

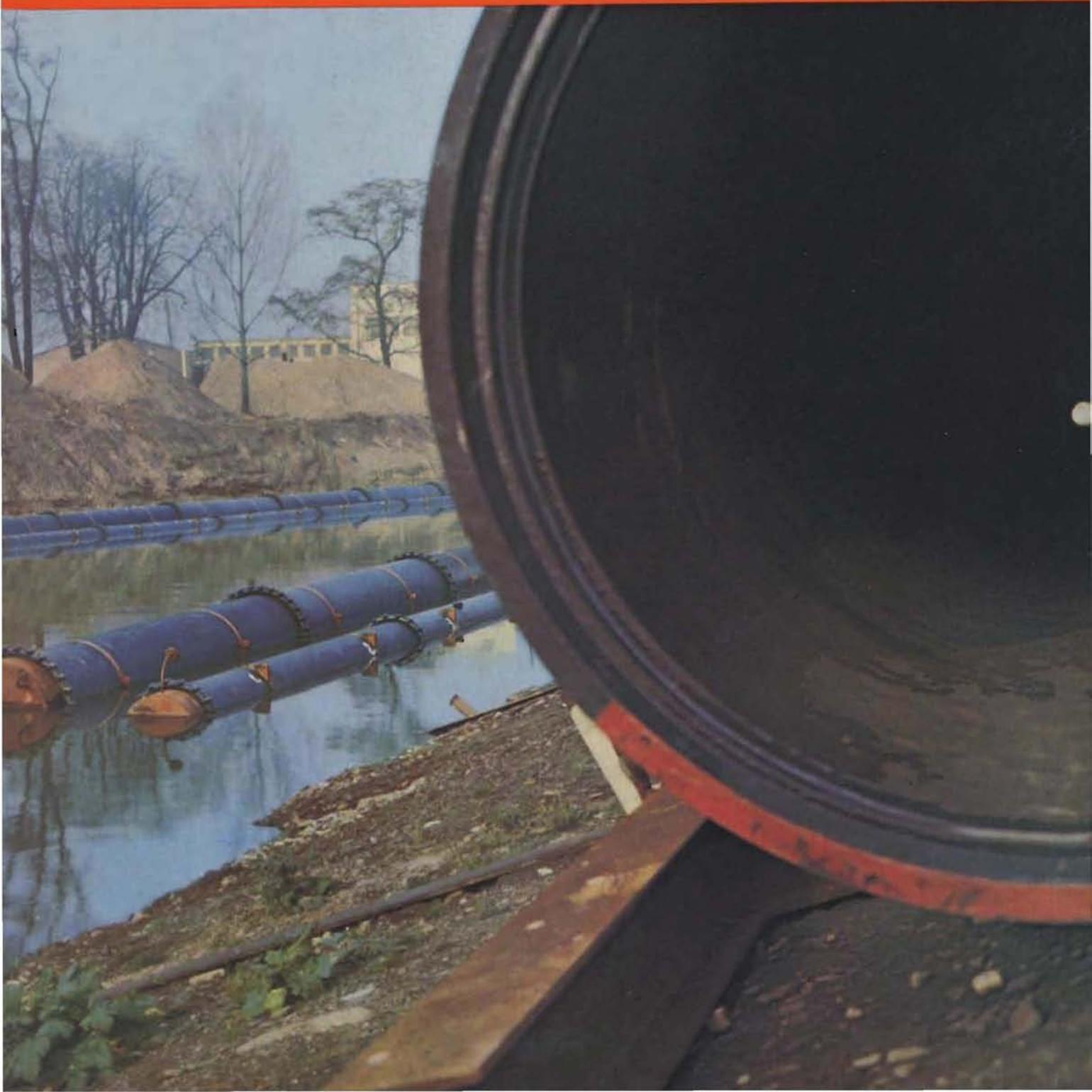
ROHRE für GAS und WASSER

fgr

Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre

6

Informationen für das
Gas- und Wasserfach



ROHRE für GAS und WASSER

fgr

Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre

6

Informationen für das
Gas- und Wasserfach

Inhalt

PRÄSIDENT BERNHARD VON KAMPEN	Seite
Das Werden und Wachsen des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverbandes	2
DIPL.-ING. HEINRICH HOLTSCHULTE	
Die Verwendung von duktilen Gußrohren im Gashochdrucknetz der Dortmunder Stadtwerke Aktiengesellschaft	5
DR. RER. NAT. WERNER WOLF	
Einsatz von Gummidichtungen in Gasleitungen aus Gußrohren	12
ING. (GRAD.) HORST NÖH UND ING. (GRAD.) TRAUGOTT METZ	
Entwicklung und Anwendung der Poly-TYTON®-Verbindung	23
DR. RER. NAT. WERNER WOLF UND DR.-ING. WOLF-DIETRICH GRAS	
Verwendung von Polyäthylen-Schlauchfolie für den Korrosionsschutz gußeiserner Druckrohre in Sonderfällen	28
ING. (GRAD.) RUDOLPH ZIMMER	
Verlegevorrichtung für TYTON-Rohre mit und ohne Polyäthylen-Schlauchfolie als Korrosionsschutz	37
ÖBERING. GERHARD HEISE	
Erfahrungen bei Druckprüfungen von gußeisernen Wasserleitungen	39
DIPL.-ING. ADOLF WOLF	
Zugfeste Muffenverbindungen für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen	42

Titelbild:

1250 mm Durchmesser hat der größte z. Z. in der Bundesrepublik gebaute Düker aus duktilem Gußeisen. Er wird an einem eigens dafür ausgehobenen Kanal in Koblenz montiert und nach der Fertigstellung die Mosel durchqueren.

Zwei Teilabschnitte des Doppeldükers (NW 1250/NW 800) schwimmen bereits, der dritte befindet sich noch auf der Helling.

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 1971

Das Werden und Wachsen des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverbandes

Von BERNHARD VON KAMPEN

Der Oldenburgisch-Ostfriesische Wasserverband versorgt 10 Landkreise mit einer Fläche von 7610 qkm und einer Einwohnerzahl von 708 000 Personen mit Wasser. Er betreibt 20 Wasserwerke mit Wassergewinnungsanlagen und 9 Druckerhöhungspumpwerke.

Die Jahreswasserabgabe beträgt	31 Mio. cbm
Zahl der Hausanschlüsse	103 400
Zentralversorgte Einwohner	475 640
Haupt- und Versorgungsleitungen	6 245 km
Behälterraum	100 670 cbm

Seit der Verbandsgründung im Jahre 1949 wurden 155 000 t Gußrohre eingebaut. Im Jahre 1969 wurde als Sonderbaumaßnahme eine 65 km lange Fernleitung NW 900 / 800 / 700 aus duktilen Gußrohren für die Versorgung eines großen Industrierwerkes gebaut.

Die Notwendigkeit der zentralen Trink- und Brauchwasserversorgung

Jeder, der mit den Verhältnissen im Küstenraum nicht vertraut ist, wird sich fragen, warum in ein Gebiet, in dem das Grundwasser nur einige Dezimeter unter Gelände steht und aus dem mit kostspieligen Schöpfwerken das Wasser durch die Deiche in das Meer gepumpt wird, noch Trinkwasser für die Bevölkerung und das Vieh von weither herangeführt werden muß.

Das Grundwasser in den Marschgebieten ist salzhaltig und für den menschlichen Genuß ungeeignet. Auch in den weiten Moorflächen ist kein für den menschlichen Genuß geeignetes Wasser vorhanden. Im Interesse der Gesunderhaltung von Mensch und Vieh, der Intensivierung der Landwirtschaft und der Erhaltung ihrer Werte sowie der Schaffung der Voraussetzung für einen Strukturwandel ist die zentrale Wasserversorgung eine besonders dringliche vom Bund, dem Land Niedersachsen und den Gebietskörperschaften mit allen Mitteln zu fördernde Aufgabe geworden. Daß Niedersachsen mit der zentralen Wasserversorgung seiner Bevölkerung unter allen Bundesländern am weitesten zurückliegt, ist nicht zuletzt auf das schwierige Problem der Wasserbeschaffung und der Wasser-Verteilung in dem Küstenraum zurückzuführen.

Das starke Anwachsen der Bevölkerung durch den Flüchtlingsstrom nach dem Kriege führte zu einer unhaltbaren Verschlechterung der schon vorher nicht ausreichenden Trinkwasserversorgung. Wiederholt war es in Trockenzeiten erforderlich, wenn die zum Auffangen von Regenwasser dienenden Zisternen leer waren, das notwendige Trinkwasser über Schiene und Straße heranzufahren.

Der Leiter des Landeshygieneinstitutes in Oldenburg, Medizinalrat Dr. Schlirf, hat in einer im Jahre 1946 verfaßten Denkschrift die Einzelwasserversorgungen auf dem Lande in jeder Hinsicht als ungenügend und schlecht bezeichnet und auch die Wasserversorgung einiger Städte, insbesondere in Nordenham, scharf kritisiert.

Er führt aus, daß der Zustand der Zisternen, die einen notdürftigen Ausweg aus der Wassernot darstellen,

teilweise zu den schwersten Bedenken Anlaß gibt und weist darauf hin, daß die Brunnen in Marsch und Moor vorwiegend schlechtes und unappetitliches Wasser bringen und stellt abschließend fest, daß für die Landwirtschaft und die industriellen Betriebe eine Versorgung mit brauchbarem Wasser nicht vorhanden ist. Diese Verhältnisse führten dazu, den an sich schon länger bestehenden Plan, die Marsch- und Moorgebiete des oldenburgischen Küstenraumes zentral mit gutem Trinkwasser zu versorgen, sofort in Angriff zu nehmen.

Das ehemalige Marine-Wasserwerk, später in Jade-Wasserwerk umbenannt, erhielt 1946 von der Regierung in Oldenburg den Auftrag zur Aufstellung eines Vorentwurfes über eine zentrale Wasserversorgung für das oldenburgische Küstengebiet.

Durch die Auflösung der Kriegsmarinewerft und der Marineeinheiten waren bei dem ehemaligen Marine-Wasserwerk Wilhelmshaven, das aus den Einzelwasserwerken Feldhausen, Moorsum und Moorhausen bestand, rd. 20 000 cbm/Tag verfügbar, ein Umstand, der die Lösung des Problems wesentlich vereinfachte. Die Trägerschaft übernahm der aus den Landkreisen Wesermarsch, Friesland und Wittmund gegründete Oldenburgisch-Ostfriesische Wasserverband.

Rückblickend betrachtet, muß gesagt werden, daß der gezogene kleine Rahmen eine gute Ausgangsbasis für die Ausdehnung des Verbandes über 10 Landkreise mit einer Gesamtfläche von 7 610 qkm war und die Wahl eines sogenannten Wasser- und Bodenverbandes mit genossenschaftlicher, auf Selbstverwaltung aufgebauten Organisation sich als richtig erwies.

Eine Einschaltung der für die Trinkwasserversorgung zuständigen Gemeinden unterblieb, da sie weder bereit noch in der Lage waren, die Versorgungsaufgaben bei der vorwiegend sporadischen Besiedlung dieses Gebietes zu erfüllen. Sechs Jahre wurden benötigt, um die im Ausführungsentwurf vom 1. 7. 1949 vorgesehenen 451 km Haupt- und Versorgungsleitungen und 11 000 Hausanschlüsse zu bauen. Der Kostenaufwand (einschließlich Hausanschlüsse) stellte sich auf 23 341 000 DM.



Die Arbeit und die Probleme in den ersten Ausbaujahren

Die Organe des Verbandes und die Aufsichtsbehörden waren sich der Schwere der Aufgabe und der voraussehbaren Schwierigkeiten bewußt und deshalb bereit, den mit der Durchführung Beauftragten möglichst freie Hand zu lassen, um eine Elastizität der Arbeit des Verbandes zu gewährleisten.

Eine schnelle zweckentsprechende Lösung der Aufgabe mit dem geringstmöglichen Kostenaufwand konnte nicht nach den sonst üblichen Methoden und unter sorgfältiger Anwendung aller Bestimmungen erfolgen, sondern es mußte, um vorwärtszukommen, oft improvisiert werden. Die Hoffnungen, daß nach der Währungsumstellung die Materialbeschaffung keine ersten Sorgen bereiten würde, haben sich nach und nach erfüllt. Die Gußrohrindustrie kam den Rohrlieferungswünschen auch in Zeiten stärkster Beanspruchung stets nach. Die Finanzierung der Ausbauarbeiten wurde zu einem entscheidenden Problem. Sämtliche von den Kommunen angesammelten Reserven waren verfallen, und die Mitgliedskreise sahen sich außerstande, aus ihren laufenden Einkünften Finanzierungsbeiträge zu leisten. Langfristige Anleihen, die nach den geltenden kommunalwirtschaftlichen Erkenntnissen die Grundlage für die Durchführung solcher Bauvorhaben sein müßten, waren nicht erhältlich. Da die Durchführung

der Aufgabe aber keinen Aufschub duldete, mußte der Verband das Wagnis eingehen, mit kurz- und mittelfristigen Krediten den Bau fortzuführen in der Erwartung, daß nach einigen Jahren bei verbesserter Kapitalmarktlage eine Umleiherung der Kredite möglich sei. Er wurde zu diesem Vorgehen von seiner Hausbank und den Aufsichtsbehörden ermuntert. Die Beschaffung von 7 Mill. DM Baukapital — größtenteils ECA-Kredite — gelang nach Einschaltung vieler Persönlichkeiten in den ersten beiden Jahren nach der Währungsreform. Gar bald zeigte sich, daß ein Improvisieren unter Außerachtlassung der allgemeinen Finanzierungsregeln zu Schwierigkeiten führte. Die die ECA-Kredite verwaltende Stelle war nicht bereit, ohne Nachweis der Wirtschaftlichkeit des Verbandes weitere Kredite zur Verfügung zu stellen, als schon vor Fälligkeit der ersten Tilgungsrate der Verband ein Gesuch um Tilgungsstreckung und Hinausschiebung des Tilgungsbeginns vorlegte. Der Nachweis der Rentabilität konnte zu diesem Zeitpunkt nicht erbracht werden. Er kann erst nach Ausführung des ganzen Ausbauplanes, der Finanzierung der Arbeiten in der im Plan vorgesehenen Weise sowie der Gewährung der veranschlagten Beihilfen geführt werden und nicht schon bei einer 10 %igen Ausnutzung der erstellten Teilanlagen. Daß bei dieser Sachlage keine große Bereitschaft bei der geldgebenden Stelle bestand, dem Verband bevorzugt weitere Kredite zu bewilligen, lag

auf der Hand. Im übrigen fehlte es auch nicht an Darlehnsgesuchen anderer wichtiger Unternehmen. Es ist aber doch mit Unterstützung der übergeordneten Stellen und der Hausbank gelungen, Verständnis für die Belange des Verbandes und Vertrauen für seine Kreditwürdigkeit zu finden.

Die laufende Deckung des großen Geldbedarfs wurde verschiedentlich durch die Kapitalmarktlage erschwert. Als um die Jahreswende 1956/57 die Hausbank erklärte, daß sie nicht in der Lage sei, das notwendige Baukapital zu beschaffen, sah sich der Verband veranlaßt, nach einem neuen Finanzierungsweg zu suchen. Er wurde in der Emission einer 10-Mill.-DM-Anleihe gefunden. Gegen den erstmaligen Versuch eines Wasser- und Bodenverbandes, durch eine eigene Anleihe Baukapital zu beschaffen, wurden von vielen Seiten Bedenken geäußert und ernste Zweifel hinsichtlich der Zeichnungswilligkeit gehegt. Nach einjähriger guter Vorbereitung ist es mit tatkräftiger Hilfe der übergeordneten Dienststellen gelungen, die Genehmigung zur Auflage der Anleihe zu erhalten. Sie wurde überraschenderweise in wenigen Stunden gezeichnet.

Aber auch erfreuliche Tatsachen, die sich ohne jedes Zutun einstellten, waren festzustellen. Die früheren Neinsager verschwanden, und aus ihren Reihen rekrutierte sich eine große Zahl eifriger Förderer. Während man in der ersten Zeit noch für einen Wasseranschluß werben mußte, erkannte die Bevölkerung alsbald die Vorzüge einer zentralen Wasserversorgung und forderte nachdrücklich den Anschluß. Sie verzichtete auf Flurentschädigung und akzeptierte bereitwilligst die Forderungen des Verbandes. Die Ablehnung eines jeden Anschlußzwanges hat sich gelohnt. Die Bedingung, daß sich wenigstens 90% aller erreichbaren Grundstückseigentümer vor Baubeginn einer Versorgungsleitung zur Wasserabnahme verpflichteten, wurde widerspruchslos hingenommen.

Die Verbandsversammlung, die sich aus je 3 Vertretern der Mitgliedskreise zusammensetzt, kam nur in halbjährlichen Abständen zur Entgegennahme des Berichtes des Vorstandes, Verabschiedung des Haushaltsplanes und Genehmigung der in großen Zügen vorgetragenen Ausbaupläne zusammen und enthielt sich im übrigen jeder Einmischung. Dadurch, daß die Verbandsversammlung entgegen den sonstigen, bei der Selbstverwaltung auch notwendigen Spielregeln den Vorstand ermächtigte, im engen Zusammenarbeiten mit der wasserwirtschaftlichen Abteilung der Aufsichtsbehörde alle notwendigen Anordnungen zu treffen, wurde die Arbeit sehr vereinfacht. Die Führungskräfte des Verbandes sahen in dem Vertrauen, das die Verbandsversammlung in sie setzte, eine besondere Verpflichtung.

Planung und Ausbau in den letzten 15 Jahren

Schon in den ersten Jahren nach Aufnahme der Arbeiten des Verbandes wurden in den angrenzenden Landkreisen Anschlußwünsche laut. Die folgende Erweiterung des Verbandsgebietes durch die ostfriesischen Landkreise Aurich und Norden und die olden-

burgischen Landkreise Oldenburg und Ammerland machte die Aufstellung eines Generalplanes notwendig. Er wurde am 1. 8. 1956 fertiggestellt und sah die Trink- und Brauchwasserversorgung des Verbandsgebietes mit 352 000 Einwohnern und rund 700 000 Stück Vieh über eine zentrale Wasserversorgung und die Verlegung von 524 km Haupt- und Versorgungsleitungen über NW 200 und 2610 km bis NW 200 sowie 62 885 Hausanschlüsse vor. Die Gesamtkosten wurden auf 178,2 Mill. DM veranschlagt. Bis zum Jahre 1969 war die Errichtung von Wasserwerken bzw. Versuchswasserwerken in Marienhafte, Westerstede, Esens, Wildeshausen und Thülsfelde vorgesehen. Bereits 1963 war das gesteckte Ziel erreicht. Die Erkenntnis, daß die Trinkwasserversorgung des gesamten Verbandsgebietes sich vernünftig und praktisch nur zentral im Verbundbetrieb für alle Verbraucherarten durchführen läßt und daß neben der ländlichen Wasserversorgung, wo immer es möglich ist, auch die Wasserversorgung der kleineren und mittleren Städte sowie der gewerblichen und industriellen Betriebe übernommen werden muß, führte zu einer Ausweitung des Vorhabens, aber auch zu diesem zügigen Ausbau.

Ein II. Generalplan erwies sich als notwendig, nachdem sich das Verbandsgebiet um die Landkreise Cloppenburg, Vechta und Grafschaft Hoya erweitert hatte. Er wurde auf das Jahr 1985 abgestellt.

Der Bau von 6 Wasserwerken mit einer Jahreskapazität von 48 Mill. cbm und 2 Druckerhöhungswerken, die Erhöhung des Wasserspeicherraums auf mindestens 134 000 cbm und die Erweiterung des bestehenden Netzes der Haupt- und Versorgungsleitungen um 2 259 km auf 6 250 km sind vorgesehen. 714 km Haupt- und Versorgungsleitungen (NW 200 und mehr) und 1 545 km Versorgungsleitung bis NW 150 sind zu verlegen und bis zum Jahre 1975 weitere 71 000 Hausanschlüsse zu erstellen. Die Gesamtinvestitionen werden mit 516,22 Mill. DM beziffert.

Durch zahlreiche Aufschlußbohrungen, geoelektrische Messungen, hydrogeologische Untersuchungen, Pumpversuche und Wasseranalysen wurden die aufgefundenen Grundwasservorkommen so weitgehend und gründlich untersucht, daß zuverlässige Angaben darüber vorliegen, welche Wassermengen den einzelnen Vorkommen ohne Schaden entnommen werden können und welcher Art die gefundenen Grundwässer sind. Der für 1985 errechnete Gesamtwassertagesbedarf von 177 200 cbm kann unbedenklich dem Grundwasser entnommen werden. Die lückenlose Verbundwirtschaft innerhalb des gesamten Verbandsgebietes ist in dem II. Generalplan als einer der wichtigsten Gesichtspunkte herausgestellt.

5 Jahre vor der beabsichtigten Durchführung des II. Generalplanes wird das Investitionssoll erreicht. Die Ausgaben stellen sich schon am Ende des ersten Halbjahres 1970 auf mehr als 500 Mill. DM.

Diese ungewöhnliche Ausgabensteigerung ist auf die Erfüllung der Versorgungswünsche des an der Wesermündung im Norden des Landkreises Wesermarsch errichteten Titanwerkes sowie die Deckung des Mehrbedarfs der in diesem Raum vorhandenen Industrie

und die notwendige Bereitstellung von Tränkwasser für das Vieh zurückzuführen.

Im Raume Großenkneten steht der Bau eines Wasserwerkes mit einer Stundenleistung von 2 500 cbm vor dem Abschluß. Die 87 km lange Hauptleitung im Bereich zwischen NW 900 und NW 400 vom Wasserwerk Großenkneten bis nach Blexen ist fertiggestellt. Sie stellt das Rückgrat der Wasserversorgung der Wesermarsch mit den Städten Nordenham, Brake und Elsfleth dar. Mit Rücksicht auf die ungewöhnlich große Bedeutung der Leitung sind für ihren Bau nur Rohre aus duktilem Gußeisen verwendet worden. Außerdem wurden die Rohre innen mit Zementmörtel ausgekleidet und die Isolierung nach der Beschaffenheit des Bodens vorgenommen. Bezüglich des Rohrmaterials mußte es auch in diesem Falle bei den Grundsätzen des Verbandes, die so oft im Rahmen des großräumigen Verbundbetriebes erprobt worden sind und sich schon auf eine 20jährige Erfahrung stützen können, bleiben.

Zielsetzung des Verbandes

Die absolute Sicherstellung der Trink- und Brauchwasserversorgung, die den angestrebten Strukturwandel im Küstengebiet durch Ansiedlung neuer und Ausweitung bestehender Industriebetriebe, die Konsolidierung der Arbeitsplätze und Hebung des Fremdenverkehrs an der Küste ermöglicht, ist das Ziel des Verbandes. Ein deutliches Zeichen für die Richtigkeit

des eingeschlagenen Weges war die Lieferbereitschaft in den heißen Tagen des Monats Juni 1970. Während von fast allen kommunalen Versorgungsbetrieben dieses Bereichs und den kleineren Versorgungsverbänden Maßhalteappelle an die Bevölkerung gerichtet wurden, konnte der Verband auch alle erhöhten Wasserlieferungswünsche der Industrie und Küstenbäder, die eine 100%ige Steigerung der Wasserabgabe erforderten, ohne Schwierigkeiten erfüllen. Diese erfreuliche Tatsache kann und darf den Verband nicht veranlassen, das Tempo der Ausbauarbeiten zu drosseln.

Um zur rechten Zeit und am rechten Ort einwandfreies Trink- und Brauchwasser in ausreichender Menge zur Verfügung stellen zu können, ist es erforderlich,

- a) den Bau von großen, leistungsfähigen Wasserwerken fortzusetzen,
- b) den großräumigen Verbundbetrieb durch die Verlegung von entsprechenden Hauptleitungen aus bestem Material zu gewährleisten, damit selbst durch den Ausfall eines größeren Wasserwerkes die Wasserversorgung nicht beeinträchtigt wird,
- c) die Erweiterung des Behälterraums in der Weise vorzunehmen, daß die Bedarfsmenge eines mittleren normalen Tages gespeichert werden kann.

Die notwendigen Investitionen werden noch etwa 200 Mill. DM erfordern. Mit Rücksicht auf die sonstigen großen finanziellen Verpflichtungen der Kommunen ist auch in Zukunft nicht an eine Kostenbeteiligung der Mitgliedskreise gedacht.

Die Verwendung von duktilen Gußrohren im Gashochdrucknetz der Dortmunder Stadtwerke Aktiengesellschaft

Von HEINRICH HOLTSCHULTE

Allgemeines

Die Gaswirtschaft in Deutschland erlebt zur Zeit einen stürmischen Aufschwung. Nach der Einführung des Erdgases steigt die Gasabgabe insbesondere für Heizzwecke rapide an. Für die Gasversorgungsunternehmen ist dies ein erfreuliches Ereignis, welches jedoch auch seine Schattenseiten hat.

Mit der steigenden Abgabe wird nicht nur die Struktur der Gasabgabe verändert, es ändert sich auch die Mengenbilanz über den Tag. Hohe maximale Stundenbelastungen stehen Schwachlastzeiten gegenüber. Um jedoch die Spitzenbelastungen zu meistern, steht jedes GVV vor der Aufgabe, die Transportkapazität des Verteilungsnetzes mit möglichst geringen Mitteln den gesteigerten und noch zunehmenden Abgabemengen anzupassen.

Aus der Geschichte der Gasversorgung

Unter den genannten Aspekten scheint es interessant, einmal den geschichtlichen Werdegang der Gaswirtschaft kurz zu betrachten [1].

Jeder von uns weiß, daß James Watt die erste verwendbare Dampfmaschine konstruierte. Kaum jemand aber weiß, daß sein Mitarbeiter William Murdock im Jahre 1792 sein Haus und seine Werkstatt mit Steinkohlengas beleuchtete und somit als Erfinder der Gasbeleuchtung gilt. Dessen Schüler wiederum, Samuel Clegg, errichtete 20 Jahre später das erste Gaswerk in London und entzündete in der Silvesternacht des Jahres 1813 die ersten Gasflammen auf der berühmten Westminster Brücke. Er mußte es selbst tun, da kein Laternenanzünder dabei in die Luft fliegen wollte. Von da an beginnt der Siegeszug des Leuchtgases. Bis 1850

gibt es in Deutschland bereits 35 Gaserzeugungsstätten, 1859 werden 45 Millionen Kubikmeter, um die Jahrhundertwende bereits 1 200 Millionen Kubikmeter Gas in deutschen Gaswerken erzeugt. Eine großartige Entwicklung, wenn man weiß, welche Widerstände zu überbrücken waren.

So schreibt die „Kölnische Zeitung“ am 28. März 1819 über die Gaslaterne:

„... Sie ist aus theologischen Gründen verwerflich, da die göttliche Ordnung und Finsternis nicht vom Menschen zerstört werden darf, sie ist medizinisch verwerflich, da die Ausdünstung des Gases schädlich ist und die nächtliche Beleuchtung der Straßen zum Herumflanieren einlädt und die Erkältungsgefahr steigert, sie ist philosophisch verwerflich, da sie Trunkene und Verliebte zu Exzessen verleiten wird, sie ist polizeilich verwerflich, da sie Pferde scheu und Diebe kühn machen wird, und sie ist volkswirtschaftlich verwerflich, da die Einfuhr von Kohlen zur Gasbereitung den Nationalreichtum schwächt...“

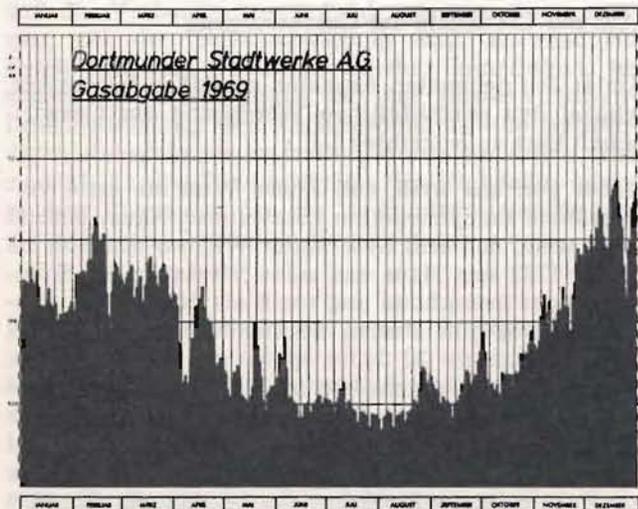
Die Dortmunder Gasversorgung

In der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts ist die alte „Freie Reichs- und Hansestadt Dortmund“ mit ihren etwa 10 000 Einwohnern eine Ackerbürgerstadt.

Kohle und Eisen bestimmen die künftige wirtschaftliche Entwicklung der Stadt. Bereits 1845 beantragen einige unternehmungsfreudige Bürger die Erlaubnis, eine „Gasbereitungsanstalt“ errichten und das bereite Gas zur Beleuchtung ihrer Häuser verwenden zu dürfen. Es dauert 5 Jahre, bis diesem Antrag stattgegeben wird, es dauert weitere 5 Jahre, bis im Jahre 1855 eine Kommission die Einrichtung einer Gasanstalt prüfen soll. Doch dann geht alles sehr schnell. Pläne für die Gasanstalt werden erarbeitet, ein geeigneter Bauplatz ist vorhanden.

Bereits im Februar 1856 wird die Lieferung von gußeisernen Leitungsröhren bis zu 8 Zoll Weite ausge-

Bild 1



Dortmunder Stadtwerke AG

Entwicklung der Gasabgabe

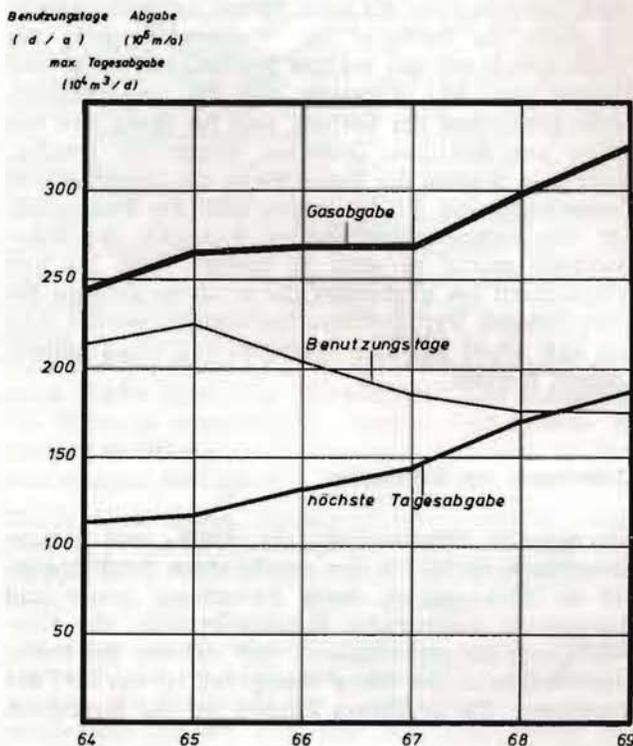


Bild 2

schrieben. Geplant ist, 29 561 Fuß Leitungsröhren zu verlegen. Die Wanddicke soll einem Druck von 4 Atmosphären widerstehen.

Am 21. Dezember 1856, am Goldenen Sonntag, brennen zum erstenmal in Dortmund die neuen Gas-Straßenlaternen und werden staunend bewundert.

Am 19. Juni 1857 wird dann die „Dortmunder Aktiengesellschaft für Gasbeleuchtung“ gegründet.

Bis zum Jahre 1920 entstehen mehrere Gasanstalten, um den wachsenden Gasbedarf — man verwendet mittlerweile Gas auch zum Kochen — zu decken.

Um die Mitte der zwanziger Jahre reicht die Kapazität der Gaswerke nicht mehr aus. Man entschließt sich für den Gasbezug. Die Gaslieferung erfolgt von der im Westen der Stadt Dortmund gelegenen Zeche Dorstfeld über Rohrleitungen von Dorstfeld bis zur Pottgießerstraße. Als zweite Lieferzeche wird später die Zeche Grimberg in Bergkamen, nordöstlich von der Stadtgrenze Dortmunds liegend, erschlossen und im Jahre 1939 eine ca. 12 km lange Stahlleitung von Zeche Grimberg bis zur Behälterstation „Zinkhütte“ gebaut. Weitere Leitungsverbindungen zwischen Zinkhütte und Pottgießerstraße und eine Abzweigung von der Grimberger Leitung bis zur Zeche Dorstfeld ermöglichen den Gastransport von Dorstfeld bis zur

Dortmunder Stadtwerke

Aktiengesellschaft Gashochdrucknetz

Gesamtlänge 196,0 km 1970



Bild 3

Zinkhütte und von Grimberg bis Pottgießerstraße. Dieses Gashochdrucknetz, damals Mitteldrucknetz genannt, ist dem Niederdrucknetz überlagert und hat 1940 eine Länge von 66 km und im Jahre 1950 eine Gesamtlänge von 86 km.

Entwicklung der Gasabgabe in Dortmund seit 1950

Durch die Einwirkungen des zweiten Weltkrieges wurde die Gasversorgung der Stadt Dortmund sehr stark beeinträchtigt. Die Anlagen der Gasversorgung, insbesondere das Rohrnetz, wiesen große Schäden auf. Die Gasabgabe im Jahre 1945 betrug nur 15 Mio. m³. Erst im Jahre 1950 wurde der Stand von 1942 mit einer Gesamtabgabe von 97 Mio. m³ wieder erreicht. Die rege Bautätigkeit im Stadtgebiet von Dortmund

weitete den Abnehmerkreis stark aus und erschloß neue Absatzmärkte. Die Verwendung von Gas zur Raumheizung in öffentlichen Gebäuden, Schulen, Kirchen und Haushaltungen ließ mit dem Gasbedarf der Industrie die Gasabgabe stark ansteigen. 1960 wurden bereits 182 Mio. m³ und 1969 325 Mio. m³ abgegeben. Im Jahre 1970 wird die Gasabgabe auf ca. 350 Mio. m³ geschätzt. Auf Grund von Prognoserechnungen beläuft sich die Gasabgabe im Jahre 1978 auf ca. 620 Mio. m³. Aus diesen Zahlen ist zu ersehen, daß sich die Gasabgabe in ca. 10 Jahren verdoppelt.

Die Tagesmengen weisen jedoch erhebliche Schwankungen auf (Bild 1), die Benutzungstage sind rückläufig (Bild 2).

Bis zum Jahre 1963 wurde das Gas nach wie vor von den Kokereien der Zeche Grimberg in Bergkamen und der Zeche Dorstfeld im Westen der Stadt bezogen.

Die Versorgungsschwerpunkte lagen in der Innenstadt mit den umliegenden Bezirken und den angrenzenden Stadtteilen im Norden, Osten und Westen. Das Gas konnte somit auf dem kürzesten Weg zu den Abnehmern gelangen. 1963 wurde die Zeche Dorstfeld stillgelegt und als neuer Speisepunkt die Kokerei der Zeche Gneisenau angeschlossen. Damit wurde eine Lieferquelle in den Norden des Versorgungsgebietes verlegt. Gleichzeitig ab 1963 trat eine Verlagerung bzw. Ausdehnung der Versorgungsschwerpunkte in Richtung Süden ein. Südlich der Bundesstraße 1 wird in zunehmendem Maße Heizgas abgesetzt.

Beide Lieferzechen, Grimberg und Gneisenau, liegen im Norden des Versorgungsgebietes. Das Versorgungsgebiet der Dortmunder Stadtwerke AG dehnt sich aber inzwischen bis nach Herdecke im Süden aus. Der Gastransport, der bis 1963 in Ost-West-Richtung erfolgte, hat sich auf die Nord-Süd-Richtung verlagert. Gleichzeitig verlängerten sich die Transportwege. Bis 1963 betrug die Entfernung Speisestelle—Verbrauchsschwerpunkt 6 bis 10 km. Heute beträgt die Entfernung Gneisenau—Herdecke 22 km (Bild 3).

Das Gashochdrucknetz der Dortmunder Stadtwerke Aktiengesellschaft

Der geschilderten Entwicklung und den geänderten Verhältnissen mußte das Gashochdrucknetz jeweils Rechnung tragen. Bild 4 zeigt die Länge der pro Jahr jeweils verlegten Gashochdruckleitungen.

Bild 5 zeigt den Anteil der verschiedenen Nennweiten.

Zu Beginn der Gasverteilung vor über 100 Jahren wurden ausschließlich Gußrohre verwendet. Die Verbindung erfolgte mittels Stemmuffen. Sie war somit nicht längskraftschlüssig, aber auch nicht beweglich und daher als starre Verbindung anzusprechen. Bis zu den 30er Jahren veränderte sich daran nichts. So wurden auch in Dortmund gußeiserne Rohre mit Stemmuffenverbindungen im Hochdruckgasnetz eingebaut.

Als jedoch die Stahlindustrie ebenfalls Rohre fertigte und diese mittels Schweißung zu einer längskraftschlüssigen Leitung zusammengefügt werden konnten,

Länge der pro Jahr verlegten Gashochdruckleitungen der Dortmunder Stadtwerke AG

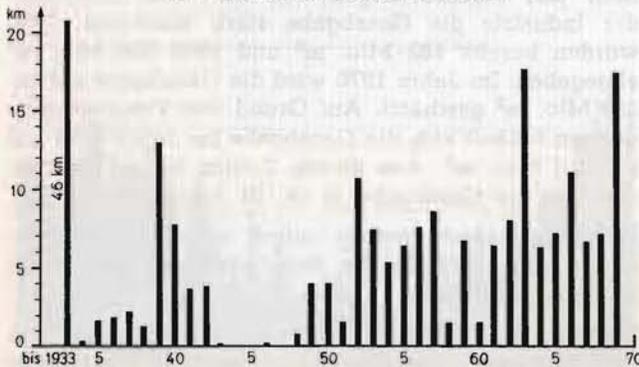


Bild 4

Das Gashochdrucknetz der Dortmunder Stadtwerke AG aufgeteilt nach Nennweiten

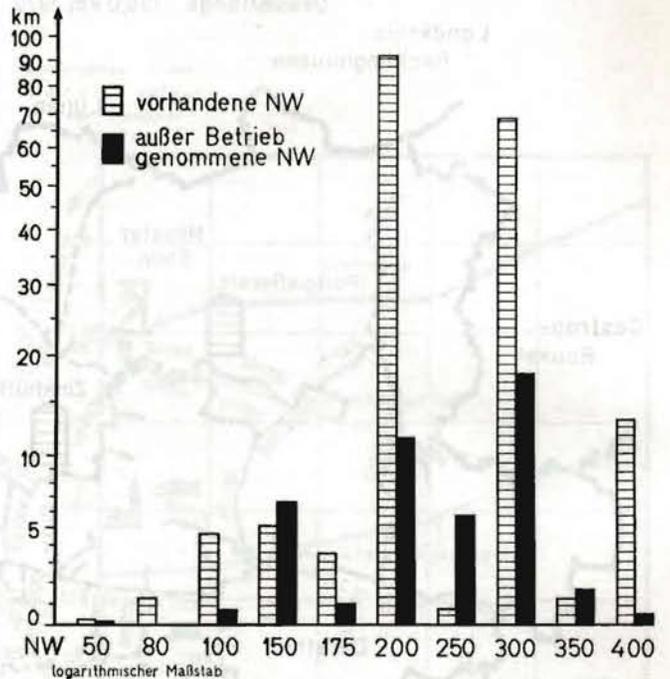


Bild 5

verlegte man im Gashochdruckbereich wegen der größeren Elastizität des Materials Stahlrohre. Mit der Einführung der Schraubmuffe und insbesondere der Schraublangmuffe stand man in Dortmund erneut vor der Frage, welchem Material der Vorzug gegeben werden sollte. Im Hinblick auf das Korrosionsverhalten von Graugußrohren hatte man sehr gute Erfahrungen gemacht. Der Ersatz der Stemmuffe durch die Schraubmuffe brachte wesentliche Vorteile. Die Herstellung einer Stemmuffe benötigte nicht nur viel Zeit, sie erforderte vom Rohrleger viel Geschick, Erfahrung, Zuverlässigkeit und Ausdauer. Bei der Schraubmuffenverbindung wurden Zeit und Arbeitskraft gespart. Ihr besonderer Vorteil lag jedoch in der möglichen axialen Beweglichkeit und in ihrer Auswinkelbarkeit. Da ein Großteil der Rohrleitungen in Bergsenkungsgebieten verlegt werden mußte und die Rohre durch den Untertagebau der Steinkohlenflöze Zerrungen und Pressungen unterschiedlicher Größe ausgesetzt sind, entschied man sich, im Dortmunder Gashochdrucknetz wieder Rohre aus Grauguß in der Klasse B mit Schraubmuffenverbindung einzubauen. Durch Langzeituntersuchungen wurde festgestellt, daß die für die Dichtung verwendeten Gummiringe den Anforderungen standhielten.

Gemäß dem im Juli 1957 vom DVGW herausgegebenen Arbeitsblatt G 461 „Richtlinien für Gasrohrleitungen mit mehr als 1 atü Betriebsdruck aus gußeisernen Rohren und Formstücken“ durften Hochdruckleitungen aus Grauguß in den Nennweiten 100 bis 500 im

bebauten Gebiet für Betriebsdrücke bis 5 atü verwendet werden, im unbewohnten Gebiet für Betriebsdrücke bis 10 atü.

Somit stand der weiteren Verwendung von Graugußrohren innerhalb der Städte auch im Hochdruckbereich bis 5 atü nichts im Wege. Man erkannte auch in den ersten 60er Jahren noch nicht, wie groß der Aufschwung in der Gaswirtschaft einmal sein würde und glaubte also, bis auf weite Sicht ein Rohrnetz geschaffen zu haben, welches unter Ausnutzung des zulässigen Druckes von 5 atü zukünftig durchaus in der Lage sei, die steigende Gasmenge transportieren zu können. Außerdem war es seinerzeit kaum vorstellbar, Rohre, gleich welchen Materials, mit höheren Drücken als 5 atü direkt durch Stadtgebiete zu verlegen. Bekanntlich haben Ferngasgesellschaften innerhalb dichtbebauter Gebiete die Drücke auf ca. 3 atü heruntergeregelt [2].

Die expansive Entwicklung der Gasabgabe, insbesondere seit der Verwendung des Erdgases, hat hier zu einem völligen Umdenken geführt. Es ist unvermeidlich geworden, auch innerhalb von dichtbesiedelten Gebieten Rohrleitungen mit hohen Drücken bis zu 16, 25 oder auch 40 atü zu betreiben.

Diese Entwicklung, verbunden mit dem immer dichter werdenden Straßenverkehr und der dadurch ausgelösten erhöhten Straßenausbautätigkeit, hätte wahrscheinlich der Verwendung des Graugußrohres in der Gasversorgung, zumindest im Hochdruckbereich, ein Ende bereitet.

Gerade rechtzeitig erfolgte die Entdeckung des duktilen Gußeisens. Infolge der kugeligen Graphitabildung verhält es sich in vieler Hinsicht anders als normaler Grauguß mit Lamellengraphit. Aus dem neuen Werkstoff wurden 1956 in Deutschland die ersten duktilen Gußrohre hergestellt.

Das duktile Gußrohr erfuhr gegenüber dem Graugußrohr eine erhebliche Steigerung der Werkstoffkennwerte. Mit der hohen erreichten Bruchdehnung von 16 % und mehr verringert das duktile Gußrohr diesen bisherigen Vorteil des Stahlrohres wesentlich. So können die duktilen Rohre mit einer geringeren Wanddicke als die Graugußrohre hergestellt werden. Das gute Korrosionsverhalten des Gußrohres ist auch beim duktilen Gußrohr festzustellen.

Bedeuteten die erhöhten mechanischen Eigenschaften des duktilen Rohres, verbunden mit der gebliebenen Korrosionsbeständigkeit, eine erhebliche Steigerung der Sicherheit, so war es besonders zu begrüßen, daß durch die Beibehaltung der gleichen Herstellungslängen und der gleichen Verbindungsarten das Rohrnetzpersonal bei Verlegung und Reparatur von duktilen Rohren nicht oder nur gering umzulernen brauchte.

Im Jahre 1962 wurden die ersten duktilen Rohre im Gashochdrucknetz der Dortmunder Stadtwerke versuchsweise und ab 1964 ausnahmslos eingebaut. Zu dieser Zeit gab es keine gültige Norm oder Richtlinie. Der Einbau erfolgte daher entsprechend dem Arbeitsblatt G 461 für Graugußrohre und in Anlehnung an DIN 2470 Blatt 1, die Lieferung der Rohre entsprechend den von der Gußrohrindustrie aufge-

stellten „Vorläufigen Technischen Lieferbedingungen für Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen“. Duktile Formstücke waren noch nicht auf dem Markt, so mußten in die Leitungen aus duktilem Gußeisen noch Formstücke aus Grauguß eingebaut werden.

Wie aus Bild 4 hervorgeht, wurden in den Jahren 1964 bis einschließlich 1968 37 km duktile Gashochdruckleitungen verlegt.

Nachdem im Jahre 1968 endlich Formstücke aus duktilem Gußeisen zur Verfügung standen, wurden in den Jahren 1968/69 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“ in Anlehnung an das überarbeitete Blatt 1 der DIN 2470, das sich mit dem Bau von Stahlleitungen für 1–16 kp/cm² befaßt, erarbeitet und im Entwurf fertiggestellt. Da die Dortmunder Stadtwerke Aktiengesellschaft maßgeblich an dem Richtlinienentwurf mitgearbeitet hat, wurden die in Dortmund im Jahre 1969 verlegten Gashochdruckleitungen aus duktilem Gußeisen bereits für einen Betriebsdruck von 16 atü ausgelegt und auch vom TÜV entsprechend abgenommen. In einer schriftlichen Erklärung wurde dem TÜV gegenüber niedergelegt, daß die Rohrleitungen nicht vor Inkrafttreten der Richtlinien mit dem höchstzulässigen Betriebsdruck gefahren werden, was ohnehin wegen der derzeitigen Verbindungen mit dem übrigen auf max. 5 atü ausgelegten Hochdrucknetz vorläufig nicht möglich ist.

Die Gesamtlänge der im Jahre 1969 verlegten und für max. 16 kp/cm² Betriebsdruck abgenommenen duktilen Rohre beträgt ca. 18 km. Es handelte sich hauptsächlich um die Nennweiten 200, 300 und 400. Ein Teil dieser Rohrleitungen ersetzt alte Stemmuffenleitungen, die zudem noch unterdimensioniert waren. Somit befinden sich im Dortmunder Gashochdrucknetz keine Stemmuffenleitungen mehr.

Erfahrungen beim Bau und Betrieb der Gashochdruckleitungen aus duktilem Gußeisen

Schon bei der Wahl der Rohrverlegungstrassen machte sich ein wesentlicher Vorteil gegenüber der Verlegung aus normalen Graugußrohren bemerkbar. Durch die höhere Festigkeit und die dem duktilen Rohr eigenen Stahleigenschaften war man bei Trassenengpässen in Bürgersteigen oder Straßenunterführungen in der Lage, die Rohrleitung in Standspuren oder in die Straße selbst zu verlegen, wenn auch aus betrieblichen und verkehrstechnischen Gründen eine solche Lage unerwünscht ist. Selbst in Fahrbahnen mit schwerem Verkehr ist das duktile Rohr wegen seiner Festigkeit und seiner beweglichen Verbindung nicht gefährdet.

Beim Transport des Rohrmaterials und der Formstücke ergibt sich wegen der geringeren Gewichte eine Kostenersparnis. Die Handhabung bei den Verlegungsarbeiten stellt sich, gemessen an herkömmlichen Graugußrohren und Graugußformstücken, ebenfalls wegen des veränderten Gewichtes wesentlich leichter. Die

Verlegung selbst ist jedoch nicht einfacher und dadurch wirtschaftlicher als bei Graugußrohren. In den Städten muß mit relativ viel Formstücken gebaut werden.

Die anfängliche Befürchtung, daß durch die Verkürzung der duktilen Formstücke gegenüber den Graugußformstücken ganz erhebliche Schwierigkeiten beim Abfangen der Krümmer und sonstigen Formstücke auftreten würden, bewahrheitete sich nicht.

Durch die Verwendung eines Betons der Güteklasse B 160 konnten die bei einem Prüfdruck von 18 atü auftretenden Kräfte ohne weiteres bei entsprechender Formgebung des Widerlagers auf die Grabenwand übertragen werden. Dennoch ist die Herstellung der Widerlager schwieriger, und die Widerlager müssen wegen der höheren zulässigen Betriebsdrücke bis 16 atü besonders sorgfältig ausgeführt werden. Die durch die geringeren Materialgewichte entstandenen Kostenvorteile werden dadurch wieder gemindert oder ganz kompensiert.

Schwierigkeiten zeigten sich allerdings da, wo im Zuge der Gashochdruckleitungen an den Krümmer- und MMA-Punkten kraftseitig eine Wasserrohrleitung auf fast gleicher Höhe lag oder mitverlegt wurde. Das gilt insbesondere, wenn die Nennweite der Wasserrohrleitung kleiner ist als die der Gashochdruckleitung. Um die Formstücke der Wasserrohrleitung einschließlich der Muffen nicht einzubetonieren, mußten in diesen Fällen die auftretenden Kräfte mittels Schellen und Bolzen zur kraftabgewandten Seite entweder an Schwergewichtsfundamenten oder zusätzlich gerammten Spundbohlen rückverankert werden. Zur Zeit werden Versuche mit Klemmschellen durchgeführt, um diese immer dort einsetzen zu können, wo keine Betonwiderlager möglich sind.

Der Herstellung der Schraubmuffenverbindungen, dem wichtigsten Glied der Rohrleitung, ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Ihre Ausführung muß mit peinlichster Gewissenhaftigkeit erfolgen. Bei der Verlegung der Rohre für einen Betriebsdruck bis max. 5 atü war die Herstellung der Verbindung ohne den zusätzlichen Einbau eines Gleitrings erfolgt. Bei der Verlegung der ersten, für 16 atü Betriebsdruck ausgelegten Leitung wurde die Verbindung zunächst auch ohne Gleitring hergestellt. Dabei war immer wieder festzustellen, daß der Gummiring bei den letzten Muffenanschlüssen enormen Kraftansprüchen in radialer Richtung ausgesetzt war. Das zeigte sich durch ein deutlich spürbares Rückfedern beim Anschlagen. Durch die spätere Verwendung des Gleitrings war dann eine deutliche Arbeitserleichterung beim Anschlagen der Muffen erreicht und auch in jedem Falle eine einwandfreie Verbindung erzielt. Auf Grund der Druckprobe an dieser Leitung wurde die Beobachtung gemacht, daß es sich bei den Muffen, die eine Undichtigkeit aufwiesen, ausnahmslos um Muffen ohne Gleitringe handelte.

In diesem Zusammenhang sei hier noch einmal darauf hingewiesen, obschon es im Gasfach allgemein bekannt ist: Für die Rohrverlegung sind nur Firmen einzusetzen, die vom DVGW überprüft und im Besitz einer gültigen DVGW-Bescheinigung sind. Dabei ist

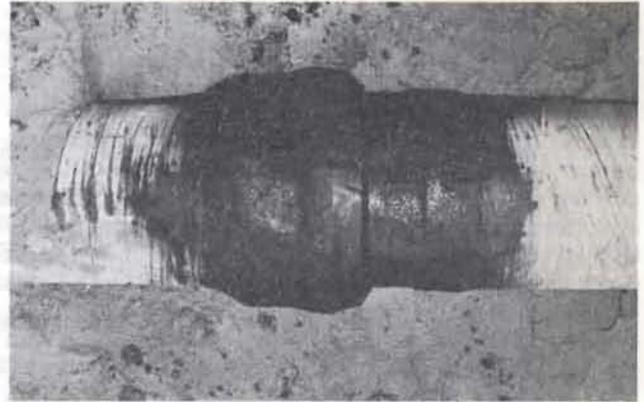


Bild 6

auch zu beachten, daß nur Arbeiten innerhalb der Gruppe ausgeführt werden, für die die Bescheinigung gültig ist. Das gilt insbesondere für Gashochdruckleitungen, an die man in jeder Hinsicht höchste Anforderungen stellen sollte.

Aus diesem Grunde und weil durch Bodenwiderstandsmessungen festgestellt wurde, daß die Böden teilweise als aggressiv bzw. als sehr aggressiv bezeichnet werden müssen, werden bei der Dortmunder Stadtwerke Aktiengesellschaft sämtliche Gashochdruckleitungen aus duktilem Gußeisen mit einem zusätzlichen Korrosionsüberzug bestellt und eingebaut. Der Korrosionsüberzug der Rohre besteht aus einer 3 mm dicken porenfreien Schicht aus gefülltem Steinkohlenteer-sonderpech. Der Erweichungspunkt dieser Schutzschicht liegt bei ca. 80 °C, der Brechpunkt bei ca. -5 °C. Auch die Muffenverbindungen werden entsprechend isoliert, so daß eine durchgehend geschützte Leitung besteht (Bild 6).

Wenn man bedenkt, daß die Mehrkosten bei den Nennweiten 200, 300 und 400 gegenüber dem reinen Rohrmaterial ca. 8 %, gegenüber den Gesamtverlegungskosten jedoch weniger als 1 % betragen, so sollte man bei noch so wohlwollender Betrachtung gegenüber dem Korrosionsverhalten der duktilen Gußrohre diese geringen Mehrkosten bewußt übernehmen, weil dadurch eine noch höhere Sicherheit und eine noch längere Lebensdauer erreicht wird. Die gewonnene erhöhte Sicherheit und die noch längere Lebensdauer gleichen die geringfügig höheren Gesamtkosten mehr als aus.

Die fertigen und verlegten Rohre sind äußerlich nicht vom Graugußrohr zu unterscheiden. Betrieb und Unterhaltung der verlegten Gashochdruckleitungen aus duktilem Gußeisen sowie aller Rohre aus duktilem Gußeisen allgemein sind nach den bisherigen Erfahrungen billiger als bei Graugußrohren.

Ein großer Vorteil liegt darin, daß entsprechend dem Neuentwurf von G 461 nunmehr Anbohrungen zulässig sind. Die bisher notwendige Absperrung einer gesamten Leitungsstrecke zwecks Einbau eines entsprechenden Formstückes entfällt. Die erlaubte Anbohrung und Herstellung eines Abganges mittels geteilter MMA-Stücke ist einfacher und billiger. Durch

die Festigkeit, Zähigkeit und das elastische Verhalten der duktilen Rohre werden Brüche durch bergbauliche Einwirkungen oder durch Nachsacken von Aufbrüchen und auch Zertrümmern durch Baggerarbeiten so gut wie ausgeschlossen. Bei eventuellen Reparaturen an Graugußrohren bis zu NW 200 werden die Rohre meistens mit Rohrschneidern und nicht mittels Rohrsägen mit Fräsen geschnitten. In gleicher Weise wurde zunächst und ausschließlich beim duktilen Rohr gearbeitet. Dadurch wird das Trennen der Rohre im Graben aber zeitraubender, auch wenn die für duktilen Gußeisen entsprechenden Schneidrädchen verwendet werden. Das Rohr platzt nicht mehr an der Schnittstelle weg, weil das ganze Material durchquetscht werden muß. Durch dieses Wegquetschen bildet sich außerdem ein Grat, der meistens mit der Feile entfernt werden muß, da sonst die Schraubringe nicht auf das Rohr passen.

Aus dieser Erkenntnis heraus wurden bereits einige preßluftgetriebene Stichsägen beim Durchtrennen von duktilen Rohren zum Einsatz gebracht. Die Erfahrungen hiermit sind sehr gut.

Bei Rohrleitungen, die infolge bergbaulicher Einwirkungen unter Pressung stehen, werden sich aber sowohl bei der Verwendung von Rohrschneidern als auch bei Verwendung von Stichsägen Schwierigkeiten ergeben. Die Pressung kann u. U. so groß sein, daß nach dem Schnitt keine Trennfuge vorhanden ist und das geschnittene Rohrstück nicht wie beim normalen Gußrohr zerschlagen werden kann. Es ist dann schwierig und zeitraubend, das geschnittene Rohrstück aus der Rohrleitung zu entfernen. Hier wird man sich dann mit autogenen Schweißbrennern helfen.

In der Tabelle 1 sind die im Hochdrucknetz der Dortmunder Stadtwerke Aktiengesellschaft an noch in Betrieb befindlichen Graugußleitungen und duktilen Gußleitungen aufgetretenen Schäden, getrennt nach Schadensart, zusammengefaßt. Festgestellte Schäden an Hochdruckstahlleitungen sind nicht berücksichtigt. Aus der Tabelle ist zu entnehmen, innerhalb welchen Zeitraumes nach der Leitungsverlegung ein Schaden aufgetreten ist. Um die Tabelle übersichtlich zu halten, wurde bei Graugußrohren ein Zeitintervall von 5 Jahren gewählt, bei den noch relativ jungen duktilen Rohren ein Zeitintervall von 2 Jahren.

Tabelle 1
Schäden am GHD-Netz der Dortmunder Stadtwerke AG

Schadensart	Graugußrohre										dukt. Gußrohre				
	im Alter von weniger als.....Jahren														
	5	10	15	20	25	30	35	40	>40	Sa	2	4	6	8	Sa
Korrosion	1									1					
Rohrbruch	3	3	5			1				12					
Rohrbruch ^{*)}	1	1	2	2						6					
Armaturen undicht	6	18	9	11		3	1	2		50	1	3	1	3	8
Armaturenschaden ^{*)}	2									2					
Schraubmuffe undicht	5	23	7	9	3	2	3	7		59	3	4		1	8
Summe Schäden	12	48	21	27	3	6	4	9		130	4	7	1	4	16

^{*)} durch Fremdeinfluß

Undichte Schraubmuffen im GHD-Netz
der Dortmunder Stadtwerke AG

Rohrwerkstoff	Nennweite									
	50	80	100	150	200	250	300	350	400	Sa
Graugußrohre			1	2	27		26		3	59
duktile Gußrohre					7		1			8
Summe			1	2	34		27		3	67

Tabelle 2

Aus der Zusammenstellung wird das besonders gute Korrosionsverhalten des Werkstoffes Guß sehr deutlich. Die Tabelle läßt weiterhin erkennen, daß trotz der oft recht hohen Beanspruchungen der Rohre durch bergbauliche Einwirkungen nur wenige Rohrbrüche aufgetreten sind. Das widerlegt eindeutig die von manchem Nichtfachmann vertretene Auffassung, daß vorhandene Graugußrohre den heute an Rohrleitungen gestellten Anforderungen nicht mehr genügen würden. — Selbstverständlich werden neue und bessere Werkstoffe und insbesondere auf dem Gußrohrrmarkt das duktile Rohr begrüßt; die Auswechslung aller vorhandenen Gußrohre zu fordern, kann und braucht unter keinen Umständen diskutabel zu sein, auch, wenn konsequenterweise vom DVGW die weitere Neuverlegung von Graugußrohren für den Gashochdruckbereich nicht mehr gestattet ist. Hiermit wurde lediglich dem neuen, fortgeschrittenen Stand der Technik Rechnung getragen. —

Die auf Fremdeinfluß zurückzuführenden Brüche sind nicht durch den Bergbau bedingt, sondern infolge Baggerarbeiten u. ä. entstanden. Die 50 aufgeführten Undichtheiten an Armaturen bestanden in den meisten Fällen an den Stopfbuchmuffen der Schieber bzw. der Schrägsitzventile.

Wichtig erscheint, festgehalten zu werden, daß die über einen Zeitraum von fast 40 Jahren festgestellten 59 undichten Schraubmuffenverbindungen durch Nachschlagen des Schraubringes beseitigt wurden. In keinem einzigen Fall hatte der Gummiring versagt.

Um eine Aussage treffen zu können, ob ein Zusammenhang zwischen der Nennweite und den Undichtheiten an der Schraubmuffe besteht, wurde Tabelle 2 zusammengestellt. Danach sind undichte Schraubmuffen am häufigsten bei den Nennweiten 200 und 300 aufgetreten.

Hieraus kann eindeutig geschlossen werden, daß die aufgetretenen Undichtheiten wahrscheinlich ihren Ursprung schon in der Verlegung haben. Wie Bild 5 zeigt, ist die Nennweite 200 mit 48 % und die Nennweite 300 mit 37 % an der Gesamtlänge des Gashochdrucknetzes beteiligt.

Die Zahlen für die duktilen Gußrohre zeigen ebenfalls, daß bei der Verlegung noch sorgfältiger auf eine einwandfreie Verbindung geachtet werden muß; das gilt insbesondere wegen der im Druckbereich noch höheren Zulassung. Inzwischen wurden mit der bereits erwähnten Verwendung des Gleitringes bei den Muffenverbindungen gute Erfahrungen gemacht. Sie lassen darauf schließen, daß nach einer bestandenen

Druckprobe eine spätere Lockerung und somit Undichtheit der Verbindung nicht mehr auftritt, da der Dichtring ohne Torsionsspannungen ist. Auf die Schäden an Armaturen soll hier nicht näher eingegangen werden.

Zusammenfassung

Die Entwicklung der Gasabgabe, besonders für Heizzwecke, die dadurch entstehenden Tagesabgaben und die stündlichen Abgabespitzen zwingen zu entsprechenden Anpassungen in der Transportkapazität der Rohrnetze. Unvermeidlich erscheint es, Rohrleitungen mit hohen Drücken auch in dichtbesiedelten Wohngebieten zu verlegen.

Mit dem duktilen Gußrohr ist dem Verbraucher auch für die Verlegung von Gashochdruckleitungen ein Rohr gegeben, welches unter Beachtung der erforderlichen Vorschriften bei sachgemäßer Verlegung und Unterhaltung sowie bei regelmäßiger Überwachung unter jeweiliger Beachtung aller zutreffenden Richtlinien und Normen mit dazu beiträgt, Gefahren und Schäden auf ein Mindestmaß zu reduzieren.

Literatur

- [1] „100 Jahre im Dienste unserer Stadt.“ Sonderausgabe der Werkzeugzeitung „Du und Dein Werk“ der Dortmunder Stadtwerke Aktiengesellschaft
- [2] DVGW, Berichte zur Gasfachlichen Aussprachetagung, Kassel 1965

Einsatz von Gummidichtringen in Gasleitungen aus Gußrohren *

Von WERNER WOLF

Es wird ein Überblick über den Einsatz von gummidichteten Verbindungen für Gasrohre aus Gußeisen gegeben.

Ergebnisse von Versuchen über den Einfluß von Benzol auf Gummidichtringe in eingebautem Zustand werden mitgeteilt. Hierbei hat sich gezeigt, daß sich Spezialdichtringe, wie sie von den Gußrohrwerken entwickelt wurden, einwandfrei verhalten.

Inhalt

1. Gummidichtringe für gußeiserne Gasleitungen bis zum zweiten Weltkrieg
2. Gummidichtringe für gußeiserne Gasleitungen nach dem zweiten Weltkrieg
3. Versuche mit Dichtungen in Versuchsgasleitungen und im Labor
 - 3.1 Einfluß der Gasart
 - 3.2 Versuchsgasleitungen
 - 3.3 Laborversuche mit Dichtringen
 - 3.3.1 Beobachtung der Schnittfläche von „eingebauten“ Dichtring-Abschnitten, die unter Quellmitteleinfluß stehen
 - 3.3.2 Verhalten von eingebauten Dichtringen unter der Einwirkung von Benzol in flüssiger Phase
 - 3.3.3 Messung des Konzentrationsgefälles an Quellmittel in eingebauten UNION-Ringen
 - 3.3.4 Einfluß von Gaszusätzen auf Dichtringe
 - 3.3.4.1 Einfluß von Methanol
 - 3.3.4.2 Einfluß von Triäthylenglycol
 - 3.3.4.3 Einfluß von Tetrahydrothiophen (THT)
4. Schlußfolgerungen aus den vorliegenden Erfahrungen und Ausblick.

* Nachdruck aus gwf — gas/erdgas 111 (1970) H. 8. Mit freundlicher Genehmigung des Verlages R. Oldenbourg, München.

1. Gummidichtringe für gußeiserne Gasleitungen bis zum zweiten Weltkrieg

Obwohl schon an verschiedenen Stellen auf die relativ lange Geschichte der gummidichteten Verbindung bei Gußrohren eingegangen wurde, sollen der Vollständigkeit halber und im wesentlichen mit Beschränkung auf die deutschen Erfahrungen einige Stichworte gegeben werden [1], [2], [3].

1839 entdeckte Goodyear in den Vereinigten Staaten das Verfahren der Heißvulkanisation, nach dem man den klebrigen plastischen Kautschuk in elastischen Gummi überführen kann. Diese Entdeckung bildete die Basis für einen Einsatz von Gummi als langlebiges Dichtungsmaterial.

Bereits 1850 wurde in Deutschland der erste Versuch einer Verwendung gummidichteter Verbindungen in großem Maßstab beim Gaswerk in Hanau durchgeführt. Man verlegte eine 13,5 km lange Gasleitung mit Kautschuk-Rolldichtung [1]. Andere Gaswerke folgten.

Bis 1861 sind in Deutschland rd. 460 km gummidichtete Gußrohrleitungen mit Rolldichtung verlegt worden.

Von einigen Leitungen ist bekannt, daß sie viele Jahrzehnte in Betrieb waren. Diese Tatsache ist bemerkenswert, denn Mitte des vorigen Jahrhunderts befand sich die Gummitechnologie noch in den Anfängen; seither sind auf diesem Gebiet große Fortschritte gemacht worden und Gummidichtringe, die den heute geltenden Liefervorschriften entsprechen, besitzen ein unvergleichlich viel höheres Qualitätsniveau als die ersten in Gasleitungen eingebauten Gummidichtringe. Von besonderer Bedeutung ist diese Tatsache hinsichtlich des Alterungsverhaltens und der elastischen Eigenschaften des Gummis. Vom Gummiring wird ver-

langt, daß er über mindestens 50 Jahre seine Dichtfunktion erfüllt. Diese Forderung setzt voraus, daß sich einerseits die Eigenschaften eines eingebauten Ringes nicht oder nur sehr langsam ändern, d. h., daß er ein gutes Alterungsverhalten besitzt und daß andererseits die elastischen Spannungen im eingebauten Gummiring, durch die seine Flanken gegen die Dichtkammerwand gepreßt werden und die die Voraussetzung für die Dichtfunktion sind, über lange Zeit erhalten bleiben.

Die ersten gummigedichteten Verbindungen waren Rollring-Verbindungen. Im Laufe der Zeit sind eine Reihe weiterer Rohrverbindungs-Konstruktionen als Rollring-, Steckmuffen- und Stopfbuchsenmuffen-Verbindung und als Rohrkupplung (zwei glatte Rohrenden werden durch ein Kupplungsstück verbunden) entwickelt und eingesetzt worden [2].

1910 sind erstmals Gußrohre mit einer Schraubmuffe, der „Willer-Muffe“, von der Halbergerhütte geliefert worden. Diese Schraubmuffe wurde mit einem Gummidichtring mit rundem Querschnitt mit einer Härte von etwa 60 Shore-Härtegraden und mit Gleitring verlegt. Die dem Gas zugewandte Seite des Ringes blieb ungeschützt.

Die etwa zwei Jahrzehnte später gelieferte Schraubmuffe Halberg stellte eine Weiterentwicklung der Willer-Muffe dar. Als Dichtring diente ein Gummiring mit keilförmigem Querschnitt, der auf seiner dem Gas zugewandten Seite mit einer Bleikappe versehen war. Die Bleikappe hatte die Aufgabe, ein Hineinwandern des Gummis in den Spalt zu verhindern — auch Ringe für Wasserleitungen hatten eine Bleikappe — und den Gummi vor der Einwirkung quellend wirkender Gasbestandteile zu schützen. Die Verlegung erfolgte mit Gleitring.

Diese Ausführung des Gummiringes — mit Bleikappe — wurde auch während des Krieges zum Einbau in Gasleitungen mit Schraubmuffe Halberg beibehalten.

1931 wurde von den damaligen Deutschen Eisenwerken, Gelsenkirchen, die Schraubmuffe UNION auf den Markt gebracht. Sie unterschied sich von der Schraubmuffe Halberg in der Ausbildung des Gewindes und der Form des Dichtringquerschnittes.

Als Dichtungsringe für die Schraubmuffe UNION wurden geliefert:

- ab 1931 Gummiringe mit Bleispitze und Bleirücken. Die Verlegung erfolgte ohne Gleitring;
- ab 1934 Gummiringe, aufgebaut aus drei Schichten, wobei Ringspitze und Ringrücken aus einer härteren Gummiqualität (ca. 80 Shore A) und der Ringmittelteil aus einer weicheren Gummiqualität (ca. 50 Shore A) bestanden; die Verlegung erfolgte mit Gleitring. Die Aufgabe der Bleikappe als Schutz gegenüber quellend wirkenden Gasbestandteilen fiel bei diesen Ringen der Ringspitze aus der härteren Gummiqualität zu, die auf Grund ihres größeren Gehaltes an Füllstoffen eine größere Beständigkeit gegenüber Kohlenwasserstoffen besitzt;
- ab 1937 ging man dazu über, UNION-Ringe in den kleineren Nennweiten ohne Gleitring zu verlegen.

(Die hier mitgeteilten Jahresangaben stellen keine scharfen Zeitgrenzen dar; die Lieferungen der verschiedenen Ringtypen überschritten sich weitgehend.)

Ab 1931 wurden auf dem deutschen Markt in zunehmendem Umfang Gußrohre mit Schraubmuffe geliefert. Die bis dahin meist eingesetzte Stemmuffenverbindung verlor rasch an Bedeutung.

Der Übergang von der Stemmuffe zur Schraubmuffe hatte verschiedene Ursachen: die starre Stemmuffe war den wachsenden Belastungen durch den Verkehr mit seinen Bodenerschütterungen nicht gewachsen, die Verlegung der Schraubmuffe erfordert einen erheblich geringeren Arbeitsaufwand als die der Stemmuffe, und die Verwendung von Blei mußte in den 30er Jahren in Deutschland eingeschränkt werden.

2. Gummidichtringe für gußeiserne Gasleitungen nach dem zweiten Weltkrieg

Im und nach dem Zweiten Weltkrieg wurden zum Bau von vielen tausend Kilometern Gasleitungen UNION-Ringe aus Naturgummi und Hartrücken eingesetzt.

In der Gasindustrie begann sich bald ein Strukturwandel abzuzeichnen, der heute noch nicht abgeschlossen ist, und der gekennzeichnet ist durch den Übergang von Kokereigas zu anderen Gassorten — letztlich zum Erdgas — sowie zu höheren Gasdrücken.

Das duktile Gußeisen wurde im Jahre 1948 erfunden, und es dauerte nur einige Jahre, bis in Europa die ersten Rohre aus duktilem Gußeisen auf den Markt kamen.

Die Aufnahme der Produktion von duktilen Gußrohren in der Bundesrepublik im Jahre 1956 erlaubte es den deutschen Gußrohrwerken, ein Rohr zu liefern, das die steigenden Anforderungen erfüllt, die heute an das Rohrmaterial gestellt werden müssen.

Parallel zu den Arbeiten am duktilen Gußrohr bemühten sich die Gußrohrhersteller, Spezialdichtringe zum Einbau in Gasleitungen zu entwickeln, die gegenüber den bis dahin eingesetzten Dichtringen erhöhte Sicherheit bieten. Zu diesem Zweck wurden Versuche mit einer Reihe von synthetischen Elastomeren durchgeführt, die als gut beständig gegenüber Kohlenwasserstoffeinwirkung gelten.

Von einem Elastomer, das zur Herstellung von Dichtringen geeignet ist, muß verlangt werden, daß es neben einer guten Beständigkeit gegenüber allen in Frage kommenden Gasbestandteilen gute elastische Eigenschaften besitzt. Die Forderung nach dem Vorhandensein dieser beiden Eigenschaften ließ viele der untersuchten Materialien als ungeeignet zur Herstellung von Dichtringen ausscheiden.

Die Entwicklungsarbeiten führten zunächst zu zwei Spezialringen, die von den Gußrohrwerken zum Einbau in Gasleitungen aus duktilem Gußeisen geliefert werden. Es handelt sich hierbei um den Polygumring und den Perbunanring für die Schraubmuffe UNION.

Der Polygumring besteht aus einem UNION-Naturgummiring mit Hartspitze und Hartrücken, der auf

seiner dem Gas zugewandten Seite mit einer Schutzkappe aus Polyamid versehen ist, die auch als eine Art Stütze wirkt (vgl. Bild 4 a bis c).

Polyamid ist gegenüber allen in Brenngasen vorkommenden Kohlenwasserstoffen beständig und schützt den Gummiring im eingebauten Zustand vor ihrer Einwirkung. Die Polyamidkappe wird im Spritzgußverfahren hergestellt. Die Verklebung mit dem Gummi erfolgt während der Vulkanisation des Ringes. Polygumringe bis NW 300 werden seit 1961 geliefert und wurden seither in viele hundert Kilometer Gasleitungen eingebaut.

Ringe, die nach fünfjähriger Betriebszeit wegen einer Umlegung aus einer Hochdruckgasleitung ausgebaut worden sind, sahen gegenüber neuen Ringen unverändert aus und wurden sofort wieder verwendet.

Der Perbunan-UNION-Ring wird aus Perbunan N hergestellt. Perbunan N ist ein Markenname für das Misch-Polymerisat von Butadien und Acrylnitril; die daraus hergestellten Gummimischungen zeichnen sich durch eine ausgezeichnete Quellbeständigkeit, besonders gegenüber gesättigten Kohlenwasserstoffen aus. Die zur Herstellung der Dichtringe verwendete Gummimischung ist auf eine ausgewogene Kombination von Quellfestigkeit mit guten elastischen Eigenschaften abgestimmt. Die Ringspitze und der Ringrücken des Perbunanringes bestehen, wie beim Naturgummi-UNION-Ring, aus einer härteren Gummiqualität (85 Shore A) als das Ringmittelteil (50 Shore A). Perbunan-Ringe für die Schraubmuffe UNION werden seit 1961 in allen Nennweiten geliefert und wurden wie die Polygumringe in viele hundert Kilometer Gasleitungen eingebaut.

Neben der Schraubmuffe gewann ab 1957 eine Steckmuffenverbindung — die TYTON-Verbindung — eine rasch wachsende Bedeutung als Gußrohr-Verbindung. Sie wurde zunächst nur auf dem Wassersektor eingesetzt.

Die TYTON-Verbindung wurde eingehend auf ihre Eignung zum Einbau in Gasleitungen untersucht, und es wurden Entwicklungsarbeiten durchgeführt, um ein allen Anforderungen entsprechendes Dichtelement für diese Verbindung zu schaffen. In Abschnitt 3.3.1 wird auf diesen Punkt näher eingegangen. Bis heute wurde die TYTON-Verbindung mit normalen Naturgummi-Dichtringen außer in Versuchsgasleitungen im Mittel- und Hoch-Druckbereich zum Bau von ca. 70 km Niederdruck- und Mitteldruck-Gasleitungen eingesetzt.

Im Hinblick auf die Qualitätssicherung der Gummiringe wurden von den Gußrohrwerken bereits 1936 Verhandlungen über Lieferbedingungen für Gummidichtringe aufgenommen.

Im Jahre 1965 erfolgte die Herausgabe der „Lieferbedingungen, Prüf- und Gütevorschriften für Naturgummi-Dichtringe für die Schraubmuffen-, Stopfbuchsenmuffen- und TYTON-Verbindung“ durch die Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre. Einzelheiten hierzu können im Gußrohrhandbuch II nachgelesen werden [4].

Im Jahre 1968 wurden die entsprechenden Lieferbedingungen für Perbunan-Dichtringe herausgegeben [4].

3. Versuche mit Dichtringen in Versuchs-Gasleitungen und im Labor

Gummidichtringe sind in Gasleitungen einer großen Zahl von Einflußgrößen ausgesetzt. So hängt ihr Verhalten entscheidend von der Gasart, der Dichtring-Type und -Qualität, dem Gasdruck, der Muffenkonstruktion und gegebenenfalls von dem Einfluß von kohlenwasserstoffhaltigen Kondensaten ab.

Um diese Einflußgrößen in ihrer Auswirkung auf das Verhalten der zum Einbau in Gußrohrleitungen zur Verfügung stehenden Dichtringe im allgemeinen und der für Gasleitungen entwickelten Spezialgummiringe im besonderen zu prüfen, wurden Untersuchungen in Versuchsleitungen und im Labor durchgeführt.

3.1 Einfluß der Gasart

Reine Brenngase, bestehend aus Gemischen unterschiedlicher Zusammensetzung von Wasserstoff, Methan, Äthan, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Stickstoff, greifen Gummi auch bei hohen Drücken in keiner Weise an.

In der Praxis enthalten Brenngase jedoch in mehr oder weniger großen Anteilen höhere Kohlenwasserstoffe, die auf Gummi und synthetische Elastomere in unterschiedlichem Umfang einwirken.

Die in Gasen anzutreffenden Kohlenwasserstoffe gehören ihrer Natur nach zwei Stoffgruppen an. Man kann unter teils chemischen und teils technologischen Gesichtspunkten unterscheiden:

a) aromatische Kohlenwasserstoffe

Zu dieser Gruppe gehören Benzol — als wichtigster Vertreter — sowie Toluol, Xylol, Naphthalin und andere.

Die aromatischen Kohlenwasserstoffe wirken mehr oder weniger stark quellend auf alle Elastomere. Unter ihnen gehört Benzol zu den Stoffen, die die stärkste Quellwirkung besitzen.

Naturgummi erfährt in Benzol die stärkste Quellung.

Die Quellung von Perbunan in Benzol beträgt weniger als die Hälfte derjenigen von Naturgummi.

b) Benzinkohlenwasserstoffe

Sie bestehen aus Gemischen von gesättigten Kohlenwasserstoffen mit geraden oder verzweigten Ketten von Kohlenstoffatomen mit einem relativ geringen Anteil von ungesättigten Kohlenwasserstoffen.

Die Reihe der gesättigten Kohlenwasserstoffe beginnt mit den Verbindungen Methan, Äthan, Propan, Butan.

Ihre Quellwirkung auf Naturgummi steigt mit steigendem Molekulargewicht (wenn man nur die hier interessierenden Verbindungen berücksichtigt). Methan und Äthan wirken praktisch nicht auf Gummi ein. Auch Propan und Butan üben in Gasphase bei geringen Drücken eine nur geringe

Quellwirkung auf Naturgummiprüben aus. Die höheren bei Normaltemperatur als Flüssigkeiten vorliegenden gesättigten Kohlenwasserstoffe wirken auf Naturgummi stärker quellend, erreichen jedoch in ihrer Wirkung bei weitem nicht die Wirkung von Benzol.

Perbunan ist gegenüber Benzinkohlenwasserstoffen praktisch beständig.

Unter dem Gesichtspunkt der Quellwirkung auf Elastomere bestehen unter den Brenngasen große Unterschiede, die davon abhängen, welche Kohlenwasserstoffe in ihnen enthalten sind und in welchen Mengen diese vorliegen.

Man kann sie einteilen in solche, die als Bestandteil Benzol und aromatische Kohlenwasserstoffe und solche, die Benzinkohlenwasserstoffe enthalten.

Zur ersten Gruppe gehört Kokereigas. Zur zweiten Gruppe gehören Raffgas, Erdölgas und Erdgas. Spaltgas kann eine Mittelstellung einnehmen, da es meist neben den Benzinkohlenwasserstoffen auch Benzol enthält.

Die stärkste Quellwirkung auf Elastomere üben ohne Zweifel die ungereinigten Kokereigase aus mit ihrem am Sättigungspunkt liegenden Gehalt an Benzol, Naphthalin und Teerölen. In Leitungen, in denen solche Gase gefördert werden, bilden sich bei der Abkühlung Kondensate, die aus einem komplexen Gemisch von Wasser, aromatischen und aliphatischen Kohlenwasserstoffen bestehen.

Gase mit relativ großen Gehalten an Benzinkohlenwasserstoffen wirken wesentlich weniger auf Gummi ein als benzolreiches Gas.

An kondensierbaren Kohlenwasserstoffen arme Ferngase und Erdgase, die in steigendem Umfang zur Verteilung gelangen, wirken auf Gummi praktisch nicht ein.

Man kann davon ausgehen, daß ein prinzipieller Unterschied besteht zwischen Gasen, die in den Leitungen kohlenwasserstoffhaltige Kondensate abscheiden und solchen, die dies nicht tun. Das Kohlenwasserstoffkondensat kann stark quellend auf einen ungeschützten Naturgummiring wirken, während die in Gasphase verbleibenden Kohlenwasserstoffe eine je nach Muffenkonstruktion und Dichtring-Type nur geringfügige Quellung ausüben können.

3.2 Versuchsgasleitungen

Im Hinblick auf den sich anbahnenden Strukturwandel in der Gaswirtschaft, auf den bereits hingewiesen wurde, begannen die Gußrohrwerke in den 50er Jahren Gummiringe verschiedener Qualitäten und Typen in Versuchsgasleitungen einzubauen. Da möglichst rasch Ergebnisse über das Verhalten der Gummiringe sowohl in Hochdruck- als auch in Mitteldruck- und Niederdruckleitungen gewonnen werden sollten, wurden für die Versuche vorwiegend Hochdruckleitungen ausgewählt.

Es wurden Rohrabschnitte mit UNION-Verbindung und mit TYTON-Verbindung unter Verwendung von

normalen Naturgummiringen und von Spezial-Dichtungen als Dichtelemente in die im Folgenden aufgeführten Versuchsgasleitungen eingebaut:

1. Kokereigas-Hochdruckleitung Wetzlar, verlegt 1951, Betriebsdruck bis 10 kp/cm²
2. Kokereigas-Hochdruckleitung Salzgitter, verlegt 1958, Betriebsdruck bis 25 kp/cm²
3. Erdölgas-Hochdruckleitung Salzgitter, verlegt 1960, Betriebsdruck bis 35 kp/cm²
4. Erdölgas-Hochdruckleitung München, verlegt 1962, Betriebsdruck bis 25 kp/cm²
5. Erdölgas-Mitteldruckleitung Salzgitter, verlegt 1964, Betriebsdruck bis 1500 mm WS.

Aufgrabungen erfolgten jeweils in Abständen von einigen Jahren. Über die Aufgrabungsergebnisse liegt ein Gutachten des Institutes für Gastechnik, Feuerungstechnik und Wasserchemie der Technischen Hochschule Karlsruhe aus dem Jahre 1965 vor [5]. Die längste Versuchszeit, die dort genannt wird, betrug 12 Jahre (Versuchsleitung Wetzlar). Das Ergebnis der Aufgrabungen der Versuchsgasleitungen kann folgendermaßen zusammengefaßt werden:

Alle Verbindungen waren zu allen Aufgrabungsterminen dicht. In den Hochdruckleitungen sind ungeschützte Naturgummiringe teilweise gequollen; einzelne Ringe zeigten auf der vorderen Ringspitze Anrisse, die aber auf die Funktion des Ringes keinen Einfluß hatten, da die Dichtflächen unbeschädigt geblieben waren. Polygum-Ringe und Perbunanringe waren kaum verändert. Maß-, Härte- und Gewichtsänderungen waren bei ihnen unbedeutend. Die Ergebnisse, die aus den Versuchsleitungen erhalten worden sind, brachten die Bestätigung, daß Gummidichtringe als Dichtelemente in Gasleitungen geeignet sind.

3.3 Labor-Versuche mit Dichtringen

Beobachtungen, die an Gummi-Dichtringen aus den Versuchsgasleitungen nach dem Ausbau gemacht worden sind, bildeten den Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen in den Laboratorien der Gußrohrhersteller.

Beim Ansatz dieser Versuche wurde von der Feststellung ausgegangen, daß die Quellung von eingebauten, ungeschützten Gummiringen durch Kohlenwasserstoffe um eine Größenordnung geringer ist als die Quellung von Probekörpern aus dem gleichen Material, die in die entsprechenden Quellmedien eingehängt werden [6]. Ursache hierfür ist die Tatsache, daß der eingebaute Gummiring an einer unbegrenzten Volumenzunahme gehindert wird durch die räumliche Begrenzung, die durch die Größe der Muffenkammer gegeben ist, und daß nur ein kleiner Teil der Gummiringoberfläche dem Quellmedium ausgesetzt ist.

Es wurde daher der Schwerpunkt der Versuche auf solche an eingebauten Gummiringen gelegt, um möglichst praxisnahe Ergebnisse zu erhalten.

Die Versuche wurden vorwiegend mit Benzol durchgeführt, weil dieses das stärkste der in Frage kommenden Quellmittel ist. Es muß jedoch bemerkt wer-

den, daß die Wahl dieses Kohlenwasserstoffes Bedingungen schafft, die in dieser Härte in einer Gasleitung nicht gegeben sind. Man kann heute davon ausgehen, daß in Zukunft Gase mit hohen Benzolgehalten sowie Gase, die zur Kondensatabscheidung neigen, immer seltener zur Verteilung gelangen werden.

Im einzelnen lassen sich die durchgeführten Versuche in folgende Gruppen einteilen:

1. Beobachtung der Schnittfläche von „eingebauten“ Dichtringabschnitten, die unter Quellmitteleinfluß stehen.
2. Verhalten von eingebauten Dichtringen unter der Einwirkung von Benzol in flüssiger Phase.
3. Messung des Konzentrationsgefälles an Quellmittel in eingebauten UNION-Ringen.
4. Einfluß von Gaszusätzen auf Dichtringe.

3.3.1 Beobachtung der Schnittfläche von „eingebauten“ Dichtringabschnitten, die unter Quellmitteleinfluß stehen

Normale ungeschützte Naturgummiringe in den Versuchsgasleitungen, die unter sehr scharfen Bedingungen — Anwesenheit großer Mengen von Kohlenwasserstoff-Kondensat — eingesetzt waren, sind teilweise in den Muffenspalt eingequollen; teilweise sind Beschädigungen des dem Gas zugewandten Ringteils in Form von Rissen aufgetreten. Solche Risse können auftreten, wenn die herrschende Spannung die dem Material eigene Zugfestigkeit überschreitet.

Um diesen Vorgang bei den Gummiringen besser verstehen und Methoden zu seiner Ausschaltung entwickeln zu können, wurde nach einer Methode gesucht, den im eingebauten Ring herrschenden Spannungszustand sichtbar zu machen. Die besten Ergebnisse wurden erhalten, indem der Quellvorgang unter einer

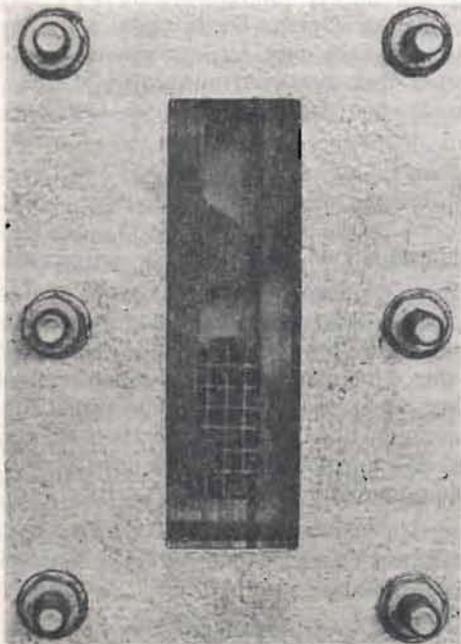


Bild 1: Prüfungsanordnung zur Beobachtung des Quellvorgangs unter Glas (Vorderansicht)

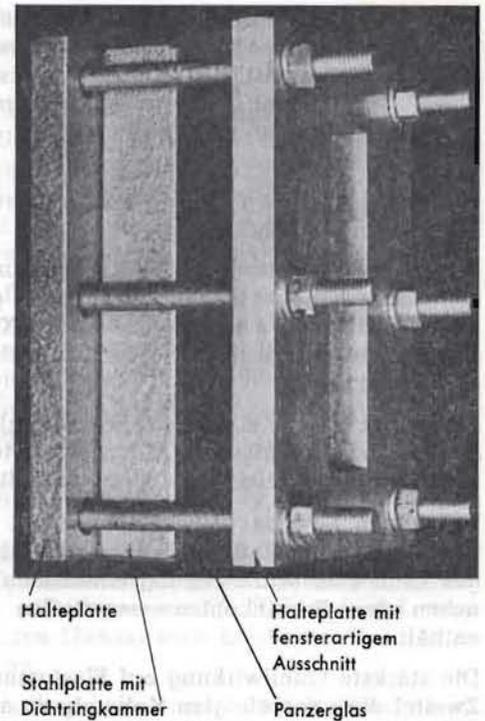


Bild 2: Prüfungsanordnung zur Beobachtung des Quellvorgangs unter Glas (Seitenansicht)

Glasplatte auf der Querschnittfläche von „eingebauten“ Ringstücken beobachtet wurde. Hierzu wurden verschiedene Versuchsanordnungen ähnlich der Bauart verwendet, wie sie in den Bildern 1 und 2 dargestellt ist.

In die muffenkammerartigen Ausschnitte (UNION oder TYTON) wurden ca. 20 mm lange Abschnitte von Dichtringen eingelegt, beiderseits plan geschliffen, auf der einen Seite (vorne) mit einem Strichgitter versehen und die beiden Seiten mit einer Stahlplatte (hinten) und mit einer Panzerglasplatte (vorne) abgedeckt. Von oben wurde durch eine Bohrung das Quellmittel (Benzol) in die „Muffenkammer“ über dem Gummiringstück eingefüllt.

Die Anordnungen sind so ausgebildet, daß eine Druckprüfung sowohl im gequollenen Zustand sowie nach dem Austrocknen des Prüfkörpers durchgeführt werden kann.

Die Durchführung dieser Versuche bereitete anfänglich erhebliche experimentelle Schwierigkeiten, 1. weil die „Dichtheit der Verbindung“ nicht nur auf den normalen Dichtflächen, sondern auch auf den Schnittflächen des Ringstückes gegeben sein mußte, 2. weil nur eine 20 mm dicke Panzerglasplatte den Quelldruck auszuhalten imstande war (alle anderen Glasplatten waren nach wenigen Tagen gebrochen) und 3., weil das aufgemalte Strichgitter benzolfest einwandfrei haften mußte.

Die Bilder 3 bis 7 geben die Ergebnisse der Versuche wieder.

Bild 3 zeigt das Verhalten eines Naturgummi-UNION-Ringes unter der Einwirkung von Benzol über einen

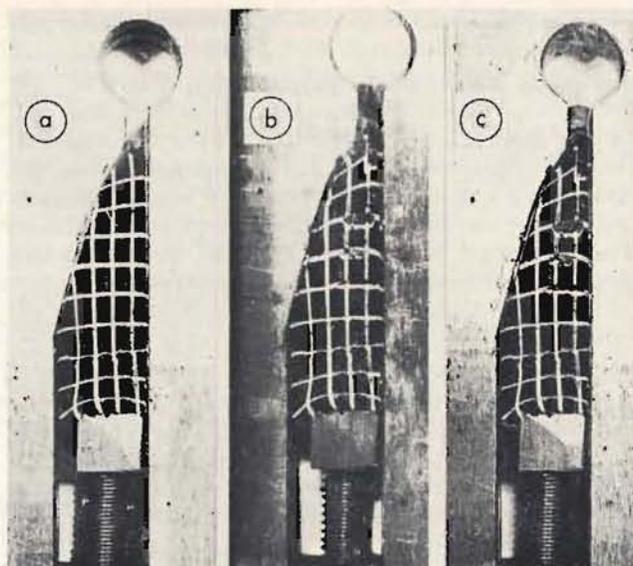


Bild 3: Naturgummi-UNION-Ringabschnitt
 a) nach Einbau in die Versuchsanordnung
 b) nach 30tägiger Einwirkung von Benzol
 c) nach anschließender 7tägiger Regenerierung

Zeitraum von 30 Tagen. Man erkennt das Hineinquellen des Gummiringes in den Muffenspalt (Bild 3 b) und das Zurückgehen der Ringspitze nach 7tägigem Regenerieren (Bild 3 c).

Bild 4 zeigt das Verhalten eines Polygum-UNION-Ring-Abschnittes zu Beginn und nach 109- und 213-tägiger Benzoleinwirkung. Man stellt fest, daß der Querschnitt im Versuchszeitraum praktisch unverändert blieb. Die Polyamidkappe hat eine Quellung des Gummis wirkungsvoll verhindert.

Bild 4: Polygum-UNION-Ringabschnitt
 a) nach Einbau in die Versuchsanordnung
 b) nach 109tägiger Einwirkung von Benzol
 c) nach 213tägiger Einwirkung von Benzol

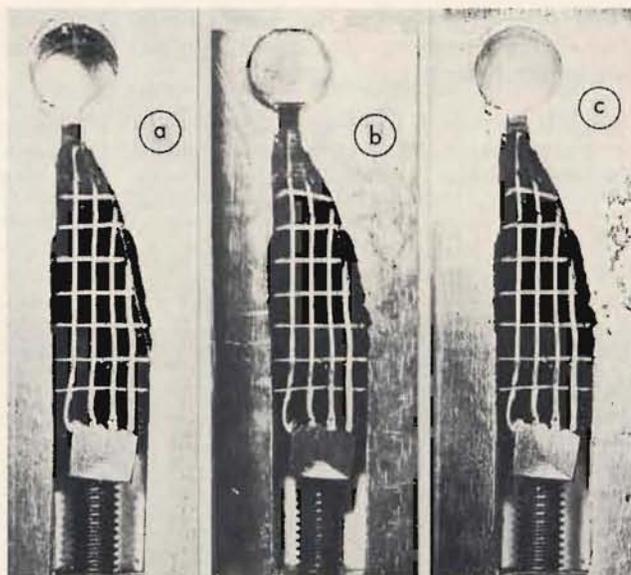
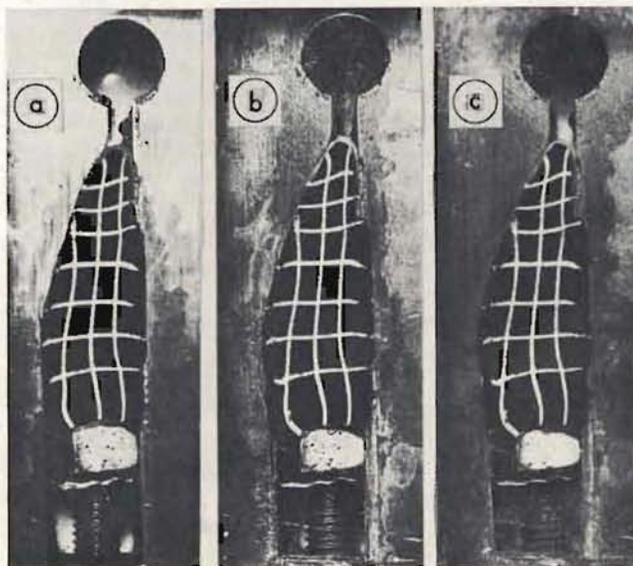


Bild 5: Perbunan-UNION-Ringabschnitt
 a) nach Einbau in die Versuchsanordnung
 b) nach 30tägiger Einwirkung von Benzol
 c) nach anschließender 7tägiger Regenerierung

Bild 5 zeigt das Verhalten eines Perbunan-UNION-Ringes unter der Einwirkung von Benzol. Die Quellung des Ringes ist geringer als die des Naturgummi-UNION-Ringes. Nach einer Austrocknungszeit von 16 Tagen wurde die Apparatur mit Wasser mit einem Druck von 10 kp/cm^2 15 Minuten lang abgepreßt. Eine Undichtheit konnte nicht festgestellt werden. Führt man den Versuch mit einem Benzin-Kohlenwasserstoff durch, dann bleibt der Querschnitt des Perbunan-Ringes unverändert.

Bild 6 gibt das Verhalten eines Naturgummi-TYTON-Ringes nach dem Einbau, nach einer 36tägigen und nach einer 56tägigen Einwirkung von Benzol wieder. Bei diesen und bei parallel dazu durchgeführten Versuchen an in normale Muffen eingebauten TYTON-Ringen zeigte es sich, daß der TYTON-Ring bei der Einwirkung von Quellungsmittel in flüssiger Phase erst dann aufreißen kann, wenn er auf Grund seiner Volumenzunahme die gesamte Muffenkammer ausgefüllt hat und in den schmalen Muffenspalt einquillt. Dieser Zeitpunkt ist in Bild 6 b festgehalten.

Bild 7 zeigt die gleiche Situation in einer Anordnung, bei der die Muffenkammerbegrenzung entfernt wurde, so daß der Ringwulst weiterquellen konnte. Die Muffenkammerform wurde in das Bild eingezeichnet. Man erkennt, daß nach 10 Tagen der gesamte zur Verfügung stehende Dichtkammerausraum ausgefüllt war und daß nach 28 Tagen das Gummivolumen weit über das Dichtkammervolumen hinausgewachsen war, ohne daß eine Beschädigung des Ringwulstes eingetreten wäre. In einer normalen TYTON-Muffe erfolgt ein Anreißen des Ringwulstes, wenn dieser aus der Dichtkammer hinaus in den Spalt zwischen Muffe und Spitzende eingequollen ist.

Dieser Effekt kann, wie eingehende Untersuchungen gezeigt haben, verhindert werden, indem man einen

Vorsatzring gasseitig vor den TYTON-Ring setzt. Der Vorsatzring verhindert rein mechanisch das Auftreten von Spannungsspitzen.

Über die in dieser Richtung durchgeführten Untersuchungen wird zu einem späteren Zeitpunkt von anderer Seite berichtet.

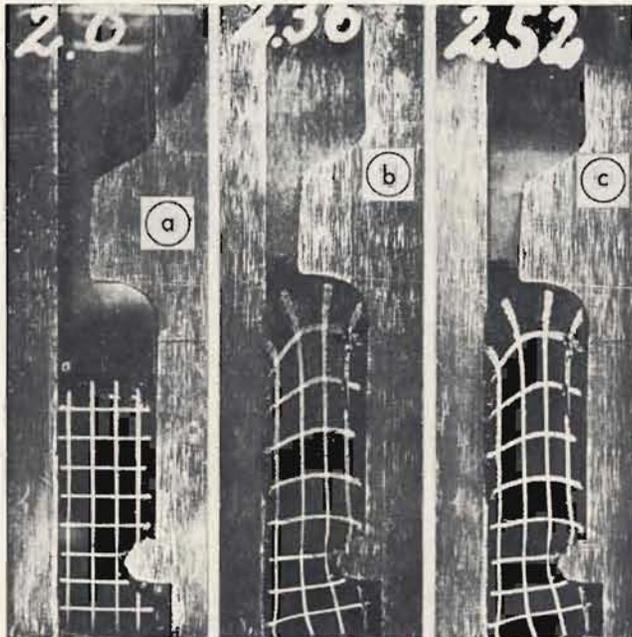


Bild 6: Naturgummi-TYTON-Ringabschnitt
a) nach dem Einbau in die Versuchsanordnung
b) nach 36tägiger Einwirkung von Benzol
c) nach 52tägiger Einwirkung von Benzol

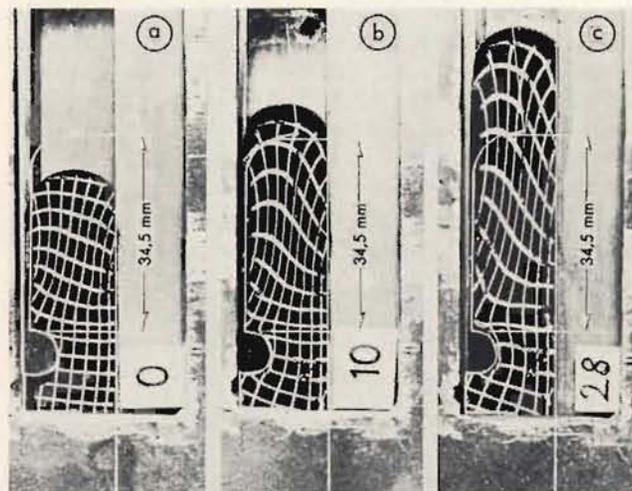


Bild 7: Naturgummi-TYTON-Ringabschnitt
a) nach Einbau in die Versuchsanordnung (ohne Muffenkammerbegrenzung in Rohrachrichtung); die Kontur der Muffenkammerbegrenzung ist angedeutet
b) nach 10tägiger Einwirkung von Benzol
c) nach 28tägiger Einwirkung von Benzol

3.3.2 Verhalten von eingebauten Dichtringen unter der Einwirkung von Benzol in flüssiger Phase.

Parallel zu den unter 3.3.1 beschriebenen Versuchen mit Gummiring-Abschnitten wurden Spezialdichtringe, wie sie von den Gußrohrwerken zum Einbau in Gasleitungen empfohlen werden, in Muffen eingebaut und der Einwirkung von Benzol in flüssiger Phase ausgesetzt. Die Muffen wurden unter Verwendung von E-Stücken (Formstück mit Muffe und Flansch) und F-Stücken (Formstück mit Flansch und glattem Ende) hergestellt, mit Zugankern auf Schub gesichert und zur Hälfte mit Benzol gefüllt.

Es sollte bei diesen Versuchen die Bestätigung dafür gesucht werden, daß bei einer Versuchszeit von mindestens 8 Wochen an den Ringen keine Beschädigungen auftreten; außerdem sollte geprüft werden, inwieweit nach der Regenerierung der Ringe ihr Gewicht, bezogen auf das Ausgangsgewicht, konstant bleibt.

Die Versuche wurden mit Polygum- und Perbunan-UNION-Dichtringen sowie mit TYTON-Ringen mit Vorsatzring aus Perbunan N durchgeführt. Die gefundenen Ergebnisse sowie die im einzelnen eingehaltenen Versuchszeiten sind in den Tabellen 1, 2 und 3 wiedergegeben.

Die Polygum-Ringe wurden 21 Tage nach Beendigung der Benzollagerung ausgebaut und gewogen. Es wurden Gewichtszunahmen mit Werten von 0,36 bis 0,73 % gefunden. Die Ringe zeigten keinerlei Beschädigungen. Nach Regenerierung über einen Zeitraum von insgesamt 191 Tagen war die Restquellung, bezogen auf das Einbaugewicht, auf einen Wert von praktisch 0 % zurückgegangen (s. Tabelle 1).

Die Perbunan-Ringe wurden sofort nach Beendigung der Benzollagerung ausgebaut und gewogen. Es wurden Gewichtszunahmen mit Werten von 5,15 und 6,50 % gefunden. Die Ringe zeigten keinerlei Beschädigungen. Nach Regenerierung über einen Zeitraum von insgesamt 50 Tagen betrug die Restquellung, bezogen auf das Einbaugewicht — 0,24 % bzw. — 0,35 % (s. Tabelle 2).

Wie mit den Polygum- und Perbunan-Ringen in Schraubmuffen-Verbindungen wurden entsprechende Untersuchungen an TYTON-Verbindungen, bei denen der Dichtring durch einen Vorsatzring aus Perbunan N geschützt war, durchgeführt. Die Prüfdauer betrug mindestens 93 und höchstens 224 Tage. Nach dem Ausbau wurden die Gummiringe gewogen. Es wurden Gewichtszunahmen mit Werten von 11,5 bis 34,1 % gefunden. Keiner der TYTON-Ringe war beschädigt. Die im einzelnen erzielten Ergebnisse sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Die Demontage der TYTON-Verbindungen erfolgte erst 3 bzw. 6 Tage nach dem Entfernen des Benzols aus der Muffe, um evtl. Demontageschäden an den gequollenen Dichtringen auszuschließen. Die Regenerierung in der Verbindung erfolgte unter Luftstrom. Anschließend wurden die demontierten Dichtringe 116 bzw. 185 Tage in der freien Atmosphäre gelagert. Danach wurden die Dichtringe wieder montiert und mit 0,5 kp/cm², 1 kp/cm² und 10 kp/cm² abgedrückt. Alle Verbindungen waren dicht. Alle Dichtringe waren sowohl nach der ersten als auch nach der zweiten Demontage ohne jede Beschädigung.

Tabelle 1: Beständigkeitsprüfung an Polygum-UNION-Ringen NW 100

(Quellmittel: Benzol)

Proben-Nr.	Probengewicht		Restquellung bei Regenerierung, bezogen auf das Einbaugewicht (100 %) nach				
	Einbau g	Ausbau nach 70 Tagen unter Benzol + 21 Tagen ohne Benzol *) g	21 Tagen in eingebautem Zustand *) %	21 Tagen in eingebautem Zustand + 6 Tagen aus- gebaut %	21 Tagen in eingebautem Zustand + 20 Tagen aus- gebaut %	21 Tagen in eingebautem Zustand + 35 Tagen aus- gebaut %	21 Tagen in eingebautem Zustand + 170 Tagen aus- gebaut %
1	135,0	135,6	0,45	0,37	0,07	0,00	0,00
2	137,0	138,0	0,73	0,37	0,15	0,00	0,00
3	139,0	139,7	0,50	0,37	0,15	0,07	0,07
4	139,5	140,0	0,36	0,29	0,07	0,00	0,00

*) Die Muffenanordnungen standen 70 Tage mit Benzol gefüllt, wurden dann entleert und mit Luft (10 kp/cm²) geprüft. Alle Verbindungen waren dicht.

Nach weiteren 21 Tagen wurde nochmals mit 10 kp/cm² auf Dichtheit geprüft (alle Verbindungen waren dicht) und dann die Ringe ausgebaut. Keiner der Ringe zeigte eine Beschädigung.

Nach 6, 20, 35 und 170 Tagen nach dem Ausbau erfolgten weitere Wägungen.

Tabelle 2: Beständigkeitsprüfung an Perbunan-UNION-Ringen NW 100

(Quellmittel: Benzol)

Proben-Nr.	Probengewicht		Quellung, bezogen auf das Einbaugewicht (100 %) %	Restquellung bei Regenerierung, bezogen auf das Einbaugewicht (100 %) nach **)			
	Einbau g	Ausbau (nach 56 Tagen Quellung) *) g		2 Tagen %	3 Tagen %	4 Tagen %	50 Tagen %
1	154,82	162,79	5,15	1,15	0,6	0,2	— 0,24
2	155,90	166,02	6,50	2,0	1,35	0,95	— 0,35

*) Die Ringe waren 56 Tage in den Muffen eingebaut und der Einwirkung von Benzol ausgesetzt. Nach dieser Zeit wurde der Versuch abgebrochen, die Ringe sofort ausgebaut und gewogen. Keiner der Ringe zeigte eine Beschädigung.

**) Nach 2, 3, 4 und 50 Tagen nach dem Ausbau erfolgten weitere Wägungen.

Tabelle 3: Beständigkeitsprüfung an TYTON-Ringen NW 100 aus Naturkautschuk, geschützt durch Vorsatzringe aus Perbunan N

(Quellmittel: Benzol)

Verb. Nr.	Benzollagerung (Regenerierung) Tage *)	Gew.-Zunahme *) Dichtring %	Regenerierung Tage	Gew.-Abnahme Dichtring %	Befund
D 26	146 (3)	34,1	185	— 1,3	Keine Beschädigung am TYTON-Dichtring
D 1	115 (3)	12,5	185	— 0,6	
D 2	115 (3)	11,5	185	— 0,8	
D 3	115 (3)	16,9	185	— 0,4	
D 4	115 (3)	27,1	185	— 2,1	
D 5	115 (3)	27,0	185	— 2,4	
D 6	115 (3)	24,9	185	— 1,0	
D 16	93 (3)	12,5	185	— 0,3	
F 7	224 (6)	17,3	116	— 0,2	
F 8	224 (6)	17,8	116	— 0,7	
F 9	99 (3)	17,1	185	+ 0,1	

*) Die Gewichtsmaßnahmen erfolgten erst nach 3- bis 6tägiger (in () angegebenen) Regenerierung in eingebautem Zustand unter Luftstrom.

Die unterschiedliche Gewichtszunahme der TYTON-Ringe — siehe Spalte 3 der Tabelle 3 —, festgestellt unmittelbar nach der Demontage, ist auf die verschiedenen großen Dichtspaltbreiten der Verbindungen sowie die unterschiedlich langen Lagerzeiten im Benzol und die Regenerierungsdauer in montiertem Zustand zurückzuführen.

Die Gewichtsänderungen der TYTON-Ringe nach Regenerierung über einen Zeitraum von maximal 185

Tagen streuten, bezogen auf das Einbaugewicht, zwischen + 0,1 % und — 2,4 %.

3.3.3 Messung des Konzentrationsgefälles an Quellmittel in eingebauten UNION-Ringen

Um festzustellen, welches Quellmittel-Konzentrationsgefälle sich in Ringen aufbaut, die in eingebautem Zustand der Einwirkung von flüssigem Quellmittel ausgesetzt sind, wurden UNION-Ringe senkrecht zur Achse in vier Schichten zerschnitten (s. Bild 8), so daß

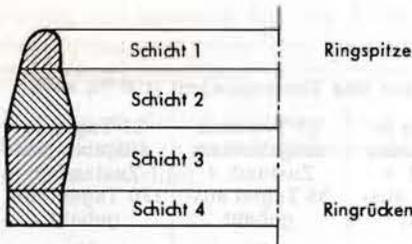


Bild 8: Schema, nach dem die UNION-Ringe geschnitten wurden

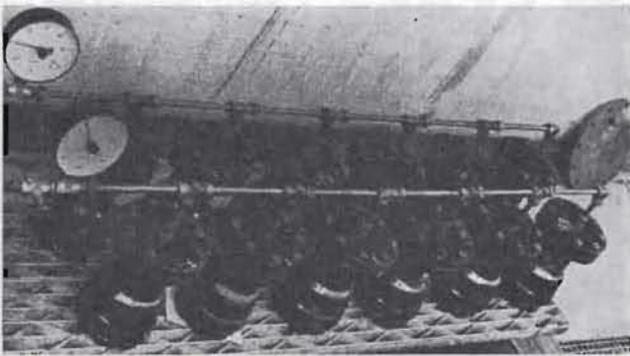


Bild 9: Anordnung von 2 x 6 Muffen zur Durchführung von Quellversuchen an eingebauten Gummiringen in flüssiger Phase

jede Schicht aus einem Ring bestand und die vier Schichten aufeinandergelegt wiederum einen in der Form vollständigen Dichtring ergaben. Solche zerschnittenen und wieder zusammengesetzten Ringe wurden in Muffen, bestehend aus abgeflechtem E-Stück, Stopfen und übergreifendem Schraubring eingebaut. Der so gebildete Muffen-Raum wurde zur Hälfte seines Volumens mit Benzol gefüllt. Es wurden zwölf solcher Anordnungen aufgebaut (s. Bild 9).

Folgende Dichtringe wurden eingebaut:

8 Ringe Naturkautschuk UNION } Quellmittel Benzol
4 Ringe Polygum-UNION

Temperatur: Raumtemperatur

Druck: 10 kp/cm²

Versuchsdauer: Nach 15, 60, 120, 187 Tagen wurden Ringe ausgebaut (s. Tabelle 4).

Von den Ringen wurden sofort nach dem Ausbau die Schichten einzeln gewogen. Die Gewichtszunahmen sind in Tabelle 4 zusammengestellt. Eine grafische Darstellung (Bild 10) gibt ein anschauliches Bild über die Konzentrationsabnahme von der Ringspitze zum Hartrücken. In Tabelle 4 sind in der letzten Spalte die Quellungen für den Ring als Ganzes angeben. Man erkennt in Bild 10 aus der Blockdarstellung sehr deutlich die Schutzwirkung der Polyamidkappe gegen Eindiffundieren des Benzols.

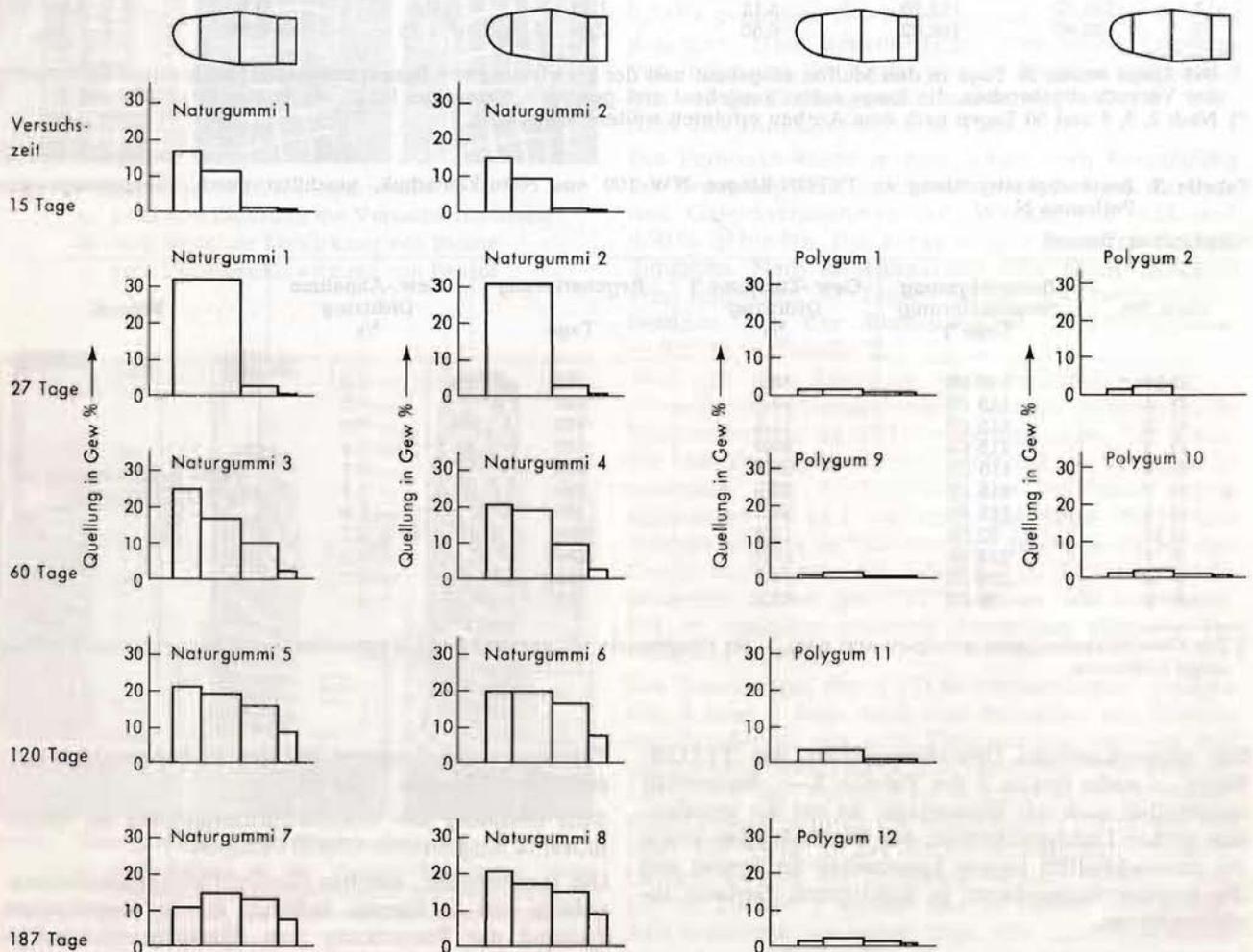


Bild 10: Gewichtszunahme der einzelnen Schichten von Gummiringen (Schraubmuffe UNION) infolge Quellung (Quellmedium: Benzol)

Tabelle 4: Quellung der Ringabschnitte in Benzol in Gew% (Schraubmuffe UNION)

Versuchszeit	Gummiringsorte	Schicht Nr.				Quellung des Ringes als Ganzes	Mittel
		Spitzende 1	2	3	Hartrücken 4		
15 Tage	Naturgummi 1 2	16,7 %	11,2 %	0,93 %	0,38 %	6,0 %	6,0 %
		14,5	9,0	0,57	0,23		
27 Tage	Naturgummi (1) (2)	31,8 ¹⁾		2,5	0,26	15,7	15,6
		30,4 ¹⁾		2,7	0,13		
	Polygum (1) (2)	1,4	1,4	0,16	0,20	0,8	0,75
		1,05	1,45	0	0		
60 Tage	Naturgummi 3 4	24,8	16,7	10,0	2,4	12,6	14,8
		20,1	19,0	9,9	2,7	11,5	
	Polygum 9 10	1,19	1,55	0,42	0,48	0,91	
		1,31	1,52	0,30	0,19	0,88	
120 Tage	Naturgummi 5 6	21,0	19,2	15,9	8,4	15,7	15,5
		19,7	19,8	16,3	7,6	15,4	
	Polygum 11	3,3	3,38	0,68	0,64	1,92	
187 Tage	Naturgummi 7 8	11,0	14,6	13,1	7,4	11,2	12,7
		20,6	17,2	15,0	9,2	15,2	
	Polygum 12	1,64	2,26	1,45	0,73	1,53	

1) Beide Schichten wurden als Ganzes ausgewogen.

Tabelle 5: Einwirkung von Methanol auf eingebaute Dichtringe bei einem Druck von 10 kp/cm²

Ringsorte	Proben-Nr.	Versuchsdauer Tage	Probengewicht		Quellung bezogen auf das Einbaugewicht (100 %)	Restquellung nach Regenerierung, bezogen auf das Einbaugewicht (100 %), nach			
			Einbau g	Ausbau g		2 Tagen %	13 Tagen %	16 Tagen %	23 Tagen %
Polygum-UNION-Dichtring	1	37	137,8	138,5	+0,5	— ^{*)}	—	—	—
	2	181	138,0	139,0	+0,72	+0,58	+0,07	+0,07	+0,07
Perbunan-UNION-Dichtring	1	37	136,5	138,0	+1,1	— ^{*)}	—	—	—
	2	181	137,0	139,0	+1,45	+1,17	+0,07	+0,07	—
Naturgummi-TYTON-Dichtring	1	181	149,5	149,5	0	—0,34	—0,61	—0,61	—0,61
	2	181	148,0	148,0	0	—0,14	—0,55	—0,55	—0,55

Die Ringe zeigten keinerlei Beschädigung.

*) Die Regenerierung dieses Ringes (Versuchszeit 37 Tage) wurde nicht verfolgt.

3.3.4 Einfluß von Gaszusätzen auf Dichtringe

Neben den in Brenngasen vorhandenen Kohlenwasserstoffen können im Gas noch Substanzen enthalten sein, die aus verschiedenen Gründen zugesetzt werden:

- Zur Vermeidung einer Bildung von Kohlenwasserstoffhydraten in Erdgasleitungen wird in der ersten Betriebszeit Methanol eingedüst.
- In einigen Gasreinigungsanlagen erfolgt die Trocknung des Gases unter Verwendung von Triäthylenglykol (HO—C₂H₄—O—C₂H₄—O—C₂H₄—OH); geringe Mengen dieser Substanz können im Gas enthalten sein.
- Zur Odorierung von Brenngasen wird in praktisch allen Fällen Tetrahydrothiophen (THT) verwandt.

Es erhob sich die Frage, ob diese Gaszusätze Gummi-Dichtringe schädigen können. Es wurden daher Untersuchungen zur Beantwortung dieser Frage durchgeführt mit folgenden Ergebnissen:

3.3.4.1 Einfluß von Methanol

Es wurden Gummi-Dichtringe wie in 3.3.2 beschrieben in Muffen eingebaut, die Muffen zur Hälfte mit Methanol gefüllt und durch Aufpressen von Stickstoff bzw. Luft ein Druck von 10 kp/cm² eingestellt. Die Versuchsdauer betrug zwischen 37 und 181 Tagen. Nach dem Ausbau ließ man die Dichtringe an Luft austrocknen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Aus den gefundenen Werten kann geschlossen werden, daß bei Vorhandensein von Methanol im Gas

eine Beeinflussung der Ringe nicht zu erwarten ist. Dies gilt um so mehr, als die Versuche mit Methanol in flüssiger Phase durchgeführt worden sind und man davon ausgehen kann, daß ein Sumpf von flüssigem Methanol kaum über Wochen in einer Leitung stehen wird.

3.3.4.2 Einfluß von Triäthylenglykol

Es wurden Gummi-Dichtringe wie in 3.3.2 beschrieben in Muffen eingebaut, die Muffen zur Hälfte mit Triäthylenglykol gefüllt und durch Aufpressen von Stickstoff bzw. Luft ein Druck von 10 kp/cm² eingestellt. Die Versuchsdauer betrug 37 bzw. 181 Tage. Nach dem Ausbau ließ man die Dichtringe an der Luft austrocknen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

Man erkennt auch hier, daß eine Beeinträchtigung der Gummiringe durch Triäthylenglykol vollständig auszuschließen ist. Es ist dabei zu berücksichtigen, daß es sich bei Triäthylenglykolanteilen im Gas nur um sehr geringe Mengen handeln kann und der beschriebene Versuch mit Triäthylenglykol in flüssiger Phase durchgeführt worden ist.

3.3.4.3 Einfluß von Tetrahydrothiophen (THT)

Nach Untersuchungen von Struck und Lauer [7] über die Einflüsse von Odoriermitteln auf Dichtungsmaterialien hat sich gezeigt, daß die geprüften Odoriermittel (Tetrahydrothiophen [THT] bzw. Dimethylsulfid) auch bei zehnfacher Überdosierung keinen nachteiligen Einfluß auf die Dichtungselemente hatten. Geprüft wurden u. a. Dichtringe auf Naturkautschuk-, Perbunan- und PVC-Basis. (Wegen der bereits vorliegenden Versuchsergebnisse des Instituts für Gastechik in Karlsruhe wurden von den Gußrohrwerken hier keine weiteren Untersuchungen vorgenommen).

4. Schlußfolgerungen aus den vorliegenden Erfahrungen und Ausblick

Seit Jahrzehnten werden gummigedichtete Verbindungen beim Bau gußeiserner Gasrohrleitungen eingesetzt. Die Erfahrungen mit diesen Leitungen waren

im allgemeinen gut. Beanstandungen betrafen in erster Linie Rohrbrüche, die auf die Materialeigenschaften des Graugusses zurückzuführen waren.

Mit Einführung des duktilen Gußeisens wurde ein Rohrmaterial mit erheblich besseren mechanischen Eigenschaften zur Verfügung gestellt; durch seinen Einsatz an Stelle des Graugusses wurde die Gefahr des Auftretens von Brüchen praktisch ausgeschaltet.

Im Hinblick auf den Strukturwandel in der Gaswirtschaft wurden für den Einbau in Gasleitungen Spezialdichtringe entwickelt. Diese Ringe wurden neben anderen in Hochdruck-Versuchsgasleitungen eingebaut. Die wiederholten Aufgrabungen dieser Leitungen haben gezeigt, daß mit Gummidichtringen auch in Hochdruckgasleitungen (bis zu einem Druck von 35 kp/cm²) einwandfrei dichte Verbindungen hergestellt werden können.

Die Spezialdichtringe hatten beim Ausbau aus den Versuchsleitungen noch ein einwandfreies Aussehen. Einige ungeschützte Gummiringe waren mehr oder weniger stark gequollen und angerissen.

In Laborversuchen wurden in Muffen eingebaute Gummiringe unter Druck der Einwirkung von Benzol in flüssiger Phase ausgesetzt. Auch unter diesen äußerst scharfen Versuchsbedingungen zeigten die Spezialdichtringe ein einwandfreies Verhalten.

Selbst bei der Umstellung von benzolhaltigem Kokeisgas auf trockenes Erdgas ist daher bei den mit Spezial-Dichtringen versehenen Leitungen nach wie vor die Dichtheit der Verbindung gewährleistet.

Manchmal werden jedoch bei der Umstellung auf Erdgas Bedenken wegen des Verhaltens alter ungeschützter Gummiringe geäußert. Vor allem in alten Stadtgasnetzen, in denen praktisch ungereinigtes Kokeisgas gefördert wurde, bildeten sich häufig Kondensate, die auf Gummiringe, auf dem unteren Teil ihres Umfangs, einwirken konnten [8]. Bei der Untersuchung von ausgebauten Dichtringen aus Verbindungen, die z. T. nach der Umstellung auf Erdgas zu Beanstandungen Anlaß gaben, wurde jedoch festgestellt, daß neben dem Rückgang der durch Benzolkondensate verursachten Quellung meistens Faktoren

Tabelle 6: Einwirkung von Triäthylenglycol auf eingebaute Dichtringe bei einem Druck von 10 kp/cm²

Ringsorte	Proben-Nr.	Versuchsdauer Tage	Probengewicht		Quellung bezogen auf das Einbaugewicht (100 %) %	Restquellung nach Regenerierung, bezogen auf das Einbaugewicht (100 %), nach			
			Einbau g	Ausbau g		2 Tagen %	13 Tagen %	16 Tagen %	23 Tagen %
Polygum- UNION- Dichtring	1	37	140,8	141,0	+0,14	—	—	—	—
	2	181	138,2	138,2	± 0	0	—0,07	—0,15	—0,15
Perbunan- UNION- Dichtring	1	181	139,0	139,0	+0,36	+0,22	+0,07	—0,22	—0,22
Naturgummi- TYTON- Dichtring	1	181	149,5	147,0	—0,33	—0,33	—0,9	—0,9	—0,9
	2	181	147,0	146,5	—0,33	—0,33	—0,55	—0,55	—0,55

Die Ringe zeigten keinerlei Beschädigung.

von wesentlichem Einfluß waren, die der gummi-gedichteten Verbindung nicht verallgemeinernd an-gelastet werden können, wie z. B. Verlegefehler und Kriegsgummiqualität. Im allgemeinen konnten der-artige Undichtheiten aber schon allein durch Nachzie-hen der Schraubringe behoben werden.

Da die Entwicklung in der Gaswirtschaft mehr und mehr zur Verteilung von trockenem Erdgas tendiert, wird in Zukunft die Möglichkeit einer Einwirkung von quellend wirkenden Kohlenwasserstoffen auf ein-gebaute Dichtringe immer seltener gegeben sein.

In den Fällen, in denen trockenes Erdgas gefördert wird, können beispielsweise ungeschützte Naturgum-miringe eingebaut werden, ohne daß eine Einwirkung des Gases auf den Gummiring stattfindet.

Wegen der Möglichkeit, daß unterschiedliche Gase in einem Rohrnetz transportiert werden, sollten jedoch bei Neuverlegungen Spezialgummiringe für Gasleitun-gen eingesetzt werden.

Die von der Gußrohrindustrie entwickelten Spezial-dichtringe sind praktisch gegenüber den in der öffent-lichen Gasversorgung üblichen Brenngasen nach DVGW-Arbeitsblatt G 260 beständig.

Literatur

- [1] M. Kootz, Muffen-Rohrverbindungen mit Kautschuk-Rolldichtung. gwf 79 (1936), H. 37, S. 677
- [2] F. Brucker, Über die Verwendung von Gummiringen als Dichtungsmittel in Stadtgasleitungen. Gas-Wasser-Wärme (1956), S. 57 und (1956), S. 87
- [3] K. Wagenführer, Kautschuk als Werkstoff für die Dichtung von gußeisernen Muffendruckrohren. gwf 79 (1936), H. 16, S. 249
- [4] Gußrohrhandbuch, herausgegeben von der Fachgemein-schaft Gußeiserne Rohre, Köln, 1969
- [5] FGR-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 2, herausgegeben von der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre, Köln, April 1967
- [6] H. Jung, H. Kambeitz, Einfluß der schweren Kohlenwasserstoffe in Brenngasen auf das elastische Dichtungsmaterial von Rohrleitungen. gwf 108 (1967), H. 29, S. 813
- [7] P. Struck, K.-H. Lauer, Über den Einfluß von Odoriermitteln auf Dichtungsmaterialien in Gasverteilungsnetzen. Jahresbericht 1964 des Institutes für Gastechnik, Feuer-technik und Wasser-chemie der TH Karlsruhe
- [8] A. Bolzinger, L'histoire de la maladie des joints de canalisation en caoutchouc. Gaz d'Aujourd'hui 93 (1969), H. 1, S. 43

Entwicklung und Anwendung der Poly-TYTON®-Verbindung

Von HORST NÖH und TRAUGOTT METZ

Bisherige Erfahrungen mit gummi-gedichteten Gußrohr-verbindungen für Gasleitungen

Über die Eignung gummi-gedichteter Gußrohrverbin-dungen und deren Einsatz in Gasleitungen liegen lang-jährige Erfahrungen vor, auf die man bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts zurückgreifen kann. Ergeb-nisse hierüber wurden in verschiedenen Aufsätzen ver-öffentlicht. In diesem Zusammenhang wird u. a. auf die Beiträge der FGR- und gwf-Informationen-schriften hingewiesen, insbesondere auf den Aufsatz „Einsatz von Gummidichtringen in Gasleitungen aus Gußrohren“ von W. Wolf und das Gutachten des Institutes für Gastechnik, Feuer-technik und Was-serchemie der Technischen Hochschule Karlsruhe aus dem Jahre 1965 [1, 2, 3, 4].

Das Gutachten sagt aus, daß die TYTON-Verbindung neben anderen bei Kokerei-, Erd- und Erdöl-gas bei Drücken bis zu 35 atü über Versuchszeiten von 2 bis 7 Jahren dicht ist. Bei einzelnen Dichtringen im Hoch-druckbereich, die mit Kondensat in Berührung gekom-men waren, zeigten sich Anrisse an der dem Quell-medium ausgesetzten Dichtwulststirnseite, die jedoch keinen Einfluß auf die Dichtheit der Rohrverbindung hatten. Des weiteren wurden bei der im Oktober 1969 durchgeführten Aufgrabung einer Hochdruck-Kokereigas-Versuchsleitung NW 200 der Ruhrgas AG

nach 5 1/2 und 9 1/2 Jahren Betriebsdauer unter 10 atü Innendruck Dichtringe demontiert, die sich ausnahms-los in einem guten Zustand befanden und keinerlei Beschädigungen aufwiesen.

Obwohl durch eine Vielzahl von Versuchen und auch in der Praxis nachgewiesen werden konnte, daß An-risse an der Dichtwulststirnseite keinen negativen Einfluß auf die Funktionsfähigkeit der TYTON-Verbindung haben, wurde es für vorteilhafter ange-sehen, die Möglichkeit der Anrißbildung völlig auszu-schließen. Dies konnte mit der Entwicklung der Poly-TYTON-Verbindung, wie sie mit Bild 1 im Schnitt dargestellt wird, erreicht werden.

Im Vergleich zur Normalausführung der TYTON-Verbindung wurde die Dichtkammer um das Maß der Vorsatzringhöhe verlängert, um bei Montagen mit

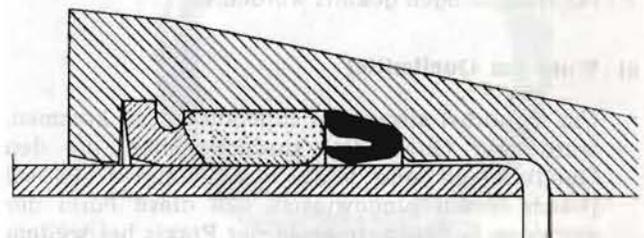


Bild 1: Schnitt durch eine Poly-TYTON-Verbindung

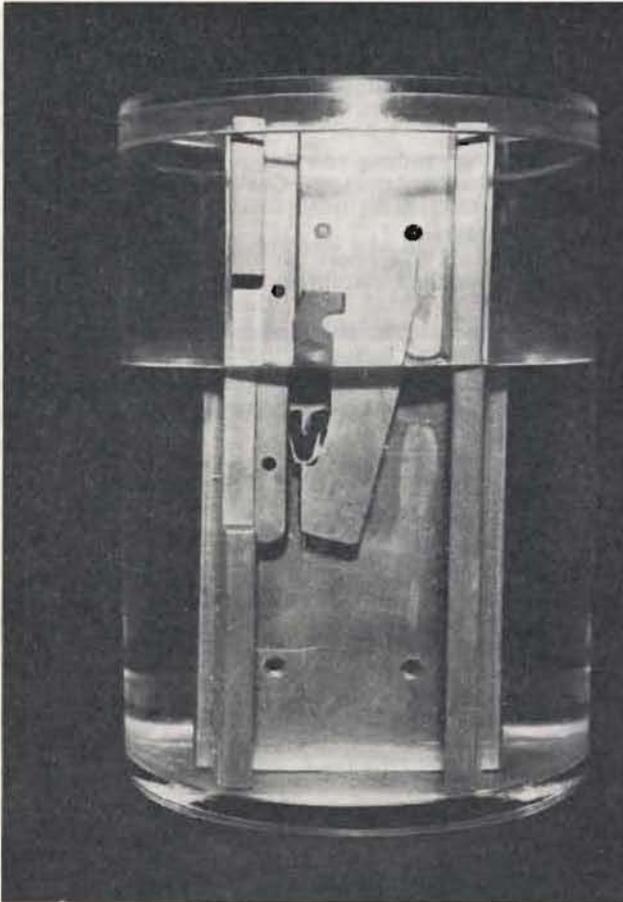


Bild 2: Benzolversuche an TYTON-Glasschnittmodell NW 100

engen Rohrtoleranzen die axiale Ausdehnung des TYTON-Dichtwulstes in der Dichtkammer nicht zu behindern.

Dem TYTON-Dichtring aus Naturkautschuk wird ein Vorsatzring aus Perbunan vorgelagert, der an seiner dem Quellmedium ausgesetzten Seite durch eine Polyamidkappe geschützt ist. Es konnte hierbei auf Dichtringelemente zurückgegriffen werden, wie sie seit Jahren im Gashochdruckbereich bei der Schraubmuffenverbindung im Einsatz sind und sich bestens bewährt haben.

Laborversuche

Bevor man an die eigentliche Aufgabe, das Anreißen von TYTON-Dichtringen zu verhindern, herantreten konnte, mußte zunächst in Laborversuchen die Ursache von Anrissen und somit der Anrißmechanismus an TYTON-Dichtringen geklärt werden.

a) Wahl der Quellmittel

Um möglichst schnell zu Ergebnissen zu kommen, wurde auf Quellmittel zurückgegriffen, die den Quellvorgang sehr stark beschleunigten. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß diese Form der extremen Beanspruchung in der Praxis bei weitem nicht auftritt.

Auf die Analysen verschiedener Gasarten zurückgreifend, kann gesagt werden, daß für die Aggressivität des Kokereigases die aromatischen Kohlenwasserstoffe wie Benzol, Toluol und Naphthaline verantwortlich sind. Für die Aggressivität in Erd- oder Erdölgas können Pentan, Hexan und andere höher siedende Kohlenwasserstoffe genannt werden. Andere organische Verbindungen, z. B. Schwefelverbindungen, wie sie in Kokerei- und Erdgas enthalten sein können, entsprechen zwar in ihrer Quellwirkung den aromatischen und aliphatischen Kohlenwasserstoffen, wurden jedoch wegen des geringen Konzentrationsanteiles für die Versuche vernachlässigt. Ebenso wurden Gasbegleitstoffe, wie z. B. Schwefelwasserstoff oder Odorierungsmittel bzw. Mittel zur Gasbehandlung wie Glykole und Methanol, wegen ihrer geringeren Aggressivität für die Untersuchungen nicht berücksichtigt.

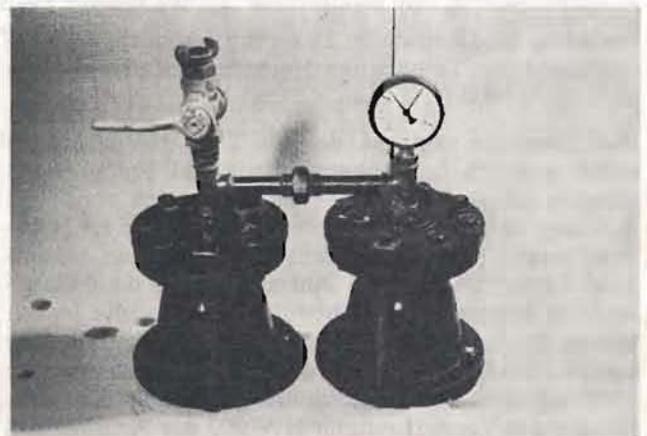
Für die Laborversuche wurde somit als Quellmedium Benzol bevorzugt.

b) Wahl der Versuchsaufbauten

Zur Sichtbarmachung des Entstehungsmechanismus von Anrissen an TYTON-Dichtringen und deren Vermeidung wurden TYTON-Glasschnittmodelle NW 100 gewählt, in die 20 mm hohe Ringabschnitte montiert wurden. Für den weiteren Versuch wurden die Glasschnittmodelle in mit Benzol gefüllten Behältern bis zur halben Höhe eingetaucht (Bild 2).

Als zusätzliche Bestätigung für die genannten Versuche und deren Ergebnisse wurden Untersuchungen unter verschärften Bedingungen, wie Benzolinnendruck, durchgeführt. Hierzu wählte man TYTON-Druckverbindungen, die mit Benzol angefüllt und zusätzlich mit 10 atü Innendruck belastet worden waren. Für die Druckbeaufschlagung wurde aus Sicherheitsgründen Stickstoff in der Eigenschaft als inertes Gas gewählt (Bild 3).

Bild 3: Benzolversuche an TYTON-Druckverbindungen NW 100



Entstehungsmechanismus von Anrissen an TYTON-Dichtringen aus Naturkautschuk unter der Einwirkung aggressiver Quellmedien

Beim Einschub des Spitzendes in eine TYTON-Muffe treten an der Stirnseite des Dichtringes, der hierbei in axialer Richtung gedehnt wird, erhöhte Zugspannungen auf (Bild 4).

Unter der Einwirkung von Quellmedien vergrößern sich die Zugspannungen bei gleichzeitiger Abnahme der Bruchfestigkeit des Gummimaterials auf einen bestimmten Wert. Durch diese Quellung wird der Dichtring in seiner Längsrichtung so weit gedehnt, daß die Dichtkammer ausgefüllt wird und der Ring darüber hinaus eine bestimmte Strecke in den anschließenden Muffenspalt eindringt (Bild 5 und 5 a).

Nachdem der Dichtring in den Muffenspalt eingedrungen ist, kommt es zum Anriß an der Wulststirnseite in Höhe der Muffenspaltmitte, wobei eine Anrißtiefe von maximal 4 mm erreicht wurde (Bild 6 und 7).

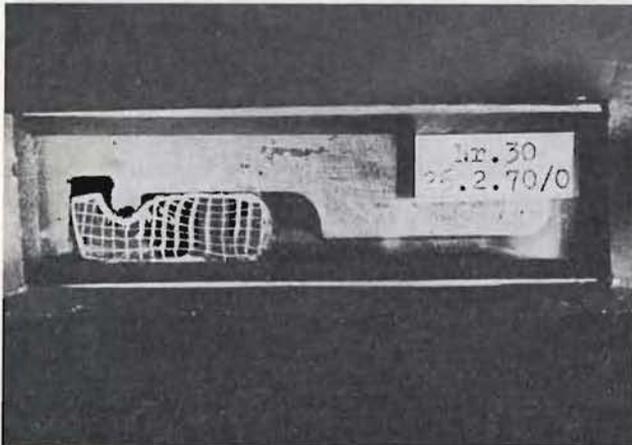


Bild 4: TYTON-Dichtringabschnitt nach Montage

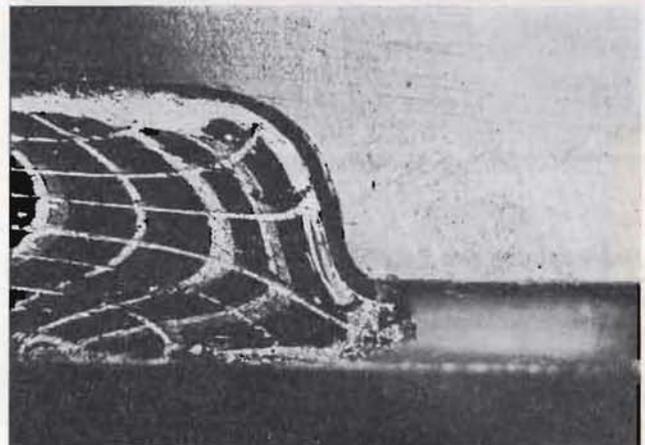


Bild 5 a: Ausschnittsvergrößerung von Bild 5. Anriß an der Dichtwulststirnseite in Höhe der Muffenspaltmitte

Bild 5: Dichtringabschnitt füllt gesamten Dichtkammerraum aus. Sättigung nach 52 Tagen Benzollagerung

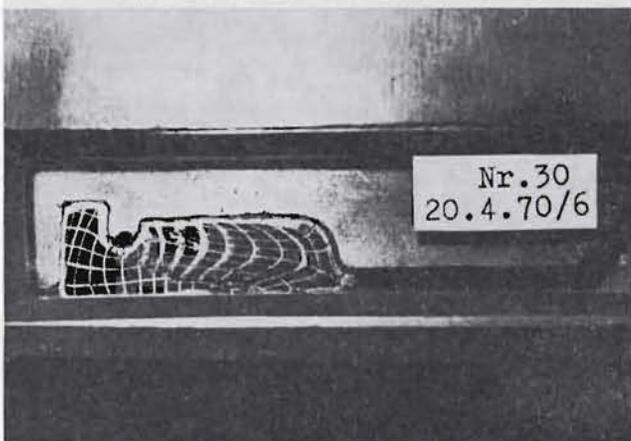
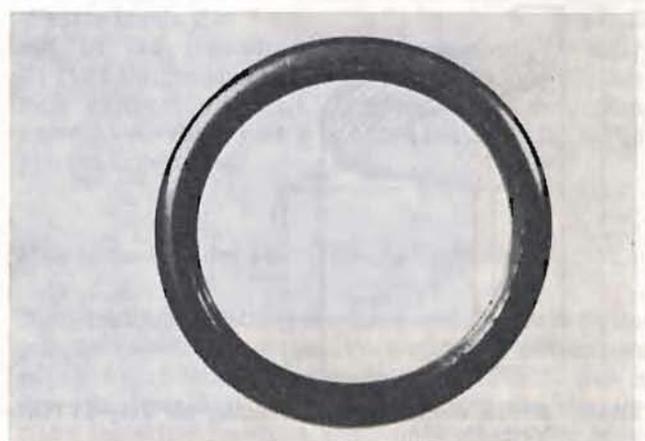


Bild 6: Anrißverlauf auf dem gesamten Dichtringumfang



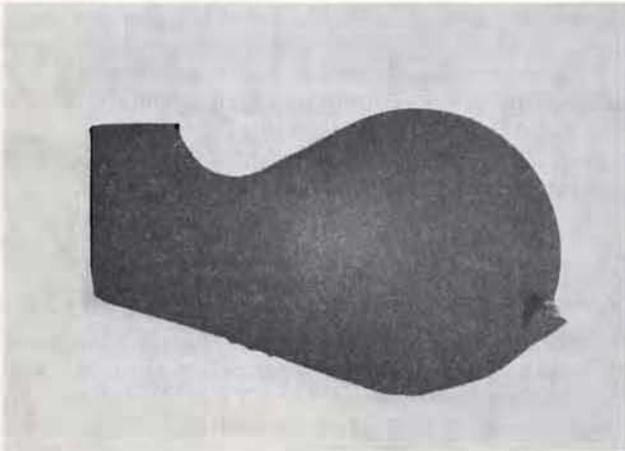


Bild 7: Schnitt durch den unter Bild 6 gezeigten TYTON-Dichtring

Bis zur endgültigen Ausführung des Vorsatzringes wurden unterschiedliche Ringprofile aus verschiedenen Gummiwerkstoffen geprüft. Bei diesen Untersuchungen, die sich über einen Zeitraum von 3 Jahren erstreckten, konnten grundsätzlich Anrisse an den TYTON-Dichtringen vermieden werden, jedoch wurde ein Teil der Vorsatzringe beschädigt. Andere Vorsatzringprofile schieden aus, da sie bei engsten Rohrtoleranzen nicht immer montierbar waren. Die Forderung nach guter Montierbarkeit und Beständigkeit der Vorsatzringe wurde mit der Entwicklung der Poly-TYTON-Verbindung einwandfrei erfüllt.

Beschreibung des Poly-TYTON-Vorsatzringes

Auf Bild 8 ist ein Vorsatzring im Schnitt dargestellt. Die hintere Gummipartie des Vorsatzringes ist mit einer V-förmigen Aussparung versehen, wodurch ermöglicht wird, daß der Außendurchmesser dem größten Dichtkammerdurchmesser der Muffe — wegen dessen Zentrierung beim Einlegen — angepaßt werden

Vorsatzring für TYTON-Verbindung

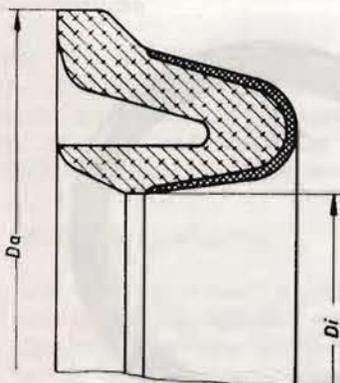


Bild 8: Schnitt durch einen Vorsatzring für Poly-TYTON-Verbindungen

kann, ohne daß bei kleinstem Dichtkammerdurchmesser der Ring nach innen zu sehr gestaucht wird. Des weiteren ist durch die Festlegung des Ringprofils eine genügende Verformbarkeit des Vorsatzringes bei engen Rohrtoleranzen sichergestellt.

Die äußere Schräge am Innendurchmesser der hinteren Gummipartie soll das einzuziehende Spitzende, insbesondere diejenigen mit maximalem Außendurchmesser, aufnehmen und somit eine einwandfreie Montage sicherstellen.

Ergebnisse aus Benzolversuchen mit Poly-TYTON-Verbindungen

Das Quellverhalten von Poly-TYTON-Verbindungen wurde an Glasschnittmodellen NW 100 mit minimaler und maximaler Dichtspaltbreite beobachtet. An Hand der Bilder 9 bis 12 wird das Quellverhalten eines Dichtringabschnittes NW 100 in einem Glasschnittmodell mit minimaler Dichtspaltbreite erläutert.

Neben der Dehnung durch die Montage wird der TYTON-Dichtring zusätzlich unter dem Einfluß des Quellmediums in axialer Richtung gedehnt (Quellausdehnung), bei gleichzeitiger Quellmittelaufnahme am Vorsatzring, wie es aus Bild 10 zu entnehmen ist.

Nach 52 Tagen wird an beiden Ringabschnitten eine Sättigung erreicht. Im Verlaufe dieser Zeit wird unter Quellung des Vorsatzringes der bei der Montage verbliebene Spalt zwischen Ringinnendurchmesser und Spitzendaußendurchmesser sowie der Spalt der V-förmigen Aussparung des Vorsatzringes geschlossen.

Die Quellausdehnung des TYTON-Dichtringes kommt zum Stillstand, wenn sich beide Ringe berühren. Ein Eindringen der TYTON-Ringwulststirnseite in den Muffenspalt wird, wie es aus Bild 11 zu ersehen ist, somit vermieden. Die Polyamidkappe verhindert ein Eindringen des Vorsatzringes in den Muffenspalt und schützt diesen vor mechanischen Beschädigungen.

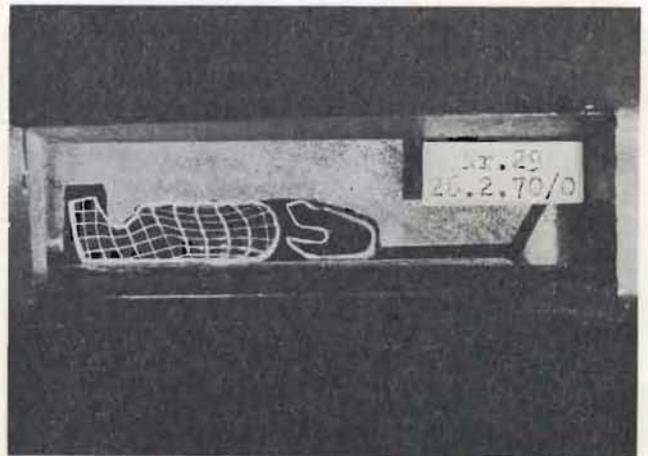


Bild 9: Poly-TYTON-Glasschnittmodell NW 100 mit minimaler Dichtspaltbreite nach Montage

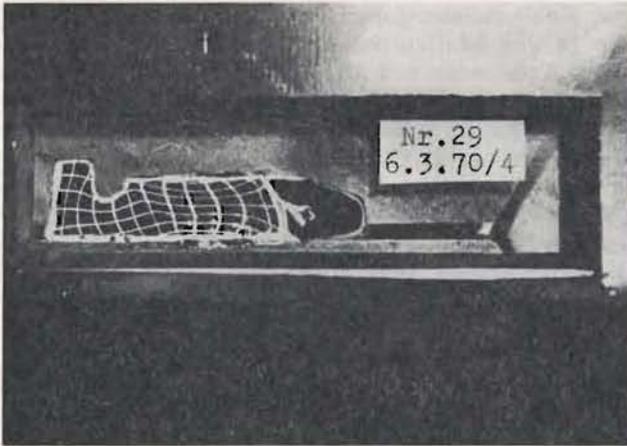


Bild 10: Poly-TYTON-Glasschnittmodell NW 100 mit minimaler Dichtspaltbreite nach 7 Tagen Benzolbeanspruchung

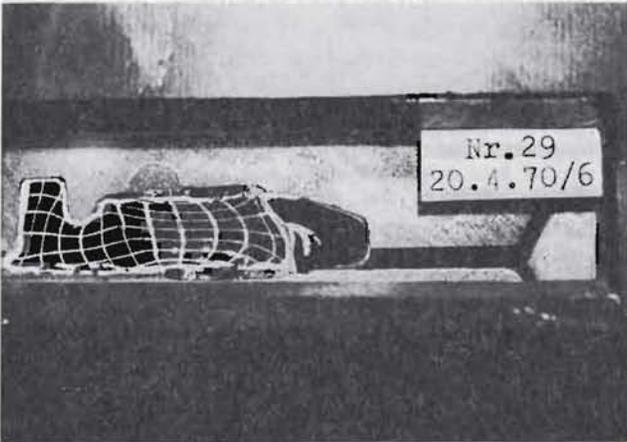


Bild 11: Poly-TYTON-Glasschnittmodell NW 100 mit minimaler Dichtspaltbreite nach 52 Tagen Benzolbeanspruchung

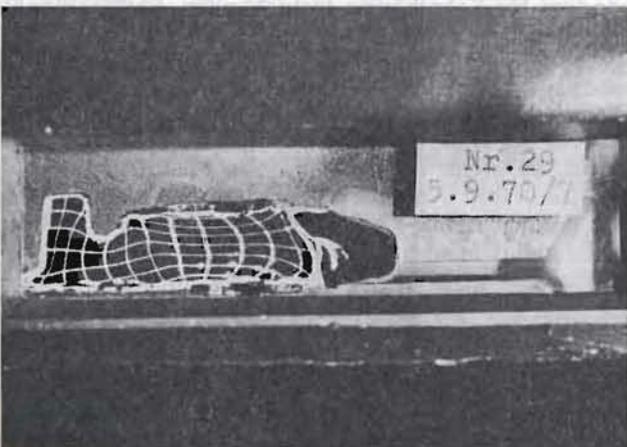


Bild 12: Poly-TYTON-Glasschnittmodell NW 100 mit minimaler Dichtspaltbreite nach 192 Tagen Benzolbeanspruchung



Bild 13: Lahndücker Wetzlar, u. a. mit Poly-TYTON für Gashochdruck

Werden die Quellergebnisse der Bilder 11 und 12 miteinander verglichen, so ist zu ersehen, daß sich die Lage beider Ringabschnitte in der Zwischenzeit nicht mehr geändert hat.

Die Ergebnisse an Poly-TYTON-Glasschnittmodellen wurden durch Versuche an kompletten Poly-TYTON-Verbindungen, die sowohl drucklos in Benzol als auch mit 10 atü Benzolinnendruck über einen Zeitraum von 280 Tagen geprüft wurden, bestätigt. TYTON-Dichterring und Vorsatzring zeigten keinerlei Beschädigungen und befanden sich ausnahmslos in einwandfreiem Zustand.

Beim Institut für Gastechnik, Feuerungstechnik und Wasserchemie der Universität Karlsruhe werden z. Z. mit 10 atü Innendruck Untersuchungen an Poly-TYTON-Verbindungen zur Erstellung eines Gutachtens durchgeführt. Eine zwischenzeitlich vorgenommene Auswertung nach 8 Wochen bestätigt die vorliegenden Ergebnisse.

Montierbarkeit der Poly-TYTON-Verbindung

Die Montierbarkeit wurde unter praxisnahen Bedingungen geprüft. Auch bei Verbindungen mit extrem engen Rohrtoleranzen, wie sie in der Praxis nur in den seltensten Fällen auftreten, konnten die Vorsatzringe fehlerfrei montiert werden. Die nach der Mon-

tage der Verbindungen durchgeführten Auswinkelversuche zeigten, daß durch das Vorhandensein des Vorsatzringes die Auswinkelbarkeit der TYTON-Verbindung nicht beeinträchtigt wird.

Anwendung der Poly-TYTON-Verbindung

Gußrohre mit gummigedichteten Verbindungen, so auch die TYTON-Verbindung, werden schon seit Jahren im Gasleitungsbau im Nieder- und Mitteldruckbereich bis 1 atü eingesetzt. Mit der Entwicklung der Poly-TYTON-Verbindung wurde hierzu eine Ergänzung für den Einsatz von duktilen Gußrohren mit TYTON-Verbindungen für Gashochdruckleitungen bis 16 atü Betriebsdruck geschaffen.

Der Einsatz der Poly-TYTON-Verbindung ist zunächst für die Nennweiten 80 bis 400 vorgesehen. Ebenso werden vorerst die Formstücke mit Schraubmuffe UNION geliefert, die mit dem bewährten POLYGUM- oder Perbunan-Ring abgedichtet wird.

Eine erste Gashochdruckleitung NW 150 mit Poly-TYTON-Verbindungen für 4 atü Betriebsdruck wurde zusammen mit einer TYTON-Leitung NW 600 für Wasser im Juli 1970 als Doppeldücker durch die Lahn bei Wetzlar verlegt (Bild 13).

Zusammenfassung

In gußeisernen Hochdruck-Versuchsgasleitungen bis 35 atü mit TYTON-Verbindungen war festgestellt worden, daß der TYTON-Dichtwulst unter dem Einfluß

von Kohlenwasserstoffen über die Dichtkammer hinaus in den Muffenspalt quellen und dort anreißen kann. Auch wenn das Anreißen die Dichtfunktion des TYTON-Ringes nicht beeinträchtigt, wurde unter Berücksichtigung der höheren Beanspruchung der Verbindungen bei Hochdruckgasleitungen ein Vorsatzring entwickelt, der zusätzlich in die Dichtkammer der TYTON-Verbindung eingelegt wird, diese zum Muffenspalt hin abschließt und ein Anreißen des TYTON-Dichtwulstes verhindert.

Literatur

- [1] K. Reeh und H. Nöh,
Die Verbindungen duktiler Gußrohre — Ihr Einsatz in Gasleitungen unter besonderer Berücksichtigung der Gummidichtringe
Informationsschrift Nr. 1 der FGR (1966)
- [2] E. Niederschuh,
Erprobung von Gummiringen für Muffenverbindungen gußeiserner Druckrohre für Gasleitungen
Informationsschrift Nr. 2 der FGR (1967)
- [3] Institut für Gastechnik, Feuerungstechnik und Wasserchemie der Technischen Hochschule Karlsruhe
Gutachten über die Eignung gummigedichteter Gußrohrverbindungen in Gasleitungen
Informationsschrift Nr. 2 der FGR (1967)
- [4] W. Wolf,
Einsatz von Gummidichtringen in Gasleitungen aus Gußrohren. gwf 111 (1970), Heft 8, Seite 427—436

Verwendung von Polyäthylen-Schlauchfolie für den Korrosionsschutz gußeiserner Druckrohre in Sonderfällen

Von WERNER WOLF und WOLF-DIETRICH GRAS

Gußeiserne Rohre erhalten im Werk einen dünnen Tauch- oder Spritzteer-Überzug von ca. 0,07 mm Schichtdicke. Nur in sehr wenigen Fällen, bei der Verlegung in stark aggressiven Böden, ist ein zusätzlicher Korrosionsschutz erforderlich.

Über die bei Gußrohren üblichen Sonderschutzarten wurde von W. D. Gras [1] bereits in einem früheren FGR-Informationsheft berichtet. Im vorliegenden Aufsatz soll auf eine in den letzten Jahren in steigendem Umfang eingesetzte, aus USA stammende Sonderschutzmethode eingegangen werden, die darin besteht, über die geteerten Rohre an der Baustelle vor dem Absenken in den Rohrgraben Polyäthylen-(PE) Schlauchfolie zu ziehen. Diese Schlauchfolie mit einer Dicke von 0,20 bis 0,25 mm wird abschnittsweise in Längen von ca. 6 bis 7 m auf der Rohroberfläche nach dem Überstreifen glattgezogen und an den Enden überlappend mit selbstklebendem Polyäthylenband festgeklebt bzw. mit sonstigem Bindematerial, z. B.

kunststoffumhülltem Draht oder mit Kunststofflochbändern für Kabelbäume festgebunden. Entsprechende Einzelheiten der Verlegetechnik werden auf Seite 37 dieses Informationsheftes von R. Zimmer behandelt.

Diese Schutzart weicht von den klassischen Methoden, wonach der Schutzüberzug fest auf der Rohroberfläche haftet, ab, denn die Schlauchfolie umhüllt das Rohr nur lose. Ihre Aufgabe besteht ausschließlich darin, den unmittelbaren Kontakt zwischen der Rohraußenfläche und dem aggressiven Boden zu verhindern.

Der Rohrschutz mit PE-Schlauchfolie hat gegenüber den herkömmlichen Schutzarten den großen Vorteil, daß er ohne großen Aufwand erst während der Verlegung angebracht und die Entscheidung für den Einsatz daher kurzfristig gefällt werden kann, sofern es die Bodenverhältnisse erfordern. Die Gefahr von Transportverletzungen des Rohrschutzes ist ausgeschaltet und diese Schutzart ist zudem auch sehr wirtschaftlich.

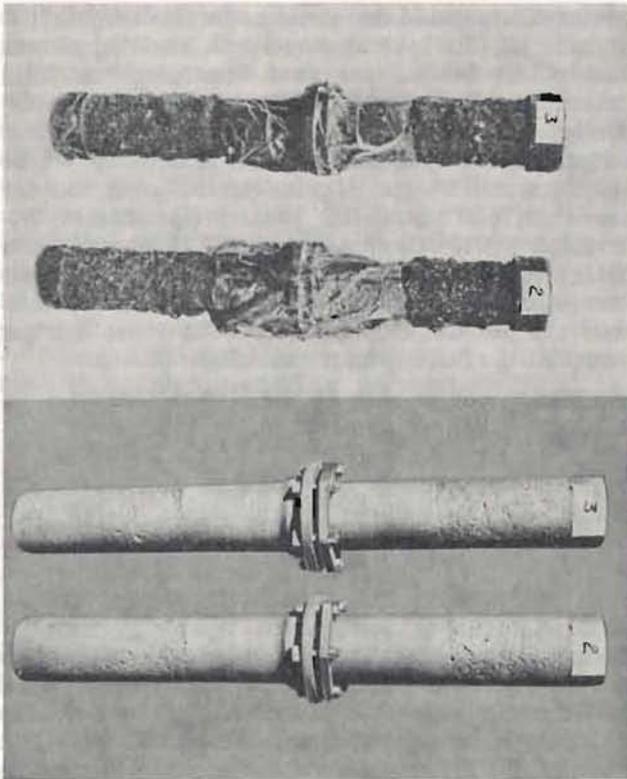


Bild 1: Aussehen von 2 Rohrproben nach 5jähriger Eingrabung in einem Schlackenboden und Schutz der Rohrverbindungsstellen mit Polyäthylenschlauchfolie
oben = Proben nach der Ausgrabung
unten = Proben nach Entfernung der Folie und der Korrosionsprodukte

Im nachfolgenden wird über bisherige Untersuchungsergebnisse und Erfahrungen in USA und Deutschland berichtet.

Erfahrungen in USA

E. F. Wagner [2] berichtete 1964 erstmalig über ca. 10jährige Vergleichsversuche an ca. 2 m langen Rohrabschnitten NW 50 und 150 mit und ohne Polyäthylen-Schlauchfolienschutz in zwei stark aggressiven Schlacken- bzw. Schlickböden.

Zur Charakterisierung der beiden Böden sei folgendes mitgeteilt:

- Schlackenboden: Bodenwiderstand ca. 400 Ohm x cm, gut belüftet, wechselnde Befeuchtung, Ausbildung von Korrosionslokalelementen infolge eines Kohlenstoffgehaltes der Schlacke von ca. 30%, keine sulfatreduzierenden Bakterien.
- Schlickboden: Bodenwiderstand ca. 100 bis 300 Ohm x cm, schlecht belüftet, mit Seewasser befeuchtet, anaerobe Korrosion infolge Anwesenheit sulfatreduzierender Bakterien.

Bei der Ausgrabung von Proben aus dem Schlackenboden nach 5 Jahren zeigte sich an den foliengeschützten Proben kein Angriff, während die ungeschützten Rohre Korrosionsanfressungen von mehr als 2,5 mm

Tiefe aufwiesen (vgl. Bild 1). Auch bei einer zweiten Aufgrabung nach 9 Jahren wurden an den foliengeschützten Rohrabschnitten keine Korrosionsanfressungen nach dem Sandstrahlen der Oberfläche festgestellt.

Bei einer Ausgrabung von Proben aus dem Schlickboden nach 8jähriger Einwirkungszeit waren auf den foliengeschützten Oberflächenbereichen der Rohre ebenfalls keine Korrosionsanfressungen zu beobachten, während die ungeschützten Oberflächenbereiche eine stark zerklüftete Oberfläche aufwiesen (vgl. Bild 2). Vom Verfasser wurden für die Angriffstiefen an den ungeschützten Rohrbereichen zwar keine Werte genannt, jedoch ergibt ein Vergleich der auf den Bildern 2 und 1 gezeigten Rohre, daß der Angriff mindestens 3 mm betragen hat.

In seiner Veröffentlichung geht E. F. Wagner [2] auch kurz auf den Mechanismus der Schutzwirkung der Schlauchfolie ein, ohne allerdings spezielle Untersuchungsbefunde darüber vorzulegen. Er weist darauf hin, daß die Schlauchfolie keine vollständige Abdichtung der Metalloberfläche vom Grundwasser bewirkt, und daß der Schutzeffekt der Folie auf einer Stagnierung des eingedrungenen Wassers zwischen

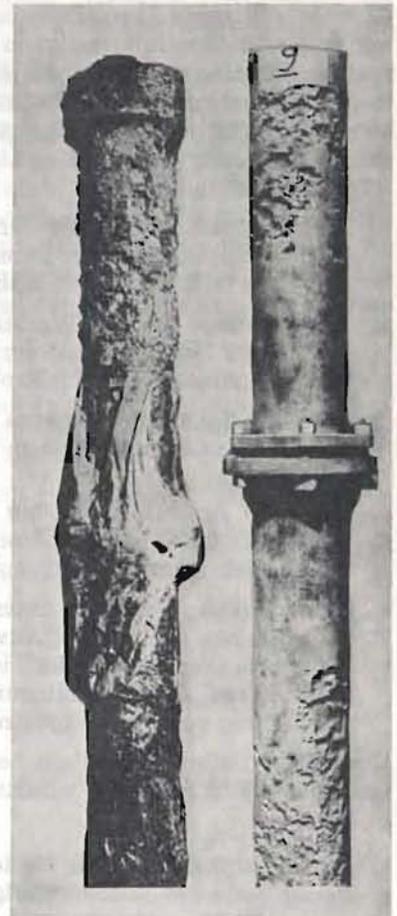


Bild 2: Aussehen von 1 Rohrprobe nach 8jähriger Eingrabung in einem Schlickboden und Schutz der Rohrverbindungsstelle mit Polyäthylenschlauchfolie
links = Probe nach der Ausgrabung
rechts = Probe nach Entfernung der Folie und der Korrosionsprodukte

Rohroberfläche und Folie beruht. Das Wasser verliert durch Korrosionsvorgänge, die in geringem Umfang in der ersten Phase ablaufen, seine Aggressivität, und die Korrosion kommt dadurch zum Stillstand.

In der Folgezeit kam diese besondere Rohrschutzart in den USA immer stärker zum Einsatz. Auf einem Kongreß in London im Jahre 1968 über die Korrosion und den Schutz von Rohrleitungen konnte E. F. Wagner [3] mitteilen, daß in den USA seit 1958 in stark aggressiven Erdböden ca. 450 km Gußrohre im Bereich von NW 50 bis 1050 mit Polyäthylen-Schlauchfolie verlegt worden sind.

Weiterhin berichtete W. H. Smith [4] in einer Arbeit, daß in seinem Institut Aufzeichnungen über 80 mit Polyäthylen-Schlauchfolie geschützte Leitungen in stark korrosiven Böden vorliegen, wonach kein Korrosionsangriff von Bedeutung festgestellt und keine Betriebsausfälle gemeldet worden sind.

Untersuchungen im Laboratorium über die Wirksamkeit des Korrosionsschutzes durch Polyäthylen-Schlauchfolie

Im Hinblick auf den praktischen Einsatz müssen die Ergebnisse von Feldversuchen die Basis für die Beurteilung der PE-Schlauchfolie als Korrosionsschutz von Gußrohrleitungen bilden. Da solche Versuche jedoch nur unzureichende Informationen zu einem Verständnis des Schutzmechanismus der Folie liefern, wurden in den Laboratorien der Gußrohrwerke entsprechende Versuche unter genau definierten Bedingungen angesetzt. Dabei ging es in erster Linie um die Klärung folgender Punkte:

- Durchlässigkeit der Folie für die in der Bodenfeuchtigkeit befindlichen Ionen sowie für aggressive Gase (z. B. Sauerstoff, Kohlensäure)
- Veränderung des pH-Wertes und des elektrochemischen Potentials mit der Zeit im Korrosionssystem Rohroberfläche/Elektrolyt/Folie
- Geschwindigkeit des Abbaues erhöhter Gehalte an aggressiven Gasen im System Rohroberfläche/Elektrolyt/Folie
- Vergleich der Schutzwirkung der Folie in unverletztem Zustand und bei Vorhandensein von bewußt angebrachten Verletzungen
- Schutzwirkung der Folie unter extremen Angriffsbedingungen, wie z. B. bei Anwesenheit von Lokalelementen (Paarung Kupfer/Eisen) und unter etwas schwächeren Angriffsbedingungen, wie z. B. bei Ausbildung von Belüftungs-Korrosionselementen.

Über die erzielten Ergebnisse bei den einzelnen Untersuchungen ist folgendes mitzuteilen:

a) Durchlässigkeit der Folie für Ionen und gasförmige Bestandteile der Bodenfeuchtigkeit

Die Prüfung der Durchlässigkeit der PE-Schlauchfolie für die in der Bodenfeuchtigkeit gelösten Salze wurde mit Hilfe des Chloridions durchgeführt, da dieses Ion auf Grund seines kleinen Volumens sehr günstige Diffusionsbedingungen besitzt. Zu diesem Zweck wur-

de im Korrosions-Laboratorium der Halbergerhütte, Brebach [5], die in Bild 3 gezeigte Modellapparatur benutzt. Sie besteht aus zwei Glastöpfen (ca. 1,5 l Fassungsvermögen) mit Schliffkrändern, zwischen denen die zu prüfende 0,1 mm dicke Polyäthylen-Schlauchfolie eingespannt war. Der untere Topf wurde blasenfrei mit 5%iger Natriumchloridlösung und der obere mit voll entsalztem Wasser (spezifischer Widerstand $2 \cdot 10^6$ Ohm x cm) gefüllt. Während einer gesamten Versuchsdauer von einem Jahr wurde aus dem oberen Topf jeden Monat eine Probe entnommen und auf Chlorid untersucht. Dabei hat sich gezeigt, daß die Folie absolut undurchlässig bleibt.

Darüber hinaus wurden im chemischen Laboratorium der Luitpoldhütte, Amberg [6], entsprechende Versuche durchgeführt mit dem Ziel, die Diffusion von gelösten Gasen durch die Folie zu messen. Hierzu wurde ein zweiteiliges geschlossenes Gefäß verwendet, in das in geeigneter Weise eine durch eine Fritte gestützte Trennwand aus der zu untersuchenden Folie von 0,25 mm Dicke eingesetzt werden konnte. Beide Abteilungen wurden mit Wasser gefüllt; das Wasser in der einen Abteilung wurde durch Einleiten des Gases, dessen Diffusion untersucht werden sollte, gesättigt und die Konzentration des betreffenden Gases im Wasser der zweiten Abteilung über die Zeit verfolgt. Die Einleitung der Gase erfolgte unter einem Druck von 1,0 und 1,1 kp/cm².

Zur Untersuchung kamen die Gase: Sauerstoff, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff; bei Schwefelwasserstoff konnte die Einleitung nur mit 1,0 kp/cm²

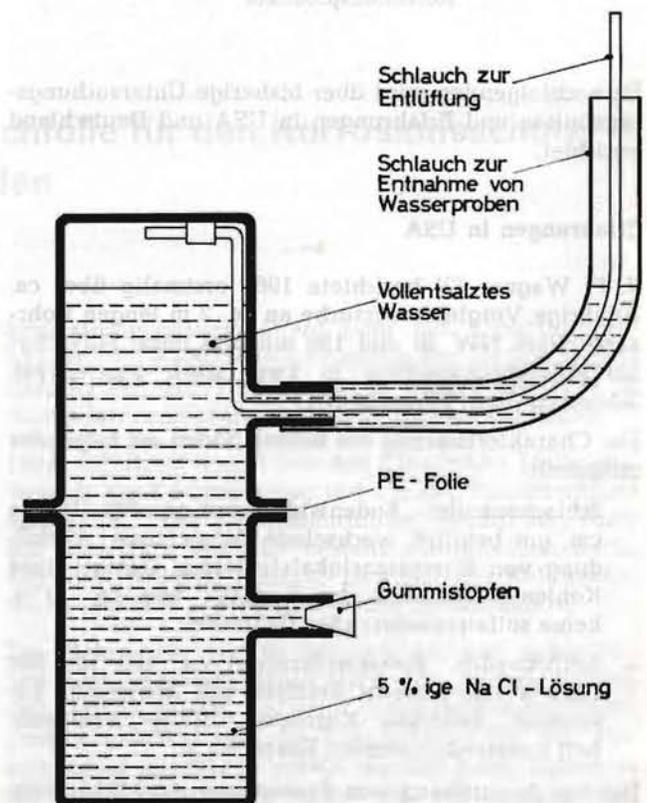


Bild 3: Schnitt durch die Versuchsanordnung zur Prüfung einer Polyäthylenfolie auf ihre Dichtigkeit gegenüber Elektrolyten

durchgeführt werden. Die Versuchszeiten betragen jeweils 14 Tage. Die Bestimmung der Gase erfolgte gasvolumetrisch und nach den Deutschen Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung [7]. Bei einer Einleitung unter Normaldruck war die Gasdiffusion durch die Folie unter den gewählten Versuchsbedingungen nicht meßbar. Sie erreichte bei einem Überdruck der untersuchten Gase von 0,1 kp/cm² Werte von 30 cm³/m² in 24 Stunden. Da die im Zusammenhang mit Korrosionsvorgängen zu berücksichtigenden Gase im Erdboden und im Grundwasser in erheblich geringeren Konzentrationen als im beschriebenen Versuch vorliegen, tritt der Faktor Gasdiffusion in unserer Betrachtung noch weiter an Bedeutung zurück. Lediglich der Sauerstoff kann im Grundwasser nahe der Sättigungsgrenze vorliegen. Rechnet man in einem solchen Fall mit einer Diffusion von 3 cm³/m² und 24 h als obere Grenze, die als Nachweisgrenze des beschriebenen Versuchs angenommen werden soll, so würde diese Menge ausreichen, um im Jahr zu einer Eisenkorrosion von 5 g/m² entsprechend 0,7 µm/Jahr zu führen, die vollständig vernachlässigt werden kann. Die in den gesamten Versuchsreihen gewonnenen Ergebnisse beweisen, daß keine Diffusion von Bestandteilen des Erdreiches und der Bodenfeuchtigkeit durch die Polyäthylen-Schlauchfolie, die eine Korrosion des Rohres begünstigen könnten, möglich ist.

b) Veränderung des pH-Wertes und des elektrochemischen Potentials im Korrosionssystem Rohroberfläche/Elektrolyt/Folie

Im praktischen Fall des Einsatzes der Schlauchfolie wird immer Bodenwasser in den Spalt zwischen Rohroberfläche und Schlauch eindringen. In diesem Zusammenhang interessierte die Frage, wie sich bei eingesickertem Wasser der pH-Wert und das Rohrpoten-

tial mit wachsender Zeit ändern. Es wurden daher ca. 400 mm lange Stücke eines Gußrohres NW 100 mit Schlauchfolie umhüllt, der Folienschlauch an beiden Enden auf der Rohroberfläche einwandfrei abgedichtet und der Raum zwischen Rohr und Folie mit Leitungswasser gefüllt. Während eines Zeitraums von mehreren Monaten wurden periodisch Messungen des pH-Wertes durchgeführt und hierbei festgestellt, daß der pH-Wert nach einem anfänglichen Absinken im Verlauf des Versuchszeitraums auf einen Wert von ca. 10 anstieg (vgl. Bild 4). Das Rohrpotential stieg gleichfalls an, und es stellten sich Bedingungen ein, unter denen sich das Eisen nach dem Pourbaix-Diagramm für das System Eisen/Wasser passiv verhält (vgl. Bild 4).

Diese Feststellungen bestätigen die schon von E. F. Wagner [1] getroffenen Überlegungen, daß Korrosionsvorgänge unter der Folie nur so lange ablaufen können, bis der im Wasser vorhandene Sauerstoff verbraucht ist. Ist dieser Zustand erreicht, dann kommt die Korrosion zum Stillstand bzw. läuft nur noch in dem Maß weiter, wie Sauerstoff in den Spalt zwischen Rohroberfläche und Folie durch Falten in der Rohrumhüllung nachdiffundieren kann.

c) Abbaugeschwindigkeit erhöhter Gasgehalte im Korrosionssystem Rohroberfläche/Elektrolyt/Folie

Zur Ergänzung der unter Punkt b) geschilderten Versuche erschien es sinnvoll, einige Zahlenwerte über die Abbaugeschwindigkeiten erhöhter Gehalte an korrosiven Gasen (z. B. Sauerstoff und Kohlensäure) zu erarbeiten. Im chemischen Laboratorium der Luitpoldhütte, Amberg [6], wurden zu diesem Zweck in dicht schließenden Polyäthylen-Behältern Rohrabchnitte NW 150, 150 mm lang, aus duktilem Gußeisen mit und ohne Teerüberzug mit jeweils 2 l Leitungswasser

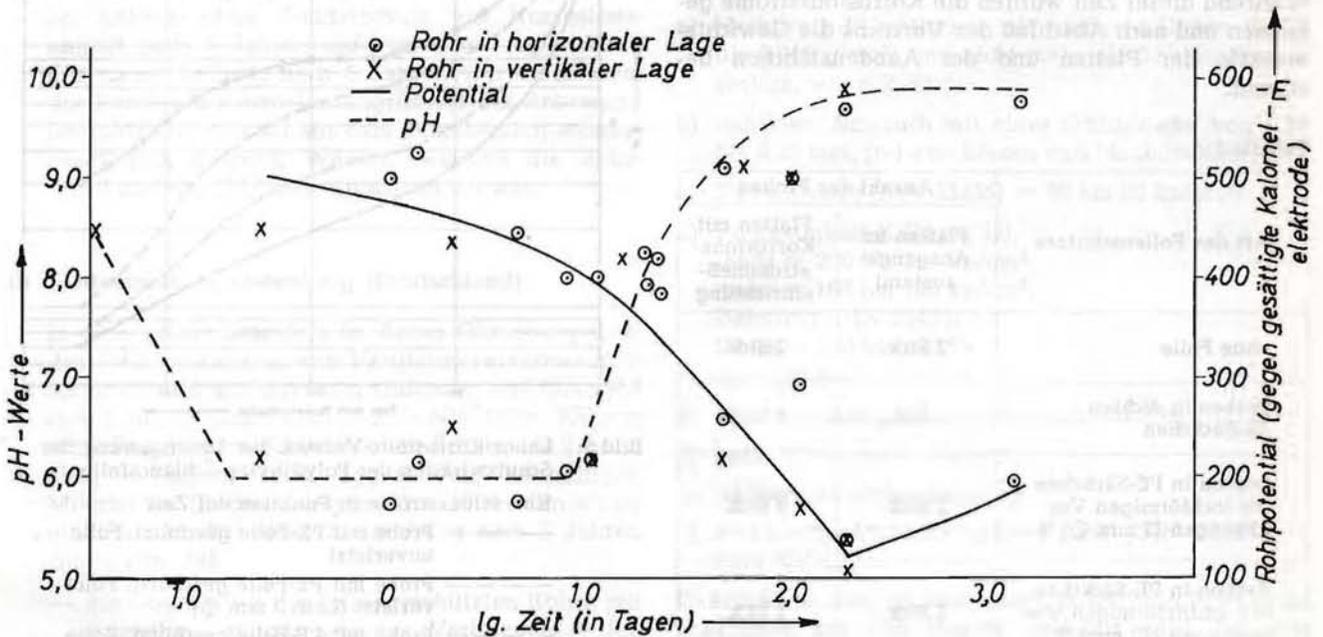


Bild 4: Änderung des pH-Wertes des Elektrolyten zwischen Folie und Rohr und des elektrochemischen Potentials des Rohres in Funktion der Zeit

mit einem Sauerstoffgehalt von 7 mg/l und einem Gehalt an freier aggressiver Kohlensäure von 44 mg/l umgeben. Bei den ungeteerten Rohren waren beide Gase nach zwei Monaten praktisch verbraucht und bei den geteerten Rohren auf Gehalte von 1 mg/l O₂ und 7 mg/l CO₂ abgesunken.

d) Vergleich der Schutzwirkung der Folie in unverletztem und verletztem Zustand

Ziel dieser Versuchsreihe war es, die Wirkung des Schlauchfolien-Schutzes unter aeroben Korrosionsbedingungen zu untersuchen und dabei insbesondere festzustellen, inwieweit sich Verletzungen der Schlauchfolie auf die Korrosionsschutzwirkung auswirken.

Zu diesem Zweck wurden im Korrosionslaboratorium der Halbergerhütte, Brebach [5], 16 gußeiserne Segmente (60 x 40 x 8 mm) aus einem duktilen Gußrohr NW 250 herausgetrennt. Entsprechend der nachfolgenden Tabelle 1 wurde die eine Hälfte der Platten im Ausgangszustand in Polyäthylen-Säckchen ohne und mit definierten Verletzungen eingeschweißt und die andere Hälfte der Proben zuvor mit einer Anordnung zur Messung von Korrosionsströmen ausgestattet. Diese Anordnung bestand darin, daß in der Plattenmitte in einem Loch von 3 mm ϕ ein gußeisernes Stäbchen von 2 mm ϕ aus dem gleichen Rohrmaterial elektrisch isoliert eingesetzt wurde und an dieses Stäbchen sowie an die Platte Drähte zur Messung des Korrosionsstromes befestigt wurden. Die blank bearbeitete Oberfläche des Gußstäbchens mit einer Kreisfläche von 2 mm Durchmesser wirkt bei diesem Modellversuch dann als Korrosionsanode.

Die so vorbereiteten Proben wurden über 6 Monate der Einwirkung einer belüfteten und intensiv bewegten Salzlösung ausgesetzt, die 5,9 g/l Natriumchlorid (0,1 n) und 0,71 g/l Natriumsulfat (0,01 n) enthielt. Während dieser Zeit wurden die Korrosionsströme gemessen und nach Abschluß des Versuchs die Gewichtsverluste der Platten und der Anodenstäbchen bestimmt.

Tabelle 1:

Art des Folienschutzes	Anzahl der Proben	
	Platten im Ausgangszustand	Platten mit Korrosionsstrommeßeinrichtung
ohne Folie	2 Stck.	2 Stck.
Proben in dichten PE-Säckchen	2 Stck.	2 Stck.
Proben in PE-Säckchen mit lochförmigen Verletzungen (3 mm ϕ) *)	2 Stck.	2 Stck.
Proben in PE-Säckchen mit schlitzförmigen Verletzungen (20 mm) *)	2 Stck.	2 Stck.

*) In unmittelbarer Nähe der Anodenfläche

Bei den Versuchen hatten sich nach den 6 Monaten in den meisten Fällen noch keine stationären Zustände eingestellt. Aber selbst in diesem Stadium hat sich gezeigt, daß

- der Korrosionsangriff durch die unbeschädigte Schlauchfolie gegenüber den ungeschützten Proben bereits um ca. 85 % vermindert worden ist.
- Beschädigungen der Folie sich bei weitem weniger auswirken als zunächst vermutet wird und die Verminderung des Korrosionsangriffs nach 6 Monaten im noch keineswegs stationären Zustand schon einen Wirkungsgrad im Bereich von 70 % erreicht hat. Dabei wurde beobachtet, daß sich Verletzungen der Folie mit Korrosionsprodukten zusetzen und die Diffusion neuer Ionen aus dem Elektrolyt an die Probenoberfläche dadurch erschwert wird. Den geringsten nachteiligen Einfluß auf den Korrosionsschutzeffekt der Folie übten dabei die schlitzförmigen Verletzungen aus.

Den überzeugenden Beweis für diese Feststellungen lieferten dabei die in Bild 5 dargestellten Korrosionsstromkurven.

e) Schutzwirkung der Folie bei Lokalelementkorrosion (Elektrodenpaarung Kupfer/Eisen)

Es ist bekannt, daß eiserne Rohrwerkstoffe bei elektrisch leitender Verbindung mit Bauteilen aus Kupfer infolge Ausbildung eines Korrosionselementes starke

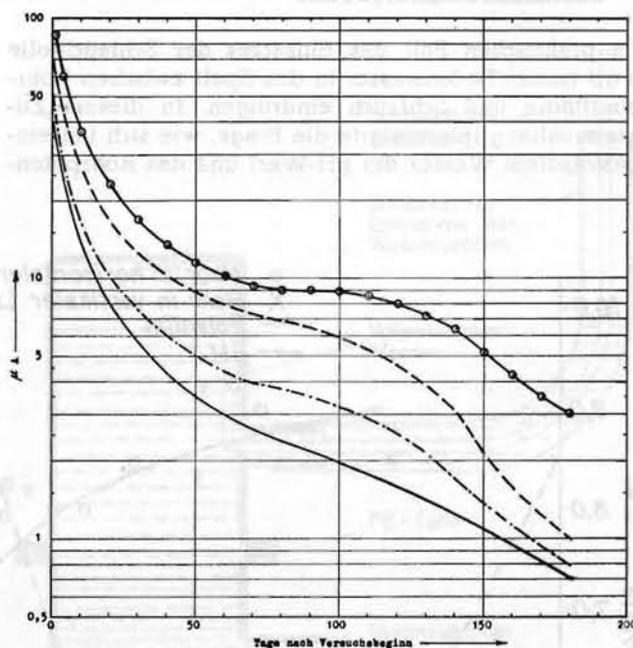


Bild 5: Labor-Korrosions-Versuch zur Untersuchung der Schutzwirkung der Polyäthylen-Schlauchfolie

Korrosionsströme in Funktion der Zeit

— Probe mit PE-Folie geschützt, Folie unverletzt

- - - Probe mit PE-Folie geschützt, Folie verletzt (Loch 3 mm ϕ)

- - - Probe mit PE-Folie geschützt, Folie verletzt (Schlitz 20 mm lang)

-○-○-○- Probe ungeschützt

Zerstörungen erleiden. Es erschien daher für die Betrachtung des Gesamtproblems der Schutzwirkung mit Polyäthylen-Schlauchfolie interessant, die Wirkung der Folie unter diesen extremen Bedingungen zu prüfen.

Im chemischen Laboratorium der Luitpoldhütte, Amberg [6], wurden daher in Kisten Leitungsmodelle aus 1 m Kupferrohr NW 200 und 0,5 m duktilem Gußrohr NW 100 mit elektrisch leitender Verbindung eingelegt. Der Gußrohrteil wurde zuvor vollständig mit einer PE-Schlauchfolie (0,25 mm dick) geschützt. Die Leitungsmodelle wurden in der Kiste im kathodisch wirksamen Teil (Kupferseite) in Sand und im anodisch wirksamen Teil (Gußeisen) in Ton eingebettet. Beide Böden wurden zuvor mit einem Elektrolyt (0,1 n NaCl- und 0,01 n Na₂SO₄-Lösung) gut durchmischt und im späteren Versuchsablauf ständig feucht gehalten. Die Versuchsdauer betrug 100 Tage. Nach Abschluß des Versuchs wurde festgestellt, daß die Polyäthylen-Schlauchfolie die Gußrohrabschnitte selbst unter diesen extremen Versuchsbedingungen einwandfrei geschützt hatte, während bei Rohrproben ohne Folienschutz die Lokalelement-Korrosion am Gußrohrteil bereits wirksam wurde.

Versuche an Betriebsleitungen und in Korrosionsfeldern über die Wirksamkeit der Polyäthylen-Schlauchfolie

a) Betriebsleitung Sorrento Valley (USA)

W. H. Smith [8] berichtete über einen Einsatz der Polyäthylen-Schlauchfolie in Sorrento Valley (USA). Im Jahre 1960 wurden dort 2,3 km einer Gußrohrleitung NW 400 und ca. 500 m einer Gußrohrleitung NW 300 bei der Verlegung mit 0,2 mm dicker PE-Schlauchfolie geschützt. In dem Boden, in dem die Verlegung erfolgte, trat erfahrungsgemäß an Rohren ohne Sonderschutz ein Korrosionsangriff nach 5 Jahren auf. Bei einer Aufgrabung der neuen Leitung nach 6 Jahren war an keinem der Rohre ein Korrosionsangriff auf der Rohrwand festzustellen, obwohl aus dem umgebenden wasser-gesättigten Erdreich Wasser zwischen die Rohrwand und den Schlauch eingedrungen war.

b) Feldversuch in Oldenburg (Deutschland)

In einem Korrosionsfeld im Raum Oldenburg wurden 1963 im Rahmen von Vergleichsversuchen zwischen Rohren aus duktilem Gußeisen und Grauguß auch 6 duktile Gußrohrabschnitte NW 100 x 1750 mm mit Polyäthylen-Schlauchfolien-Schutz (0,2 mm dick) in einem stark aggressiven, kleihaltigen Moorboden (Bodenwiderstand ca. 1000 Ohm x cm) eingegraben. Bei einer Ausgrabung nach 5 Jahren zeigte sich, daß

— die Oberflächen der foliengeschützten Rohre mit Ausnahme einiger weniger Verletzungsstellen an den Folien noch vollständig dem Ausgangszustand entsprachen;

— an den wenigen Folienverletzungen zwar ein begrenzter Angriff auf das darunterliegende Gußrohr stattgefunden hat, der jedoch um ca. 70 % gegenüber den ungeschützten Rohren aus duktilem Gußeisen und Grauguß abgeschwächt war. Dies ist für einen so extrem aggressiven Boden ein sehr beachtliches Ergebnis.

Haltbarkeit der Polyäthylen-Schlauchfolie und Qualitätsmerkmale

Für die Eignung der Polyäthylen-Schlauchfolie als Korrosionsschutz spielt ihre Haltbarkeit eine wesentliche Rolle. Ihre Alterungsneigung muß gering sein.

E. F. Wagner [2] hat im Rahmen seiner Korrosionsfeldversuche diese Frage verfolgt. Er stellte fest, daß z. B. bei 8jähriger Einwirkung eines salzhaltigen Schlickbodens mit reger Bakterientätigkeit sich die mechanischen Kennwerte der Folie gegenüber dem Ausgangszustand nicht entscheidend verändert haben und sich die Folie nach wie vor in einem ausgezeichneten Zustand befand. Die Streckgrenze war während der 8 Jahre um 9 % und die Zugfestigkeit um 25 % abgesunken, die Dehnung lag immer noch im Bereich von 300 bis 400 %.

Es erhebt sich die Frage, ob von dem sehr vielfältigen Angebot auf dem Markt an PE-Folien alle gleich gut für den Korrosionsschutz von Rohren geeignet sind. Dies ist sicher nicht der Fall, denn an eine Folie, die als hochwertiger Korrosionsschutz wirken soll, sind sicher wesentlich höhere Anforderungen zu stellen als an Folien, die lediglich zur Verpackung kurzlebiger Güter des täglichen Bedarfs dienen.

Auf Grund vergleichender Qualitätsprüfungen und in Zusammenarbeit mit verschiedenen Herstellerfirmen sind an die Polyäthylen-Schlauchfolien für den Rohrschutz folgende Qualitätsanforderungen zu richten:

- a) Hochdruck-Polyäthylen mit niedriger Dichte (0,917 bis 0,919 g/cm³) und nicht mehr als 5 % an Fremdstoffen, wie z. B. Ruß;
- b) nahtloser Schlauch mit einer Schichtdicke von 0,20 bis 0,25 mm, frei von Blasen und Nadellöchern;
- c) Streckgrenze (DIN 53455) = 80 bis 90 kp/cm²;
- d) Zugfestigkeit (DIN 53455),
längs = 200 bis 260 kp/cm²
quer = 160 bis 220 kp/cm²;
Dehnung (DIN 53455),
längs = 200 bis 600 %
quer = 450 bis 800 %;
- e) nicht spannungsrißkorrosionsempfindlich;
- f) hohe Weiterreißfestigkeit;
- g) geringe Alterungsneigung;
- h) elektrische Durchschlagsfestigkeit (DIN 53481) = 1100 KV/cm.

Es empfiehlt sich, im Bedarfsfall, soweit die Folie nicht zusammen mit den Rohren geliefert wird, bei den Gußrohrherstellern geeignete Sorten und Lieferanschriften anzufragen.

Diskussion der bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse über den Rohrschutz mit PE-Schlauchfolie

Jeder Fachmann wird einer Rohrschutzmethode, bei der das korrosionsschützende Material auf der Rohroberfläche nicht fest haftet, sondern diese nur lose umhüllt, zunächst mit einer gewissen Skepsis gegenüberstehen. Er wird sich in diesem Zusammenhang 4 Fragen vorlegen, auf die nachfolgend unter Berücksichtigung der insgesamt vorliegenden Untersuchungsergebnisse eine Antwort erteilt wird:

a) Schutzwirkung der Folie

Die Polyäthylen-Schlauchfolie stellt in stark aggressiven Erdböden einen sehr wirksamen Korrosionsschutz für gußeiserne Rohre dar. Bei Laboratoriumsversuchen und mehrjährigen Korrosionsfeldversuchen hat sich eine deutlich ausgeprägte lebensdauerverlängernde Wirkung der Folie gezeigt. Die Folie schützt auch unter extremsten Bedingungen, z. B. bei der Möglichkeit einer Lokalelementkorrosion bei elektrisch leitender Verbindung Kupfer/Eisen.

b) Mechanismus der Schutzwirkung

Die Folie schirmt mechanisch die Rohroberfläche gegen den heterogenen Erdboden ab und in starkem Umfang auch gegen das korrosive Bodenwasser. Geringe Anteile des Bodenwassers können u. U. durch Falten im Schlauch und an verletzten Stellen eindringen, jedoch sind diese Mengen in ihrer Wirkung unbedeutend, da sich die aggressiven Bestandteile abbauen und eine Nachdiffusion höchstens sehr gehemmt ablaufen kann.

c) Bisherige Erfahrungen

Die bisherigen Erfahrungen aus Untersuchungen in Korrosionsfeldern und an Versuchsleitungen in verschiedenen Ländern sowie ergänzenden Arbeiten in Laboratorien rechtfertigen eine Empfehlung dieser Korrosionsschutzart. Weitere Versuche würden keine grundsätzlich neuen Erkenntnisse mehr liefern können, sondern nur einer Abrundung der vorhandenen Kenntnisse dienen.

d) Vorteile gegenüber den herkömmlichen Sonderschutzüberzügen

Die Polyäthylen-Schlauchfolie besitzt gegenüber den werkseitig aufgetragenen Sonderschutzüberzügen für den Rohrnetzingenieur den großen Vorteil, daß die Entscheidung für ihren Einsatz auch noch kurz vor der Verlegung der Rohre getroffen werden kann, sofern man wider Erwarten auf stark

aggressive Bodenverhältnisse trifft. Ein zweiter, sehr wesentlicher Gesichtspunkt ist, daß die Gefahr von Verletzungen des Überzuges auf dem Transport vom Rohrersteller zur Baustelle ausgeschlossen ist.

Zusammenfassung

In 5- bis 10jährigen Versuchen in Korrosionsfeldern und an Betriebsleitungen in USA und Deutschland sowie in ergänzenden Laboratoriumsuntersuchungen hat sich die Umhüllung von gußeisernen Rohren mit einer lose anliegenden Polyäthylen-Schlauchfolie (0,25 mm dick) als sehr wirksamer Korrosionsschutz in stark aggressiven Erdböden erwiesen. Nachdem E. F. Wagner (2) im Jahre 1964 die ersten Erfahrungen mit der Schlauchfolie in stark aggressiven Schlacken- und salzhaltigen Schlickböden (Bodenwiderstände 100 bis 400 Ohm x cm) veröffentlicht hat, sind inzwischen in USA ca. 450 km Gußrohre NW 50 bis 1050 mit diesem Rohrsonderschutz verlegt worden. Untersuchungsergebnisse aus Deutschland bestätigen die guten Erfahrungen von USA.

Literatur

- [1] W. D. Gras,
Korrosions-Schutzüberzüge für erdverlegte gußeiserne Druckrohre
Informationsschrift Nr. 2 der FGR (1967)
- [2] E. F. Wagner,
Journal of the American Water Works Association
März 1964, 361—368
- [3] E. F. Wagner,
Proceedings of the 1968 Conference on the Corrosion and Protection of Pipes and Pipelines
Discussion 79—80
- [4] W. H. Smith,
A Report on Corrosion Resistance of Cast Iron and Ductile Iron Pipe
CIPRA, Mai—Juni 1968
- [5] W. Wolf,
Unveröffentlichte Untersuchungen
- [6] R. Handler,
Unveröffentlichte Untersuchungen
- [7] Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung
herausgegeben von Fachgruppe Wasserchemie i. d. Ges. D. Chemiker, Verlag Chemie GmbH, Weinheim (Bergstraße)
- [8] W. H. Smith,
Report on Observations of Corrosion Protection of Cast Iron Pipe by Loose Polythene Wrap
CIPRA, Jan. 1966, Chicago



Bild 1: Verlegevorrichtung (am Kran hängend)



Bild 2: Eingebauter Handseilzug



Bild 3: Verlegevorrichtung, in Rohr eingefahren, am Beginn des Anhebens



Bild 4: PE-Schlauchfolie wird auf Rohr gezogen

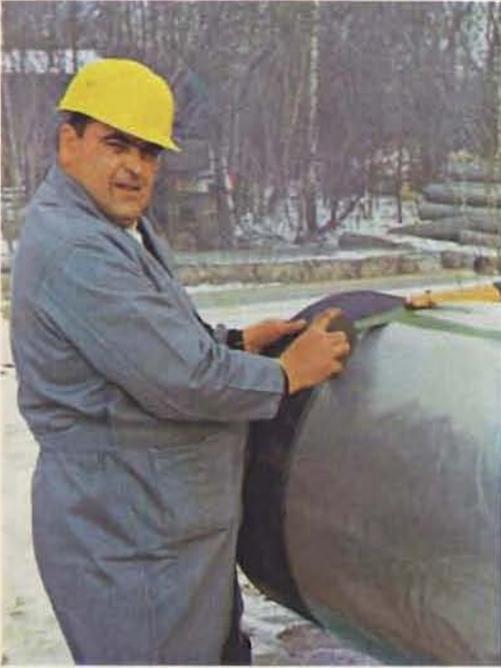


Bild 5 und Bild 6: Enden der PE-Schlauchfolie werden auf Rohrschaft mit PE-Klebeband befestigt



Bild 8: PE-Folienschutz für Rohrverbindung

Bild 7: Zugseil-Befestigung während der Herstellung der Rohrverbindung

Verlegevorrichtung für TYTON-Rohre mit und ohne Polyäthylen-Schlauchfolie als Korrosionsschutz

Von RUDOLPH ZIMMER

Ein erheblicher Kostenfaktor beim Bau einer Rohrleitung ist der Zeitaufwand, der für die Verlegung der einzelnen Rohre notwendig ist. Dies gilt um so mehr, wenn an den Rohren vor der eigentlichen Verlegung bestimmte Vorbereitungen zu treffen sind. Andererseits können die Verlegeleistungen erhöht werden, wenn die notwendigen Verlegewerkzeuge die Verlegearbeiten vereinfachen; dazu gehört nicht nur, daß der körperliche Einsatz verringert wird, sondern daß auch die oftmals mehrteiligen Verlegewerkzeuge möglichst in einer einzigen, gut zu handhabenden Einheit zusammengefaßt werden.

Diesen kurz umrissenen Anforderungen wird eine Verlegevorrichtung gerecht, die in jüngster Zeit für die Verlegung von duktilen Gußrohren mit TYTON-Muffen eingesetzt wurde; insbesondere bei Rohren größerer Durchmesser und dann, wenn Polyäthylen-(PE-)Schlauchfolien als Korrosionsschutz zum Einsatz kamen, waren die Vorteile sehr auffällig.

Konstruktiver Aufbau und Arbeitsweise der Verlegevorrichtung

Das Verlegegerät besteht aus einem Gabelarm mit einem eingebauten Drahtseilzug und hat eine Aufhängung, die entsprechend der jeweiligen Lage des Lastschwerpunktes verschoben werden kann (Bild 1 auf Farbseite 35).

Die Abmessungen des Armes berücksichtigen die größte bei duktilen Gußrohren vorkommende Länge von 6 m; andererseits können aber auch verhältnismäßig kleine Rohrhülsen verlegt werden, selbst wenn diese kürzer sind als der Gabelarm, da in diesen Fällen der Gabelarm beim Verlegevorgang bis in das bereits verlegte Rohr hineinreichen kann.

Die Aufhängung, an der das Hebezeug — zweckmäßigerweise ein Bagger oder Mobilkran — angreift, ist in Längsrichtung verschiebbar, da die Lage des Lastschwerpunktes von dem jeweiligen Gesamtgewicht des Verlegegerätes abhängt; es kann also berücksichtigt werden, ob das Verlegegerät mit oder ohne Rohr angehoben wird und wie schwer das angehängte Rohr ist. Die Aufhängung muß z. B. auch im Graben vor dem Herausziehen aus dem verlegten Rohr verschoben werden; während dieses Arbeitsganges liegt die Verlegevorrichtung mit einem an ihr angeordneten Prisma auf der Rohroberfläche auf und bleibt gleichzeitig über das für diesen Augenblick etwas nachgelassene Befestigungsseil mit dem Hebezeug verbunden; dadurch ist gewährleistet, daß selbst in unvorhergesehenen Situationen das Verlegegerät nicht vom Rohr herunterfallen kann; im übrigen sorgen Kugellager dafür, daß die Aufhängung leicht, ohne nennenswerten Kraftaufwand verschoben werden

kann. Während des Arbeitens mit der Verlegevorrichtung ist die Aufhängung durch einen Steckbolzen gegen ungewolltes Verschieben gesichert.

Eine Klemmvorrichtung verhindert, daß das angehängte Rohr während des Transportes aus dem Verlegegerät herausrutscht, z. B. wenn die Verlegevorrichtung an einem Hindernis anstoßen und dadurch in eine Schräglage gezwungen würde.

Der ohne Zweifel für die Verlegung von Rohren mit TYTON-Muffen interessanteste Teil des Verlegegerätes ist der eingebaute Handseilzug. Er ist so angeordnet, daß der Hebelarm von dem auf der Rohrgrabensohle stehenden Verlegepersonal leicht erreicht wird (Bild 2 auf Farbseite 35). Das Zugseil, dessen Länge beliebig groß gewählt werden kann, wird entlang des zu verlegenden Rohres zu der Muffe des bereits verlegten Rohres geführt und um diese Muffe geschlungen. Die Endschleife am Zugseil und ein loser, auf dem Zugseil verschiebbarer Haken ermöglichen es, ohne Berücksichtigung der entsprechend der einzelnen Rohrnennweiten unterschiedlich großen Rohr- bzw. Muffenaußendurchmesser eine Schlinge herzustellen, die sich bei Zug zuzieht und so das Zugseil am bereits verlegten Rohr befestigt. Durch Betätigung des Handseilzuges wird schließlich das zu verlegende Rohr in die Muffe des nächstfolgenden Rohres eingeschoben; während dieses Verlegevorganges bleiben das Verlegegerät und damit das Rohr an dem Hebezeug hängen. Wenn das Zugseil nicht benutzt wird, d. h. also immer dann, wenn nicht gerade eine Rohrverbindung hergestellt wird, bleibt es an der Seite des Verlegearmes aufgehängt.

Die Verlegevorrichtung ist somit eine zweckmäßige Kombination von Transportvorrichtung und Verlegewerkzeug; sie erspart es in wünschenswerter Weise dem Verlegepersonal, verschiedene Vorrichtungen und Werkzeuge, die zum Transport und zur Verlegung von Rohren insbesondere bei großen Durchmessern benötigt werden, entlang bzw. innerhalb des Rohrgrabens von Arbeitsstelle zu Arbeitsstelle zu bringen; darüber hinaus wird vermieden, daß die Verlegewerkzeuge infolge der oft anzutreffenden Grabenverhältnisse stark verschmutzt werden und vor ihrem Arbeitseinsatz jeweils gereinigt werden müssen.

Bei sehr großen Rohrnennweiten, z. B. NW 900 und NW 1000, sind zum Einschleiben des Rohrendes in die Steckmuffe Kräfte erforderlich, die über der zulässigen Höchstbeanspruchung der handelsüblichen, für eine solche Verlegevorrichtung brauchbaren Handseilzüge liegen; in diesen Fällen wird die Verlegevorrichtung durch einen zweiteiligen Ring mit loser Rolle ergänzt. Der zweiteilige Ring wird hinter der Muffe des verlegten Rohres auf dem Rohrschaft durch einen Schnellverschluß befestigt, und das Zugseil wird in diesen

Fällen über die lose Rolle zur Stirn der Verlegevorrichtung zurückgeführt und dort in einen Haken eingehängt. Dadurch wird das Seil einmal eingeschert und die am Handseilzug erforderliche Kraft halbiert.

Da die Verlegevorrichtung entsprechend den stark unterschiedlichen Rohrgewichten ausgelegt sein muß, wäre es nicht vorteilhaft, einen einzigen Typ, der für alle Nennweiten (z. B. von NW 300 bis NW 1000) geeignet wäre, bereitzuhalten. Aus diesen Gründen wurden 3 verschiedene Größen dieser Verlegevorrichtungen geschaffen, die jeweils für einen bestimmten Nennweitenbereich verwendet werden können.

Die Vorteile, die diese Verlegevorrichtung hinsichtlich einer größeren Verlegeleistung und der Vereinfachung der Verlegung selbst bietet, sind offensichtlich und haben sich in der Praxis bestätigt.

Die Verlegevorrichtung ist außerdem dann ein nützliches Hilfsmittel, wenn an den Rohren vor der Verlegung besondere Maßnahmen durchgeführt werden, wie z. B. bei der Verwendung von Polyäthylen-Schlauchfolie als Korrosionsschutz; siehe hierzu den Aufsatz von W. Wolf / W.-D. Gras auf Seite 28 dieses Informationsheftes.

Verlegung von TYTON-Rohren mit Polyäthylen-Schlauchfolie

Beim Arbeiten mit der zuvor beschriebenen Verlegevorrichtung wird das Rohr von innen gefaßt und hängt auf seiner ganzen Länge frei in der Luft, wobei es ohne Schwierigkeit in die für das Arbeiten günstigste Lage angehoben werden kann (Bild 3 auf Farbseite 35).

Die Schlauchfolie wird in größerer Meterzahl, aufgewickelt zu Rollen, zur Baustelle geliefert und entsprechend der jeweiligen Rohrlänge von einer solchen Rolle in notwendiger Länge abgeschnitten. Ohne Behinderung kann dieser Schlauch auf das in der Verlegevorrichtung hängende Rohr gestreift, glattgezogen und auf dem Rohrschaft befestigt werden, da die Außenfläche des Rohres an keiner Stelle auf- oder anliegt (Bild 4 und 5 auf Farbseiten 35 + 36). Man kann also in einfachster und sehr rascher Weise den gesamten Rohrschaft fertig schützen, bevor das Rohr in den Graben gehoben wird; lediglich die Muffe und das Rohrende, das in die Muffe des vorher verlegten Rohres eingeschoben wird, bleiben so lange frei bzw. ungeschützt, bis die Rohrverbindung hergestellt ist. Dabei spielt es keine Rolle, ob eine Schlauchfolie, deren Durchmesser nur geringfügig größer ist als der Rohr-

außendurchmesser, oder eine Schlauchfolie mit einem so großen Durchmesser gewählt wird, daß die Enden der Schlauchfolie später über die fertiggestellte Rohrverbindung gezogen werden können. In jedem Fall wird die Schlauchfolie auf der gesamten Rohrschaftlänge glattgezogen, gegebenenfalls bis zum engen Anliegen an der Rohraußenfläche eingeschlagen und dann entweder mit selbstklebendem PE-Klebeband oder kunststoffumhülltem Draht befestigt (Bild 6 auf Farbseite 36). Im Falle des Einsatzes einer Schlauchfolie mit entsprechend dem Muffenaußendurchmesser größeren Durchmesser werden Schlauchfolienenden, die später über die Rohrverbindung gezogen werden, über das Rohr umgestülpt und zurückgezogen.

Das so mit der PE-Schlauchfolie versehene und in der Verlegevorrichtung hängende Rohr wird dann für die Herstellung der Rohrverbindung vorbereitet, d. h. Muffe und Rohrende werden gesäubert, die Dichtkammer in der Muffe wird mit Gleitmittel bestrichen, der Dichtring in die Muffe eingelegt und sodann auf den Dichtring sowie auf das Rohrende eine dünne Schicht Gleitmittel aufgetragen. Schließlich wird das Rohr zusammen mit der Verlegevorrichtung in den Graben hinabgelassen und dort mit Hilfe des in die Verlegevorrichtung eingebauten Handseilzuges montiert (Bild 7 auf Farbseite 36). Da lediglich das Seil entlang des Rohres geführt wird und es nicht notwendig ist, die sonst üblichen Seil- oder Kettenzüge an dem zu verlegenden Rohr zu befestigen, ist bei dieser Arbeitsweise eine mechanische Beschädigung der Schlauchfolie praktisch ausgeschlossen, zumal während des Einschubvorganges das Rohr in gewünschter Weise so weit angehoben werden kann, daß es nicht über die Grabensohle rutscht.

Ist die Rohrverbindung hergestellt, wird die Verlegevorrichtung aus dem Rohr herausgezogen. Die noch nicht mit Schlauchfolie bedeckten Flächen der Rohrleitung im Bereich der Rohrverbindung werden abschließend wie folgt geschützt:

Entweder wird eine Planfolie um die Rohrverbindung gelegt, oder es wird ein vor der Montage des Rohres lose auf den Rohrschaft aufgeschobenes zweites Stück Schlauchfolie über die Rohrverbindung gezogen, oder aber es werden die über die Rohrlänge hinausragenden, vor der Montage des Rohres zurückgezogenen Schlauchfolienenden überlappend über die Rohrverbindung gezogen. In jedem Fall wird die Folie durch Falten bzw. Einschlagen eng an die Rohrleitung angelegt und schließlich mit selbstklebendem PE-Klebeband oder kunststoffisoliertem Draht befestigt (Bild 8 auf Farbseite 36).

Erfahrungen bei Druckprüfungen von gußeisernen Wasserleitungen

Von GERHARD HEISE

Maßgebende Richtlinien und Hinweise für die Druckprüfung von gußeisernen Wasserleitungen sind in der Norm DIN 4279 „Guß- und Stahlrohrleitung für Trink- und Brauchwasser außerhalb von Gebäuden — Richtlinien für Druckprüfung (Innendruckprüfung) —“, Ausgabe November 1954, enthalten. Bezüglich dieser Norm ist seit einiger Zeit ein besonderer DVGW-Arbeitskreis „Druckprüfungsrichtlinien“ damit beschäftigt, eine Überarbeitung nach dem neuesten Stand der Technik auf dem Rohrleitungssektor vorzunehmen.

Sinn und Zweck der nachstehenden Ausführungen soll es sein, über den Rahmen der DIN 4279 hinaus einige Tips und Hinweise für Druckprüfungen von gußeisernen Wasserleitungen zu geben, ohne dabei auf die in der Norm verankerten Richtlinien sowie auf die anstehende Überarbeitung näher einzugehen.

Erfahrungsgemäß bereiten auch heute — im Zeitalter der Elektronik und des Strahlenantriebs — bisweilen verhältnismäßig einfache Dinge noch relativ große Schwierigkeiten, da man sich wegen fehlender Praxis manchmal nicht so recht zu helfen weiß. So können auch Druckprüfungen, durch die praktisch jede fertige verlegte Wasserleitung kritisch auf ihre Funktionstüchtigkeit geprüft werden soll, den Verantwortlichen schon mal Ärger bereiten, ganz zu schweigen von dem Zeitaufwand, der für das Auffinden von Ursachen etwaiger Schwierigkeiten aufgebracht werden muß.

Wenn auch, wie die Praxis zeigt, normalerweise bei der Druckprüfung von Wasserleitungen aus duktilen Gußrohren und Formstücken mit den bewährten gummedichteten Muffenverbindungen kaum mit Schwierigkeiten zu rechnen ist, so kann es doch vorkommen, daß eine Druckprüfung mal „nicht steht“. In diesem Fall ist es dann für ein rasches Auffinden der Ursachen erforderlich und auch vorteilhaft, bei Druckprüfungen die mögliche Größenordnung von Leckagen,

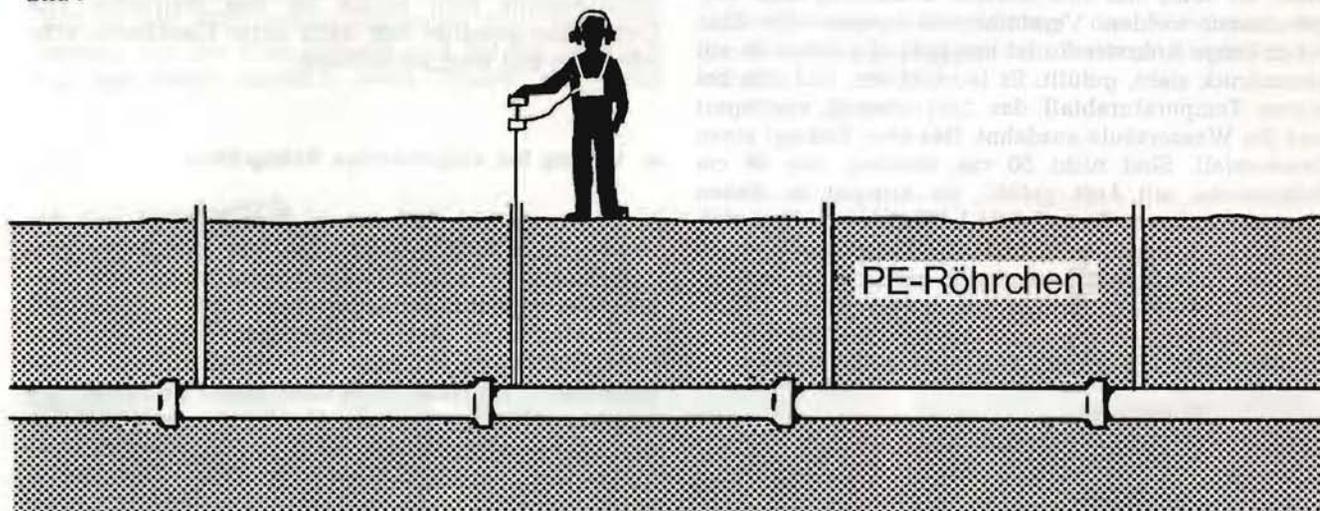
den Einfluß von Lufteinschlüssen bzw. die Temperatureinflüsse beurteilen sowie die Ortung von Leckstellen bei unterschiedlichen Grabenverhältnissen durchführen zu können.

Beurteilung der Größenordnung von Leckagen

Wieviel Wasser muß in den Rohrstrang hineingepreßt werden, um den Druck zu steigern? Diese so außerordentlich wichtige grundsätzliche Frage wird auf den Baustellen vielfach mit einem Achselzucken beantwortet. Sie ist aber für die Beurteilung eines Lecks von größter Wichtigkeit, denn die gleiche Wassermenge, die zur Drucksteigerung benötigt wird, entweicht ja umgekehrt, wenn ein Leck vorhanden ist und der Druck fällt. Theoretisch läßt sich Wasser, das Kohlensäure und Sauerstoff enthält, je atü um rd. 50 : 1 000 000 seines Volumens zusammendrücken. Faßt ein Rohrstrang 10 cbm, so müssen 0,5 l/atü zugepumpt werden. Bei 15 atü also 7,5 Liter. Dieser Wert ist in der Praxis mit 1,5 bis 2,0 zu multiplizieren, da in jeder Muffe Lufteinschlüsse sind, die entsprechend dem Leitungsinndruck verdichtet werden und dadurch das Leitungsvolumen etwas vergrößern. Der vorstehend genannte Wert, abhängig von Nennweite und Leitungslänge, ist auf vielen Baustellen überprüft worden und in der Praxis gut verwendbar. Fällt nun, um bei dem vorstehenden Beispiel zu bleiben, der Druck in der Leitung innerhalb von 5 Minuten um 1 atü, so entweichen etwa 0,2 l/min. Damit ist erst einmal die Größenordnung des Lecks festgestellt, und die Suchbemühungen können danach ausgerichtet werden.

Handelt es sich um Rohre mit Zementmörtelauskleidung, so muß das Füllen so früh wie möglich geschehen. Auch der Innendruck sollte längere Zeit bevor die Druckprüfung angesetzt wird, aufgebracht werden (Bild 1).

Bild 1



Beurteilung des Einflusses von Lufteinschlüssen und Temperaturen

Nach DIN 4279 darf in einer Leitung der Druckabfall höchstens $0,1 \text{ kp/cm}^2$ in einer von der Nennweite und Leitungslänge abhängigen Zeit betragen. Ist er größer, so gibt es auf der Baustelle vielfach endlose Diskussionen über die Einflüsse von Lufteinschlüssen und Temperaturen.

a) Einfluß von Lufteinschlüssen

Ist Luft in der Leitung, so kann diese unter ungünstigen Umständen ein Leck vortäuschen. Luft verändert ihr Volumen unter Temperatureinfluß mehr als Wasser. Sinkt die Lufttemperatur, so verringert sich ihr Volumen, das Wasser dehnt sich aus, und daraus resultiert ein Druckabfall. Die eingeschlossene Luft folgt den Gasgesetzen von Boyle-Mariotte und Gay-Lussac. Das Luftvolumen in der Leitung ist auf einfache Weise zu ermitteln, indem man aus der unter Druck befindlichen Leitung Wasser entnimmt und dabei die Temperatur und Menge festhält. Außerdem sind die Drücke vor und nach der Wasserentnahme zu notieren. Die Differenz der beiden sollte in etwa 10 % des geforderten Prüfdruckes betragen.

$$\text{Luftvolumen} = \frac{\text{Entnommene Wassermenge}}{\left(\frac{\text{Druck vorher [at]}}{\text{Druck nachher [at]}} - 1 \right)}$$

Beispiel:

Leitung NW 200, 1000 m lang, Prüfdruck 21 atü. Druck fällt um 1 atü auf 20 atü. Es werden 37,5 l von dem Leitungsinhalt von insgesamt 34 000 l entnommen. Danach 18 atü.

$$\text{Luftvolumen} = \frac{37,5}{\left(\frac{21}{19} - 1 \right)} = \frac{37,5}{0,11} = 340 \text{ l.}$$

Entsprechend etwa 1 % des Leitungsinhaltes. Dieser Wert ist hoch, und eine bessere Entlüftung muß vorgenommen werden. Vereinfachend ausgedrückt: Eine 0,5 m lange Rohrstrecke ist mit Luft, die unter 20 atü Innendruck steht, gefüllt. Es leuchtet ein, daß sich bei einem Temperaturabfall das Luftvolumen verringert und die Wassersäule ausdehnt. Das aber bedingt einen Druckabfall. Sind nicht 50 cm, sondern nur 49 cm Rohrstrecke mit Luft gefüllt, so dringen in diesen „frei gewordenen Raum“ 0,34 l Wasser ein. Das gleiche gilt übrigens auch für End- und Krümmerabsteifungen, die unter dem Innendruck geringfügig ausweichen. Umgerechnet entsprechen 0,34 l einem Druckabfall von 0,2 atü, denn je 1 kp/cm^2 Drucksteigerung müssen im vorliegenden Fall mindestens

$$\frac{34\,000 \times 50}{1\,000\,000} = 1,7 \text{ l}$$

in die Leitung hineingepreßt werden.

b) Einfluß der Temperatur

Eine rechnerische Beurteilung des Temperatureinflusses auf den Innendruck ist selbst bei völlig luftfreier Leitung nicht möglich. Die Verhältnisse sind äußerst kompliziert. Oft liegt ein Teil der mit Erdbrücken abgedeckten Leitung in der prallen Sonne, ein anderer befindet sich im Schatten; mit der Tageszeit ist eine ständige Veränderung gegeben. Jeder rechnerische Ansatz würde viele geschätzte Annahmen enthalten und letztlich wäre es dann nur ein „Hinrechnen“.

Um den Temperatureinfluß so gering wie möglich zu halten, wird vorgeschlagen:

- die Leitung so viel wie möglich mit Boden abzudecken;
- die Prüfzeit in die Früh- bzw. Abendstunden zu legen und im Zweifelsfalle die Druckprüfung über 24 Stunden laufen zu lassen;
- Die Luft- und Bodentemperaturen und, wenn möglich, auch die Wassertemperaturen im Rohrstrang regelmäßig zu messen und auf dem Druckdiagramm, nach Ablauf der Prüfzeit, aufzutragen.

Abgesehen von einer geringfügigen Phasenverschiebung müssen sich die Temperatur- und Druckkurven ähneln. Je kleiner die Rohrnennweite, um so stärker ist der Einfluß wechselnder Temperaturen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß sich Temperatureinflüsse zwar beurteilen, nicht aber berechnen lassen.

Ortung von Leckstellen

Es kommt hin und wieder vor, daß durch einen Montagefehler oder aber auch durch das Ausweichen eines Betonwiderlagers die Druckprüfung „nicht steht“. Bei ordnungsgemäß frei gehaltenen Rohrverbindungen und wenn kein Grundwasser im Graben ansteht, ergeben sich keine Probleme. Schwieriger wird es, wenn der Rohrgraben zusammengestürzt und auch noch Grundwasser oder Oberflächenwasser vorhanden ist. Ungünstigenfalls trifft beides zu. Das Auffinden von Leckstellen gestaltet sich dann unter Umständen sehr schwierig und wird zeitraubend.

a) Ortung bei eingestürzten Rohrgräben

In einem solchen Fall hat es keinen Wert, mit der Druckpumpe ständig Wasser in den Rohrstrang hineinzupressen und dann, während der Innendruck wieder fällt, den Rohrleitungsstrang durch Augenschein zu kontrollieren. Bei Verhältnissen, so wie vorstehend geschildert, läßt sich so nichts ausrichten. Empfehlenswert ist, dem Füllwasser einen Farbstoff beizugeben. Nachher das zur Drucksteigerung notwendige Wasser einzufärben und in den zu überprüfenden Rohrstrang hineinzudrücken, ist sinnlos. Weiterhin ist wichtig, bei einem leichten Druckabfall nicht nur

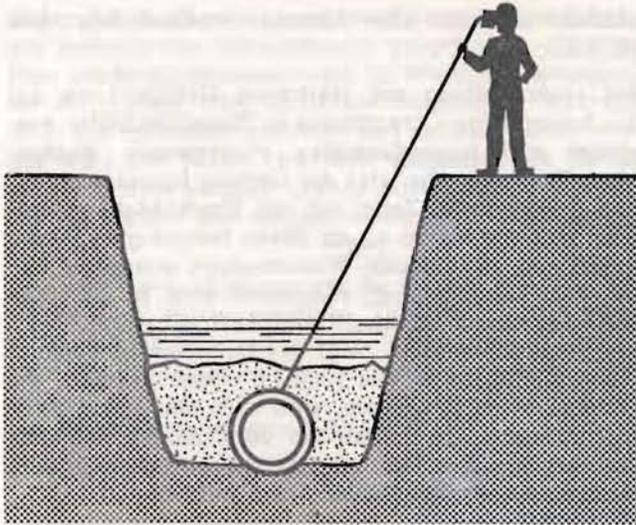


Bild 2

bis auf den geforderten Prüfdruck zu gehen, sondern zu versuchen, darüber hinaus einen höheren Druck zu erreichen. Wenn Bogen-, Reduzier- und Abzweigstücke einwandfrei abgesichert worden sind, kann man den Innendruck unbedenklich um einige atü überschreiten. Die undichte Stelle wird dadurch stärker geöffnet, es dringt mehr Wasser aus der Leckstelle und dadurch kann sie leichter geortet werden. Der Druck muß einige Stunden konsequent gehalten werden. Zweckmäßigerweise geschieht dies durch eine Gruppe von drei Mann; zwei bedienen die Druckpumpe, der dritte macht Handreichungen und kann wechselweise einen der beiden ablösen. In steigendem Maße setzen routinierte Verlegefirmen schon maschinell angetriebene Druckpumpen ein.

Drei weitere Männer überprüfen dann den Rohrleitungsstrang intensiv. Während einer der Gruppe weit vorangeht und nach einer Wasser- oder Bodenverfärbung Ausschau hält, prüfen die beiden anderen R o h r f ü r R o h r nach dem Leckgeräuschverfahren. Sie verwenden dazu eine stabile Eisenstange, deren Dicke von der Tiefenlage der Rohrleitung abhängt. Die Stange ist unten abgerundet und am oberen Ende mit einer aufgelöteten Horchdose versehen (Bild 2). Mit Hilfe dieses Teststabes wird vom Grabenrand aus das Rohr ertastet und auf ein Geräusch hin, das immer entsteht, wenn Wasser aus einem

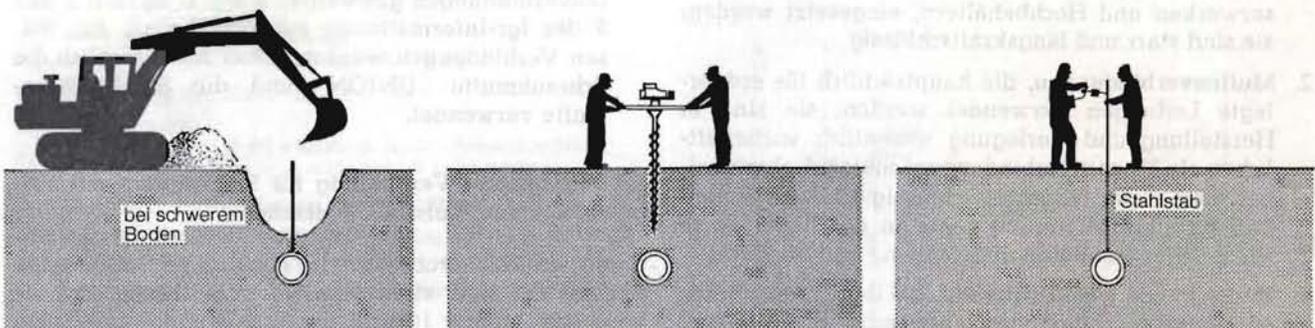
Leck austritt, überprüft. Leckgeräusche übertragen sich auf mehrere Meter, so daß eine solche Überprüfung immer mit Erfolg durchgeführt werden kann. Die Leckstelle einzukreisen ist einfach, da nur dem stärksten Geräusch nachgegangen zu werden braucht. Hat man sie gefunden, ist eigentlich schon das Schwierigste getan. Besser ist natürlich, wenn an Stelle des einfachen Teststabes ein elektronisch verstärktes Lecksuchgerät verwendet wird. Mit dem Stab-Mikrophon lassen sich auch die kleinsten Undichtigkeiten aufspüren und sicher orten. Ein Stahlstab sollte aber immer verwendet werden, um durch Boden- und Grundwasser Kontakt mit den Rohren zu bekommen. Das Stab-Mikrophon darf aber nicht in das Wasser getaucht werden. Die Sucharbeit wird beschleunigt, wenn mit mehreren Stahlstäben gearbeitet wird. Der Mann mit dem Lecksuchgerät kann sich dann voll und ganz auf das „Abhören“ konzentrieren.

Dies ist eigentlich jedem geläufig; trotzdem sind manchmal auf den Baustellen die Dinge ganz anders anzutreffen. Es sind Fälle bekannt, wo Rohrleger, völlig auf sich allein gestellt, wochenlang nach winzigen Undichtigkeiten suchten. Die Folgen: Auftraggeber und Rohrleger sind wegen der nicht eingehaltenen Baufristen bzw. der hohen Kosten verärgert und die Anlieger wegen der nicht zum Abschluß kommenden Bauarbeiten ungehalten.

b) Ortung bei verfüllten Rohrverbindungen

Müssen Rohrverbindungen vor der Druckprüfung endgültig verfüllt werden (Wege, Überfahrten, landwirtschaftliche Nutzung), so kann folgendermaßen vorgegangen werden: Nach der Rohrverlegung, jedoch vor dem Verfüllen des Grabens, wird über jede Verbindung ein dünnes Kunststoffröhrchen von etwa 20 mm \varnothing gesetzt, das bis über die Geländeoberkante reichen muß. Weist die Druckprüfung auf ein Leck hin, so wird der bereits erwähnte Teststab durch das Kunststoffröhrchen bis auf den Rohrscheitel geführt und — wie zuvor beschrieben — abgehört. Damit werden die Rohrverbindungen und Rohre bzw. Formstücke überprüft. Welcher Bauführer, Meister oder Rohrleger kennt nicht die Situation, wo Rohre und Verbindungen verfüllt werden mußten und wo dann bei einer „nichtstehenden Druckprüfung“ das Rätselraten begann: sind die unzugänglichen Leitungsteile dicht oder nicht?

Bild 3



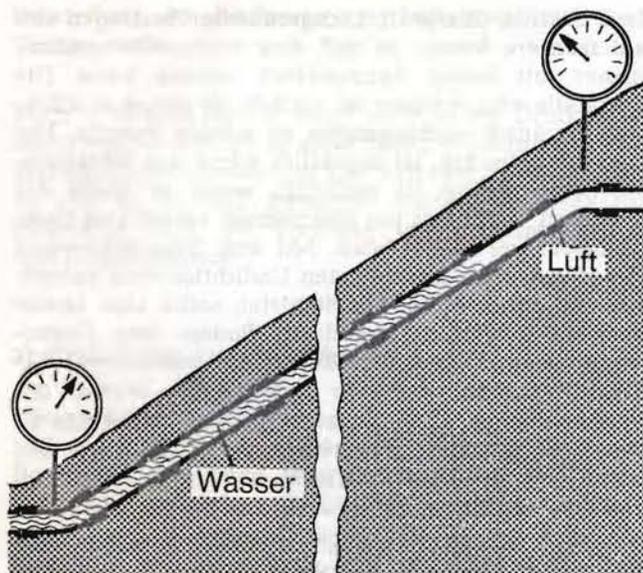


Bild 4

c) Ortung bei verfüllten Leitungen

Wie sollte vorgegangen werden, wenn es sich um verfüllte Leitungen handelt und die Druckprüfung ergibt, daß irgendwo ein Leck vorhanden ist? Hier liegt eine völlig andere Problemstellung vor. Die zuvor beschriebenen Methoden sind nicht anwendbar. Handelt es sich um eine waagerechte oder fast waagerechte Leitung, so bleibt nur, sie zu unterteilen und die Abschnitte einzeln zu überprüfen. Der undichte Abschnitt wird dann eingehend kontrolliert, indem Rohr für Rohr, wie zuvor beschrieben,

„abzuhören“ ist. Die Skizzen verdeutlichen dies (Bild 3).

Bei einer Leitung mit stärkerem Gefälle kann auf die kostspielige Unterteilung in Einzelabschnitte verzichtet und folgendermaßen vorgegangen werden: Vom Tiefpunkt aus wird die Leitung langsam gefüllt und druckgeprüft. Zeigt sich ein Druckabfall, so entleert man sie bis zu einem zuvor festgelegten Punkt, indem die auslaufende Wassermenge gemessen und mit dem Leitungsinhalt verglichen wird. In den wasserfreien oberen Abschnitt muß Luft mit etwa 2 bis 3 atü gedrückt werden. Zeigt das Luftdruck-Manometer einen Abfall, so ist das Leck im oberen Bereich. Um genauer orten zu können, wird nach oben oder unten fortschreitend abschnittsweise vorgegangen. Ist dann eine genügend genaue Abgrenzung erfolgt, geht man wie im waagerechten Gelände vor (Bild 4).

Die vorstehend beschriebenen Möglichkeiten haben sich, trotzdem sie oftmals recht aufwendig sind, in der Praxis bewährt, zumal kein anderes Medium für die Lecksuche verwendet werden muß. Der Vollständigkeit halber seien aber noch Methoden erwähnt, die in den letzten Jahren in Sonderfällen angewandt wurden. Die Überprüfung von Gasleitungen dient dabei zum Vorbild. Die undichte Leitung wird mit Wasserstoff oder Lachgas gefüllt und mit Spezialgeräten der über der Rohrleitung anstehende Boden, der im Bereich der Leckstelle mit Gas angereichert ist, abgebohrt und geprüft. Die Möglichkeit, dem Prüfwasser radioaktive Stoffe beizugeben und sie dann mit einem Geigerzähler entsprechend der Strahlungsintensität, die zwangsläufig um das Leck herum bestehen muß, zu messen, scheidet für Trinkwasserleitungen in den weitaus größten Fällen aus.

Zugfeste Muffenverbindungen für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen

Von ADOLF WOLF

Betrachtet man die Verbindungen, mit denen Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen verlegt werden, kann man folgende zwei Gruppen unterscheiden:

1. **Flanschverbindungen**, die vorwiegend in oberirdischen Anlagen, wie z. B. in Pumpenhäusern, Wasserwerken und Hochbehältern, eingesetzt werden; sie sind starr und längskraftschlüssig.
2. **Muffenverbindungen**, die hauptsächlich für erdverlegte Leitungen verwendet werden; sie sind in Herstellung und Verlegung wesentlich wirtschaftlicher als Flanschverbindungen. Sie sind abwinkelbar und nicht längskraftschlüssig. Die auftretenden Axialkräfte werden daher in der Regel durch Widerlager aus Beton abgefangen.

In der Praxis treten Fälle auf, bei denen längskraftschlüssige Verbindungen notwendig sind und zu-

sätzlich die Abwinkelbarkeit der Muffenverbindung verlangt wird, z. B. in instabilen Böden, die kein Widerlager erlauben, in städtischen Straßen mit wenig Platz für Widerlager oder beim Einziehen von Dükerleitungen. Für diese Fälle wurde im Laufe der Zeit eine Reihe schubgesicherter Muffenverbindungen geschaffen, die z. B. in Heft 3 und 5 der fgr-Informationen aufgeführt sind. Bei diesen Verbindungen wurden bisher hauptsächlich die Schraubmuffe „UNION“ und die Stopfbuchsenmuffe verwendet.

Schubgesicherte Verbindung für Steckmuffen mit aufgeschweißtem Wulst am Spitzende

Diese Schubsicherung, für die inzwischen Schutzrechte angemeldet sind, stellt eine Neuentwicklung dar; sie wird seit Anfang 1970 in der Praxis angewendet. Bei

dieser Schubsicherung wird am Spitzende des Rohres ein umlaufender Schweißwulst aufgetragen (Bild 1). Dies geschieht normalerweise im Werk. Ein geschlitzter Kupferring wird in einem bestimmten Abstand über das Spitzende gestreift, und entlang dieses Ringes wird der Wulst elektrisch aufgeschweißt. Es ist ohne weiteres möglich, diesen Schweißwulst auch an der Baustelle bei abgeschnittenen Rohren aufzubringen.

Der Schweißwulst übernimmt die Sicherung des Halteringes und einen geringen Teil der auftretenden Axialkraft. Rohre mit dieser Verbindung brauchen nicht in verstärkter Ausführung hergestellt zu werden, da keine Nut am Spitzende eingedreht wird. Die Kraft auf die Muffe übertragen 2 Ringe:

1. Ein geschlitzter Haltering, der sich an die verschiedenen großen Außendurchmesser der Rohre anpaßt.
2. Ein Schubsicherungsring. Dieser Ring ist, um eine Abwinkelbarkeit zu ermöglichen, innen kugelig ausgebildet. Der Radiusmittelpunkt liegt in dem zu erwartenden Drehpunkt der Verbindung. Etwa in der Mitte des TYTON-Dichtringes. Gehalten wird der Schubsicherungsring durch Schrauben, wie sie bei der Stopfbuchsenmuffenverbindung System „EXPRESS“ üblich sind. Diese Schrauben greifen hinter einem Wulst der Muffe an. Der Schubsicherungsring ist kräftig ausgebildet, da bei höheren Innendrücken enorme Kräfte in axialer und radialer Richtung auftreten können.

Ermittlung der auftretenden Kräfte infolge der Längskraftschlüssigkeit (s. Bild 2)

Es gilt:

$$P_A = \frac{d_a^2 \cdot \pi}{4} \cdot P_o$$

Ferner ist

$$P_R = P_A \cdot \text{ctg } 18^\circ = P_A \cdot 3,1$$

$$P_{RA} = P_R \cdot \mu = P_A \cdot 3,1 \cdot 0,25 = P_A \cdot 0,775$$

Auf dem Wulst wirkende Axialkraft:

$$P_{AW} = P_A - P_{RA} = 0,225 \cdot P_A$$

d. h. lediglich 22,5% der Axialkraft wird durch den Wulst aufgenommen.

In den vorstehenden Formeln ist:

$$P_o = \text{Prüfdruck}$$

$$\mu \approx 0,25 \text{ Reibungsfaktor Gußoberfläche}$$

Beispiel: NW 400, Betriebsdruck 25 kp/cm²

$$P_A = \frac{42,9^2 \cdot \pi}{4} \cdot 30 = 43.400 \text{ kp}$$

$$P_R = 43.400 \cdot 3,1 = 136.000 \text{ kp}$$

$$P_{AW} = 43.400 - (43.400 \cdot 0,775) = 8.800 \text{ kp}$$

Beanspruchung der Schweißnaht:

$$\frac{P_{AW}}{d_a \cdot \pi} = \frac{8.800}{137} = 64 \text{ kp/cm, d. h. die Beanspruchung der Schweißnaht ist sehr gering.}$$

Ausgedehnte Versuche haben bestätigt, daß die Verbindung diese Kräfte ohne Schwierigkeiten übertragen kann. So wurde die NW 400 mit einem Druck von 80 kp/cm² belastet. Die Abwinkelung beträgt mehr als 3°.

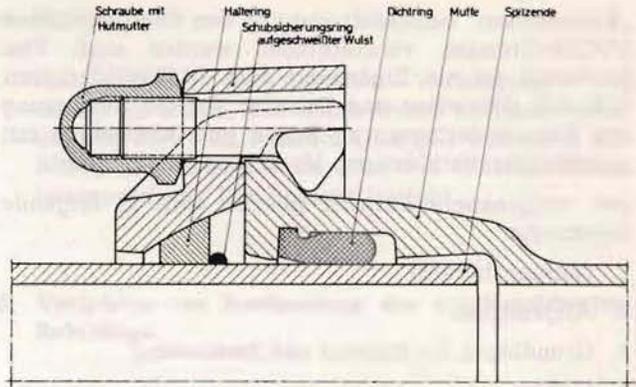


Bild 1

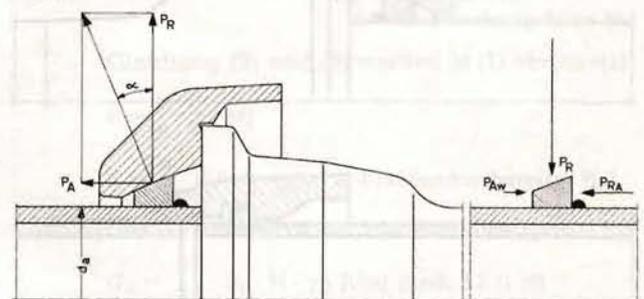
Um einen Überblick über die im Laufe der Zeit auftretenden Wechselbeanspruchungen zu bekommen, wurde von der Staatlichen Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart (MPA Stuttgart) ein Schwellversuch an einer Verbindung NW 400 durchgeführt, wobei die Enden ebenfalls mit schubgesicherten Kappen des gleichen Systems verschlossen waren. Die Zahl der Lastwechsel betrug mehr als 10⁶, wobei der Maximaldruck 37 kp/cm² und die Schwellbreite 5 kp/cm² war; es trat an keinem Teil der Verbindung eine Schadensstelle auf.

Angewendet wurde die schubgesicherte Verbindung bisher für Dükerleitungen und weiche Böden im Bereich von NW 300 bis 600.

Hinweise für Herstellung und Einbau zugfester Verbindungen

Der DVGW-Arbeitskreis „Rohrnormen“, der vom DVGW-Hauptausschuß „Wasserverteilung“ und vom DVGW-Fachausschuß „Gasrohrnetz“ mit der Bearbeitung von Einzelfragen zur Normung duktiler Formstücke beauftragt wurde, befaßt sich seit einiger Zeit mit der Aufstellung eines DVGW-Merkblattes „Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Verbindungen“, in dem auch Einzelheiten zur Ermittlung der schubzusichernden Rohrlänge erfaßt werden. Zu diesem DVGW-Merkblatt über zugfeste Verbindungen liegt z. Z. (Stand Juli 1970) ein Entwurf vor, der jedoch im einzelnen noch vom DVGW-Arbeitskreis

Bild 2



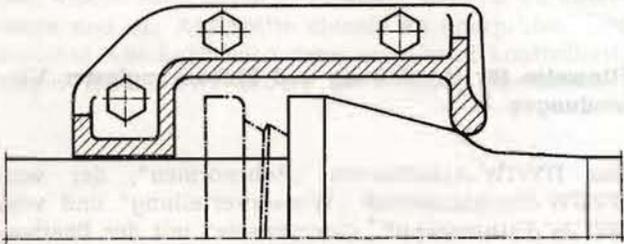
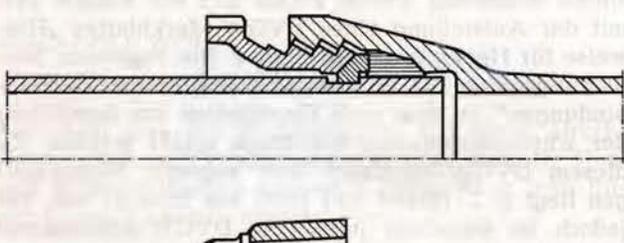
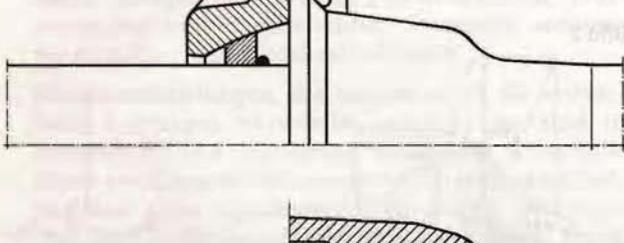
„Rohrnormen“ behandelt und von den übergeordneten DVGW-Gremien verabschiedet werden muß. Das Merkblatt ist als Ergänzung zum DVGW-Merkblatt GW 310 „Hinweise und Tabellen für die Bemessung von Betonwiderlagern an Bogen und Abzweigen mit nichtlängskraftschlüssigen Verbindungen“ gedacht.

Der vorgenannte Entwurf gliedert sich in folgende Abschnitte:

1. Geltungsbereich
2. Allgemeines
3. Grundlagen für Entwurf und Bemessung
4. Einbau
5. Verfahren zur Bestimmung der schubgesicherten Rohrlänge

Der Text des Entwurfes vom Juli 1970 hat etwa folgenden Wortlaut:

Bild 3

Beispiele für zugfeste Muffenverbindungen		Verbindung	Nennweite	Nenn- druck Max.	Max. Abwinkelung	n. Montage der Schub- sicherung
ARS-Universal Klemmschelle		Steckmuffe Schraubmuffe	≤ 300	≤ 16	3°	starr
		Schraubmuffe	≤ 250	≤ 32	3°	3°
		Steckmuffe	100 200 300 400 500 600	≤ 25	3°	3°
		Stopfbuchsenmuffe Schraubmuffe	300—1000	≤ 25	1°	1°

1. Geltungsbereich

Diese Richtlinien gelten für die Herstellung und den Einbau zugfester Verbindungsteile an Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen, Grauguß und Stahl (vgl. 4).

2. Allgemeines

An Bogen, Abzweigen und Endverschlüssen von Rohrleitungen treten Kräfte auf, die nach dem DVGW-Merkblatt GW 310 ermittelt werden können. Bei Rohrleitungen mit nichtlängskraftschlüssigen Rohrverbindungen werden diese Kräfte entweder durch Betonwiderlager oder Anbringen von zusätzlichen zugfesten Verbindungsteilen, die eine Längskraftschlüssigkeit der Verbindung gewährleisten, abgetragen. Die sehr kurze Baulänge der Formstücke und Bogen aus duktilem Gußeisen

bietet nicht viel Platz zum Anbringen von zwei Schellen herkömmlicher Bauart, die die Zugkräfte nach beiden Richtungen aufnehmen. Neue Lösungen waren daher zu entwickeln (siehe Bild 3).

3. Grundlagen für Entwurf und Bemessung

- 3.1 Die zugfesten Verbindungen müssen die während der Druckprüfung in Rohrleitungen auftretenden Längskräfte ohne Schwierigkeiten übertragen.
- 3.2 Die Verbindungen müssen mindestens den bei einem Innendruck von 15 kp/cm^2 entstehenden Kräften standhalten. Zugfeste Verbindungen für größere Drücke sind besonders zu kennzeichnen.
- 3.3 Sämtliche Einzelteile sind mit einem Sicherheitsbeiwert $S = 1,7$ für den Prüfdruck zu bemessen. Dieser Sicherheitsbeiwert ist erforderlich, da nach dem Einbau der zugfesten Verbindung örtlich hohe Pressungen und Spannungen auftreten können, die rechnerisch kaum zu erfassen sind.
- 3.4 Bei der Prüfung von zugfesten Verbindungen dürfen geringfügige Verschiebungen zwischen den Muffenenden und den glatten Enden der Rohre (einige Millimeter) auftreten. Sichtbare Verformungen an den Verbindungen (an Zugstangen und dergleichen) dürfen aber nicht zu beobachten sein.
- 3.5 Alle Teile der zugfesten Verbindungen müssen aus Werkstoffen mit günstigem Korrosionsverhalten, z. B. duktilem Gußeisen, hergestellt oder mit einem gleichwertigen Schutz versehen sein.
- 3.6 Falls Stahlteile zum Einsatz kommen, wird empfohlen, sie bereits im Herstellerwerk durch Schutzüberzüge sicher gegen Korrosion zu schützen. Bei Schrauben ist nach dem Einbau besonders auf den Schutz der Muttern und Gewinde zu achten.
- 3.7 Es genügt bei neuverlegten Leitungen nicht, lediglich die Verbindung zwischen einem Krümmer und dem nächsten geraden Rohr zu sichern. Die Zahl der Sicherungen ist vom Prüfdruck, der Nennweite und der Reibung zwischen der äußeren Rohrwand und dem umgebenden Boden abhängig (vgl. 5).
- 3.8 Es ist auch möglich, die Längskräfte mit Hilfe von querverlaufenden und bewehrten Betonriegeln auf die Grabenmitte zu übertragen. Diese Riegel sind nach den Regeln des Stahlbetonbaues zu bemessen. Die Kraftübertragung von der Muffe auf den Riegel ist durch Ringbewehrung zu sichern. Im übrigen gilt wieder das DVGW-Merkblatt GW 310.

4. Einbau

Beim Einbau der zugfesten Verbindungen ist darauf zu achten, daß keine hohen örtlichen Spannungen auftreten können. Dies gilt besonders für Rohre aus Grauguß, da hier bei örtlicher Überbeanspruchung Bruchgefahr besteht.

5. Verfahren zur Bestimmung der schubgesicherten Rohrlänge

5.1 Der schubgesicherte Leitungsabschnitt muß mindestens so lang sein, daß der zwischen der äußeren Rohrwand und dem verdichteten Erdboden vorhandene statische Reibungswiderstand größer ist als die vom Innendruck in Längsrichtung erzeugte Kraft. Folgende Annahmen liegen der weiteren Betrachtung zugrunde:

5.2.1 Die Rohre sind mindestens auf zwei Drittel ihrer Länge voll eingedeckt.

5.2.2 Der statische Reibungswiderstand errechnet sich aus dem Gewicht des unmittelbar über dem Rohr lastenden Erdkörpers + dem Gewicht des Rohres einschließlich Rohrinhalt. Sämtliche folgenden Berechnungen wurden für Wasserleitungen aus duktilem Gußeisen nach DIN 28610 durchgeführt.

Vgl. Diagramm I für Wasserleitungen (Bild 4).

Vgl. Diagramm II für Gasleitungen (Bild 5).

5.2.3 Ein Sicherheitsbeiwert ist in der Berechnung nicht berücksichtigt, da die ermittelte Länge auf volle Rohrlänge aufgerundet werden muß und in der Reibungszahl μ bereits Sicherheiten enthalten sind.

5.3 Berechnung

Es ist allgemein:

$$L = \frac{P}{R} \quad [\text{m}] \quad (1)$$

L = Länge [m]
 P = Schubkraft [kp]
 R = Reibungswiderstand [kp/m]

$$P = p \cdot F \quad [\text{kp}] \quad (2)$$

p = Prüfdruck [kp/cm²]
 F = Rohrquerschnitt [cm²]

$$R = \mu \cdot G \quad [\text{kp/m}] \quad (3)$$

μ = Reibungszahl [1]
 G = $G_B + G_W + G_R$ [kp/m]
 G_B = Gewicht des Bodens
 G_W = Gewicht der Wasserfüllung
 G_R = Rohrgewicht
 H = Überdeckungshöhe [m]

Gleichung (2) und (3) werden in (1) eingesetzt:

$$L = \frac{p \cdot F}{\mu \cdot G} \quad (4)$$

$$F = \frac{\pi}{4} d_a^2 \quad (5) \quad d_a = \text{Rohraußendurchmesser [m]}$$

Das Gewicht wird auf 1 m Rohr bezogen:

$$G_B = \frac{2}{3} \cdot d_a \cdot H \cdot \gamma_B \quad [\text{t/m}] \quad (\text{nach 5.2.1}) \quad (6)$$

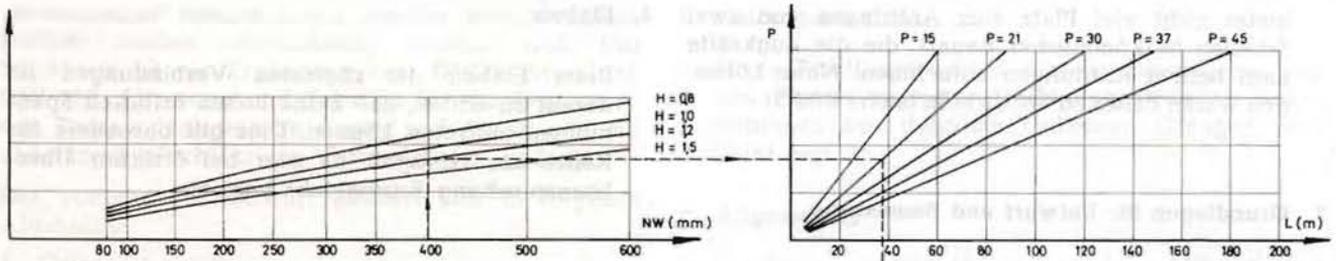


Diagramm zur Ermittlung der schubgesicherten Rohrlängen für Wasserleitungen I

L wird nach folgender Formel ermittelt :

$$L = 6,5 \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{P \cdot d_a}{H + 0,093 + 0,84 d_a} \text{ (m)}$$

P = Druck (kp/cm²)

d_a = Rohraußendurchmesser (m)

H = Überdeckungshöhe (m)

μ = Reibungszahl

Bild 4

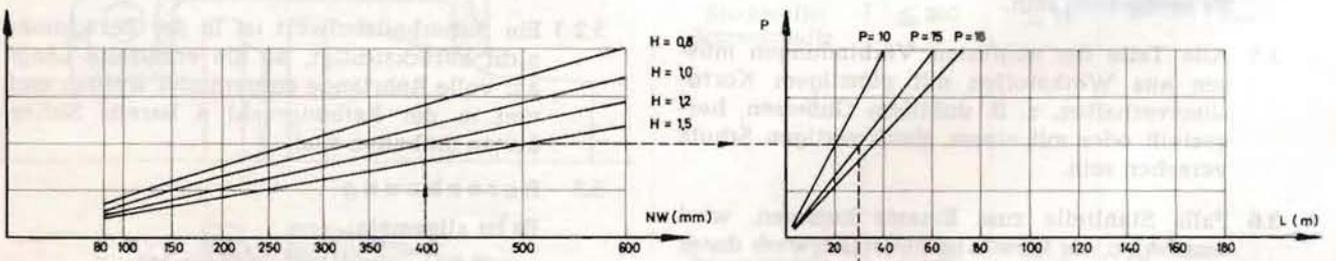


Diagramm zur Ermittlung der schubgesicherten Rohrlängen für Gasleitungen II

L wird nach folgender Formel ermittelt :

$$L = 6,5 \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{P \cdot d_a}{H + 0,093 + 0,19 d_a} \text{ (m)}$$

P = Druck (kp/cm²)

d_a = Rohraußendurchmesser (m)

H = Überdeckungshöhe (m)

μ = Reibungszahl

Bild 5

$$G_W = \frac{\pi}{4} \cdot d_a^2 \cdot \gamma_W \quad [t/m] \quad (7)$$

(vereinfacht, exakt: $\frac{\pi}{4} (d_a - 2s)^2 \gamma_W$)

$$G_R \approx d_a \cdot \pi \cdot s \cdot \gamma_R \quad [t/m] \quad (8)$$

γ = mittlere Dichte [t/m³]

s = Wanddicke [m]

Die mittlere Dichte ist:

$$\gamma_B = 1,8 \quad [t/m^3]$$

$$\gamma_W = 1 \quad [t/m^3]$$

$$\gamma_R = 7,05 \quad [t/m^3] \quad \text{nach DIN 28600}$$

Die Gleichungen (5) bis (8) werden in Gleichung (4) eingesetzt:

$$L = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot p \cdot d_a^2 \cdot \left[\frac{kp \cdot m^3}{cm^2 \cdot t} \right] \quad (9)$$

Die umgeformte Gleichung lautet:

$$L = 6,5 \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{p \cdot d_a}{(H + 0,65 d_a + 18,5 s)} \quad (10)$$

Die Wanddicke s ist eine Funktion von d_a, so daß man ersetzen kann:

$$0,65 d_a + 18,5 s = 0,093 + 0,84 d_a \quad (11)$$

Gleichung (11) wird in (10) eingesetzt:

$$L = 6,5 \cdot \frac{1}{\mu} \cdot \frac{p \cdot d_a}{H + 0,093 + 0,84 d_a} \quad [m] \quad (12)$$

Grabentiefe 125 m.

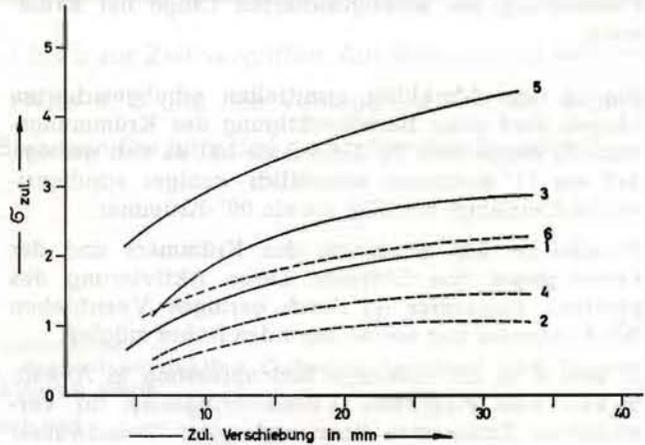
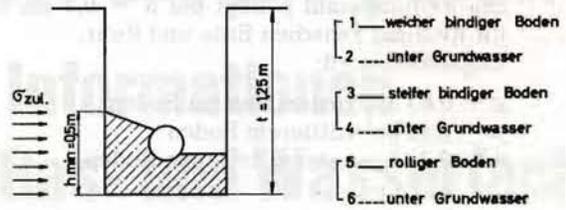
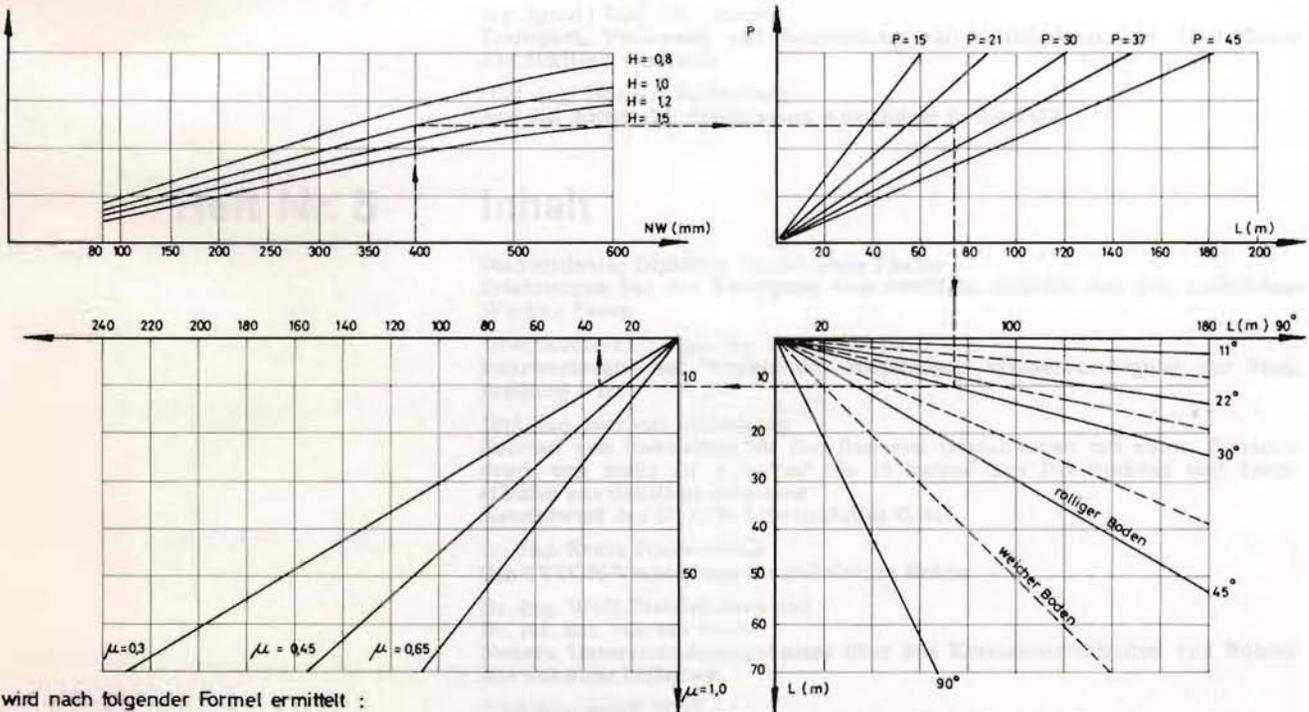


Bild 6

Bild 7



L wird nach folgender Formel ermittelt :

$$L = \frac{6,5}{\mu} \cdot \frac{P \cdot d_a (1 - \cos \alpha)}{H + 0,093 + 0,84 d_a} \quad (m)$$

P = Druck (kp/cm²), D = Rohraußendurchmesser (m),

H = Überdeckungshöhe (m), α = Krümmungswinkel, μ = Reibungszahl

Diagramm zur Ermittlung der schubgesicherten Rohrlängen für Wasserleitungen

5.4 Reibungszahl

Die Reibungszahl μ liegt bei $\mu = 0,3$ bis $0,7$ für Reibung zwischen Erde und Rohr.

Empfohlen wird:

$\mu = 0,65$ bei hartem, festem Boden

$\mu = 0,45$ bei mittlerem Boden

$\mu = 0,3$ bei nassem, lettigem Boden.

Reduzierung der schubgesicherten Länge bei Krümmern

Die in dem Merkblatt ermittelten schubgesicherten Längen sind ohne Berücksichtigung des Krümmungswinkels dargestellt. In der Praxis hat es sich gezeigt, daß ein 11° -Krümmer wesentlich weniger schubgesicherte Rohrlänge benötigt als ein 90° -Krümmer.

Ursache ist das Abstützen des Krümmers und der Rohre gegen das Erdreich. Diese Aktivierung des passiven Erdreiches ist durch geringes Verschieben des Krümmers und der anliegenden Rohre möglich.

In Bild 6 ist die zulässige Bodenpressung in Abhängigkeit vom möglichen Verschiebungsmaß für verschiedene Bodenarten über und unter Grundwasser aufgetragen.

Die Verschiebung des Krümmers errechnet sich nach der Formel:

$$S_K = \frac{S_A}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

S_K = Verschiebung in Richtung der resultierenden Kraft
 S_A = Verschiebung in der Rohrverbindung.

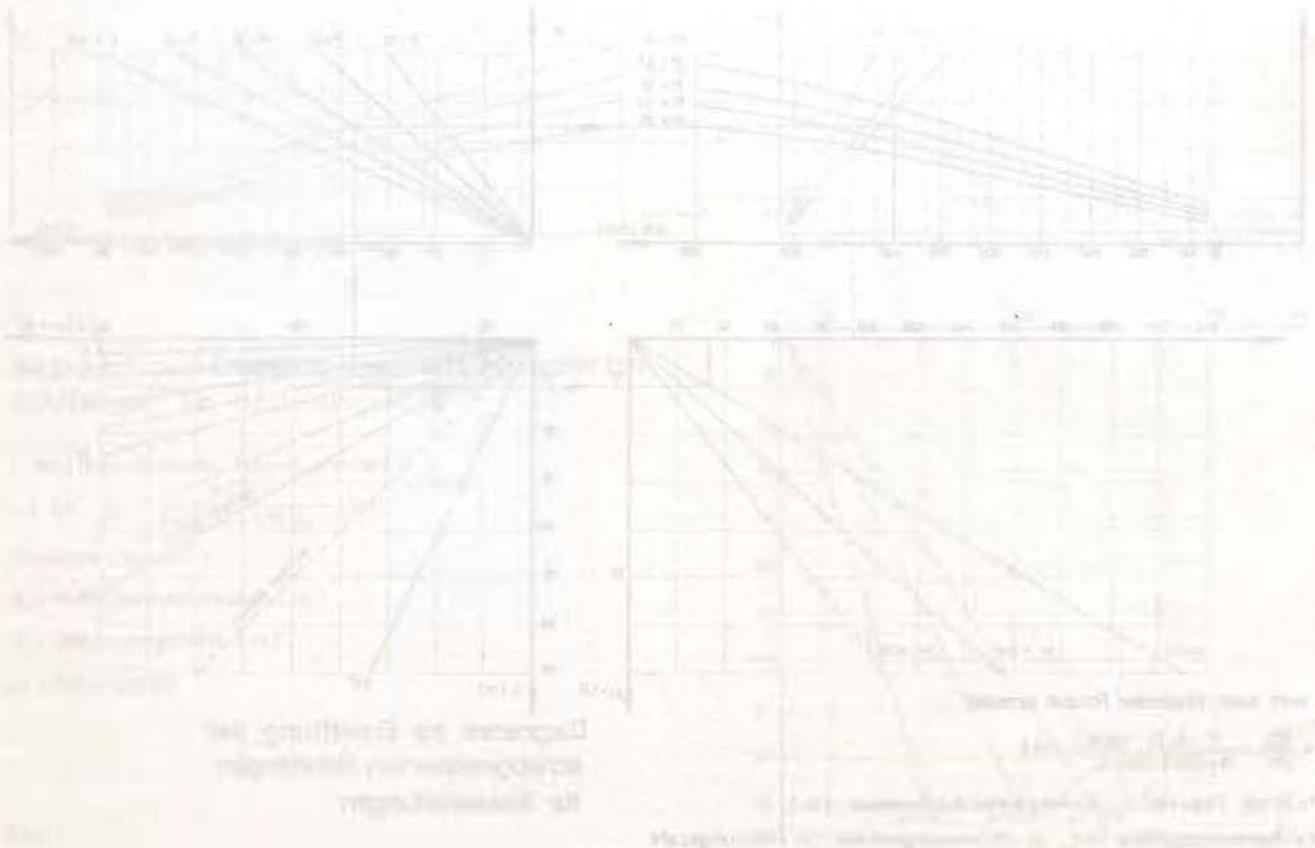
Für die verschiedenen Krümmern ergibt das bei einer axialen Verschiebung in der Muffe von 1 mm in der Richtung der resultierenden Kraft

α	11°	22°	30°	45°	90°
S_K [mm]	10,4	5,2	3,9	2,6	1,4

d. h. bei einem 90° -Krümmer müssen in 7 Verbindungen axiale Verschiebungen eintreten, wohingegen beim 11° -Krümmer nur in einer Verbindung eine axiale Verschiebung stattfindet, um den gleichen Wert der Bodenpressung zu erreichen.

In dem beiliegenden Diagramm (Bild 7) ist die schubzusichernde Länge in Abhängigkeit vom Krümmungswinkel aufgetragen.

Je nach Boden sind die Werte aus dem Diagramm zu mitteln.



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

sind die Hefte 1 bis 3 zur Zeit vergriffen. Auf Anforderung senden wir Ihnen die Hefte 4, 5 und das vorliegende Heft Nr. 6 gern kostenlos zu. Benutzen Sie bitte den nachfolgenden Bestellschein.

Heft Nr. 4 Inhalt

Dipl.-Ing. Heinz Loitzenbauer
Die Verformung eingeerdeter 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. (grad.) Rudolph 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

Heft Nr. 5 Inhalt

Beigeordneter Dipl.-Ing. Hans-Georg Köhler
Erfahrungen bei der Verlegung von duktilem Gußrohr bei den Städtischen Werken Essen

Oberbaudirektor Dipl.-Ing. Richard Funk
Rohrwerkstoffe im Wandel der 700jährigen Wasserversorgung der Stadt Freiburg i. Br.

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

Dr.-Ing. Erwin Niederschuh
Die TYTON-Verbindung für gußeiserne Rohre

Dr.-Ing. Wolf-Dietrich Gras und
Dr. rer. nat. Werner Wolf
Neuere Untersuchungsergebnisse über das Korrosionsverhalten von Rohren aus duktilem Gußeisen

Dipl.-Ing. Adolf Wolf
Hinweise für die Bemessung von Betonwiderlagern an Bogen und Abzweigen aus duktilem Gußeisen

Ing. (grad.) Hans Reeh
Die ARS-Universal-Klemmschelle (DBGM) aus duktilem Gußeisen zur Schub-sicherung von gußeisernen Druckrohrleitungen

Bestellschein

Senden Sie mir bitte kostenlos von den Informationen für das
Gas- und Wasserfach

Heft 4 _____ Exemplare

Heft 5 _____ Exemplare

Heft 6 _____ Exemplare

Name: _____

Anschrift: _____

(bitte in Druckbuchstaben)



Bestellschein / Gußrohrhandbuch

Senden Sie mir bitte kostenlos das

Gußrohrhandbuch II

„Duktile Gußrohre und Formstücke“

Name: _____

Anschrift: _____

(bitte in Druckbuchstaben)



Unsere Anschrift:

Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre · 5 Köln 1, Postfach 160 176

Berstfestigkeit

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.

Berstfestigkeit
mind. 3 000 kp/cm²



bauen
für das **21.**
Jahrhundert

DUKTIV

Duktile Gußrohre - Rohre ohne Probleme

Berstversuche machen deutlich, daß die zum Bersten duktiler Gußrohre erforderlichen Drücke weit oberhalb üblicher Betriebsdrücke liegen. Bei NW 100 werden z. B. Berstdrücke bis zu 500 atü erzielt.