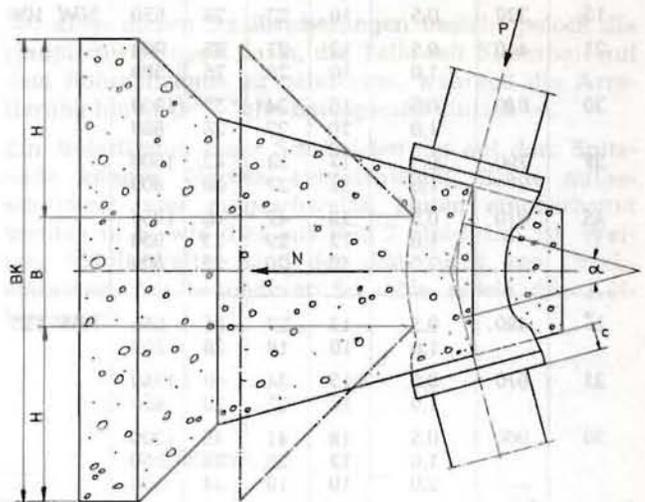
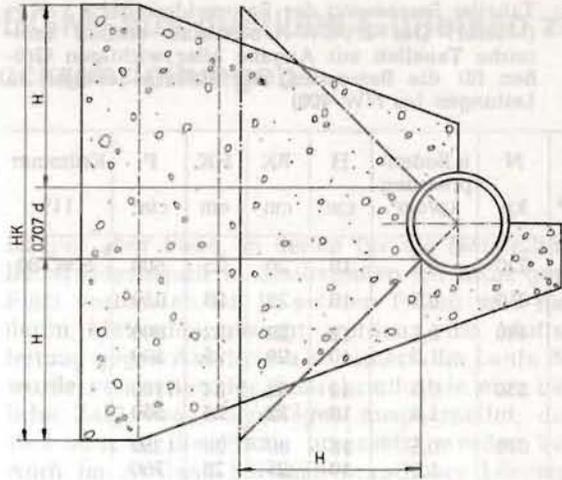
Diese Werte sind als Mindestwerte zu betrachten.

Die Maße sind den örtlichen Verhältnissen und den notwendigen Mindestbetondicken anzupassen. Darüber hinaus muß bei der Ausführung der Widerlager beachtet werden, daß nachträgliche Verlegearbeiten an den Rohrverbindungen ausgeführt werden können. Im Laufe der Zeit hat sich daraus eine Regelausführung ergeben, die in Bild 10 dargestellt ist.

Die theoretischen Abmessungen sind durch gestrichelte Linien eingezeichnet.

In jedem Fall ist zu beachten, daß bei horizontaler Anordnung der Betonwiderlager die Gründung so tief ausgeführt werden muß, daß eine gleichmäßige Verteilung der Schubkraft nach oben wie nach unten gewährleistet ist, d. h. die Verteilung der Schubkraft auf die Grabenwand muß symmetrisch zu einer durch das Formstück gelegten Horizontalebene erfolgen.

Bild 10



Es ist unzulässig, einen evtl. zwischen Grabenwand und Beton vorhandenen Zwischenraum nachträglich mit Erdreich auszustampfen. Das Widerlager muß gut in den gewachsenen Boden eingebunden werden. Die Tiefe H des Widerlagers ist daher den örtlichen Verhältnissen entsprechend auszuführen.

Erläuterung zu den Tabellen im DVGW-Arbeitsblatt W 310

Die Tabellen wurden für Grabenprüfdrücke von 15 — 21 — 30 — 37 und 45 kp/cm² und Bodenpressungen von 0,5 — 1,0 — 2,0 — 4,0 und 6,0 kp/cm² erarbeitet. Bild 11 stellt eine Musterseite der Tabellen dar. Die Tabellenwerte wurden mit Hilfe einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage ermittelt und ergaben für die Praxis übertrieben genaue Werte. Die Werte wurden deshalb gerundet und für die Anlagefläche zwischen Beton und Boden eine Mindestfläche von 500 cm² gewählt.

So ist z. B. die Anlagefläche in Bild 11 für einen Bogen 11°, Prüfdruck 15 kp/cm² und einer zulässigen Bodenpressung von 1 kp/cm² bzw. einer noch höheren Bodenpressung nicht angegeben, da eine kleinere Anlagefläche als 500 cm² in der Praxis kaum durchzuführen ist.

Bild 11: Tabelle: Bemessung der Betonwiderlager
(Muster: Das DVGW-Arbeitsblatt enthält zahlreiche Tabellen mit Angabe aller wichtigen Größen für die Bemessung der Betonwiderlager an Leitungen bis NW 400)

Prüfdruck kp/cm ²	N kp	σ Boden- pressung kp/cm ²	H cm	BK cm	HK cm	F cm ²	Krümmer 11°	
15	220	0,5	10	20	25	500	NW 80	
21	310	0,5	10	23	28	650		
30	440	0,5	12	28	32	900		
		1,0	10	20	25	500		
37	550	0,5	13	32	34	1100		
		1,0	10	22	25	550		
45	670	0,5	15	36	38	1350		
		1,0	10	25	28	700		
15	320	0,5	10	23	28	650		NW 100
21	450	0,5	12	27	33	900		
		1,0	10	20	25	500		
30	640	0,5	15	34	38	1300		
		1,0	10	23	28	650		
37	790	0,5	17	38	42	1600		
		1,0	11	27	30	800		
45	970	0,5	18	42	46	1950		
		1,0	12	29	33	950		
		2,0	10	20	25	500		
15	480	0,5	12	27	35	950	NW 125	
		1,0	10	18	28	500		
21	670	0,5	15	34	40	1350		
		1,0	10	22	29	650		
30	960	0,5	18	41	46	1900		
		1,0	12	28	34	950		
		2,0	10	19	24	500		
37	1180	0,5	20	47	50	2350		
		1,0	13	32	37	1200		
		2,0	10	23	26	600		
45	1440	0,5	22	52	55	2850		
		1,0	15	36	40	1450		
15	670	0,5	14	32	41	1300	NW 150	
		1,0	10	21	31	650		
21	930	0,5	18	40	47	1850		
		1,0	11	26	34	900		
		2,0	10	19	26	500		
30	1330	0,5	21	49	55	2650		
		1,0	14	34	40	1350		
		2,0	10	23	28	650		
37	1650	0,5	24	55	60	3300		
		1,0	16	38	44	1650		
		2,0	10	25	32	800		
45	2000	0,5	27	62	65	4000		
		1,0	17	42	47	2000		
		2,0	11	30	33	1000		
		4,0	10	20	25	500		
15	1140	0,5	19	41	53	2200	NW 200	
		1,0	12	27	39	1100		
		2,0	10	17	29	500		
21	1590	0,5	23	51	62	3150		
		1,0	15	34	45	1550		
		2,0	10	22	33	750		
30	2280	0,5	28	63	72	4500		
		1,0	18	43	52	2250		
		2,0	11	29	38	1100		
		4,0	10	19	28	550		

Die Tiefe H, die Breite BK und die Höhe HK sind in den Tabellen als Mindestwerte zu betrachten.

Die Tabellen ersparen den aufwendigen Rechenweg, lassen aber zu, eventuell verschiedene Regelausführungen der Widerlager selbst auszuwählen.

Die ARS-Universal-Klemmschelle (DBGM) aus duktilem Gußeisen zur Schubsicherung von gußeisernen Druckrohrleitungen

Von HANS REEH

In einer geschlossenen Rohrleitung, die mit Innendruck beaufschlagt wird, entsteht neben den Radial- und Tangentialkräften eine Axialkraft, welche versucht, die Rohrleitung in Längsrichtung auseinanderzuziehen.

Bei Leitungen mit längskraftschlüssigen Verbindungen entstehen durch den Innendruck in der Rohrwand Längsspannungen. Leitungen mit beweglichen Muffenverbindungen werden dagegen nicht durch Längsspannungen beansprucht. Das Spitzende kann jedoch aus der Muffe gezogen werden, wenn die Axialkraft die entgegenwirkenden Reibungskräfte übersteigt. Bei Bodensenkungen können ebenfalls Axialkräfte auftreten, die ein Auseinanderziehen der ungesicherten Leitung zur Folge haben.

Im allgemeinen wird das Lösen der Muffenverbindungen infolge Innendruck dadurch verhindert, daß an Bogen und Abzweigstücken der Leitung Betonwiderlager angeordnet werden. Bild 1 zeigt Beispiele für eine derartige Abstützung.

Es gibt aber Fälle, in denen für die Herstellung von Betonwiderlagern in Stadtstraßen oft nicht genügend Platz vorhanden ist. In solchen Fällen muß nach anderen Methoden gesucht werden, eine Muffenrohrleitung gegen Axialschub zu sichern. Im Laufe der Zeit wurde von seiten der Gußrohrindustrie eine beträchtliche Zahl von Vorschlägen ausgearbeitet, die zum Teil auch in die Praxis umgesetzt werden konnten. Auch im Ausland hat man brauchbare Lösungen erarbeitet.

Bei allen diesen Schubsicherungen besteht jedoch die Hauptschwierigkeit darin, die Teile mit Sicherheit auf dem Rohrspitzende zu befestigen, während die Arretierung hinter der Muffe naturgemäß einfach ist.

Zur Befestigung einer Schubsicherung auf dem Spitzende können Nocken aufgeschweißt, Ringe aufgeschraubt oder aufgeschweißt, Nuten eingearbeitet werden u. ä., wie dies aus Bild 2 ersichtlich ist. Weitere Möglichkeiten sind das Anbringen von Druckschrauben mit besonderer Schneide sowie das Aufkleben.

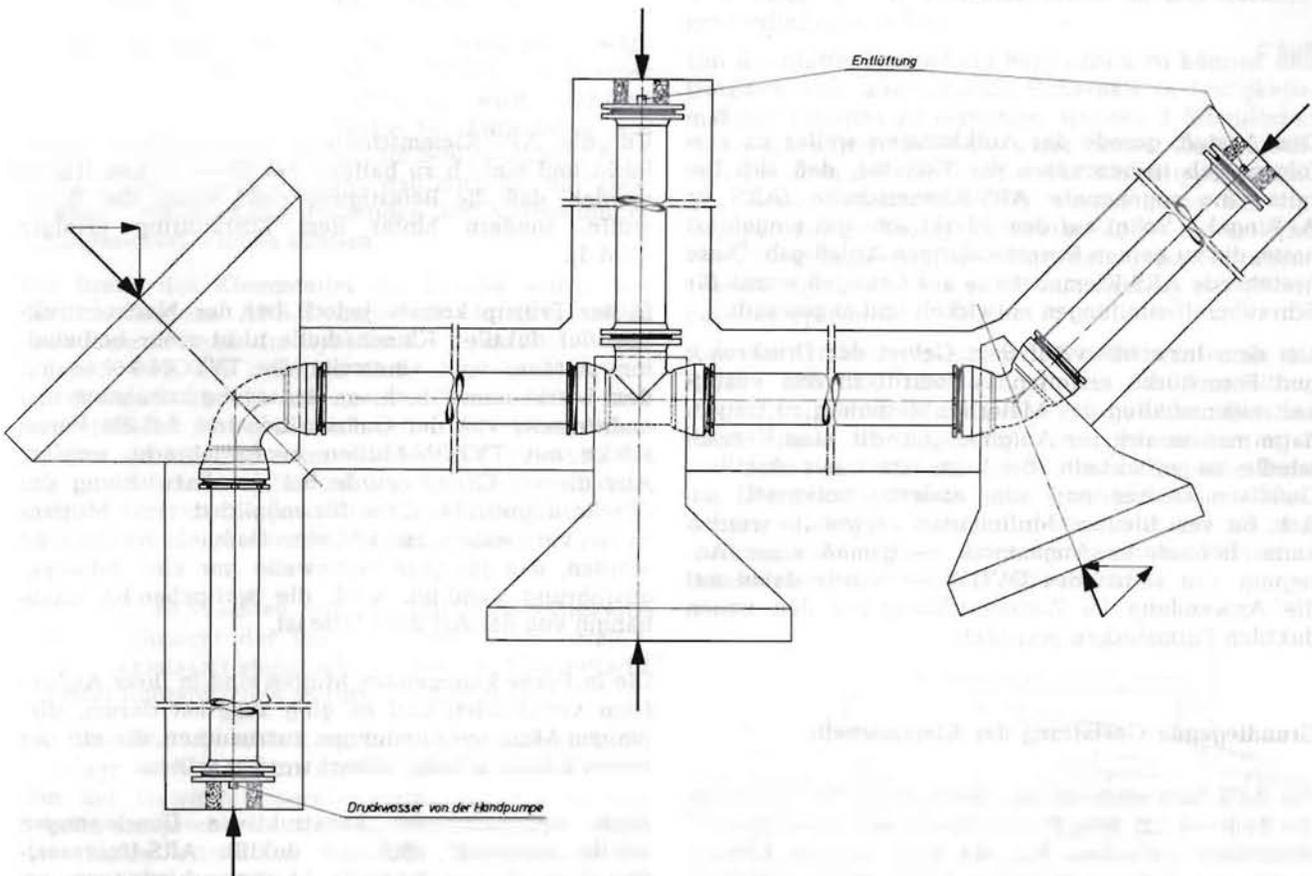


Bild 1

Grundsätzliche Möglichkeiten zur Befestigung einer Schubsicherung auf dem Spitzende eines gußeisernen Rohres.

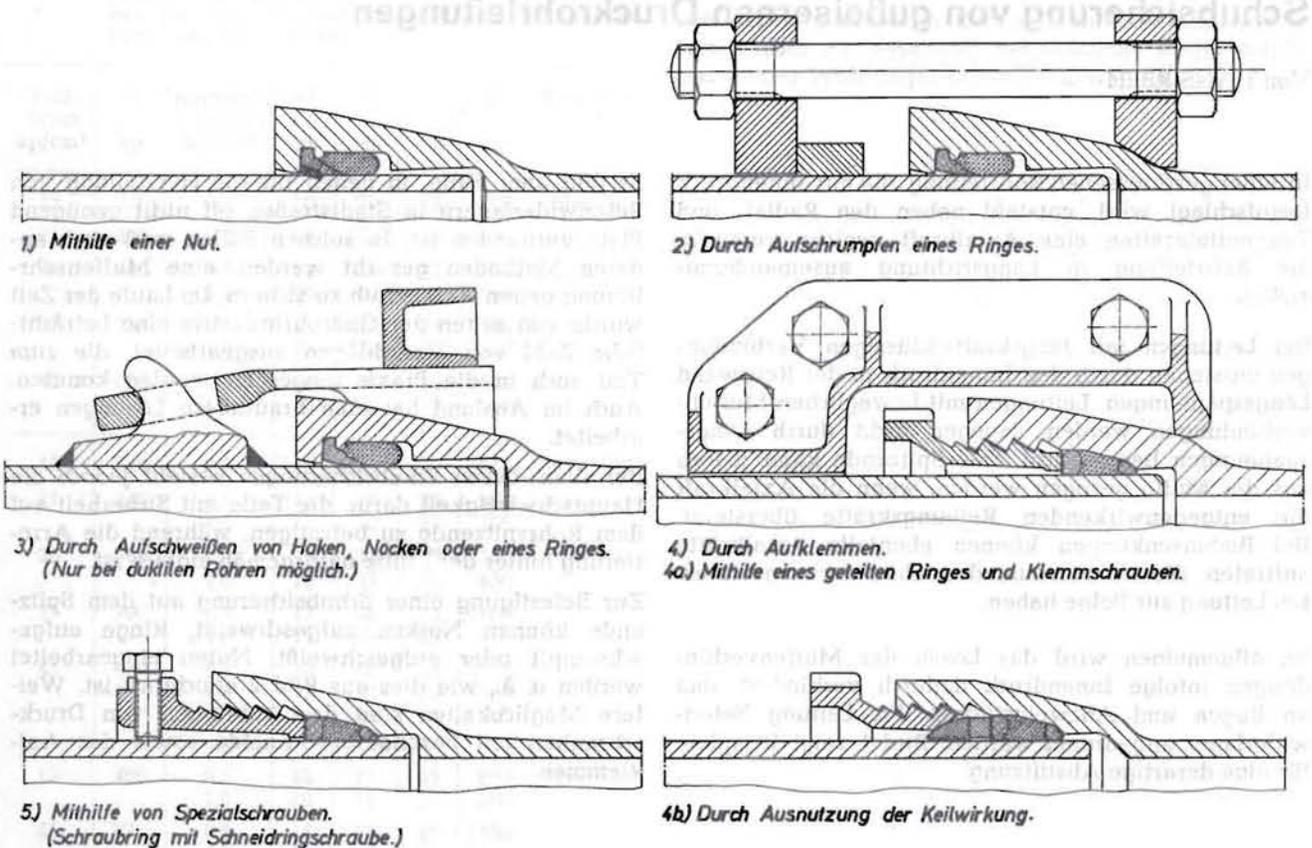


Bild 2

Den Anstoß, gerade das Aufklemmen weiter zu verfolgen, gab insbesondere die Tatsache, daß sich bereits eine sogenannte ARS-Klemmschelle (ARS = A. Ringel & Sohn) auf dem Markt sehr gut eingeführt hatte, die zu keinen Beanstandungen Anlaß gab. Diese bestehende ARS-Klemmschelle aus Grauguß wurde für Schraubmuffenleitungen entwickelt und angewandt.

Um dem inzwischen auf dem Gebiet der Druckrohre und Formstücke erzielten Fortschritt in den Festigkeitseigenschaften des Materials Rechnung zu tragen, hatte man es sich zur Aufgabe gemacht, eine Klemmschelle zu entwickeln, die zum einen aus duktilem Gußeisen besteht und zum anderen universell ist, d. h. für verschiedene Muffenarten verwendet werden kann. Besonderes Augenmerk — gemäß einer Anregung von seiten des DVGW — wurde dabei auf die Anwendung im Zusammenhang mit den neuen duktilen Formstücken gerichtet.

Grundlegende Gestaltung der Klemmschelle

Die ARS-Klemmschelle aus Grauguß ist zur Erhöhung der Reibung auf dem Rohrspitzende mit einer Spezialreibbeilage versehen. Für die neue duktile Klemmschelle wurde dieses bewährte Konstruktionsteil übernommen, um eine sichere Ausgangsbasis zu haben.

Um die ARS-Klemmschelle aus Grauguß möglichst leicht und einfach zu halten, war diese so konstruiert worden, daß die Befestigung nicht hinter der Rohrmuffe, sondern hinter dem Schraubring erfolgte (Bild 3).

Dieses Prinzip konnte jedoch bei der Neukonstruktion der duktilen Klemmschelle nicht mehr beibehalten werden, weil einerseits die TYTON-Rohre auf dem Markt immer mehr an Bedeutung zunahm und andererseits von der Gußrohrindustrie duktile Formstücke mit TYTON-Muffen herausgebracht werden. Aus diesem Grund wurde bei der Entwicklung der Schelle angestrebt, diese für möglichst viele Muffenarten verwenden zu können. Dadurch ist erreicht worden, daß für jede Nennweite nur eine Schellenausführung benötigt wird, die weitgehendst unabhängig von der Art der Muffe ist.

Die in Frage kommenden Muffen sind in ihrer Außenform verschieden und es ging zunächst darum, diejenigen Muffenverbindungen auszusuchen, die mit der neuen Schelle schubgesichert werden sollten.

Nach entsprechenden konstruktiven Überlegungen wurde festgelegt, daß die duktile ARS-Universal-Klemmschelle für folgende Muffenverbindungen geeignet sein muß:

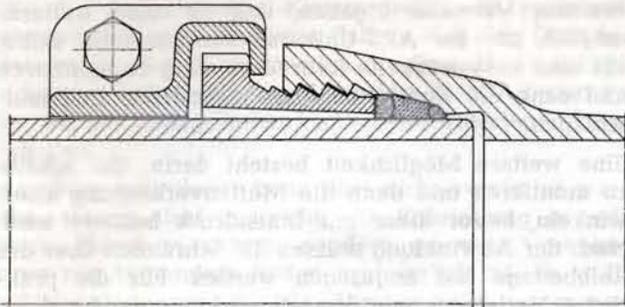


Bild 3

- a) Für alle TYTON-Muffen der neuen duktilen Formstückserie, der duktilen Druckrohre und der Druckrohre aus Grauguß.
- b) Für die Schraubmuffen der neuen duktilen Formstückserie, der duktilen Druckrohre, der Formstücke und Druckrohre aus Grauguß.

In Bild 4 sind diese Überlegungen skizzenhaft dargestellt. Nicht berücksichtigt wurden dabei die Schraubmuffen der Graugußformstücke, die nach den alten IN-Abmessungen gefertigt wurden. Hierfür kann die Schelle allerdings durch Ausschleifen des Bundes passend gemacht werden.

Die Hauptabmessungen des übergreifenden zylindrischen Schellenteiles konnten dann mit Rücksicht darauf, daß die Schelle für alle vorgenannten Muffenverbindungen passen muß, ermittelt werden.

Die Abmessungen und Toleranzen waren so zu wählen, daß zum einen die duktile TYTON-Muffe vom Schellenbund noch sicher gehalten wird, während zum anderen die Schraubmuffe für Formstücke aus Grauguß mit dem Schraubring im Schelleninnern Platz findet. Dabei wurde beachtet, daß auch die zur elektrischen Überbrückung dienenden Ryf-Verbindungen schubgesichert werden können.

Die Breite des Klemnteiles der Schelle wurde von der bestehenden ARS-Klemmschelle in Grauguß in etwa übernommen. Infolge der besseren Festigkeitseigenschaften des duktilen Gußeisens im Vergleich zu Grauguß konnte die neue Klemmschelle aber wesentlich leichter gehalten werden. Die Wanddicken wurden zunächst so dünn wie möglich gewählt. Bei den anschließenden Innendruckversuchen war dann festzustellen, ob die gewählten Wanddicken ausreichten oder ob entsprechende Verstärkungen vorzusehen waren.

Dabei war zu beachten, daß die Schelle in festigkeitsmäßiger Hinsicht der aus dem Innendruck resultierenden Axialkraft standhielt, bei der die Klemmfläche auf dem Rohrspitzende zu rutschen beginnt.

Um die Muffenverbindung besonders während der Montage beobachten zu können und auch aus Gründen der Gewichtersparnis wurden im Mantel der Schelle entsprechende Ausschnitte vorgesehen. Diese Ausschnitte erleichtern auch die Handhabung der Schellenhälften größeren Durchmessers beim Transport und bei der Montage auf der Baustelle.

Versuchsergebnisse und daraus resultierende Weiterentwicklung

Zunächst wurden einige Schellenhälften der NW 200 angefertigt. Die Schellen wurden auf duktile Rohre und Formstücke montiert und anschließend entsprechende Innendruckversuche vorgenommen.

Bei den ersten Druckversuchen begannen die Spitzenden in den Schellen bei ca. 18 atü zu rutschen. Da die Reibungskraft vom Anpreßdruck linear abhängt, wurden die Schellenflansche zunächst einmal verstärkt, um eine größere Schraubenkraft einleiten zu können. In diesen durch aufgeschweißte Rippen verstärkten Schellen rutschten die Spitzenden der Rohre erst bei Innendrücken zwischen 25 und 45 atü.

Neben den vorgenannten Versteifungsrippen der Flansche wurden noch Längsrippen aufgebracht, die auch den zylindrischen Teil versteifen.

Mit den nach dem verstärkten Modell abgegossenen Schellen wurden weitere Schubversuche mit dem Ergebnis durchgeführt, daß der Innendruck bei Rutschbeginn immer über 43 atü lag.

Im Laufe der vorgenannten Versuche wurden auch Innendruckversuche mit ARS-Universal-Klemmschellen der NW 100 und 300 durchgeführt. Mit voll ausgegossenen Schellen NW 100 wurden bei einmaligem festen Anzug der Schrauben 45 atü Wasserinnendruck bis zum Rutschbeginn erreicht. Bei Schellen mit durchbrochenem Muffenteil trat bei 35 atü Schub ein. Die voll angegossene Schelle war sehr stabil, jedoch wesentlich schwerer als die Schelle mit durchbrochenem zylindrischen Teil.

Um die Muffenverbindung beobachten zu können und trotzdem eine ausreichende Sicherheit in festigkeitsmäßiger Hinsicht zu erreichen, wurden 2 Schaulöcher beibehalten und das obere weggelassen. Zudem wurde noch oben auf der Schelle eine Längsrippe gesetzt. Mit dieser Schelle NW 100 wurden dann bei einmaligem festen Anzug der Schrauben 50 atü erreicht. Nach Druckentlastung und Nachziehen der Schrauben konnte die Schelle bis zur Schubwirkung mit 75 atü belastet werden.

Aus den Erfahrungen mit der NW 200 wurden an der Schelle NW 300 zwei Längsrippen zur Aussteifung des zylindrischen Muffenteiles vorgesehen. Bei den anschließend durchgeführten Druckversuchen ergab sich dann, daß der auf der Muffe aufliegende Bund aus Festigkeitsgründen als tropfenförmiger Querschnitt ausgebildet werden mußte. Mit der so verstärkten Klemmschelle wurden in weiteren Versuchen Drücke zwischen 33 und 35 atü erreicht.

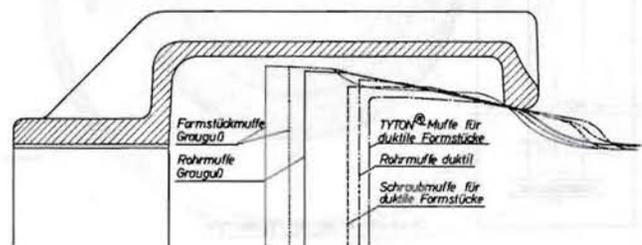


Bild 4

Im allgemeinen kann gesagt werden, daß bei einwandfreier Montage der Schelle bei der NW 100 und der NW 200 mindestens 40 und bei der NW 300 mindestens 30 atü bei einmaligem kräftigen Anzug erreicht werden. Zieht man die Schrauben zwischendurch nach, ist es möglich, bei NW 100 über 70 atü und bei NW 200 und 300 über 50 atü zu erhalten, bevor das Spitzende des Rohres in der Schelle zu rutschen beginnt.

Die ARS-Universal-Klemmschelle wird normalerweise für ND 10 angewendet. Der Graben-Prüfdruck beträgt somit 15 atü. Wenn die Schelle für ND 16 zur Anwendung gelangt, ergibt sich ein Graben-Prüfdruck von 21 atü. Diese Drücke werden also mit entsprechender zusätzlicher Sicherheit erreicht, wie die vorerwähnten Versuche gezeigt haben.

Es sei noch vermerkt, daß verschiedene weitere Versuche gemacht wurden, um die Rutschfestigkeit der Schelle auf dem Spitzende zu erhöhen, die aber alle kein besseres Ergebnis brachten. So wurde z. B. bei NW 200 die Reibbeilage weggelassen und statt dessen in jede Schellenhälfte eine Schraube mit Ringschneide eingedreht. Die Schelle rutschte bei 18 atü. Ohne Reibbeilage und ohne Schrauben rutschte die gleiche Schelle bereits bei 13 atü. Mit einem Bremsbelag als Reibbeilage wurde auf ungeteertem Spitzende ein Innendruck von 28 atü bis zum Rutschen der Schelle erreicht.

Weitere Versuche ergaben, daß es ohne weiteres möglich ist, die ARS-Universal-Klemmschelle selbst auf eine ausgewinkelte Rohrverbindung zu montieren und dann die Rohrleitung mit Innendruck zu beaufschlagen.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Schelle zu montieren und dann die Muffenverbindung abzuwinkeln, bevor diese mit Innendruck belastet wird. Nach der Abwinklung müssen die Schrauben über der Reibbeilage fest angezogen werden. Für die praktische Verlegung von Verteilungsleitungen ist diese Auswinkelbarkeit der drucklosen Leitung ausreichend, zumal die Versuche zeigten, daß die zugelassene Auswinkelung der Muffenverbindungen, die je nach Muffenart und Nennweite 3 bis 5° beträgt, von der duktilen ARS-Klemmschelle mit Sicherheit überbrückt wird.

Praktische Anwendung

ARS-Universal-Klemmschellen sind in erster Linie zur Schubsicherung von Verteilungsleitungen gedacht. Aus diesem Grund werden die Schellen vorerst in den NW 100 bis 300 ausgeführt. Für die Schraubmuffenleitungen der NW 40 bis 80 können bei Bedarf die bisherigen ARS-Klemmschellen aus GG weiter verwendet werden. Infolge der geringen Stückzahlen erschien es nicht zweckmäßig, für diese Nennweiten Schellen aus duktilem Gußeisen herzustellen.

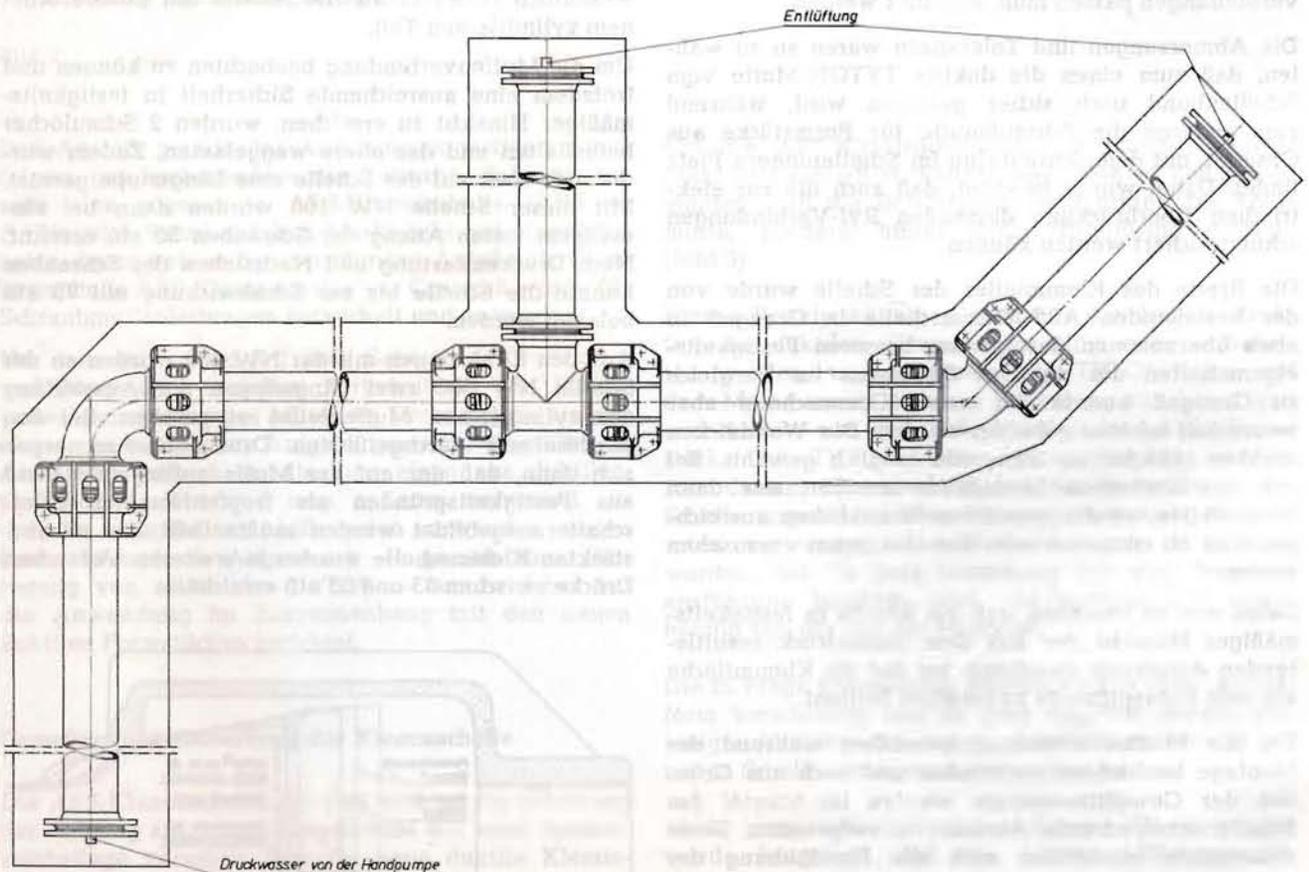


Bild 5

Wo die ARS-Universal-Klemmschellen im einzelnen anzuwenden sind, muß von Fall zu Fall den Umständen entsprechend entschieden werden. Diese Schub-sicherung bietet sich vor allem dort ohne Alternative an, wo aus Platzgründen keine Betonwiderlager möglich sind.

Auf Betonwiderlager kann dort nicht verzichtet werden, wo es nicht ausreicht, die Rohrleitung in sich gegen Schub zu sichern, sondern wo eine Verankerung mit tragendem Boden erforderlich ist, so z. B. bei Hangleitungen. Für alle übrigen Fälle, wo es nur darauf ankommt, eine Rohrleitung gegen Auseinanderziehen infolge Innendruck zu sichern, kann die ARS-Universal-Klemmschelle ohne Zuhilfenahme von Betonwiderlagern zur Anwendung gelangen. Bild 5 zeigt eine Verteilungsleitung, wie sie bereits in Bild 1 dargestellt ist, wobei jedoch an Stelle der Betonwiderlager ARS-Klemmschellen aufgebracht sind.

Die Montage der Schelle ist auch unter extremen Bedingungen verhältnismäßig einfach durchzuführen, wie dies aus der nachfolgenden Montageanleitung ersichtlich ist.

Montageanleitung für ARS-Universal-Klemmschellen aus duktilem Gußeisen

1. Bei Schraubmuffen sind die Schraubringe ordnungsgemäß anzuziehen, bei TYTON®-Muffen ist der Sitz der Dichtringe mit einem Taster zu kontrollieren.
2. Muffe außen und Rohrspitze im Bereich des Schellensitzes säubern.
3. Mitgelieferte Spezial-Reibeinlagen in die Schellenhälften (Klemmbereich) einlegen.
4. Schellenteile anlegen und Schrauben von Hand leicht anziehen. Die Schelle muß fest an der Muffe anliegen.
5. Die 2 bzw. 4 Sechskantschrauben über der Reibeinlage wechselweise fest anziehen und darauf achten, daß die beiden Schellenhälften am Sitz der Reibeinlagen über den ganzen Umfang gut anliegen. Danach die 2 Sechskantschrauben an der Muffe leicht anziehen.
6. Unmittelbar vor der Druckprüfung die 2 bis 4 Sechskantschrauben über der Reibeinlage nochmals fest nachziehen.
7. Nach der Druckprüfung die 2 bzw. 4 Sechskantschrauben über der Reibeinlage fest nachziehen.

Die Schrauben am Bund der Schelle haben auf die Klemmwirkung kaum einen Einfluß und werden deswegen nur leicht angezogen. Diese Schrauben haben lediglich die Aufgabe, bei Druckbeaufschlagung ein Auseinanderziehen der Schelle am Bund zu verhindern. Durch die flache Muffenschräge entstehen hier infolge der Axialkraft verhältnismäßig große Komponenten, welche versuchen, die Schellenhälften auseinanderzudrücken.

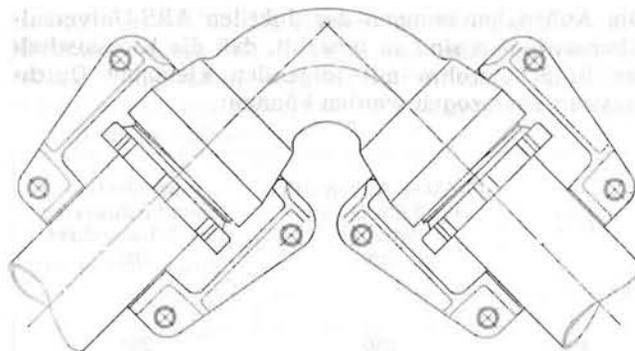


Bild 6

Die Schrauben wurden aus Rationalisierungsgründen und um die Lagerhaltung zu vereinfachen, innerhalb jeder Schelle gleich gewählt. Darüber hinaus konnten für die NW 100 bis 150 und für die NW 200 bis 300 die gleichen Gewindedurchmesser vorgesehen werden. Demzufolge sind für die Montage der gesamten Schellen der Nennweiten 100 bis 300 nur 2 verschiedene Steckschlüssel erforderlich.

Die neuen ARS-Universal-Klemmschellen sind so ausgelegt, daß sie auch auf alle Krümmen der neuen duktilen Formstückserie in einer Ebene montiert werden können, wobei sich die Schellenflanschen nicht berühren (Bild 6).

Bei der Konstruktion der ARS-Universal-Klemmschellen wurde darauf geachtet, daß sie auch bei Rohrleitungen, die in Schutzrohren untergebracht werden müssen, z. B. bei Durchpressungen usw., verwendet werden können.

Für die Führung und Abstützung der Rohrleitung im Schutzrohr können die auf dem Markt befindlichen Abstandhalter aus Stahl bzw. glasfaserverstärktem Kunststoff verwendet werden. Die Abstandhalter werden in der üblichen Weise auf dem Rohrschaft befestigt. Die Flanschen der ARS-Klemmschellen können dabei als zusätzliche Führung der Rohrleitung im Schutzrohr dienen (Bild 7).

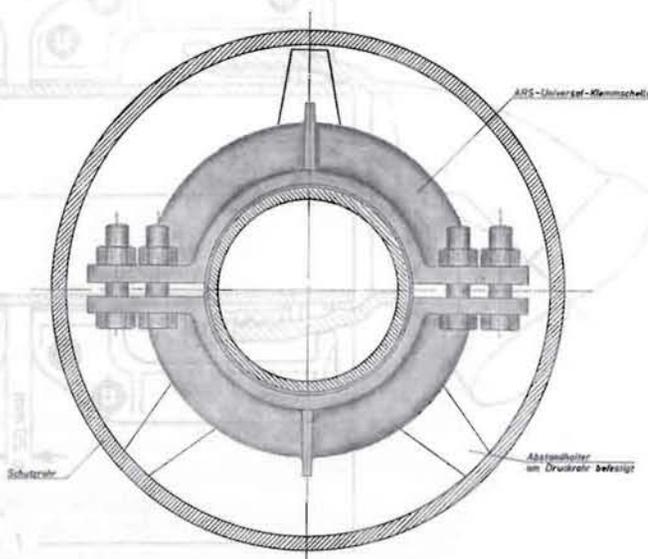


Bild 7

Die Außenabmessungen der duktilen ARS-Universal-Klemmschellen sind so gewählt, daß die Klemmschellen in Schutzrohre mit folgenden kleinsten Durchmessern eingezogen werden können:

NW	Größtes Außenmaß der ARS-Klemmschelle mm	Mindestinnendurchmesser des Schutzrohres mm
100	290	300
125	320	350
150	350	400
200	425	450
250	495	550
300	554	600

Gemäß dem DVGW Arbeitsblatt W 305 muß der innere Durchmesser des Schutzrohres so groß sein, daß zwischen dem Außendurchmesser des Druckrohres mit seinen Muffen, Flanschen oder Auflagerungen und dem inneren Durchmesser des Schutzrohres ein freier Querschnitt bleibt, der bei zweiseitiger Entwässerung etwa dem halben Querschnitt und bei einseitiger Entwässerung dem vollen Querschnitt des Druckrohres entspricht. Diese Bedingungen sind im vorliegenden Falle erfüllt.

Um das Fertigungsprogramm bei duktilen Formstücken zu vereinfachen, werden von der Gußrohrindustrie nur noch Doppelmuffenstücke hergestellt. Wenn 2 Doppelmuffenstücke hintereinander angeordnet

werden sollen, ist es erforderlich, ein gerades Rohrstück zwischen die beiden Formstücke zu montieren, damit die Verbindung hergestellt werden kann (Bild 8).

Damit die ARS-Universal-Klemmschellen auf diesem Rohrabschnitt gut montiert werden können, muß dieser folgende Gesamtlänge haben:

Gesamtlänge „l“ des Rohrabschnittes zwischen 2 Doppelmuffenformstücken

NW	Formstücke mit TYTON-Muffe	Formstücke mit Schraubmuffe	
		aus GG	aus GGG
100	480	415	475
125	520	440	500
150	545	460	525
200	610	540	595
250	675	600	680
300	750	670	730

Dabei wurde mit einem Sicherheitsabstand zwischen den Klemnteilen der beiden Schellen von ca. 20 mm gerechnet.

Ganz allgemein, aber auch im Zusammenhang mit der ARS-Universal-Klemmschelle, ist das Problem zu lösen, wieviel Verbindungen einer Rohrleitung hinter einem Bogen gegen Schub zu sichern sind. Die einzelnen Rohre und Formstücke haben infolge der Erd-

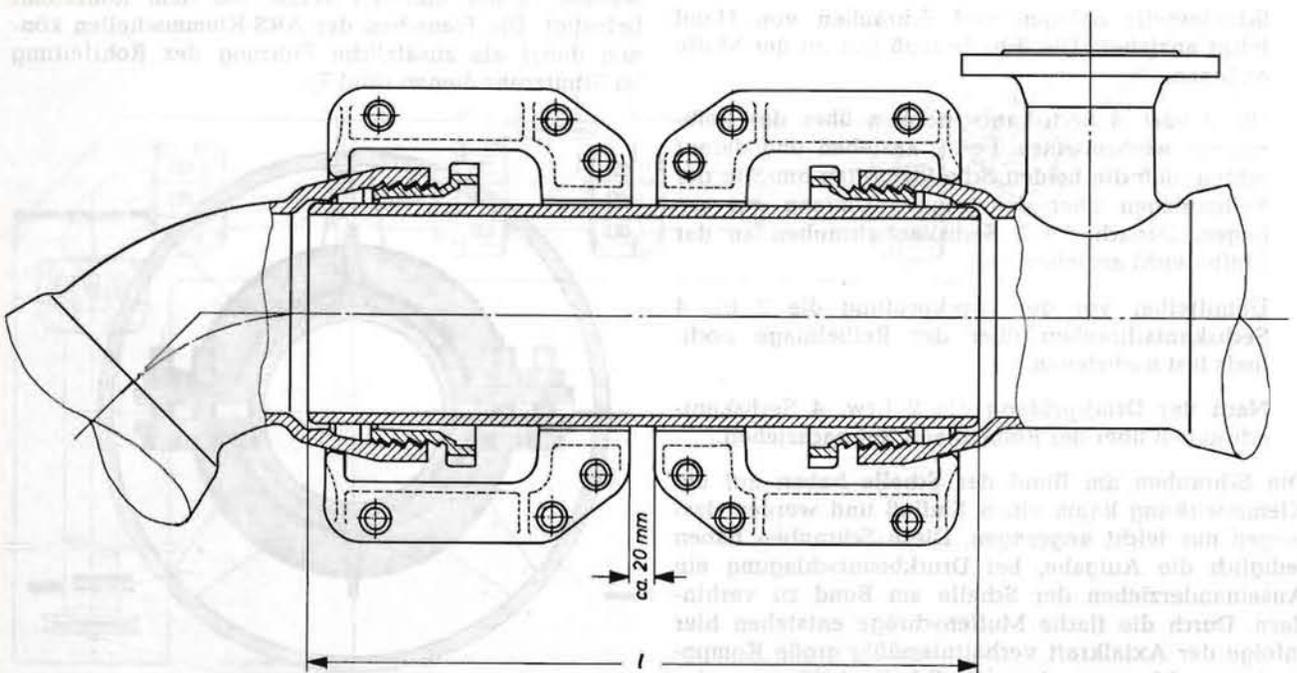


Bild 8

reibung einen bestimmten Widerstand gegen Verschieben in Längsrichtung, der von der Art des Bodens, der Höhe der Erdüberdeckung usw. abhängt. Der ungünstigste Fall tritt bei der Druckprüfung im Graben ein. Dann nämlich ist der Innendruck am höchsten und die Erdlast am geringsten.

Im In- und Ausland werden in letzter Zeit verschiedene Berechnungsmethoden angegeben. Zur Zeit ist noch nicht geklärt, welche der Methoden für die Anwendung in der Praxis am besten geeignet ist.

Nach Abschluß der Entwicklungsarbeiten und Versuche wurde die ARS-Universal-Klemmschelle maßgebenden Herren des DVGW vorgestellt. In diesem Zusammenhang fanden verschiedene Prüfungen der duktilen ARS-Universal-Klemmschellen NW 100, 200 und 300 statt, die die Eignung der Schellen für ihren Verwendungszweck bestätigten.

Unter anderem wurde eine TYTON-Verbindung NW 200 um 8° ausgewinkelt und danach die Klemmschelle montiert. Nach einmaligem Nachziehen der Schrauben wurden 43 atü bis zur Schubwirkung erreicht. Die Auswinklung veränderte sich während der Druckbelastung nicht.

Im übrigen ergaben sich in etwa die gleichen Werte bezüglich der Rutschfestigkeit wie bei den intern durchgeführten Versuchen. Von den Herren des DVGW wurde lediglich beanstandet, daß die Reibbeilagen nach einer längeren Einweichzeit in Wasser nicht mehr die volle Schubsicherung bewirkten. Dieser Nachteil konnte in Zusammenarbeit mit der Lieferfirma der Reibbeilagen innerhalb kurzer Zeit behoben werden, so daß die nunmehr vorliegende Konstruktion der duktilen ARS-Klemmschellen im

Bereich von NW 80 bis 300 den Wünschen des DVGW Rechnung trägt. Die Forderung der Herren des DVGW ging dahin, daß die fertig montierte ARS-Klemmschelle mit Sicherheit 15 atü unter Baustellenbedingungen aushalten muß.

Zusammenfassung

Nach einer kurzen allgemeinen Einleitung über die schubgesicherten Verbindungen wird die Entwicklung und Anwendung einer neuen ARS-Universal-Klemmschelle aus duktilem Gußeisen behandelt.

Die beschriebene Klemmschelle wurde aus der bestehenden ARS-Klemmschelle aus Grauguß entwickelt und ist besonders auch zur Schubsicherung der neuen duktilen Formstücke geeignet.

Die ARS-Universal-Klemmschelle wurde für die NW 100 bis 300 konstruiert und ist für Schraub- und TYTON-Muffen zu verwenden. Für Schraubmuffen der NW 40 bis 80 kann die ARS-Klemmschelle aus Grauguß nach wie vor zur Anwendung gelangen.

Die ARS-Universal-Klemmschelle wurde für den Nenndruck 16 ausgelegt. In den Versuchen hat sich gezeigt, daß eine ausreichende Sicherheit gegen Rutschen und auch in festigkeitsmäßiger Hinsicht vorhanden ist.

Die Benutzung der Schelle ist dann besonders angezeigt, wenn aus Platzgründen keine Betonwiderlager angebracht werden können, wie dies heute besonders in den Städten und Gemeinden der Fall ist.

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. 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

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 Gas-
leitungen unter besonderer Berücksichtigung der Gummidicht-
ringe**

Dipl.-Ing. Otto Dintelmann
**Duktile Gußrohre für Gas- und Wasserleitungen und Erfahrun-
gen bei der Verlegung**

Nr. 2 April 1967

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

Institut für Gastechnik, Feuerungstechnik und Wasserchemie
der Technischen Hochschule Karlsruhe, vormals Gasinstitut
**Gutachten über die Eignung gummigedichteter Gußrohrverbindun-
gen 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**

Dipl.-Ing. Hans von Rezori
**Anbohrschellen und Anbohrüberschieber als Hilfsmittel für die
Herstellung von Hausanschlüssen an das Wasser- und Gasrohr-
netz**

Werner Hartmann
**Konstruktion und Verlegung von Dükerleitungen aus duktilen
Gußrohren**

Nr. 4 Febr. 1969

Dipl.-Ing. Heinz Loitzenbauer
**Die Verformung eingeeerdeter duktiler Gußrohre, berechnet
nach Reynold K. Watkins und Albert B. Smith**

Dipl.-Ing. Kurt Reeh und Ing. Hans Reeh
Formstücke aus duktilem Gußeisen

Dr.-Ing. Wolf-Dietrich Gras
**Eigenschaften und Bewährung von Zementmörtelauskleidungen
in gußeisernen Druckrohren**

Dipl.-Ing. Roland Rippel
Die Verwendung duktiler Gußrohre in der Abwassertechnik

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

Scheiteldruckfestigkeit

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.

Scheiteldruckfestigkeit

mind. 5 000 kp/cm²

Die durch Scheitellasten (Erd- und Verkehrslasten) möglichen Beanspruchungen liegen - wie Rechnungen erwiesen haben - immer unter den für duktile Gußrohre zulässigen Spannungen. Versuche haben bestätigt, daß Brüche durch Scheitellasten an einer Druckrohrleitung aus duktilen Gußrohren praktisch ausgeschlossen sind.

duktil

Duktile Gußrohre - Rohre ohne Probleme

bauen
für das **21.**
Jahrhundert