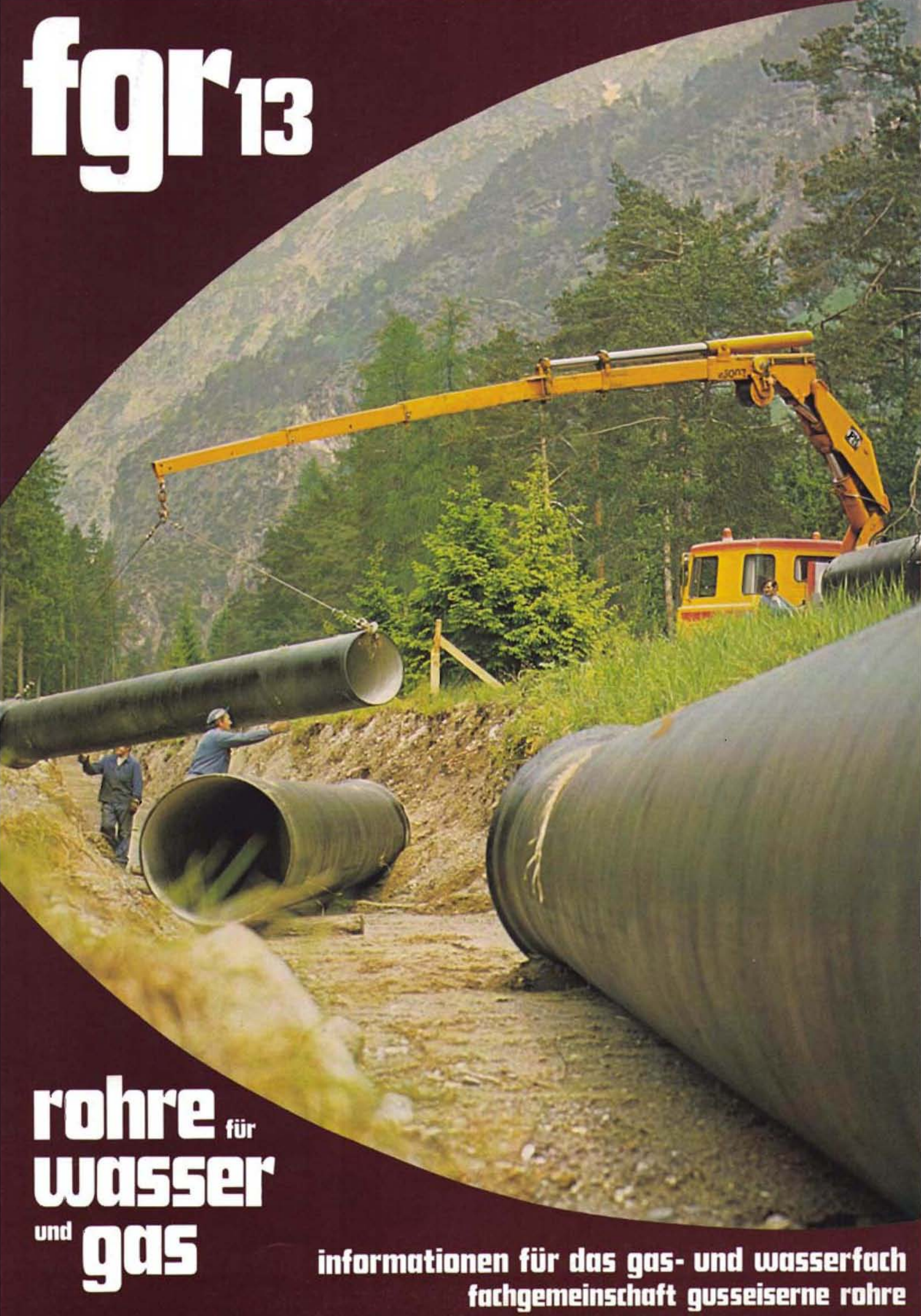


fgr₁₃



rohre für
wasser
und **gas**

informationen für das gas- und wasserfach
fachgemeinschaft gusseiserne rohre

ROHRE für WASSER und GAS

fgr

*Titelbild:
Turbinenleitung DN 700 aus
duktilen Gußrohren.
Betriebsdruck 25 bar*

Fachgemeinschaft
Gußeiserne Rohre

13 Informationen für das
Gas- und Wasserfach

Anschweißstutzen aus duktilem Gußeisen für Hausanschluß- leitungen

Dipl.-Ing.
Reinhard Schaffland

Über die ersten Entwicklungen auf diesem Gebiet wurde im Februar 1974 in dieser Schriftenreihe berichtet. Inzwischen existiert eine ganze Palette unterschiedlicher Konstruktionen. Im Rahmen der Entwicklungen wurden auch die Anschweißstutzen nach der Norm FGR 37 verbessert. Die Neufassung dieser Norm vom Sept. 1977 wird hiermit der Fachöffentlichkeit vorgestellt.

Seite 4

Die Verwendung der TYTON- Verbindung für Gasleitungen aus duktilen Gußeisen

Ing. (grad.) Horst Nöh

Nachdem sich die TYTON-Verbindung auf dem Sektor der Wasserversorgung wegen ihrer Einfachheit und Sicherheit schnell durchgesetzt hat, war es ein verständlicher Wunsch vieler Verbraucher, diese Verbindung auch für Gasleitungen einsetzen zu können. Das zog eine Vielzahl von Untersuchungen und praktischen Versuchen nach sich. Mit dem vorliegenden Bericht wird ein Überblick über die Versuche an TYTON-Verbindungen und deren Eignung für den Einsatz in Gasleitungen gegeben.

Seite 10

Untersuchungen an TYTON-Verbin- dungen DN 150 aus einer Gasmittel- druckleitung der Stadtwerke Herborn

Werkleiter Rolf Schlemper

Eine seit 1962 in Betrieb befindliche Gasleitung aus Gußrohren mit TYTON-Verbindungen wurde zunächst mit Kokereigas und später mit Erdgas betrieben. Nach 14jährigem Betrieb interessierte die Fachleute der Zustand der Leitung, insbesondere aber der Zustand der Dichtringe aus Naturgummi. Daher wurden 1976 aus dieser Leitung Dichtringe entnommen und unter Einschaltung des Engler-Bunte-Instituts eingehend untersucht. Die durchgeführten Untersuchungen und die Ergebnisse werden ausführlich beschrieben.

Seite 14

Erfahrungen mit der zugfesten Rohr- verbindung TYTON-SIT

Dipl.-Ing. Albrecht Kottmann

In den letzten Jahren sind in zunehmendem Maße zugfeste Rohrverbindungen entstanden. Für Nennweiten bis DN 300 hat sich wegen ihrer Wirtschaftlichkeit besonders die Verbindung TYTON-SIT herausgestellt. Es wird über anfängliche Schwierigkeiten bei der Einführung, die Wirtschaftlichkeit und über die Verwendung der Verbindung TYTON-SIT am Hydrantenfuß sowie am Einsteckschieber berichtet. Vor- und Nachteile dieser Verbindung werden aufgezeigt, und es wird den Herstellern die Anregung gegeben, eine elektrisch nicht leitfähige Ausführung zu entwickeln.

Seite 16

Korrosions- verhalten und Korrosionsschutz duktiler Gußrohre

Dr. rer. nat. Werner Wolf

Das Auftreten von Korrosionsfällen an duktilen Gußrohrleitungen ohne Sonderschutz in aggressiven Böden hat zu Diskussionen unter den Fachleuten geführt. Daher wird dieses Thema in seiner Gesamtheit noch einmal behandelt. Es wird auf das Korrosionsverhalten duktiler Gußrohre bei Vorhandensein von aggressiven Böden, also bei Außenkorrosion, und auf das Korrosionsverhalten duktiler Gußrohre bei aggressiven Medien, also bei Innenkorrosion, ausführlich eingegangen. Der mögliche Korrosionsschutz duktiler Gußrohre wird beschrieben.

Seite 21

Aufbringen von Polyäthylen-Folien auf Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen

Dipl.-Ing. Bernd Heiming

Die aus den USA übernommene Schutzart, Rohre und Formstücke bei Vorhandensein von aggressiven Böden mit Polyäthylen-Folien zu umhüllen, hat sich auch hierzulande bereits weitgehend eingeführt. Die Art und die Wirkung dieses Rohrschutzes ist schon an anderer Stelle eingehend beschrieben worden. Es fehlte aber bisher an Richtlinien zur sachgerechten Aufbringung der Folien. Die hier abgedruckte FGR-Norm soll eine entsprechende Anleitung sein. Sie wird in Kürze auch in Form einer Verlegeanleitung erscheinen.

Seite 29

Belastungsannahmen für Rohrnetzrechnungen

Dipl.-Ing. Peter Hofer

Rohrnetzrechnungen mittels EDV-Anlagen zählen heute zur selbstverständlichen Grundausstattung größerer Verteilernetze der Gas- und Wasserversorgung. Aber auch mittlere und kleinere Versorgungsunternehmen haben erkannt, daß sie sich eine empirische Netzbetreuung mit unzulänglichen Grundlagen kaum noch leisten können. Bei der Weiterentwicklung der Rohrnetzrechnungen sind nach Ansicht des Verfassers die Belastungsannahmen in den letzten Jahren zu wenig beachtet worden. Er beschreibt daher die ihm notwendig erscheinenden Belastungsannahmen.

Seite 35

Die Entstehung des Zweckverbandes „Wasserversorgung Rheinhöhen“

Werkleiter Hans Zenz

Im Versorgungsgebiet des Zweckverbandes „Wasserversorgung Rheinhöhen“ ist das Wassergewinnungsgebiet identisch. Das Wasser muß aus dem Neuwieder-Becken herbei geschafft werden. Der Verfasser beschreibt ausführlich die Planung und Konstituierung des Verbandes, befaßt sich mit dem Grundwasservorkommen, dem Wasserbedarf und dem Wasserversorgungssystem, geht auf den verwendeten Rohrwerkstoff ein und berichtet schließlich über die Überwachung der Anlagen und die Wirtschaftlichkeit sowie Finanzierung der durchgeführten Maßnahmen.

Seite 42

Duktile Gußrohre DN 900 für die Wasserversorgung in Abu Dhabi

Johannes Tymann
Karl-Heinz Homann

In den Olländern des vorderen Orients werden mit erheblichen Anstrengungen große Infrastrukturmaßnahmen als Grundlage für eine Existenz nach dem Ölzeitalter durchgeführt. Hierzu gehören auch der Auf- bzw. Ausbau einer geeigneten Wasserversorgung. Am Beispiel einer Wasserleitung DN 900 für das Emirat Abu Dhabi wird eine solche Infrastrukturmaßnahme ausführlich beschrieben.

Seite 47

Beispiele für die praktische Bewährung duktiler Gußrohre

1. Beispiel:
Rohrleitung DN 200 im Bergsenkungsgebiet
2. Beispiel:
Rohrleitung DN 600 in einem Deich

Seite 51

Anschweißstutzen aus duktilem Gußeisen für Hausanschlußleitungen

Von Reinhard Schaffland

Zum gleichen Thema wurde im Heft 9 der FGR-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Ausgabe Februar 1974, bereits ein Artikel veröffentlicht. Damals waren geeignete, baustellenreife Verfahren für Konstruktions-schweißungen an duktilen Rohren gerade erst entwickelt worden. Anschweißstutzen bis DN 50 bzw. 2 Zoll stellten neben umlaufenden Schweißraupen auf Rohren zum Zwecke der Schubsicherung das einzige innerhalb der deutschen Gußrohrwerke genormte Anwendungsgebiet dar.

Inzwischen existiert eine ganze Palette unterschiedlicher Konstruktionen, angefangen von Abgängen aller Nennweiten in unterschiedlichen Winkelstellungen über kraftübertragende Elemente wie Schubsicherungsteile oder Mauerflansche bis zu überlangen Rohren mit Stumpfschweißung.

Im Rahmen dieser Entwicklungen wurden auch die Anschweißstutzen nach FGR 37 verbessert. Auf den folgenden Seiten ist die Neufassung dieser Norm vom September 1977 abgedruckt.

Außer einigen Änderungen in der Schweißanleitung nach Blatt 1 ist auf den Blättern 2 bis 4 besonders der Stutzenfuß anders gestaltet worden. Anstelle der früheren HV-Naht muß jetzt eine Kehlnaht geschweißt werden. Diese Nahtform weicht zwar wesentlich von der Ausbildung ab, die man bei entsprechenden Stahlkonstruktionen vorsehen würde, wird aber dem Werkstoff duktilen Gußeisen

bzw. seiner Kombination mit Nickel-Eisen-Elektroden optimal gerecht. Kehlnähte sind nicht nur leichter fehlerfrei zu schweißen, sondern führen auch zu höheren Festigkeiten der Konstruktion, besonders gegenüber schwellenden Belastungen. Der bei diesen Kehlnähten unvermeidbare Spalt ruft keine Kérbwirkung hervor und ist auch unter dem Gesichtspunkt der Korrosion ohne Bedeutung, da die Schweißnaht selbst als dünnwandigster Bereich praktisch korrosionsbeständig ist.

Außer dieser generellen Änderung der Schweißzone, zu der bei den Stutzen mit Innengewinde noch eine Anfassung der Gewinde kommt, um das Einschrauben der Gewinderöhre zu erleichtern, sind auch noch einige Umstellungen im Vertrieb der Stutzen interessant, auf die natürlich in FGR 37 nicht eingegangen werden kann.

Die Stutzen werden jetzt mit ungestrichener Gußoberfläche und einzeln in Folie verschweißt geliefert. Dadurch entfällt an der Baustelle das lästige Entfernen des Bitumens.

Es sei noch vermerkt, daß Anschweißstutzen nach FGR 37 längst nicht mehr nur für Hausanschlüsse verwendet werden, sondern überall dort, wo man schnell und sicher — aber auch billig — Öffnungen in Leitungen schaffen will, sei es zur Entnahme des Fördermediums, sei es für Meßzwecke oder auch zum Einführen von Stoffen ins Leitungssystem.

Druckrohre aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen

Anschweißstutzen

Schweißanleitung

FGR
37

Blatt 1

1. Grundsätzliches

Anschweißstutzen nach FGR 37 Blatt 2 bis 4 dürfen nur an Druckrohre aus duktilem Gußeisen nach DIN 28600 angeschweißt werden. Sie sind bestimmt für Gasleitungen mit einem zulässigen Betriebsdruck bis 1 bar und für Wasserleitungen bis 40 bar.

Vor der erstmaligen Anwendung muß die Beratung des Rohrerstellers in Anspruch genommen werden.

Es wird empfohlen, geprüfte Schweißer einzusetzen.

Die Leitung kann bei Gas und Wasser unter Druck bleiben.

2. Vorbereitung der Schweißstelle

Alle Stellen, die mit dem Schweißgut in Berührung kommen, müssen metallisch blank, zinkfrei und trocken sein. Das Säubern kann durch Schleifen oder Feilen erfolgen. Sind die Rohre bereits verlegt, ist die Montagegrube so groß auszuheben, daß ungehindert geschweißt werden kann und keine Verunreinigungen auf den Schweißbereich fallen können. Bei Regen z.B. sollte die Grube mit einer Plane abgedeckt werden, um den Schweißbereich trocken zu halten.

3. Schweißverfahren und Zusatzmittel

Es darf nur nach dem Lichtbogen-Hand-Verfahren mit Stabelektroden geschweißt werden. Am besten haben sich bisher Nickel-Eisen-Elektroden von 3,25 mm Durchmesser mit ca. 50 % Nickel bewährt. Stromart und Polung wirken sich sehr auf das Schweißverhalten aus und müssen deshalb der Schweißaufgabe angepaßt werden. Grundsätzlich ist zu beachten, daß die Gleichstrom-Schweißung die größere Abschmelzleistung erbringt. Die Wechselstrom-Schweißung ist durch ihren feintropfigeren Werkstoffübergang besonders für die Zwangslagenschweißung geeignet. Aber auch in Wannenlage zeigt sie ein sehr gutes Schweißverhalten.

4. Das Schweißen

Bei Temperaturen unter 5° C sollte nicht geschweißt werden.

4.1 Vorwärmen

Es wird ohne Vorwärmung geschweißt. Bei hoher Luftfeuchtigkeit und bei Gefahr von Schweißwasser muß der Schweißbereich getrocknet werden.

4.2 Ermittlung der günstigsten Schweißdaten

Die vom Elektroden-Hersteller angegebenen Stromstärken sind nur Richtwerte. Da die Meßgeräte meistens nicht geeicht sind, die Länge der Schweißkabel zu einem Spannungsabfall führen kann und die Charakteristik der Stromquelle von Einfluß ist, muß die geeignete Stromstärke durch Schweißen an einem Rohrabschnitt aus duktilem Gußeisen visuell eingestellt werden. Es wird eine Elektrodenlänge zu einer Strichraupe ausgezogen. Glühen die letzten 50 bis 60 mm der Elektrode dunkelrot auf, ist die Stromstärke richtig eingestellt. Glüht durch zu hohe Stromstärke die Elektrode hellrot auf, besteht die Gefahr, daß die Umhüllung ihre guten Schweißigenschaften verliert oder auch teilweise abfällt. Die Reststücke sind deshalb wegzwerfen. Bei Gleichstrom-Schweißung muß der Lichtbogen kurz gehalten, bei Wechselstrom-Schweißung etwas länger gezogen werden. Das Bad muß klar zu sehen sein. Weiterhin ist zu beachten, daß sich die Schlacke gut löst. Elektroden bzw. Schweißbedingungen, bei denen die beiden letzten Voraussetzungen nicht gegeben sind, sollten vermieden werden.

Fortsetzung Seite 2 und Blatt 2

4.3 Schweißdurchführung

4.3.1 Heften

Die Stutzen werden an zwei gegenüberliegenden Stellen geheftet. Nach dem ersten Heften wird der Stutzen wieder an das Rohr angedrückt und die zweite Heftstelle angebracht. Um ein Reißen der Heftstellen zu verhindern, dürfen diese nicht zu dünn ausgeführt werden. Sie sollten einem a-Maß von etwa 4 bis 6 mm entsprechen, etwa 10 mm lang sein und beidseitig flach auslaufen, damit beim Schweißen der Kehlnaht am Auslauf keine Wurzelfehler durch vorlaufende Schlacke auftreten. Außerdem wird dadurch auch das Überschweißen der Heftstellen erleichtert und es braucht an der höchsten Stelle nur noch leicht angeschmolzen zu werden. Der flache Auslauf läßt sich durch entsprechende Schweißtechnik erreichen.

4.3.2 Nahtausführung und Schweißfolge

Die Kehlnaht soll in 3 Lagen auf ein a-Maß von ca. 4 bis 6 mm gebracht werden. Zweckmäßig wird die zweite Lage so angebracht, daß sie das Hauptrohr um 6 bis 9 mm und die Wurzellage etwas mehr als halb überdeckt. Die dritte Lage soll 6 bis 9 mm am Stutzen heraufreichen und den Auslauf der zweiten Lage nur noch geringfügig überdecken. Dadurch erzielt man eine flache, gegebenenfalls leicht eingezogene Kehlnaht. Alle Lagen sollen zügig und ohne Absetzen der Elektrode eingebracht werden. Die Wurzellage wird von Heftstelle zu Heftstelle geschweißt, die Decklagen werden über die Heftstellen hinweg gezogen, wobei der Schweißbeginn nicht über einer Heftstelle liegen sollte.

5. Nachbehandlung

Naht an ruhiger Luft abkühlen lassen. Schlacke entfernen. Mit einem mehrmaligen Schutzanstrich auf bituminöser Basis versehen.

6. Prüfen

Abgänge verschließen. Mit Nenndruck + 5 bar, mindestens jedoch mit 21 bar Wasser prüfen, bei Gas zusätzlich noch mit 2 bar Luft. Dann erst anbohren. Falls noch weitere Prüfungen durchgeführt werden sollen, müssen diese ebenfalls vor dem Anbohren erfolgen.

Druckrohre aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen

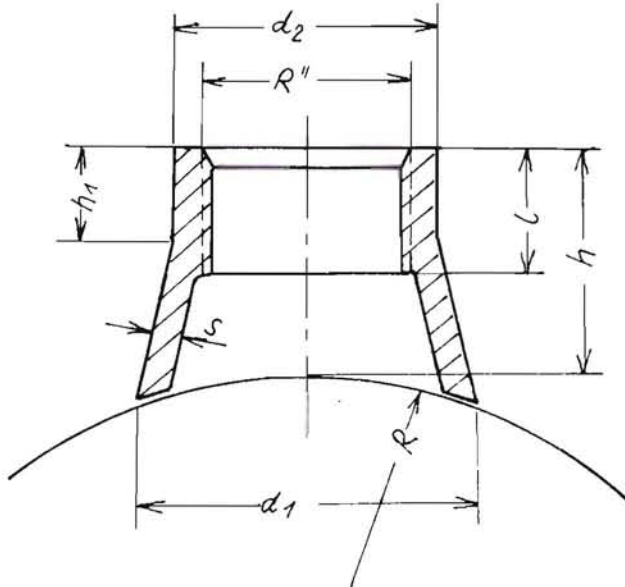
FGR
37

Anschweißstutzen
gerader Stutzen mit Innengewinde

Blatt 2

Schweißanleitung FGR 37 Blatt 1

Maße in mm



R''	d ₁	d ₂	s	h	h ₁	l	R	für Rohr DN	Gewicht ≈ kg
1''	55	43	5	35	14	19	58	80-125	0,25
							125	150-500	
1¼''	65	52	5	40	16	21	53	80-100	0,4
							87	125-200	
							185	250-500	
1½''	75	58	5	45	16	21	49	80	0,5
							65	100-125	
							98	150-200	
							180	250-500	
2''	90	71	5	50	19	24	59	100	0,7
							78	125-150	
							125	200-250	
							200	300-500	

Werkstoff: duktilem Gußeisen nach DIN 28600

Fortsetzung Blatt 3

Für diese technische Unterlage behalten wir uns alle Rechte vor. Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre

Druckrohre aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen

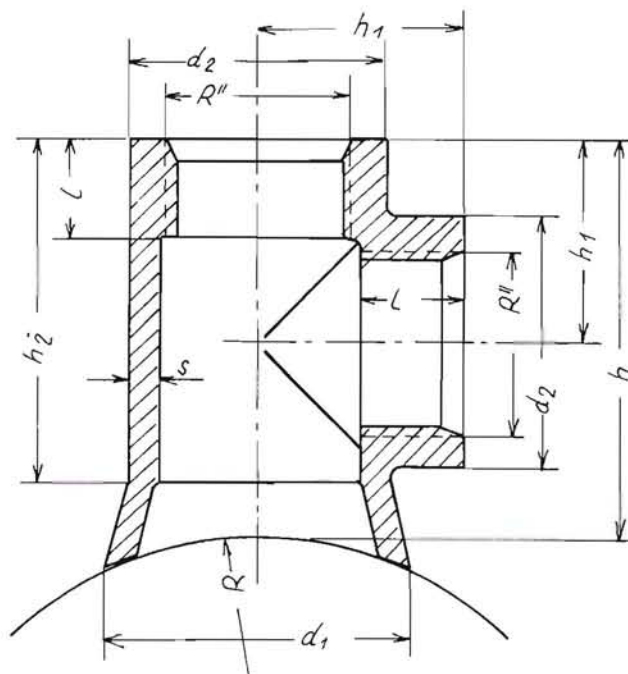
FGR
37

Anschweißstutzen
T-Stutzen mit Innengewinde

Blatt 3

Schweißanleitung FGR 37 Blatt 1

Maße in mm



R''	d ₁	d ₂	s	h	h ₁	h ₂	l	R	für Rohr DN	Gewicht ≈kg
1"	55	52	5	75	38	65	19	58	80-125	0,7
								125	150-500	
1¼"	65	58	5	90	43	75	21	53	80-100	0,9
								87	125-200	
								185	250-500	
1½"	75	64	5	100	46	80	21	49	80	1,15
								65	100-125	
								98	150-200	
								180*	250-500	
2"	90	76	5	115	55	95	24	59	100	1,6
								78	125-150	
								125	200-250	
								200	300-500	

Werkstoff: duktiles Gußeisen nach DIN 28600

Fortsetzung Blatt 4

Für diese technische Unterlage behalten wir uns alle Rechte vor. Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre

Druckrohre aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen

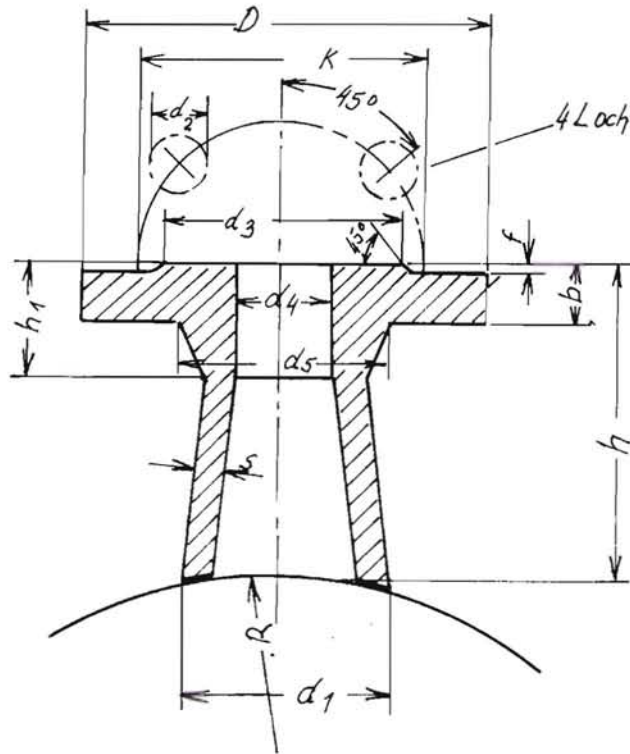
Anschweißstutzen
gerader Stutzen mit Flansch

FGR
37

Blatt 4

Schweißanleitung FGR 37 Blatt 1

Maße in mm



DN	d ₁	h	s	D	b	k	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	h ₁	f	R	für Rohr DN	Gewicht ≈kg
25	55	75	5	115	16	85	14	68	25	50	37,5	2	58	80-125	1,2
													125	150-500	
32	65	80		140	19	100	19	78	32	60	38,5	3	53	80-100	2,0
													87	125-200	
													185	250-500	
40	75			150	110		83	40	73	39			49	80	2,4
													65	100-125	
													98	150-200	
50	90			165	125		98	50	83	40			180	250-300	3,0
													59	100	
													78	125-150	
													125	200-250	
													200	300-500	

Werkstoff: duktiles Gußeisen nach DIN 28 600

Für diese technische Unterlage behalten wir uns alle Rechte vor. Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre

Die Verwendung der TYTON-Verbindung für Gasleitungen aus duktilem Gußeisen

Von Horst Nöh

Das Thema „TYTON für Gas“ war in der Vergangenheit des öfteren Gegenstand von Veröffentlichungen [1; 2; 3; 4; 5; 6], die in Fachkreisen Anlaß zu Diskussionen um das Für und Wider hinsichtlich des Einsatzes der Verbindung in Gasleitungen gaben. Angeregt durch den Erfolg seit der Einführung der TYTON-Verbindung im Jahre 1957 im Wassersektor — heute werden mehr als 90 % der Gußrohre mit dieser Verbindung geliefert — und dem Kundenwunsch nach einem Einheitsrohr für Wasser und Gas folgend, wurden bereits Ende der fünfziger Jahre Großversuche an TYTON-Verbindungen in Gasleitungen gestartet, die in der Folge eine Vielzahl von praktischen Versuchen nach sich zogen. Ziel aller Untersuchungen war, Informationen über die Eignung teils vorhandener und teils neu entwickelter Gummiringqualitäten zu erhalten und die Eignung der TYTON-Verbindung für den Einsatz in Gasleitungen unter Beweis zu stellen.

Die Erfahrungen mit gummigedichteten Muffenverbindungen bei erdverlegten Gasleitungen aus Gußrohren reichen bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurück. Bereits im Jahre 1850, also einige Jahre nach der Entdeckung des Heißvulkanisationsverfahrens durch Goodyear, nach dem man den klebrigen plastischen Kautschuk in elastischen Gummi umwandeln kann, haben deutsche Gaswerksingenieure erstmals gummigedichtete Verbindungen bei der Verlegung von Gußrohren eingesetzt. Mehrere dieser Leitungen waren viele Jahrzehnte in Betrieb; die eingesetzten Gummiringe haben sich bewährt.

Bei der Diskussion über den Einsatz von Gummi-Dichtringen für Gasleitungen steht die Beständigkeit des Gummis gegenüber den im Gas enthaltenen kondensierbaren Kohlenwasserstoffen an erster Stelle. Reine Brenngase, bestehend aus Gemischen unterschiedlicher Zusammensetzung von Wasserstoff, Methan, Kohlenmonoxyd, Kohlenoxyd und Stickstoff greifen Gummi auch bei hohen Drücken nicht an. In der Praxis jedoch können Brenngase in mehr oder weniger großen Anteilen höhere Kohlenwasserstoffe enthalten, die auf Gummi und synthetische Elastomere in unterschiedlichem Umfang einwirken. Von großer Bedeutung ist weiterhin die Muffenkonstruktion bzw. der Verbindungsmechanismus, ohne dessen Kenntnis das Verhalten eines Gummi-Dichtringes nicht objektiv beurteilt werden kann.

Für den praktischen Einsatz gummigedichteter Gußrohrverbindungen spielt der Strukturwandel in der Gaswirtschaft, der gekennzeichnet ist durch den Übergang von Stadtgas zum Kokerei-Ferngas und schließlich zum Erd-

gas, eine große Rolle. Bis in die fünfziger Jahre wurden viele Niederdruck-Gasleitungen mit ungereinigten Kokerigasen beschickt, die flüssige Kondensate abschieden. Die Kondensate enthielten relativ große Mengen von aromatischen Kohlenwasserstoffen. Diese auf Gummi stark quellend wirkenden Kondensate konnten besonders nach Umstellung auf ein „trockeneres“ Gas eine erhebliche Beanspruchung des Dichtringes darstellen.

Die deutsche Gußrohrindustrie hatte es sich in Kenntnis der Problematik zur Aufgabe gesetzt festzustellen, wie sich die TYTON-Verbindung bei verschiedenen Gasarten und bei Beanspruchung durch stark quellende Medien verhält. Einbezogen in diese Untersuchungen waren Kokerigas-, Erdölgas- und Erdgas-Versuchsleitungen im Mittel- und Hochdruckbereich sowie eine Vielzahl von Versuchen an kompletten TYTON-Verbindungen, die der Einwirkung stark quellender Medien wie Roh- und Reintoluol, Toluol und Toluol-Isoktan-Gemischen ausgesetzt wurden. Die Dichtringe bestanden neben Naturgummi anfangs aus diversen synthetischen Qualitäten. Es zeigte sich aber recht bald, daß diese für TYTON-Verbindungen mehr oder weniger ungeeignet sind, so daß sich der Schwerpunkt der weiteren Arbeiten auf Naturgummi und Nitril-Butadien-Kautschuk (NBR) konzentrierte.

Naturgummi und NBR sind Materialien, die sich ohne spezifizierte Prüfmethode nicht voneinander unterscheiden lassen. Ein Unterschied ist aber gegeben, wenn es darum geht, bei bestimmten Eigenschaften hohe Anforderungen zu erfüllen wie hohe Quellbeständigkeit, geringe Auslaugung bei Quellung und hohe Dauerelastizität. NBR zeichnet sich bei der Beanspruchung durch kondensierbare Kohlenwasserstoffe durch höhere Quellbeständigkeit aus. Dem gegenüber steht aber eine größere Empfindlichkeit hinsichtlich des Herauslösen von Weichmachern, was sich in einer größeren Gewichtsabnahme nach Quellung und Rücktrocknung sowie größerer Neigung zur Plastizität zeigt. Weiterhin bereitet es nach wie vor große Schwierigkeiten, die guten elastischen Eigenschaften, wie sie bei Dichtringen aus Naturgummi Standard sind, bei einer Massenproduktion von NBR zu garantieren.

In Gesprächen über den Einsatz der TYTON-Verbindung in Gasleitungen stellte sich die Frage nach der Beständigkeit des Gummidichtringes, nach dem Verhalten der TYTON-Verbindung bei unterschiedlichen Druckbelastungen, nach Einsatz von Wasserstoffgas, nach undichten Verbindungen bei der Umstellung auf Erdgas und

nach Erfahrungen bei Betriebsgasleitungen. Diese Fragen wurden z.T. auch in dem im Jahre 1976 gegründeten DVGW-Arbeitskreis „Verwendung von TYTON-Verbindungen in Gasleitungen aus duktilem Gußeisen“ diskutiert. Die in der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre zusammengeschlossenen Werke haben in einer umfangreichen Ausarbeitung zu diesen Fragen gemeinsam Stellung genommen. Die nachfolgenden Ausführungen geben in Kurzfassung auf die am häufigsten gestellten Fragen Antwort, wobei kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden kann.

Beständigkeit der TYTON-Gummidichtringe

Hierzu sei auf das Vorhergesagte verwiesen. Ergänzend sei noch vermerkt, daß seit Verlegung der ersten Betriebs-Gasleitungen mit TYTON-Verbindungen im Jahre 1963 bis heute ca. 300 km Gasleitungen mit Rohren aus duktilem Gußeisen mit TYTON-Verbindungen und Dichtringen aus Naturgummi verlegt wurden. Bei all diesen Verbindungen ist auch nach der Umstellung auf Erdgas bis jetzt noch kein Fall von Undichtheit bekannt geworden.

Verhalten der TYTON-Verbindung bei unterschiedlichen Druckbelastungen und bei Dezentrierung

Die Maße der TYTON-Verbindung einschließlich des Dichtringes sind so festgelegt, daß unter Berücksichtigung der Herstellungstoleranzen auch bei größtmöglicher Dezentrierung des Rohrendes in der Muffe eine einwandfreie Abdichtung sichergestellt ist.

Die mittlere Verformung des Dichtringes bei zentrischer Lage des Rohrendes in der Muffe beträgt etwa 30 %. Bei maximaler Dezentrierung des Rohrendes wird der Dichtring im Extremfall bei kleinstzulässigem Rohraußendurchmesser und größtzulässigem Muffeninnendurchmesser auf der stark verformten Seite um etwa 50 % und auf der schwach verformten, also der entlasteten Seite, um min. 3 % verformt. Umfangreiche Versuche, aber auch die jetzt über 20jährige Praxis haben gezeigt, daß hiermit ein ausreichend hoher Anpreßdruck an die Dichtflächen von Muffe und Rohr gegeben ist.

Die Konstruktion einer gasdichten Steckmuffen-Verbindung ist schon in Anbetracht der bei Gasleitungen im Nieder- und Mitteldruckbereich relativ geringen Drücke schwieriger als bei Leitungen, die Wasser transportieren. Hinzu kommt die geringe Dichte der Gase, aufgrund deren das Durchdringen einer Dichtung leichter möglich ist. In Versuchsreihen, die an TYTON-Verbindungen mit Extremmaßen erfolgten, zeigte sich aber, daß die Verbindungen bei niedrigem inneren und hohem äußeren Überdruck sowie bei Vakuum dicht sind. Im folgenden werden einige dieser Versuche beschrieben. Hierzu zeigt *Bild 1* die schematische Darstellung der Lage des Dichtringes und des Rohrendes in der Muffe in dezentriertem Zustand.

In TYTON-Verbindungen mit minimalen und maximalen Dichtkammerspalten „S“ wurden die Rohrenden bis zum Berühren an den Zentrierbund der Muffen in Pos. A

gedrückt und in diesem Zustand 35 Tage gelagert. Im Anschluß hieran wurde das Rohrende auf die gegenüberliegende Seite B gedrückt und mit Luft abgepreßt. Die Dichtheitsprüfung erfolgte je 10 Minuten lang bei 0,2; 0,5; 1,2; 4 und 6 bar. Jede Verbindung war bei jeder einzelnen Prüfung dicht.

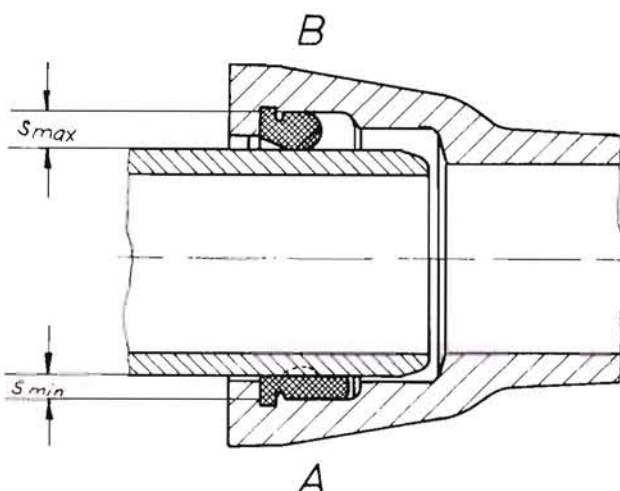


Bild 1

Eine andere TYTON-Verbindung mit minimalem Dichtkammerspalt wurde 590 Tage lang dezentriert in Pos. A gelagert. In dieser und zentrischer Lage des Rohrendes war die Verbindung gasdicht. Nach erneuter Dezentrierung nach Pos. A wurde die Verbindung unmittelbar danach nach Pos. B dezentriert, wobei die Verbindung in Pos. A momentan undicht war. Die Rückverformung des Dichtringes auf der entlasteten Seite erfolgte aber relativ schnell, so daß die Verbindung wieder dicht wurde und zwischen 0,2 und 6 bar auch bei mehrmaligen, kurz aufeinanderfolgenden Wechseln zwischen Pos. A und Pos. B dicht blieb.

Eine erneute, 340-tägige Lagerung in Pos. A mit nachfolgenden Prüfungen wie vorstehend beschrieben ergab eine Wiederholung der bereits gemachten Feststellungen.

In einer weiteren Versuchsreihe wurden TYTON-Verbindungen mit min. und max. Dichtkammerspalt bis zum Anschlag dezentriert, mit Benzol gefüllt und 33 Tage lang drucklos gelagert. Anschließend wurde das Benzol den Verbindungen entnommen, diese auf Dichtheit geprüft und danach zwecks Rücktrocknung des Dichtringes unter Beibehaltung der Dezentrierung 40 Tage lang stehen gelassen. Zur Beschleunigung der Regenerierung wurden die Verbindungen mit Luft ausgeblasen. Die Verbindungen waren bei Luftdrücken zwischen 0,2 und 6 bar auch bei Gegendezentrierung dicht.

Rohrleitungen und deren Verbindungen können auch durch äußeren Überdruck beansprucht werden. Der Versuch wurde an einer TYTON-Verbindung vorgenommen, bei der ein senkrecht geteilter Überschieber über der

Verbindung befestigt und diese von außen mit einem Druck von 10 bar beaufschlagt wurde. Siehe *Bild 2*.

Die Verbindung wurde 16 Stunden lang belastet und war dicht. Über diesen Versuch liegt ein Gutachten der MPA Darmstadt vor.

Zur richtigen Einschätzung der Funktion der TYTON-Verbindung sollte bei diesem Versuch berücksichtigt werden, daß eine Beanspruchung der Verbindung von außen mit 10 bar Überdruck eine 10mal so große Belastung darstellt wie 100 % Vakuum von innen.

Die Vakuumdichtheit wurde an je einer TYTON-Verbindung DN 100 und DN 600 überprüft. Das Vakuum wurde mittels einer Drehschieberpumpe mit einem Saugvermögen von 12 m³/h erreicht. Der Versuchsaufbau DN 100 erreichte einen Druck von 140 mbar, der sich auch nach 1 1/2 h nicht veränderte. Bei dem Aufbau DN 600, der wegen seiner viel größeren Dichtflächen ein nicht so gutes Ergebnis erwarten ließ, konnte nahezu vollständiges Vakuum erreicht werden, das im Laufe von 10 Wochen auf nur 200 mbar anstieg.

Wasserstoff-Diffusion

Man kann davon ausgehen, daß die Erdgasreserven nicht so lange vorhalten werden, wie ursprünglich angenommen wurde. Bei der Diskussion, welche Brenngase an die Stelle des Erdgases treten können, wird auch die Verwendung von Wasserstoff erwogen. Wasserstoff ist das leichteste Element mit dem kleinsten Atomdurchmesser. Hierdurch bedingt besitzt Wasserstoff gegenüber allen anderen Elementen ein großes Diffusionsvermögen.

Wasserstoff übt auf Gummi keinerlei chemische Wirkung aus. Bis zu einer gewissen Grenze kann er sich in Gummi und Kunststoff lösen. Bedingt durch dieses Verhalten vermag er z.B. eine Gummiplatte zu durchdringen, indem er auf der Seite des höheren Wasserstoffdruckes in die Platte eindringt und sie auf der Seite des geringeren Druckes wieder verläßt.

Versuche an duktilen Gußrohren, gummigedichteten Verbindungen und Probelplatten ergaben auch bei einem Überdruck von 16 bar keine meßbare Permeation, weder durch die Rohrwand noch durch die gummigedichtete Verbindung.

Undichte gummigedichtete Verbindungen bei der Umstellung auf Erdgas

Bisher ist keine mit TYTON-Ringen gedichtete Gußrohrverbindung in Gasleitungen undicht geworden.

Undichtheiten an gummigedichteten Verbindungen sind bei einigen Gasversorgungsunternehmen an Schraubmuffen aufgetreten. Die Undichtheiten können auf mehrere Ursachen zurückgeführt werden.

Die meisten Schraubmuffen-Gummiringe waren zu einer Zeit in Gasleitungen eingebaut worden, als die Netze noch mit ungereinigten Gasen und solchen, die reich an

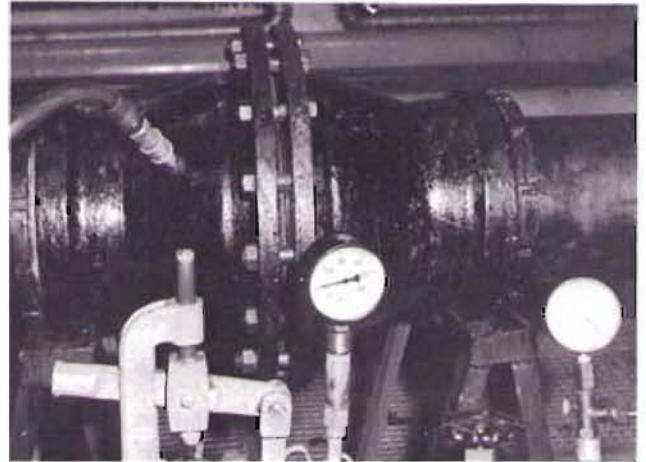


Bild 2

aromatischen Kohlenwasserstoffen waren, betrieben wurden. Bei Temperaturschwankungen schieden sich flüssige Kondensate ab, die neben leicht verdampfenden Verbindungen auch schwer flüchtige organische Verbindungen enthielten. Diese Kondensate wirkten stark quellend auf den Gummi ein. Außerdem erwiesen sich die hoch molekularen, hoch siedenden Verbindungen als zusätzlich schädigend für die Gummidichtung.

Bei starker Quellung drang der Dichtring in den engen Spalt zwischen Spitze und Muffengrund, wobei es bereits zu einer Beschädigung des Ringes kam. Nach der Umstellung auf ein „trockeneres“ Gas regeneriert der Dichtring, die Quellung geht zurück. Hierbei konnte es passieren, daß der in den Muffenspalt eingedrungene Teil des Gummiringes aufgrund von Anrissen, die unter dem Einfluß des Quellmittels entstanden waren, nicht mehr zurückging. Der Querschnitt des Dichtringes und die Rückstellkräfte waren nicht mehr groß genug, um einen ausreichend großen Anpreßdruck auf die Dichtflächen zu bewirken. Für diesen Vorgang ist die Muffenkonstruktion von entscheidender Bedeutung. Es hat sich als ungünstig erwiesen, wenn dem Gummiring kein Raum zur Verfüllung steht, in den er frei hineinquellen kann. Von Nachteil zeigte sich ebenfalls, wenn die Verbindungen ohne Gleitring verlegt worden waren. Die Gummiringe werden in diesem Fall durch das Anziehen der Schraubringe auf Torsion beansprucht, wodurch in gewissem Umfang bei anschließender Quellmittelbeanspruchung innere Beschädigungen praktisch vorprogrammiert werden.

Ein weiterer Grund für das Versagen von gummigedichteten Verbindungen in Gasleitungen ist in der Gummiqualität aus bestimmten Lieferperioden zu sehen. Während der Kriegs- und Nachkriegsjahre mußten Dichtringe aus minderer Qualität eingebaut werden, deren Elastizität den Anforderungen nicht genügte. An ausgebauten Gummiringen wurden Druckverformungsreste von 20 % und mehr gefunden. Ein Nachziehen des Schraubringes erwies sich als zwecklos, weil die Verbindungen nach kurzer Zeit wieder undicht wurden.

Als weiterer Grund für das Undichtwerden von Verbindungen können noch Verlegefehler in Frage kommen.

Erfahrungen bei Betriebsgasleitungen

Die ersten TYTON-Verbindungen mit Dichtringen aus Naturgummi, die in einer Betriebsgasleitung zum Einsatz gelangten, wurden 1959 in einen 80 m langen Abschnitt einer mit Kokereigas betriebenen Leitung DN 200 der Ruhrgas AG von Wetzlar nach Weilburg eingebaut. Der Betriebsdruck betrug seinerzeit ca. 10 bar. Im Oktober 1969 wurde die Leitung auf Erdgas umgestellt und wird seitdem mit einem Betriebsdruck von 4 bar gefahren. Während der gesamten Betriebszeit sind keine Undichtigkeiten an TYTON-Verbindungen aufgetreten, auch nicht nach der Umstellung auf Erdgas.

Die zweitälteste Leitung wurde im Jahre 1963 von den Stadtwerken Herborn als Niederdruckleitung verlegt. Auch diese Leitung ist heute noch in Betrieb und hat während all der Jahre keinen Anlaß zu Reklamationen gegeben. Aus dieser Leitung wurden im Jahre 1976 TYTON-Dichtringe untersucht. In diese Untersuchungen war das Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe gutachterlich eingeschaltet. In einer weiteren Veröffentlichung wird über die Aufgrabung dieser Leitung und die nachfolgenden Untersuchungen getrennt berichtet.

Inzwischen haben über 80 Versorgungsunternehmen duktile Gußrohre mit TYTON-Verbindungen im Nieder- und Mitteldruckbereich mit Erfolg eingesetzt.

Zusammenfassung

Mit dem vorliegenden Bericht wird ein Überblick über Versuche an TYTON-Verbindungen und deren Eignung für den Einsatz in Gasleitungen gegeben.

Nach der erfolgreichen Einführung der TYTON-Verbindung im Jahre 1957 auf dem deutschen Markt wurde bereits im Jahre 1959 mit der Erprobung der Verbindung für den Einsatz in Gasleitungen begonnen. Im Laufe der Jahre folgten eine Vielzahl von Versuchen unter praktischen Bedingungen in Kokerei-, Erdöl- und Erdgasleitungen im Mittel- und Hochdruckbereich sowie umfangreiche Prüfungen an kompletten Verbindungen und losen Dichtringen im Labor.

Aufgrund der positiven Ergebnisse entschied sich die deutsche Gußrohrindustrie, die TYTON-Verbindung für Gasleitungen mit Dichtringen aus Naturgummi einzusetzen und die Verbindung für Nieder- und Mitteldruckleitungen bis zu einem Betriebsdruck von 4 bar zu empfehlen.

Die Richtigkeit dieser Entscheidung fand ihre Bestätigung in dem vom Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe im Jahre 1974 erstellten Gutachten über die Prüfung von Naturgummi-Dichtringen für TYTON-Steckmuffen-Verbindungen nach der Vornorm DIN 3535 Blatt 3 [7], das aussagt, daß der TYTON-Naturgummiring und die komplette TYTON-Verbindung alle Forderungen der Norm erfüllen.

Nach intensiver Prüfung durch den DVGW-Arbeitskreis „Verwendung von TYTON-Verbindungen in Gasleitungen aus duktilem Gußeisen“ hat auch der DVGW-Fachausschuß „Orts-Gasverteilung“ keine Bedenken gegen den Einsatz von TYTON-Verbindungen mit Naturgummi-Dichtungen in Gasleitungen bis 4 bar. [8]

Literatur

- [1] Reeh, K. und Nöh, H.
Die Verbindungen duktiler Gußrohre — Ihr Einsatz in Gasleitungen unter besonderer Berücksichtigung der Gummidichtringe
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 1 (1966), S. 35—40
- [2] Niederschuh, E.
Erprobung von Gummiringen für Muffenverbindungen gußeiserner Druckrohre in Gasleitungen
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 2 (1967), S. 2—16
- [3] Wolf, W.
Einsatz von Gummidichtringen in Gasleitungen aus Gußrohren
gwf-gas/erdgas 111 (1970), Heft 8, S. 427—436
- [4] Nöh, H.
Typprüfungen an Gußrohrdichtungen für Gasleitungen gemäß Vornorm DIN 3535 Blatt 3
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 10 (1975), S. 50—54
- [5] Wolf, W.
Abschätzung der Möglichkeiten einer Wasserstoff-Diffusion durch Gasleitungen aus Gußeisen
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 10 (1975), S. 55—62
- [6] Köhler, H.-G.
Das duktile Gußrohr im Gasrohrnetz der städt. Werke Essen
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 11 (1976), S. 27—29
- [7] DIN 3535 Blatt 3 (Vornorm September 1974)
Dichtungen für die Gasversorgung; Dichtungen aus Elastomeren für Gasversorgungs- und Gasfernleitungen
- [8] Mitteilungen des DVGW
Verwendung von TYTON-Verbindungen in Gasleitungen aus duktilem Gußeisen
gwf — gas/erdgas 118 (1977), Heft 12, S. 587-588

Untersuchungen an TYTON-Verbindungen DN 150 aus einer Gasmitteldruckleitung der Stadtwerke Herborn

Von Rolf Schlemper

Die Frage nach Rohrwerkstoffen ist solange aktuell, wie Rohrleitungen gebaut werden. Ein Beispiel hierfür ist die Verlegung von Gußrohren mit TYTON-Verbindungen für die Mitteldruckleitung in der Stadt Herborn in Hessen; siehe Rohrnetzplan (Bild 1).

In einer Zeit, in der es nach dem DVGW-Regelwerk „Gas“ noch nicht vorgesehen war, Gußrohre mit TYTON-Verbindungen, die für die Wasserversorgung hergestellt waren, als Gasleitungsrohre zu verwenden, wurde in Herborn im Juli 1962 in der „Neuen Hauptstraße“ eine Gasleitung aus Gußrohren DN 150 mit TYTON-Muffen verlegt und betrieben. Die verwendeten Dichtringe bestanden aus Naturgummi und waren im Jahre 1961 hergestellt worden.

Die Leitung transportierte von 1962 bis 1969 Kokereifergas der Ruhrgas-AG Essen mit einem maximalen Betriebsüberdruck von 10 mbar. Dann erfolgte im November 1969 die Umstellung auf Erdgas mit einer Anhebung des Druckes auf 20 mbar und ab 1. Januar 1975 auf 25 mbar. Zur Spitzendeckung wird ab 1973 dem Erdgas ein Butan/Luft-Gemisch bis 25 % zugesetzt.

Nach 14jährigem Betrieb interessierte die Fachleute der Zustand der Leitung, insbesondere aber der Zustand der Dichtringe aus Naturgummi nach der Umstellung auf Erdgas. Eine eingehende Untersuchung an einem Teil der Verbindungen und der Dichtringe wurde u.a. von der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut an der Universität Karlsruhe vorgenommen.

Die Rohrleitung wurde am 17./18. März 1976 auf einer Strecke von 40 m, bestehend aus 6 Gußrohren mit TYTON-Verbindungen, freigelegt. Bei der ersten Dichtheitskontrolle, die im Rohrgraben unter dem genannten Betriebsdruck durch Absprühen und Abseifen vorgenommen wurde, waren alle Verbindungen dicht.

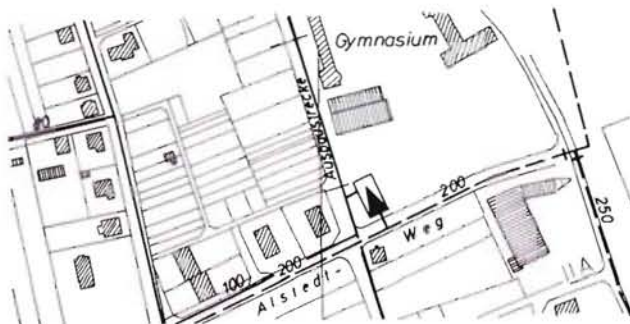


Bild 1

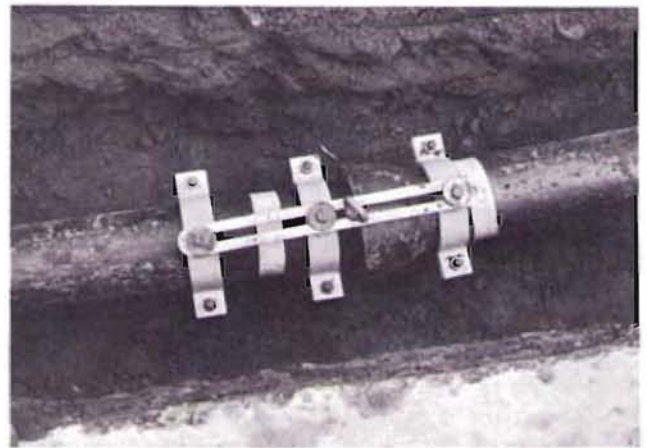


Bild 2

Eine TYTON-Verbindung war in der Horizontalen etwa 4° bis 5° abgewinkelt, eine andere ca. 1° (siehe Bild 2). Dies bedeutet, daß die Dichtringe einseitig stärker verformt worden waren.

Nach der Dichtheitskontrolle wurden von den 6 auszubauenden Verbindungen 5 Stück mit entsprechenden Vorrichtungen fixiert und die kompletten Verbindungen aus der Leitung herausgeschnitten. Die Leitung war zu diesem Zweck beidseitig durch Anbohrungen und Setzen von Blasen gesperrt worden.

Nach dem Ausbau aus der Leitung wurden 3 Verbindungen in der Werkstatt der Stadtwerke Herborn demontiert. Bis zu diesem Zeitpunkt hatten die Dichtringe soweit regenerieren bzw. sich entspannen können, daß eine Beschädigung durch den Demontagevorgang weitestgehend ausgeschlossen war.

Der Oberflächenschutz der Rohre innen und außen befand sich in einem einwandfreien Zustand. An der Teerschicht (Steinkohlenteerpech) konnten keine Erweichungen oder Ablösungen festgestellt werden. An den Dichtringen hafteten einseitig noch Rückstände des seinerzeit verwendeten Gleitmittels für TYTON-Verbindungen aus Talkum und Rizinusöl.

Sofort nach der Demontage der Verbindungen wurden an den Dichtringen das Gewicht, die Shore-Härte A und die wichtigsten Maße kontrolliert. Die Härte- und Maßkontrolle ergab Werte, die durchaus im Rahmen des üblichen bei über längere Jahre eingebauten Naturgummi-Dichtringen liegen. Die Verformungen des Dichtwulstes z.B.

zeigten praktisch keine Abweichungen gegenüber Dicht- ringen, die in Wasserleitungsrohren montiert waren.

Die Dichtheitsprüfung der fixierten Verbindungen erfolgte in Anlehnung an die DIN 3535 Blatt 3, Abschnitt 4.15, mit Luft bei einem Druck von 0,1 bis 18 bar. Der Muffen- spalt wurde hierbei mit einer Nekallösung abgesprüht. Eine Verbindung war bei einem Druck von etwa 5 bar undicht, alle anderen waren dicht. Beim Ablassen des Druckes konnte ab etwa 0,4 bar keine Undichtheit mehr festgestellt werden. Nach der Demontage der Verbindun- gen zeigte sich, daß ein ca. 8 mm großer Kiesel im Bereich der Leckstelle am Übergang vom Haltebund der Muffe zum Dichtsitz lag (siehe Bild 3).

Nach dem Säubern von Muffe und Dichtring wurde die Verbindung wieder montiert; sie war beim Abdrücken mit Luft von 0,1 bis 18 bar dicht.

Die vorstehend beschriebene Verbindung wurde im An- schluß an die Dichtheitsprüfung dem Funktionstest nach DIN 3535 Blatt 3 unterzogen. Um jedoch die Prüfbedin- gungen zu verschärfen, war in Abweichung von dem für Nieder- und Mitteldruck vorgesehene Prüfmedium Isooktan das für Hochdruck vorgesehene Prüfmedium mit 70 Volumenteilen Isooktan und 30 Volumenteilen Toluol eingesetzt worden. Die Verbindung war nach 8- wöchiger Isooktan/Toluol-Lagerung und anschließend 2-wöchiger Regenerierung bei 0,1 bar und 18 bar Über- druck dicht. Auch bei erneutem Einbau des Dichtringes war die Verbindung bei 0,1 und 18 bar Überdruck dicht.

Darüber hinaus wurden die Verbindungen nach Abschluß der Regenerierung wechselseitig dezentriert, mit 0,2 bis 6 bar Luft abgedrückt und mit Nekallösung abgesprüht. Während der einzelnen Druckstufen, die mindestens 15 Minuten eingehalten wurden, war die Verbindung dicht. Somit kann festgestellt werden, daß alle geprüften Werte den Anforderungen der DIN 3535 Blatt 3 entsprachen.



Bild 3

Die einzelnen Untersuchungen ergaben, daß sich die TYTON-Dichtringe aus Naturgummi nach je siebenjähri- ger Beanspruchung durch Kokerei- und Erdgas gut ver- halten haben. Vor allem die Meßwerte der ausgebauten Dichtringe mit den zugehörigen Verbindungsmaßen zeigten, daß hinsichtlich der Elastizität bzw. der Verfor- mung der Dichtringe selbst bei Gegendezentrierung der Verbindungen noch ausreichende Sicherheitsreserven vorhanden gewesen wären.

Zusammenfassend kann aufgrund dieser umfangreichen Untersuchungen an TYTON-Verbindungen, die aus einer seit 15 Jahren betriebenen Gasleitung ausgebaut wur- den, festgestellt werden, daß Gußrohre mit TYTON-Ver- bindungen und -Dichtringen aus Naturgummi für den Einsatz in Gasmitteldruckleitungen geeignet sind.

Erfahrungen mit der zugfesten Rohrverbindung TYTON-SIT

Von Albrecht Kottmann

1. Einleitung

In den vergangenen Jahren sind in zunehmendem Maße zugfeste Rohrverbindungen entstanden. Der DVGW hat die Entwicklung durch das DVGW-Merkblatt GW 368 „Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Verbindungsteilen zur Sicherung nichtlängskraftschlüssiger Rohrverbindungen“ gefördert [1]. In diesem Bericht soll über Erfahrungen mit einem Erzeugnis dieser Reihe berichtet werden, das wegen seiner Einfachheit sofort überzeugte, dessen Einführung aber mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden war.

Der TYTON-SIT-Ring besteht aus einem üblichen TYTON-Gummidichtring, in den Edelstahlkrallen einvulkanisiert sind [2]. Die Zahl der Krallen wächst mit zunehmender Nennweite. Der Ring wird wie jeder TYTON-Dichtring eingelegt. Die Verbindung läßt sich in gewohnter Weise herstellen (Bild 1).

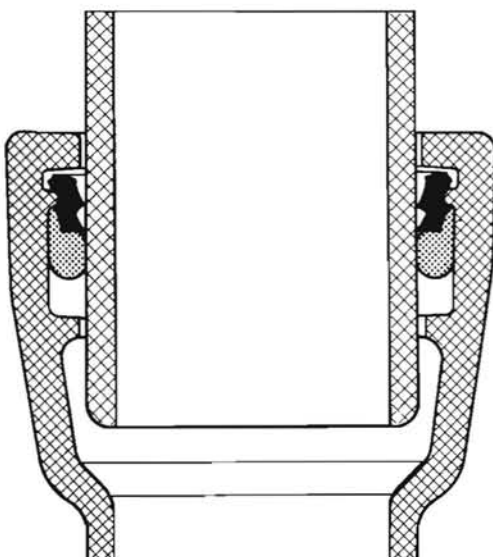


Bild 1: Schnitt durch die Verbindung TYTON-SIT. Verriegelungsglieder sind schwarz gezeichnet; die Gummidichtung ist mit Punktraster angelegt; Gußteile sind schraffiert.

Wenn in der Leitung Innendruck herrscht, hindern die Edelstahlkrallen das Auseinanderschieben der Rohre. Ein Kennzeichnungsring aus Gummi, der vor der Muffe liegt, zeigt, daß die betreffende Muffe gesichert ist.

Im Gegensatz zu den üblichen gummigedichteten Verbindungen ist der elektrische Widerstand der Verbindung TYTON-SIT sehr klein. Da elektrisch leitfähige Leitungen gegen Korrosion anfälliger sind als solche mit hohem elektrischen Längswiderstand, ist Leitfähigkeit häufig nicht erwünscht.

2. Anfängliche Schwierigkeiten

Zu Beginn der Einführung entstanden erhebliche Schwierigkeiten:

An zahlreichen Ringen hielt die Verbindung zwischen Gummi und Edelstahlkralle den Beanspruchungen beim Einlegen nicht stand. Die Ringe rissen entlang der Krallenfläche ein. Sie waren dennoch nach dem Einbau dicht; der Mangel war aber offensichtlich.

Die drei Krallen im TYTON-SIT-Ring DN 80 reichten zwar rechnerisch aus, um alle Längskräfte aus dem Innendruck zu übertragen. Auf der Baustelle zeigte sich aber, daß Rechnung und Erfahrung nicht übereinstimmten. Mehrere Verbindungen DN 80 hielten dem Prüfdruck nicht stand.

Eine Rohrverbindung sollte möglichst lösbar sein. Die Verbindung TYTON-SIT läßt sich in der Regel durch Einschlagen dünner Bleche zwischen die Edelstahlkrallen und das glatte Rohrende lösen. Wenn jedoch eine besonders kleine Muffe (unterer Toleranzbereich) und ein besonders großes Rohr (oberer Toleranzbereich) — abgeschnittene Muffenenden liegen häufig im oberen Toleranzbereich — zusammenkommen, ist es nahezu unmöglich, die dünnen Bleche zwischen Rohrende und Krallen einzuschlagen. Bei den später erwähnten Hydranten und Schiebern treten diese Schwierigkeiten nicht auf, weil deren Einsteckenden durchweg im unteren Toleranzbereich gehalten werden können. Zudem drehen geschickte Mitarbeiter die Armaturen beim Einschlagen der Schalen in die günstigste Arbeitsstellung.

Die Mängel bei der Verbindung von Gummi und Edelstahl sind inzwischen behoben.

Die TYTON-SIT-Ringe DN 80 werden seit einiger Zeit mit vier Edelstahlkrallen geliefert. Diese Ringe gaben keinen Anlaß zur Beanstandung.

Die immer wieder auftretenden Schwierigkeiten beim Lösen der Verbindung konnten nicht beseitigt werden. Da

beim Rohrleitungsbau überwiegend Verbindungen hergestellt, selten gelöst werden, ist die Frage zweitrangig.

3. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Als die ersten TYTON-SIT-Ringe bei den TWS zum Einsatz kamen, war beabsichtigt, nur die Rohrverbindungen unmittelbar neben den Bogen zu sichern und die geraden Leitungsabschnitte mit üblichen Dichtringen auszurüsten. Inzwischen zeigt sich, daß die Mitarbeiter bei schwierigen Leitungsbauten Vollsicherung anstreben. Wenn Ingenieure und Meister Vertrauen zur zugfesten Verbindung gefaßt haben, wird der Bau von Widerlagern eingestellt. Für die Verantwortlichen stellt sich bald die Frage, ob diese Entwicklung finanziell vertretbar ist.

In Bild 2 wurden folgende Kosten erfaßt und über den Nennweiten aufgetragen:

- Aufwand für die Betonwiderlager und den erforderlichen Mehraushub,
- zusätzlicher Aufwand für die Sicherung aller Muffen mit TYTON-SIT-Ringen,
- zusätzlicher Aufwand für die Mindestsicherung an Krümmern und Abzweigen nach DVGW-Merkblatt GW 368.

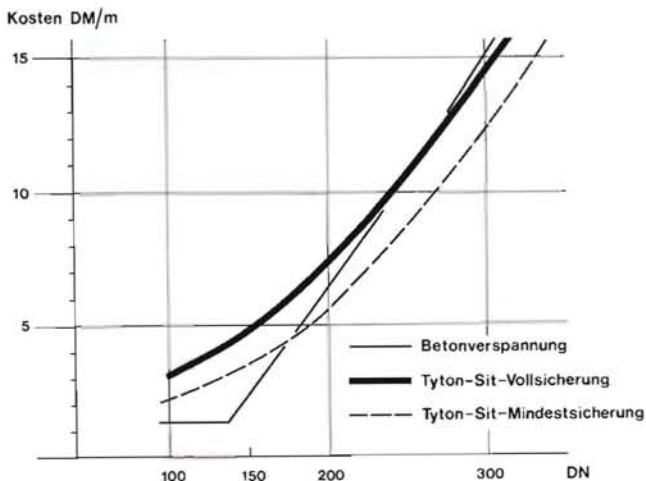


Bild 2: Aufwand für Betonverspannungen und zusätzlicher Aufwand für die Vollsicherung und Mindestsicherung einer üblichen Rohrleitung mit TYTON-SIT-Ringen.

Die Betrachtung ist für eine übliche Baustelle mit zahlreichen Bogen und Abzweigen in Stadtmitte durchgeführt. Die Kosten sind auf den laufenden Meter Rohrleitung umgelegt. Die Untersuchung zeigt: Im Bereich kleiner Nennweiten sind Betonwiderlager billiger als TYTON-SIT-Ringe; ab DN 200 sind beide Ausführungsarten etwa preisgleich. Der rechnerische Preisunterschied ist bei Nennweiten < DN 200 jedoch derart klein, daß die schlecht erfaßbaren Vorteile — keine Wartezeiten nach dem Betonieren der Krümmen, verbesserte Arbeitsmöglichkeiten — schwerer wiegen als die wirtschaftlichen Nachteile. Eine Verringerung der Baukosten ist durch den Einsatz der zugfesten Verbindung TYTON-SIT nur bei besonders schwieriger Leitungsführung möglich.

4. Die Verbindung TYTON-SIT am Hydrantenfuß

Die TWS benutzen bis etwa 1963 den württembergischen Schachthydranten. Hydranten im Schacht haben sich seit einem Jahrhundert bewährt. Nachteilig sind die hohen Baukosten für den Schacht. Alle Verantwortlichen waren sich einig, daß eine mit Einsparungen begründete Umstellung von nahezu wartungsfreien Schachthydranten auf den DIN-Hydranten nicht zu steigenden Unterhaltungs- und Betriebskosten führen darf. Selten wurde eine Entscheidung so sorgfältig durchdacht und abgesichert.

4.1 Schrifttum

Wenn man sich mit Schäden an Hydranten befaßt, zeigt sich rasch, daß der auf die Leitung geflanschte Hydrant zu den schadensanfälligen Rohrleitungsteilen gehört. In dem Bericht des DVGW über die Erfahrungen aus dem kalten Winter 1939/40 [3] finden sich zahlreiche Hinweise auf Hydrantenschäden. Einige aussagekräftige Stellungnahmen einzelner Werke werden wiedergegeben:

Breslau

„Die Unterflurhydrantenschäden traten erst nach dem 15. Januar ein, als die Frosttiefe im Boden etwa einen Meter betrug; sie erreichten Mitte Februar den Höhepunkt und klangen alsdann aus, so daß im März nur noch vereinzelte Schäden an Hydranten auftraten. Diese Tatsachen entsprechen also ganz der Frosttiefenkurve, die Mitte Februar die stärkste Steigung aufweist und alsdann langsamer dem Kulminationspunkt zustrebt.“

Freiberg (Sachsen)

„Auffällig war das gleichzeitige Brechen von mehreren Hydranten (A-Stücken und Fußkrümmern) innerhalb weniger Stunden bei sehr tiefen Außentemperaturen oder eintretendem Tauwetter.“

Waldenburg (Schlesien)

„Eine noch besonders zu beachtende Schadenshäufigkeit infolge des strengen Frostes war das Abreißen von Hydranten von den Flanschen der Hauptleitungen oder den Fußkrümmern. Da das Gefrieren des Bodens eine Volumenvergrößerung mit sich bringt und diese Vergrößerung sich als Hubkraft des einfrierenden Erdbodens nur nach oben auswirken kann, bewirkte dieser Vorgang recht häufig ein Abreißen der Hydranten an den Verbindungsstellen mit den im frostfreien Erdreich liegenden Hauptrohrleitungen oder an dem die Verbindung zum Hydranten herstellenden Fußkrümmer, auf dem die Hydranten jeweils aufgesetzt sind.“

Breslau

„Daraus ist ersichtlich, daß an dem Unterflurhydrant auch Kräfte angreifen, die nicht in Richtung der Mittelachse liegen und den Schaft des Hydranten auf Biegung beanspruchen. Das ist einmal durch die bogenförmige Ausweitung des oberen Hydrantenteils der Fall, zum anderen aber auch durch die Schichtenbildung im Boden.“

Frankfurt an der Oder

„Zu ändern wäre der jetzt im oberen Teil sehr weit ausladende DIN-Hydrant, der dem sich bei Frost ausdehnenden Erdreich zu viel Angriffsfläche bietet.“

Uelzen

„Aufgrund der Erfahrungen, die wir im Winter 1928/29 gemacht haben, haben wir die neuen Hydranten, soweit sie noch nicht mit der glatten Säule geliefert waren, mit Teerstrick umwickelt eingebaut. Hierdurch haben wir das Einfrieren nicht verhindern können, wohl aber das Abreißen der Hydranten am Fuß bei Heben des Erdbodens durch Frost.“

Hainichen

„Das Abreißen der Hydranten ist darauf zurückzuführen, daß der vorhandene Lehmboden am Hydrant angefroren und den Hydrant hebt.“

In nahezu allen Berichten von Winterschäden wird über Brüche in der Nähe des unteren Flansches oder am Abzweig unter dem Hydranten geklagt. Brüche traten beinahe ausschließlich in bindigen, selten in rolligen Böden auf.

4.2 Vorgänge beim Gefrieren der Erdoberfläche

Wenn bindiger Boden gefriert, bilden sich im Bereich der Straßenoberfläche Eislinsen. Der sich hebende Boden versucht, den Hydranten mitzuziehen. In *Bild 3* sind die auf Unterflurhydranten wirkenden Kräfte und die entstehenden Biegemomente dargestellt. Der vollständig aus Gußeisen bestehende Unterflurhydrant reißt bei dieser Beanspruchung ab. Diese Erscheinung wird nur in bindigen, nicht in rolligen Böden beobachtet.

Bild 4 zeigt die Vorgänge beim Gefrieren rolliger Böden. Die Bodenhebung bleibt unabhängig vom Grundwasserstand stets gleich und gering, weil sich Eis gleichmäßig verteilt in den vorhandenen Hohlräumen bildet.

Das Gefrieren bindiger Böden verdeutlicht *Bild 5*. Die Bodenhebungen sind beachtlich, besonders wenn Grundwasser hochgesogen wird. Unter der Erdoberfläche entstehen Eislinsen, die mehrere Zentimeter Dicke erreichen können.

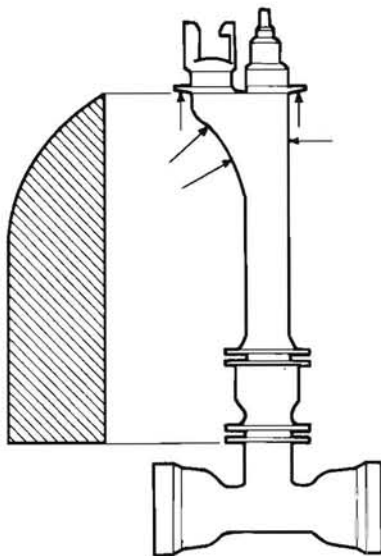


Bild 3: Auf Unterflurhydranten beim Gefrieren des Bodens wirkende Kräfte mit zugehörigen Biegemomenten.

Frostsichere Böden (Sand, Kies)

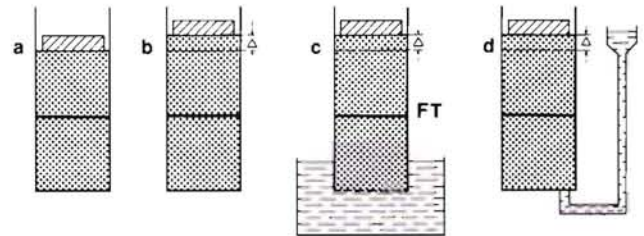


Bild 4: Gefrieren rolliger Böden. FT = Frosttiefe. Die Frosthebung ist in allen Fällen b bis d unabhängig vom Grundwasserstand gleich; a zeigt den Ausgangszustand; bei c und d wird Wasser zugeführt.

Frostschiebende Böden (lehmiger Sand, Lehm, Ton)

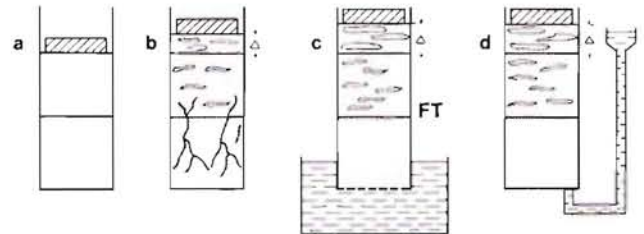


Bild 5: Gefrieren bindiger Böden. Die Frosthebung ist vom Grundwasserstand abhängig. Fall b: kein Grundwasser; Fall c und d: hoher Grundwasserstand; a zeigt den Ausgangszustand.

4.3 Bisherige Maßnahmen zur Verbesserung der Unterflurhydranten

Die Erfahrungen des Winters 1939/40 waren Anlaß, die Hydranten außen schlanker zu gestalten. Trotz aller Bemühungen gelang es nicht, den starren gußeisernen Körper mit dem ausladenden Oberteil frostunempfindlich auszubilden.

Deshalb werden Hydranten meist nicht unmittelbar auf die Leitung gesetzt, sondern ein bis zwei Meter seitlich hinausgezogen, denn der auf die Leitung geflanschte Hydrant wirkt statisch wie ein voll eingespannter Kragarm (*Bild 3*), ein seitlich versetzter Hydrant ist dank der vielen Muffen zwischen Leitung und Hydrant annähernd gelenkig gelagert. Falls Hydranten zusätzlich beim Einbau mit Teerstrick umwickelt oder in Styropor gehüllt werden, vermindert diese elastisch/plastische Schicht die Übertragung von Kräften.

4.4 Die Lösung des Problems

Die Verteilung der Biegemomente an einem Hydranten üblicher Bauart mit Fußflansch zeigt *Bild 3*. Am Oberteil angreifende Kräfte, die als Folge von Frosthebungen auftreten, erzeugen Biegemomente, für die Hydrant und Formstück nicht bemessen sind.

Die billigste und sicherste Lösung des Problems ist die Lagerung des Hydranten in einer zugfesten Muffenverbindung. Anstelle des MMA-Stücks trägt ein MMB-Stück den Hydranten. Da in einer abwinkelbaren Muffe keine Biegemomente übertragen werden, brechen weder Hydrant noch Formstück. Ein solcher Hydrant mit glatter Einsteckende kann auf der Rohrleitung eingebaut werden. Bild 6 zeigt einen Hydranten mit Einsteckende, der aus einem gußeisernen Unterteil, einem Zwischenstück aus Polyäthylen und einem gußeisernen Oberteil besteht. Er wird bei den TWS verwendet. Das Fußgelenk eignet sich aber besonders für Unterflurhydranten mit gußeisernem Gehäuse, weil gerade sie empfindlich gegen Biegebeanspruchungen sind.

In den verschiedenen Lagern sind Hydranten mit folgenden Baulängen vorrätig:

1,00 m; 1,15 m; 1,25 m
1,35 m; 1,50 m; 1,60 m
1,80 m; 2,00 m; 2,20 m

Wenn Baufahrzeuge gegen Hydranten fahren und das Oberteil beschädigen, wird die TYTON-SIT-Verbindung nicht gelöst. Der untere Teil des Hydranten mit dem Abschluß verbleibt auf dem Rohr, nur das Oberteil wird erneuert. Bei wesentlichen Veränderungen der Fahrbahnhöhe kann der Hydrant durch Aufsetzen längerer oder kürzerer Kunststoffrohre angepaßt werden. Nur in wenigen Fällen war es erforderlich, die zugfeste Verbindung durch Einschlagen von Schalen zu lösen. Der Hydrant wird dann durch kurzes Öffnen eines Schiebers bei steigendem Wasserdruck ohne weitere Kraftanwendung herausgeschoben.

Die Vorteile einer gelenkigen und zugfesten Verbindung am Hydrantenfuß sind bei gußeisernen Hydranten nicht zu übersehen: Biegespannungen am bruchempfindlichen Hydrantenfuß sind ausgeschlossen. Im Laufe von sechs Jahren wurden über 5000 dieser Steckhydranten eingebaut. In dieser Zeit sind drei Fälle bekannt geworden, in denen Steckhydranten unbeabsichtigt aus der Verbindung herausgeschoben worden sind. Bild 7 zeigt Steckhydranten in einer Versuchsanlage.

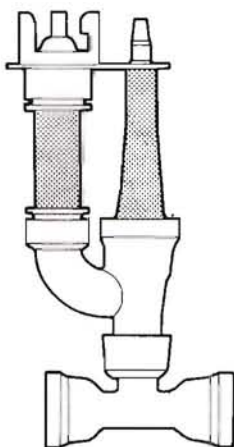


Bild 6: Unempfindlicher Hydrant mit PE-Zwischenteil und Steckende für die Verbindung TYTON-SIT.

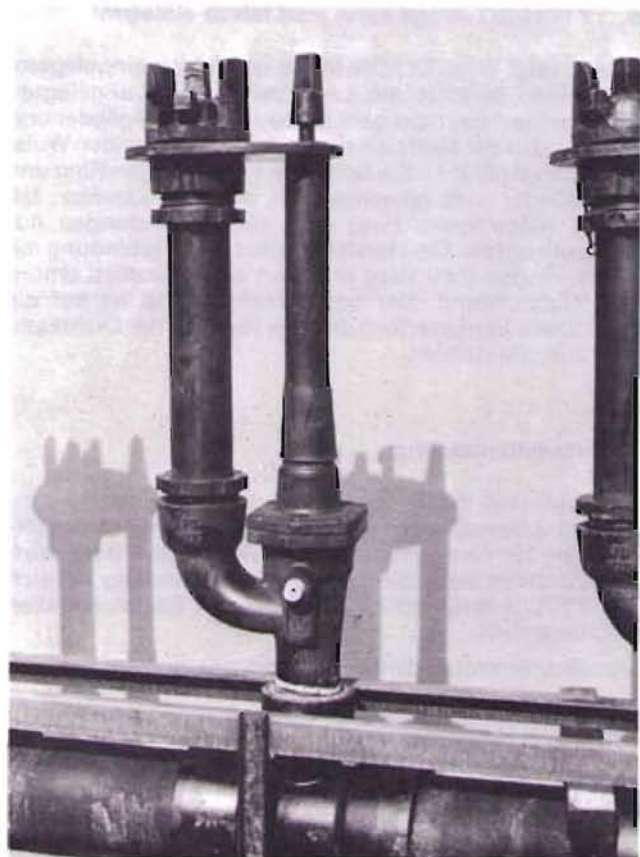


Bild 7: Steckhydranten in einer Versuchsanlage

5. Die Verbindung TYTON-SIT am Einsteckschieber

Korrosionen an Schrauben führten zur Entwicklung des Schiebers mit versenkten Schrauben und zwei Einsteckenden oder zwei Muffen. In einer gerade verlaufenden Leitung können Schieber ohne zugfeste Verbindungen und ohne besondere Widerlager eingesteckt werden. Die Schieber wandern beim Schließen des Keils nicht, weil der passive Erddruck im gut verdichteten Graben jede nennenswerte Bewegung verhindert. Schieber an Abzweigen werden aber zweckmäßigerweise verankert. Gerade in diesem Fall bietet die Verbindung TYTON-SIT erhebliche Vorteile. Bild 8 zeigt Einsteckschieber in einer Versuchsanlage.

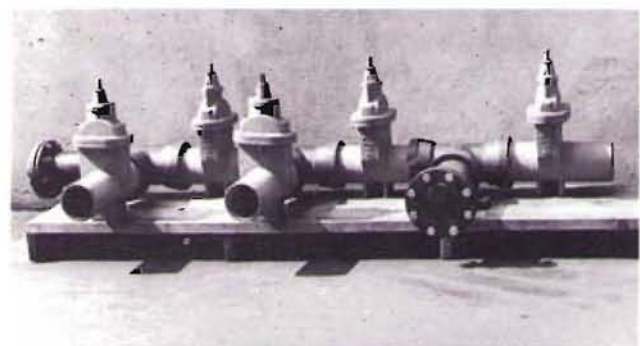


Bild 8: Einsteckschieber in der Versuchsanlage

6. TYTON-SIT-Ringe kann man falsch einlegen!

Bild 9 zeigt eine TYTON-Muffe mit falsch eingelegtem Ring. Man beachte die Lage der schwarz angelegten Halteglieder! Bei richtigem Einbau sind Halteglieder und Dichtring in der Muffe an einem ringsum laufenden Wulst eingehängt (Bild 1). Bei falschem Einbau liegen Ring und Halteglieder lose gemeinsam in der Dichtkammer. Mit falsch eingelegtem Ring sind alle Verbindungen nur bedingt zugfest. Die Herstellung der Rohrverbindung mit falsch eingelegtem Ring erfordert einen deutlich erhöhten Kraftaufwand. Der hohe Kraftaufwand ist auf die behinderte Längsverformung des Rings in der Dichtkammer zurückzuführen.

7. Zusammenfassung

Die zugfesten Verbindungen wurden in den letzten Jahren unter dem Druck der Verbraucher stürmisch entwickelt. Als für Nennweiten bis DN 300 wegen ihrer Wirtschaftlichkeit besonders geeignete Verbindung hat sich der TYTON-Ring mit einvulkanisierten Edelstahlkrallen herausgestellt.

Vorteile: Einfacher Einbau, vertretbare Kosten, flanschlose Bauweise.

Nachteile: Die Verbindung ist oft nur schwer lösbar. Der elektrische Längswiderstand einer vollgesicherten Leitung ist sehr klein. Der Ring läßt sich falsch einlegen.

Nachdem die zu Anfang aufgetretenen Schwierigkeiten weitgehend beseitigt sind, sollten die Hersteller eine elektrisch nicht leitfähige Ausführung entwickeln. Dann würden sich viele Verbraucher für die den Bau in Stadtstraßen vereinfachende Vollsicherung entscheiden.

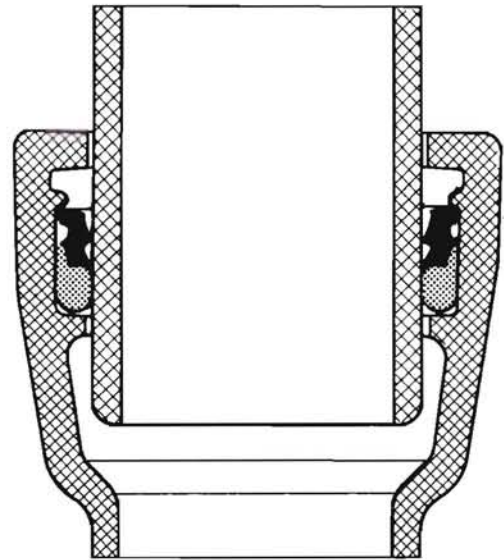


Bild 9: Schnitt durch die Verbindung TYTON-SIT. Verriegelungsglieder sind schwarz gezeichnet; die Gummidichtung ist mit Punktraster angelegt; Gußteile sind schraffiert. Ring liegt falsch.

Literatur

- [1] DVGW-Merkblatt GW 368
Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Verbindungsteilen zur Sicherung nichtlängskraftschlüssiger Rohrverbindungen (April 1973)
- [2] Imhof, E.
Schubsicherung TYTON-SIT für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen
fgr-Informationen Heft 12 (1977), S. 33/35
- [3] DVGW
Auswirkungen des Winters 1939/40 auf Wasserrohrnetze, Stuttgart 1941

Korrosionsverhalten und Korrosionsschutz duktiler Gußrohre

Von Werner Wolf

1. Einführung

Das Auftreten von Korrosionsschadensfällen an duktilen Gußrohrleitungen ohne Sonderschutz in der jüngsten Vergangenheit hat zu Diskussionen unter den Rohrnetzfachleuten geführt. Daher soll auf dieses Thema in seiner Gesamtheit, d.h. unter Einbeziehung des Rohrschutzes noch einmal eingegangen werden. Teilgebiete sind nach dem neuesten Stand des Wissens und mehr in Einzelheiten gehend in einer Reihe von Vorträgen und Veröffentlichungen behandelt worden [1 bis 15].

Es wird versucht, vor allem auf Themen einzugehen, die an anderer Stelle noch nicht besprochen worden sind, wogegen bekannte Dinge relativ kurz abgehandelt werden.

2. Außenkorrosion

2.1. Korrosionsverhalten duktiler Gußrohre

Der Rohrnetzingenieur weiß aus Erfahrung, daß es Böden gibt, in denen er Rohrleitungen, die nicht mit einem Sonderschutz versehen sind, ohne Bedenken wegen einer Korrosionsgefährdung verlegen kann, wogegen in anderen seltener anzutreffenden Böden nach wenigen Jahren mit einem Korrosionsangriff zu rechnen ist.

In diesem Sinne haben die Vertreter der Gußrohrwerke schon des öfteren in Veröffentlichungen [4; 19] und Vortragungsveranstaltungen darauf hingewiesen, daß in bestimmten Bodenarten, die sowohl bei Graugußrohren als auch bei duktilen Gußrohren zu Korrosionsangriffen führen können, ein Sonderschutz der Rohre erforderlich ist.

Graugußrohre sind für ihren guten Korrosionswiderstand bekannt. Um so mehr Aufmerksamkeit wird dem Korrosionsverhalten des duktilen Gußrohres gewidmet, das aufgrund seiner hervorragenden mechanischen Eigenschaften gerade dort den Rohrnetzingenieur zufriedenstellen konnte, wo das Graugußrohr gelegentlich versagt hat. Es verwundert daher nicht, daß die Frage nach dem korrosionschemischen Verhalten duktiler Gußrohre gleichzeitig mit der Verwendung duktilen Gußeisens zur Herstellung von Rohren gestellt worden ist.

Es wurden von Rohrherstellern Feldkorrosionsversuche angesetzt, über die berichtet worden ist [6; 7]. Basis dieser Versuche war ein direkter Vergleich von Graugußrohren und Rohren aus duktilem Gußeisen, indem man Rohrabschnitte aus beiden Materialien — aus Zeitraffungsgründen — in sehr stark aggressiven Böden eingegraben hat und nach einer unterschiedlichen Zahl von

Jahren wieder ausgrub und untersuchte. Zur Auswertung wurden die Rohre gestrahlt und die tiefsten Korrosionsangriffe gemessen. Das Ergebnis dieser sorgfältig durchgeführten und ausgewerteten Feldversuche ließ sich zusammenfassen in der Formulierung „Rohre aus duktilem Gußeisen haben sich mindestens gleichgut, teilweise auch deutlich besser als Graugußrohre verhalten“.

Diese Aussage scheint aufgrund der jüngsten Erfahrungen aus dem Rohrnetzbereich in dieser Form nicht auf beliebige andere, oft weniger aggressive Böden, übertragen werden zu können.

Zu den Feldversuchen ist noch zu bemerken, daß sie seit 5 Jahren abgeschlossen sind, so daß aus ihnen keine weiteren Erfahrungen mehr gewonnen werden können.

Wenn sich das korrosionschemische Verhalten duktiler Gußrohre heute ungünstiger darstellt, als aus den Feldversuchen geschlossen werden konnte, so muß andererseits vor einer Übertreibung in der entgegengesetzten Richtung gewarnt werden. Einige Gesichtspunkte sollten bedacht werden:

a) Wird von einem Rohrnetzbetreiber an zwei nebeneinander in scheinbar gleichem Boden liegenden Leitungen — einer aus Grauguß und einer aus duktilem Gußeisen — ein unterschiedliches Verhalten festgestellt, so darf zur Vermeidung von Fehlschlüssen folgendes nicht übersehen werden:

— Der Korrosionsangriff an einer Graugußleitung wird wegen der Grafitierung erst nach dem Sandstrahlen erkennbar, während er beim duktilen Gußeisen sofort zu sehen ist.

— Falls ein Korrosionsangriff vorliegt, so ist er oft entlang einer Leitung bei gleichbleibendem Boden in seiner Intensität stark schwankend. Dies gilt sowohl für Graugußleitungen wie für duktile Gußrohrleitungen. Bei einer Gegenüberstellung genügt es dann nicht, jeweils nur kleinste Abschnitte der Rohrleitungen miteinander zu vergleichen.

Es sei angemerkt, daß Versuche, eine — im Prinzip denkbare — Abhängigkeit des Korrosionsverhalten der Rohre von Oberflächenfehlern auf den Rohren oder von der Analyse des Gußeisens oder vom Hersteller der Rohre zu finden, zu keinem positiven Ergebnis geführt haben.

— Eine optisch festgestellte Gleichheit zweier Böden besagt noch nicht, daß die Böden korrosionschemisch gesehen gleich sind.

b) In der Diskussion um eine eventuell vorhandene Korrosionsgefährdung wird häufig vergessen, daß der

Anteil der aggressiven Böden relativ gering ist. Aus einer Auswertung von korrosionschemischen Rohrtrassenuntersuchungen ergab sich, daß der Anteil der Böden, in denen bei duktilen Gußrohren ein Sonder-schutz angebracht erschien, etwa 15 % — bezogen auf die Leitungslänge — ausgemacht hat; dieser Wert wird allerdings gebietsweise verschieden sein.

- c) Mit steigender Bebauungsdichte wurden und werden in den letzten Jahren Leitungen häufiger in korrosionschemisch ungünstigen Böden verlegt. Hier ist an erster Stelle die Verlegung in aufgeschütteten Böden mit heterogener und häufig undefinierbarer Zusammensetzung zu nennen. Durch diesen Umstand bedingt, sind duktile Gußrohrleitungen häufig einer höheren Bodenaggressivität ausgesetzt worden.

Es sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß sich nach wie vor als baustellenseitige Schutzmaßnahme die Verlegung der Rohrleitung in einer ca. 20 cm dicken Sandumhüllung empfiehlt; siehe hierzu auch DIN 19630, Ziffer 5.4.7 und 10.1. Die Sandschicht bewirkt einen Konzentrationsausgleich innerhalb der angreifenden Bodenflüssigkeit und trennt den heterogenen Boden vom Rohr.

Aufgrund der gemachten Erfahrungen wurden in den letzten Jahren von den Gußrohrherstellern bereits Gegenmaßnahmen ergriffen in der Form,

- daß in erheblich stärkerem Umfang als früher Bodenuntersuchungen entlang vorgesehener Leitungstrassen vorgenommen werden — bei Vorliegen aggressiver Böden wird dann ein geeigneter Rohrschutz vorgesehen — und
- daß teilweise serienmäßig die Rohre zusätzlich mit einem Zinküberzug geliefert werden.

Auf den Rohrschutz selbst wird weiter unten eingegangen.

2.2. Korrosionschemische Beurteilung von Böden

Oft wird die Frage gestellt, wie man die Aggressivität eines Bodens möglichst einfach beurteilen kann.

Eine erste Einstufung von natürlichen Böden nach ihrem Aggressivitätsgrad erlaubt die optische Beurteilung. Die vorwiegend sandigen Böden ohne organische Bestandteile sind nicht aggressiv. Demgegenüber sind organisch belastete Böden wie Moor- und Torfböden aggressiv. Dazwischen gibt es die lehmigen bis tonigen Böden, die je nach Zusammensetzung und Salzgehalt unterschiedlich aggressiv sein können, worüber nur eine Untersuchung Aufschluß gibt.

Neben den natürlichen Böden sind aufgeschüttete oder durch Abwässer verunreinigte Böden zu nennen, die beide fast ausnahmslos als aggressiv zu bezeichnen sind. Mit Sicherheit sind erstere stark aggressiv, wenn sie Kohle, Schlacke, Asche, Verbrennungsrückstände, Müll- oder Bauschutt enthalten.

Zu einer genaueren Abschätzung der Aggressivität eines Bodens ist eine chemische Untersuchung erforderlich, zu deren Auswertung vorteilhafterweise das DVGW-Arbeitsblatt GW 9 „Merkblatt für die Korrosionsgefährdung von Eisen und Stahl im Erdboden“ [17] herangezogen wird. Basis ist die Bestimmung einer Reihe von Aggressivitätsfaktoren, wie Bodenart, spezifischer elektrischer Widerstand, Salzgehalt, Gehalt an Schwefelwasserstoff, Chlo-

rid und Sulfat usw. Den Aggressivitätsfaktoren werden meist negative Bewertungszahlen zugeordnet, die zu einer Bodenkennziffer zusammenaddiert werden.

Es ergeben sich folgende Zuordnungen:

Summe der Bewertungszahlen = Bodenkennziffer	Beurteilung des Bodens
größer 0	nicht aggressiv
0 bis -4	schwach aggressiv
-5 bis -10	aggressiv
kleiner -10	stark aggressiv

Das Auswertesystem nach GW 9 stellt eine gute Beurteilungsbasis für Böden dar, hat aber auch seine Grenzen. Der Nichtfachmann muß davor gewarnt werden, zu weit gehende Schlüsse zu ziehen und z.B. einer Bodenbewertungsziffer im Einzelfall eine Korrosionsgeschwindigkeit bei einem ungeschützten Gußrohr zuordnen zu wollen.

2.3. Einige spezielle Fragen in Zusammenhang mit der Außenkorrosion

— Die Wanddicke duktiler Gußrohre ist geringer als die von Graugußrohren und man kann die Überlegung anstellen, ob ein dickerwandiges Rohr nicht dem Korrosionsangriff in aggressiven Böden länger widerstehen würde. Dies ist zwar prinzipiell richtig. Die Erfahrung lehrt aber, daß der Korrosionsangriff, der zu einem Leck führt, nahezu ausschließlich örtlich eng begrenzt ist und eine hohe Korrosionsgeschwindigkeit aufweist und daß daher ein Mehr an Wanddicke im technisch und wirtschaftlich sinnvollen Ausmaß nur eine unwesentlich längere Lebensdauer des Rohres gebracht hätte. Aus diesem Grunde erscheint es richtig, die Rohrwanddicke nur unter Berücksichtigung der erforderlichen mechanischen Festigkeit festzulegen und keinen „Korrosionszuschlag“ einzusetzen. Dieses Vorgehen setzt natürlich im Einzelfall einen einwandfreien, auf die zu erwartende Aggressivität des Bodens abgestimmten Korrosionsschutz voraus.

— Bisweilen wird von Verbrauchern die Frage gestellt, ob die heute produzierten duktilen Gußrohre qualitätsmäßig verschieden seien von den Rohren der ersten Fertigungsjahre.

Hierauf ist zu antworten, daß seit Aufnahme der Produktion duktiler Gußrohre zwar Verbesserungen im Hinblick auf eine rationellere Fertigung eingeführt worden sind. Die Eigenschaften der Rohre waren aber immer gleich und entsprachen den Normwerten. Auch haben sich aus einer Beschäftigung mit dem Thema keine Anhaltspunkte dafür ergeben, daß das Korrosionsverhalten der heute gefertigten duktilen Gußrohre verschieden wäre von dem der in den ersten Jahren produzierten Rohre.

— Formstücke stellen einen Bestandteil von Rohrleitungen dar, der im allgemeinen den gleichen Korrosionsbelastungen ausgesetzt ist wie die Rohre. Man könnte lediglich daran denken, daß in einer gewissen Zahl von Fällen Formstücke in Schächten eingebaut werden und damit nicht in direktem Kontakt mit dem

Erboden stehen. Diese Überlegung gilt aber sicher nicht für alle in aggressiven Böden verlegten Formstücke. Trotzdem sind Schadensfälle in Trinkwasserleitungen, die auf eine Perforation von Formstücken zurückzuführen sind, praktisch unbekannt.

- Ein wichtiger Faktor bei der Korrosion erdverlegter Leitungen aus Eisenwerkstoffen ist die Ausbildung von Potentialdifferenzen, wenn die Rohre in Kontakt mit unterschiedlichen Bodenarten stehen. Die Potentialdifferenzen verursachen das Fließen von Korrosionsströmen über größere Entfernungen (sogenannte long line currents) und bewirken damit einen Materialabtrag in den anodischen Bereichen, das heißt Korrosion. Bei Gußrohrleitungen ist die Gefahr eines Auftretens solcher Vorgänge sehr stark vermindert durch die gummigedichteten isolierenden Verbindungen in Abständen von höchstens 6 m. Den gleichen günstigen Effekt haben die elektrisch isolierenden gummigedichteten Verbindungen, wenn eine Leitung durch ein streustromverseuchtes Gebiet führt.

Ist eine Leitung schubgesichert, das heißt elektrisch durchverbunden, dann ist ihre Korrosionsgefährdung erhöht gegenüber einer normalen, nicht schubgesicherten Leitung. Es empfiehlt sich dann in gewissen Abständen (ca. alle 100 m) nicht schubgesicherte Verbindungen vorzusehen, um elektrische Unterbrechungen zu schaffen. Es ist ratsam, schubgesicherte Leitungsabschnitte in Zweifelsfällen mit einem geeigneten Korrosionsschutz zu versehen. Hier bietet sich die PE-Schlauchfolie als optimal an, da sie den Kontakt zwischen Rohr und Erdboden und damit die Ausbildung der erwähnten Potentialdifferenzen verhindert [8; 14]. Die zunächst naheliegende Maßnahme, die Schubsicherung elektrisch isolierend auszubilden, ist nur in begrenztem Umfang realisierbar, da die an den Kraftübertragungselementen einer Schubsicherung auftretenden hohen Belastungen jede Isolierschicht zerstören, wenn sie punktförmig wirken.

- Der kathodische Schutz stellte bei Gußrohren eine vom technischen und wirtschaftlichen Standpunkt aus nicht zu vertretende Maßnahme dar. Er ist bei Einsatz einer der zum Schutze von Gußrohrleitungen zur Verfügung stehenden und auf den Einzelfall abgestimmten Schutzarten auch überflüssig.

Der kathodische Schutz erfordert eine elektrische Überbrückung der Muffenverbindungen mit sehr niedrigen Übergangswiderständen. Diese Forderung kann nur durch Aufschweißen eines Überbrückungskabels auf Muffe und Spitze einer Rohrverbindung erfüllt werden. Die oben erwähnte — nicht erwünschte — elektrische Überbrückung der Rohrverbindungen durch eine Schubsicherung reicht wegen zu hoher Übergangswiderstände nicht aus. Die erforderliche Schweißüberbrückung ist umständlich und teuer.

Der kathodische Schutz erfordert weiterhin einen nahezu porenfreien passiven Schutz der Rohre, wie er bei Gußrohren im allgemeinen nicht aufgebracht wird. Fehlt ein solcher passiver Schutz, so sind die zum kathodischen Schutz der Leitung erforderlichen Stromstärken zu groß — man würde den Erdboden elektrolysieren, was wirtschaftlich untragbar wäre und man würde starke Streuströme im Erdboden erzeugen, wodurch andere Leitungen beeinflusst würden.

Die geschilderten Gegebenheiten haben dazu geführt, daß der kathodische Schutz bei Gußrohren praktisch nicht zur Anwendung gekommen ist.

- Wird eine Leitung aus duktilem Gußeisen in der Nähe einer kathodisch geschützten Stahlleitung verlegt, so spielen der Abstand und die Qualität des Überzuges der Stahlleitung eine Rolle. Im allgemeinen kann man heute davon ausgehen, daß der spezifische Umhüllungswiderstand der Stahlleitung in einer Größenordnung liegt, daß nur ein geringer Schutzstrom erforderlich ist und daher die Streustromgefährdung der Gußleitung gering ist. Es sollte jedoch bei Parallelführung ein Abstand von 1 m zwischen Gußleitung und kathodisch geschützter Stahlleitung eingehalten werden. Wenn die Gußleitung schubgesichert ist oder mit einer großen Fehlstellenhäufigkeit der Isolierung der kathodisch geschützten Leitung zu rechnen ist, sollte die parallel verlaufende Gußleitung mit Folie geschützt werden.

3. Innenkorrosion

Das korrosionschemische Verhalten duktiler Gußrohre bei einer Innenkorrosionsbeanspruchung entspricht in etwa dem von Graugußrohren. Mit der Bildung von Rostknollen und Inkrustationen in ungeschützten Wasserleitungen im Verlauf von Jahren war und ist zu rechnen. Hierbei wird die hydraulische Leistungsfähigkeit der Leitung wegen zunehmender Oberflächenrauigkeit und Querschnittsverengung vermindert. Diese Gesichtspunkte haben die Gußrohrhersteller veranlaßt, die duktilen Gußrohre mit Zementmörtel auszukleiden [5].

In Pumpleitungen, die vor Jahren noch ohne Zementmörtelauskleidung verlegt worden sind, traten in einigen wenigen Fällen Korrosionsschäden auf, die durch spezifische Betriebsbedingungen sowie durch den Gasgehalt des Wassers verursacht waren. Diese Erscheinungen — auch in Graugußrohren bei schnüffelnden Pumpen beobachtet — können in zementmörtelausgekleideten Leitungen nicht auftreten und stellen heute kein Problem mehr dar.

Vereinzelt ist auch ein Korrosionsangriff an Spitzenden beobachtet worden. Nach dem derzeitigen Wissensstand dürften hierbei Belüftungselemente aufgrund einer gestörten Deckschichtbildung eine wesentliche Rolle spielen.

Die Innenkorrosion in Gasleitungen stellt angesichts des hohen Trocknungsgrades der heute verteilten Gase kein Problem dar.

4. Korrosionsschutz duktiler Gußrohre

4.1. Außenschutz

Zum Schutz duktiler Gußrohre gegenüber der Bodenkorrosion stehen eine Reihe von Möglichkeiten zur Verfügung:

- der bituminöse Überzug
- die Verzinkung
- die Polyäthylen-Schlauchfolie (PE-Schlauchfolie)
- eine Kombination von Verzinkung und PE-Schlauchfolie
- ein 3 mm dicker Teersonderpech-Überzug
- sonstige Überzüge

4.1.1. Bituminöser Überzug

Der bituminöse Überzug besteht aus einer 70 µm dicken Teer- oder Bitumenschicht. Er wird nach dem Glühen der Rohre, gegebenenfalls im Anschluß an die Zementmörtelauskleidung durch Streichen oder Spritzen aufgebracht [16].

Der bituminöse Überzug stellt nicht nur einen Transportschutz der Rohre dar, sondern er hat auch die Aufgabe, in nicht und schwach aggressiven Böden chemische Reaktionen zwischen Erdreich und Rohroberfläche so weit zu verlangsamen, daß es zur Ausbildung dichter Deckschichten kommt. Diese Vorgänge sind nur sehr schwer exakt zu fassen. Bei Aufgrabungen von Leitungen, die viele Jahre in schwach aggressiven Böden verlegt waren, stellt man aber sehr deutlich Unterschiede des Aussehens der Rohroberfläche in Abhängigkeit von der Wirkung des bisweilen abqualifizierten bituminösen Überzuges fest.

4.1.2. Verzinkung

Bei dieser Schutzart wird nach dem Glühprozeß die Oberfläche der duktilen Gußrohre mit einem metallischen Zinküberzug in einer Auflagestärke von im Mittel mindestens 130 g/m² versehen. Dies geschieht mit elektrischen Spritzpistolen. Im Anschluß an die Metallspritzverzinkung werden die Rohre mit einem bituminösen Überzug versehen. Diesem Überzug fällt die wichtige Aufgabe zu, die Zinkoberfläche zu versiegeln. Unter dem Einfluß der Bodenaggressivität erfolgt zunächst ein elektrochemischer Schutz der Gußoberfläche im Bereich von Poren und Verletzungen des Überzugs. Dabei geht Zink in Lösung und die entstehenden Zinkkorrosionsprodukte zusammen mit der Oxidhaut bilden dichte Deckschichten aus. Dabei ist ein gewisser Fernschutz festzustellen in der Form, daß sich auf kleineren Bereichen der Gußoberfläche, in denen die Verzinkung verletzt ist, Zinkkorrosionsprodukte abscheiden. Der bituminöse Überzug verhindert ein zu rasches, rein chemisches Inlösungsgehen des Zinks, damit die erwähnte Deckschichtbildung an Poren und Fehlstellen ablaufen kann.

Es sei erwähnt, daß Erfahrungen mit der Feuerverzinkung nicht ohne weiteres auf die Spritzverzinkung mit bituminösem Überzug übertragen werden können. Die Feuerverzinkung wird auf gestrahlte Teile aufgebracht. Sie führt zu einer dichten Schicht, wobei in der Grenzzone eine Legierungsbildung mit dem Eisen eintritt.

Die Spritzverzinkung wird — wie bereits erwähnt — auf die nicht gestrahlte Rohroberfläche aufgebracht. Die gespritzte Schicht von hochreinem Zink begünstigt durch eine gewisse Porosität das Entstehen der Deckschichten. Dieser Vorgang wird durch den zusätzlichen bituminösen Überzug unterstützt.

Über die Untersuchung von Deckschichten an Rohren, die mehrere Jahre im Erdboden gelegen haben, wird in [13] berichtet.

Erste Versuche mit metallischen Überzügen auf Rohrleitungsteilen sind bereits vor dem zweiten Weltkrieg begonnen worden. Dabei erwies sich der Schutz durch eine Metallspritzverzinkung als besonders vorteilhaft, was den größten französischen Gußrohrhersteller dazu bewogen hat, die serienmäßige Metallspritzverzinkung zum Schutz von duktilen Gußrohren DN 80 bis DN 250 bereits 1962 —

das heißt mit Aufnahme der Produktion duktiler Gußrohre — einzuführen.

Die deutschen Gußrohrwerke haben Feldkorrosionsversuche mit verzinkten duktilen Gußrohren durchgeführt, die den guten Korrosionsschutzeffekt der Metallspritzverzinkung bestätigt haben. Aufgrund dieser Ergebnisse wurden in den Jahren 1973/74 die Möglichkeiten zur serienmäßigen Verzinkung von Rohren, zunächst in den Nennweiten DN 80 bis DN 300 geschaffen. Diese Durchmessergruppe wurde zunächst ausgewählt, weil diese Rohre zum Teil über Händlerlager an den Verbraucher geliefert werden und in den weitaus meisten Fällen keine Untersuchungen über eine mögliche Aggressivität der Böden, in denen die Rohre verlegt werden sollen, angestellt werden.

Die Verzinkung stellt einen wirkungsvollen Korrosionsschutz in allen Böden bzw. unter Bedingungen dar, unter denen sich wasserunlösliche Zinkverbindungen bilden können. Dies ist im allgemeinen der Fall in den Böden, die nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 9 als aggressiv einzustufen sind.

In Böden mit niedrigerem pH-Wert, die also sauer sind und — was in unseren Breiten nur in chemisch verseuchten Böden anzutreffen ist — wenn der pH-Wert über 8,5 liegt, kann die Verzinkung nicht voll wirksam werden. Das gleiche gilt für Böden, in denen bei gleichzeitig vorliegender Aggressivität das Grundwasser einer relativ starken Strömung unterworfen ist. Diese zuletzt genannte Gruppe von Böden ist im allgemeinen nach GW 9 als stark aggressiv einzustufen. In solchen Böden muß über die Verzinkung hinaus ein weitgehender Schutz eingesetzt werden.

4.1.3. Polyäthylen-Schlauchfolie (PE-Schlauchfolie)

Der Schutz von duktilen Gußrohren mit Polyäthylen-Schlauchfolie erfolgt während der Verlegung der Rohre. Am Rohrgraben wird Rohr für Rohr mit einem Folienschlauchstück geeigneter Länge, in einer Materialstärke von 200 bis 250 µm überzogen und dann in den Graben abgesenkt. Zur Technik der Aufbringung der Folie, auf die im einzelnen an anderer Stelle in diesem Heft eingegangen wird, kann man 3 Methoden unterscheiden, je nach dem, ob man zum Schutze der Verbindungen getrennte Folienschlauch-Abschnitte einsetzt oder nicht bzw. ob man, was bei Rohren großer Durchmesser (größer als etwa DN 1000) erforderlich ist, Folienschläuche statt Schläuche verwendet.

Wichtig bei der Aufbringung der Schlauchfolie ist es, ein möglichst glattes Anliegen der Folie an der Rohroberfläche zu erzielen und durch das bei allen Verlegetechniken vorgesehene Abkleben der Schlauchenden auf die Rohrwand in Umfangsrichtung (bzw. durch Abbinden mit geeignetem Bindematerial) die Möglichkeit eines Strömens von Bodenwasser zwischen Folie und Rohr in Rohrachsrichtung zu verhindern.

Die Technik der Verlegung duktiler Gußrohre mit PE-Schlauchfolie besitzt den großen Vorteil, daß die Möglichkeit einer Transportverletzung des Schutzes nicht gegeben ist und daß über die Aufbringung der Folie kurzfristig, z. B. bei einem nicht vorhergesehenen Auftreten aggressiven Bodens, bei Fortschreiten der Verlegung, entschieden werden kann.

Die zum Schutze der Rohre verwendete Folie muß bestimmten festgelegten Anforderungen genügen, um eine ausreichende mechanische Festigkeit und eine gute Alterungsbeständigkeit zu gewährleisten [8].

Der Schutzeffekt der Folie ergibt sich in erster Linie aus der Tatsache, daß ein Kontakt des heterogenen Erdreichs mit der Rohroberfläche verhindert wird. Ein Eindringen von Bodenwasser in den dünnen Spalt zwischen Folie und Rohroberfläche läßt sich erfahrungsgemäß nicht verhindern, ist aber ohne wesentlichen Einfluß. Das in den Spalt eindringende Wasser verliert rasch seine Aggressivität durch Reaktion mit dem Eisen, wobei der pH-Wert ansteigt, wie Messungen gezeigt haben. Ein Austausch dieses Wassers ist wegen der geringen Spaltweite stark gehemmt. Aus diesen Zusammenhängen erklärt sich, daß kleinere Verletzungen der Folie, die bei der Verlegung auftreten können, keine Bedeutung haben.

Der Schutz von Gußrohren mit Polyäthylen-Schlauchfolie wurde erstmals in den USA praktiziert. WAGNER berichtete 1964 über 10-jährige Vergleichsversuche mit foliengeschützten Rohrabschnitten, die man in sehr stark aggressive Böden eingegraben hatte. Mittlerweile liegt eine amerikanische Norm über die Verlegung von Gußrohren mit PE-Schlauchfolie vor, die 1974 erschienen ist [18].

Es sind Aufgrabungen von in aggressiven Böden verlegten Leitungen durchgeführt worden, die mit PE-Schlauchfolie geschützt waren. Über die guten Ergebnisse wurde berichtet [8; 14].

Die PE-Schlauchfolie stellt einen guten Schutz duktiler Gußrohre bei der Verlegung von Rohren in aggressiven und teilweise auch in stark aggressiven Böden dar.

Sie verhindert durch die nahezu 100%ige Abdeckung der Rohroberfläche einen Eintritt von Streuströmen in eine Rohrleitung. Daher empfiehlt sich ihr Einsatz auch bei der Verlegung von Leitungen — insbesondere von schubgesicherten Leitungen — in Böden, in denen mit dem Auftreten von Streuströmen gerechnet werden muß (z.B. in unmittelbarer Nähe von kathodisch geschützten Leitungen).

4.1.4. Verzinkung und Polyäthylen-Schlauchfolie

Die Verzinkung und der Schutz von duktilen Gußrohren mit Polyäthylen-Schlauchfolie ergänzen sich in ihrer Wirkung in günstiger Weise. Wegen der Abschirmung durch die Folie kann die Verzinkung auch in solchen Böden zur Ausbildung von Deckschichten führen, in denen dieser Vorgang ohne Folie nicht ablaufen würde, weil der Boden zu aggressiv ist, z.B. einen zu tiefen pH-Wert aufweist. Bei einer Reaktion des Bodenwassers mit der Verzinkung wird sich nämlich bereits bei geringem Stoffumsatz eine pH-Wert-Anhebung einstellen. Weiterhin wird der Effekt des Fernschutzes der Verzinkung an Verletzungen des Rohrüberzuges durch die abschirmende Wirkung der Folie stark begünstigt.

Die Verzinkung der duktilen Gußrohre kombiniert mit dem Einsatz der PE-Schlauchfolie stellt einen wirkungsvollen Korrosionsschutz von Leitungen in stark aggressiven Böden dar.

4.1.5. 3 mm dicker Teersonderpech-Überzug

Dieser Überzug besteht aus einem mit inerten Mineralstoffen gefüllten Sonderpech, bei dem eine Gewebeeinla-

ge nicht erforderlich ist. Bekannter ist er unter dem Namen 3 mm dicker Synoplast-Überzug (Handelsname). Sein Brechpunkt liegt bei ca. -5°C und der Erweichungspunkt bei ca. 80°C [16].

Die Pechmasse wird in heißflüssigem Zustand auf die etwa handwarmen Rohre aufgetragen und mit einem Abstreifer geglättet. Als haftvermittelnde Schicht dient ein Teerlacküberzug.

Bevor die mit einem 3 mm dicken Synoplast-Überzug versehenen Rohre das Werk verlassen, wird der Überzug mit einem Hochspannungsprüfgerät auf Porendichtheit geprüft.

Der 3 mm dicke Synoplast-Überzug bietet einen Vollschutz der Rohre auch in den aggressivsten Böden. Er hat nur eine geringe Wasseraufnahme und ist wurzel- und bakterienfest.

Um in vollem Umfang wirksam sein zu können, müssen Verletzungen des Überzuges vermieden werden. Dies setzt Sorgfalt beim Transport (z.B. Verwendung von Sattelhölzern und Schaumstoffmatten) und bei der Verlegung voraus. Bei Verlegung in steinigem Gelände muß für eine Umhüllung der Rohre mit steinfreiem Material gesorgt werden, da sich Steine durch die Synoplastschicht hindurchdrücken könnten.

Die Rohrverbindungen werden nach Verlegung geschützt durch Vergießen mit einer Muffenvergußmasse (die meist aus Teerpech besteht) oder durch Umwickeln mit Bitumenbinden.

Sonderpeche werden in Deutschland seit ca. 3 Jahrzehnten für Rohrschutzzwecke eingesetzt. In dieser Zeit haben sie ihre gute Schutzwirkung auch in sehr stark aggressiven Böden gezeigt. Es liegt eine Untersuchung vor, wonach ein solcher Überzug nach 15-jähriger Einwirkung von stark aggressiven Moor- und Kleiböden eine tadellose Beschaffenheit gezeigt hat [4]. Dabei hat sich gezeigt, daß auch an Verletzungen nur ein schwacher Angriff aufgetreten war.

4.1.6. Sonstige Überzüge

Über die genannten Schutzüberzüge hinaus können in Sonderfällen auch Zweikomponenten-Schutzüberzüge wie Reinepoxidharz- und Teerepoxidharz-Überzüge zur Anwendung kommen, auf die an dieser Stelle jedoch nicht näher eingegangen werden soll.

In jüngster Zeit kam in einer Reihe von Fällen ein Außenschutz von Gußrohren mit glasfaserverstärktem Zementmörtel zum Einsatz. Dieser Schutz bietet eine Reihe von Vorteilen, läßt aber auch noch Fragen offen. Man kann heute noch nicht abschätzen, welchen Platz eine Zementmörtelumhüllung — in welcher Ausführung auch immer — in der Palette der Gußrohrüberzüge einmal einnehmen wird.

4.2. Innenschutz

Duktile Gußrohre zum Transport von Wasser werden serienmäßig mit einer Zementmörtelauskleidung versehen, deren ausgezeichnete Bewährung im In- und Ausland bekannt ist und keines weiteren Kommentars bedarf [3; 5; 11].

Bei der Aufbringung im industriellen Maßstab sind vom Prinzip her zwei Verfahrensweisen zu unterscheiden, die beide als Schleuderverfahren bezeichnet werden:

- a) das Rohr wird mit hoher Geschwindigkeit um seine Achse gedreht, wobei Überschußwasser aus dem Mörtel „auszentrifugiert“ wird. Dieses Verfahren wird nahezu ausschließlich für die Werksauskleidung duktiler Gußrohre mit Zementmörtel eingesetzt und wird in [3] beschrieben.
- b) Der Mörtel wird mit Hilfe eines rotierenden Schleuderkopfes, der entlang der Rohrachse bewegt wird, auf die Rohrinnenoberfläche projiziert und mechanisch geglättet. Dieses Verfahren existiert in verschiedenen Varianten und wird am häufigsten bei der Auskleidung bereits verlegter Leitungen eingesetzt.

Das letztgenannte Verfahren findet auch Anwendung zur Auskleidung von Gußformstücken mit einem ICOMENT-Zementmörtel. ICOMENT ist der Handelsname der Kunststoffdispersion, die dem Mörtel zugefügt wird.

Die ICOMENT-Zementmörtelauskleidung erfolgt unter Verwendung eines Gemisches von Zement, Sand, Wasser und ICOMENT. Dieses Gemisch wird mit Hilfe einer speziell zu diesem Zweck entwickelten Einrichtung mit einem rotierenden Schleuderkopf in Partikeln auf die Formstück-Innenoberfläche geschleudert; zu diesem Zweck muß der Schleuderkopf in geeigneter Weise entlang der Mittellinie des Formstückes geführt werden.

Bei dieser Auskleidung ist der Kunststoffzusatz erforderlich, um die erwünschte Schichtdicke von 1,5 bis 2 mm mit angemessener Oberflächenglätte ohne zusätzliche mechanische Glättarbeit zu erzielen. Der ICOMENT-Mörtel erfüllt die Anforderungen des Bundesgesundheitsamtes an Materialien die in Kontakt mit Trinkwasser stehen.

Die Zementmörtelauskleidung schützt die Rohrwand gegen die Wirkung aggressiver Wässer, wobei natürlich die Aggressivität gewisse Grenzen nicht überschreiten darf. Normalerweise wird zur Herstellung der Zementmörtelauskleidung Eisenportlandzement oder Hochofenzement verwendet.

Als Einsatzgrenzen der Zementmörtelauskleidung werden in den Erläuterungen zum DVGW-Arbeitsblatt W 342 „Werkseitig hergestellte Zementmörtelauskleidungen für Guß- und Stahlrohre — Anforderungen, Prüfungen, Einsatzbereiche“ folgende Werte festgelegt (Zitat):

„Rohre mit werkseitig hergestellter Zementmörtelauskleidung nach diesem Arbeitsblatt sind bei folgenden Werten der Wasseranalyse einsetzbar:

- a) Die Kohlensäuresumme

$$Q_c (\text{CO}_2 + \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-})$$

muß größer sein als 0,25 mol/m³.

- b) Die kalkangreifende Kohlensäure (Kalklöseversuch) muß kleiner sein als 0,7 mol/m³ \pm ca. 30 mg CO₂/l.
- c) Beim Transport kalkaggressiver Wässer (pH < 7,8, Sättigungsindex < -0,3) ist im Fall von Bauarbeiten an der Leitung durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen, daß die Mörtelauskleidung auch nicht vorübergehend austrocknet.
- d) Wird einer der genannten Grenzwerte über- bzw. unterschritten, bedarf der Einsatz von zementmörtel ausgekleideten Rohren einer besonderen Übereinkunft zwischen Hersteller und Anwender im Einzelfall. Dies gilt auch dann, wenn Rohre mit Zementmörtelauskleidung für den Transport von Nichttrinkwässern,

z.B. Meerwässer, Solewässer, Abwässer, Grubenwässer, eingesetzt werden sollen“. (Ende des Zitats)

Falls extreme Bedingungen vorliegen, besteht die Möglichkeit, Spezialzemente einzusetzen, die Zementmörtelauskleidung mit geeigneten Materialien zu versiegeln oder die Gußrohrinnenoberfläche direkt mit einem Kunststoffüberzug zu versehen.

Duktile Gußrohre für den Transport von Brenngasen erhalten auf der Innenseite einen dünnen bituminösen Überzug. Es können auch Rohre mit Zementmörtelauskleidung zum Bau von Gasleitungen eingesetzt werden, was vor allem interessant ist, wenn das Gas- und das Wasserrohrnetz von dem selben Versorgungsunternehmen betrieben werden.

4.3. Einsatzgrenzen der Schutzüberzüge

Die Frage der Einsatzgrenzen der Außenschutzüberzüge war und ist Gegenstand von Diskussionen, die in Zusammenhang mit der Überarbeitung von DIN 28600 und 28610 geführt werden. Die Gußrohrindustrie hat zu diesem Thema die im folgenden wiedergegebene Zuordnung von Bodenaggressivitätsgruppen (nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 9) und Schutzüberzügen vorgeschlagen, die nach sehr eingehenden Prüfungen von vorliegendem Erfahrungsmaterial in Zusammenhang mit Ergebnissen von Bodenuntersuchungen erarbeitet worden ist:

Es wird unterschieden zwischen Regelausführung und Sonderausführung. Als Regelausführung gelten:

- a) ein Spritzüberzug auf bituminöser Basis, geeignet für Böden der Bodengruppe I und zum Teil der Bodengruppe II (Bodenbewertungszahl größer oder gleich -6)
- b) im Nennweitenbereich DN 80 bis DN 300 eine Verzinkung mit zusätzlichem bituminösen Überzug, geeignet für Böden der Bodengruppe I und II (Bodenbewertungszahl größer oder gleich -10)

Als Sonderausführung gelten:

- c) ein Spritzüberzug auf bituminöser Basis (wie a) und zusätzlich ein bei der Verlegung der Rohre aufgebracht Schutz mit Polyäthylen-Schlauchfolie, geeignet für Böden der Bodengruppe II (Bodenbewertungszahl -5 bis -10)
- d) für Rohre der Nennweiten größer als DN 300 eine Verzinkung mit zusätzlichem bituminösen Überzug (wie b) geeignet für Böden der Bodengruppe I und II (Bodenbewertungszahl -5 bis -10)
- e) ein Überzug wie b) und d) (Verzinkung und bituminöser Überzug) und zusätzlich ein bei der Verlegung der Rohre aufgebracht Schutz mit Polyäthylen-Schlauchfolie, geeignet für Böden der Bodengruppe III (Bodenbewertungszahl kleiner, d.h. negativer als -10); bei Vorhandensein von Brennstoffasche, Bauschutt usw. ist Sandbettung vorzusehen.
- f) im Werk aufgebrachte porenfreie Beschichtungen (z.B. 3 mm dicker Synoplast-Überzug) geeignet für Böden der Bodengruppe III (Bodenbewertungszahl kleiner, d.h. negativer als -10).

Es bleibt noch anzumerken, daß im konkreten Einzelfall der Einsatz einer anderen Schutzart erforderlich sein kann, wenn erschwerende Aggressivitätsfaktoren vorlie-

gen, wie Vorhandensein von Kohle oder Schlacke im Boden, saurer Boden mit hoher Pufferkapazität, Moor-, Schlick- oder Kleiboden, hoher Salzgehalt oder hoher H_2S -Gehalt im Boden.

Eine konsequente Beachtung der in dieser Zuordnung niedergelegten Erfahrungen gibt dem Betreiber von Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen die Gewähr für eine lange Lebensdauer seiner Leitungen.

5. Schlußbemerkung

Die an duktilen Gußrohren aufgetretenen Korrosionsschäden sind im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß — aus welchen Gründen auch immer — bei aggressiven Wässern noch keine Zementmörtelauskleidung und bei aggressiven Böden kein äußerer Sonderschutz zum Einsatz gekommen ist.

Das Problem der Innenkorrosion ist kein Problem mehr, nachdem duktile Gußrohre für Wasserleitungen generell mit einer Zementmörtelauskleidung versehen werden.

Das Problem der Außenkorrosion ergibt sich dann nicht, wenn bei Vorhandensein aggressiver Böden die duktilen Gußrohre wirkungsvoll geschützt werden; hierfür können die Gußrohrwerke heute entsprechende Problemlösungen in Form wirkungsvoller Sonderschutzarten anbieten.

Literatur

- [1] ANDREWS, G. N.
Neuere Fortschritte auf dem Gebiete des Korrosionsschutzes erdverlegter gußeiserner Rohre — Umhüllung mit Polyäthylen-Schlauchfolie
Vortrag International Water Supply Association, 10th Congress, Brighton, August 1974
- [2] BROOKS, F. E.
Neuere Fortschritte auf dem Gebiete des Korrosionsschutzes erdverlegter gußeiserner Rohre — Schutz durch Spritzverzinkung
Vortrag International Water Supply Association, 10th Congress, Brighton, August 1974
- [3] CHAPPEL, E. L.
Chemische Eigenschaften der Rohr-Zementauskleidung
Industrial and Engineering Chemistry 22, 1930, S. 1203/1206
- [4] GRAS, W.-D.
Korrosions-Schutzüberzüge für erdverlegte gußeiserner Druckrohre
Informationsschrift Nr. 2 der Fachgemeinschaft Gußeiserner Rohre (1967)
- [5] GRAS, W.-D.
Eigenschaften und Bewährung von Zementmörtelauskleidungen in gußeisernen Druckrohren
Informationsschrift Nr. 4 der Fachgemeinschaft Gußeiserner Rohre (1969) S. 16/24
- [6] GRAS, W.-D.
Erfahrungen über das korrosionschemische Verhalten von duktilen Gußrohren gegenüber Graugußrohren sowie über die Korrosionsschutzwirkung einer Spritzverzinkung
GWG Gas/Erdgas, 116 (1975) H. 10, S. 435/439
- [7] GRAS, W.-D. und WOLF, W.
Neuere Untersuchungsergebnisse über das Korrosionsverhalten von Rohren aus duktilem Gußeisen
Informationsschrift Nr. 5 der Fachgemeinschaft Gußeiserner Rohre (1970), S. 25/32
- [8] GRAS, W.-D. und WOLF, W.
Korrosionsschutz von Gußrohren durch Spritzverzinken oder mit Polyäthylen-Schlauchfolie
DVGW-Schriftenreihe Gas/Wasser Nr. 1, Moderne Korrosionsschutzumhüllungen für erdverlegte Rohrleitungen, Berichte zur Tagung am 16. Okt. 1975 im Haus der Technik, Essen
- [9] GRAS, W.-D. und WOLF, W.
Schutzwirkung einer Spritzverzinkung mit bituminösem Anstrich bei duktilen Gußrohren
3 R International, 14 (1975) H. 5, S. 271/275, gleichzeitig Informationsschrift Nr. 10 der Fachgemeinschaft Gußeiserner Rohre (1975)
- [10] HOLTSCULTE, H.
Praktische Erfahrungen mit der Zementmörtelauskleidung in Wasserrohrleitungen
Vortrag gehalten am 1. 11. 1973 in Berlin anlässlich der Ausstellung WASSER
- [11] MILLER, W. T.
Lebensdauer von Zementmörtelauskleidungen in Gußrohren
JAWWA, Juni 1965, S. 773/782
- [12] PADLEY, T. J.
Schutz von Schleudergußrohren aus duktilem Gußeisen durch eine Zementmörtelauskleidung
Vortrag First International Conference on the Internal and External Protection of Pipes, University of Durham, Sept. 1975
- [13] PARIS, M.
Ein Zinküberzug zum Korrosionsschutz erdverlegter Rohre aus Grauguß und aus duktilem Gußeisen
Vortrag First International Conference on the Internal and External Protection of Pipes, University of Durham, Sept. 1975

- [14] SMITH, H.
Neuere technologische Fortschritte in der Gußrohrindustrie der USA (Gußrohre — Bemessung, Bodenverhältnisse, Lebensdauer)
Informationsschrift Nr. 8 der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre 2/1973, entnommen aus dem Journal of the New England Water Works Association, Vol. 84, Nr. 4, 1970, in dem der Artikel unter dem Titel "Recent Technological Advances in the Cast Iron Pipe Industry" erschienen ist
- [15] WAGNER, E. F.
Polyäthylen-Schlauchfolie als Schutz von Gußrohren
JAWWA, März 1964, S. 361/368
- [16] Umhüllungen und Auskleidungen auf bituminöser Grundlage für Guß- und Stahlrohre
DVGW-Arbeitsblatt GW 6 (Nov. 1969)
- [17] Merkblatt für die Beurteilung der Korrosionsgefährdung von Eisen und Stahl im Erdboden
DVGW-Arbeitsblatt GW 9 (August 1971)
- [18] Polyäthylen-Umhüllung für Gußrohrleitungen aus Grauguß und duktilem Gußeisen zum Transport von Wasser und anderen Flüssigkeiten
American National Standard
ANSI A. 21. 5. 1972 (AWWA C 105-72)
- [19] Duktile Gußrohre und Formstücke
Gußrohrhandbuch — Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre, 1969

Aufbringen von Polyäthylen-Folien auf Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen

Von Bernd Heiming

Zum Schutz von Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen in aggressiven Böden werden Polyäthylen-Folien eingesetzt. Diese Sonderschutzart, bei der von der klassischen Methode abgewichen wird, den Schutzüberzug direkt und haftend auf das Rohr bzw. auf das Formstück aufzutragen, wurde von W. Wolf und W.-D. Gras [1] hinsichtlich Wirkungsweise und Schutzwirkung ausführlich beschrieben. Es wird hier ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Aufgabe der lose aufgetragenen Polyäthylenfolie ausschließlich darin besteht, den unmittelbaren Kontakt zwischen der Rohraußenoberfläche und dem umgebenden aggressiven Boden zu verhindern. W. Harry Smith [2] sowie R. Schaffland und W. Hartmann [3] berichteten über den erfolgreichen und problemlosen Einsatz von Polyäthylen-Folien sowohl in USA als auch im Rahmen der Fernwasserversorgung Oberfrankens.

All diese mitgeteilten und bei vielfältigen Versuchen und Verlegungen in der Praxis gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen sind nun in einer von den Gußrohrherstellern erarbeiteten Norm als Anleitung zum Aufbringen von Polyäthylen (PE)-Folien auf Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen zusammengestellt worden. Diese FGR-Norm soll allen Anwendern eine Hilfestellung bei der sachgerechten Anwendung der PE-Folie sein. Sie gibt Hinweise für das Aufbringen sowohl des PE-Schlauches als auch von Flachfolien, wobei beim Aufbringen des Schlauches darauf zu achten ist, daß es zwei Möglichkeiten gibt, nämlich einmal ist der Durchmesser des Schlauches dem Muffenaußendurchmesser angepaßt und einmal dem Rohrschaft.

Neben den Beschreibungen sollen die zeichnerischen Darstellungen die einzelnen Arbeitsgänge illustrieren und die einfache Handhabung herausstellen.

Die im folgenden abgedruckte Norm soll demnächst in kurzer und prägnanter Form auch dem Rohrleger an der Baustelle in Form einer Verlegeanleitung an die Hand gegeben werden.

Literatur

- [1] Wolf, W. und Gras, W.-D.
Korrosionsschutz von Gußrohren durch Spritzverzinkung oder mit Polyäthylen-Schlauchfolien
DVGW-Schriftenreihe Nr. 1 (1976), S. 33—40 (moderne Korrosionsschutzumhüllungen für erdverlegte Rohrleitungen)
- [2] Smith, W. H.
Neuere technologische Fortschritte in der Gußrohrindustrie der USA
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 8 (1973), S. 19—27
- [3] Schaffland, R. und Hartmann, W.
Einsatz von duktilen Gußrohren bei der Fernwasserversorgung Oberfrankens
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 12 (1977), S. 27—32

Anleitung zum Aufbringen von PE-Folien auf Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen

FGR
54

1. Allgemeines

Sofern duktile Rohre und Formstücke in aggressiven Böden verlegt werden, ist ein Sonderschutz erforderlich.

Einen wirksamen Sonderschutz stellt das Umhüllen der Rohre und Formstücke mit Polyäthylen-Folie (PE) dar. Vorteilhafterweise wird diese Folie an der Baustelle unmittelbar vor der Verlegung aufgebracht.

Sie hat den Zweck, eine direkte Berührung der Rohre und Formstücke mit dem umgebenden Erdreich zu verhindern. Für diese Sonderschutzmaßnahme bieten sich 3 Verfahren an:

- 1.1 Schlauchfolie für die Abmessungen des Muffenaußendurchmessers
- 1.2 Schlauchfolie für die Abmessungen des Rohrschaftes
- 1.3 Flachfolien

2. Güte der PE-Folien

Es dürfen nur PE-Folien verwendet werden, die den Gütevorschriften der Gußrohrhersteller entsprechen.

3. Grundsätzliche Forderungen

Für das Aufbringen der PE-Folie sind 6 grundsätzliche Forderungen unbedingt zu beachten:

- 3.1 Es dürfen nur Folien verwendet werden, die keine sichtbaren Beschädigungen aufweisen.
- 3.2 Es muß darauf geachtet werden, daß im Rohrgraben bei der Schlauchfolie die dreischichtige Falte und bei der Flachfolie die Überlappung nach oben zu liegen kommen, weil dadurch die Gefahr von Beschädigungen der PE-Folie beim Verfüllen des Rohrgrabens verringert wird.
- 3.3 Geringfügige Beschädigungen können durch Überkleben mit Kunststoffband ausgebessert werden. Bei größeren Rissen oder bei teilweisem Fehlen der Folie muß ein neuer Überzug genommen werden.
- 3.4 PE-Folien dürfen nicht in der Sonne gelagert werden.
- 3.5 Rohre und Formstücke sind vor dem Aufbringen der Folie von jeglichen Verunreinigungen zu säubern und nach Möglichkeit trocken zu umhüllen. Es darf kein Boden, Splitt oder Sand zwischen Rohr oder Formstück und der Folie verbleiben.
- 3.6 Das Abdichten der PE-Folie an Verbindungsstellen auf dem Rohrschaft muß so erfolgen, daß ein durchgehender dichter Schutz der Rohrleitung entsteht.

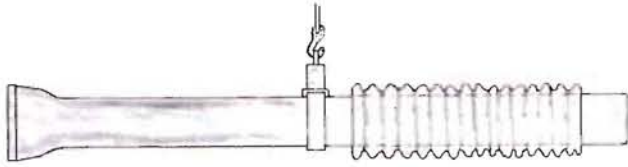
4. Aufbringen der Folie

- 4.1 Schlauchfolie mit Abmessungen für den Muffenaußendurchmesser. Der Durchmesser des Folienschlauches ist größer als der Muffenaußendurchmesser.

Die Werte für die erforderlichen Folienbreiten sind der Tabelle unter Punkt 5 zu entnehmen.

Die Schlauchfolie wird auf eine Länge geschnitten, die etwa 600 bis 700 mm größer ist als die gesamte Rohrlänge.

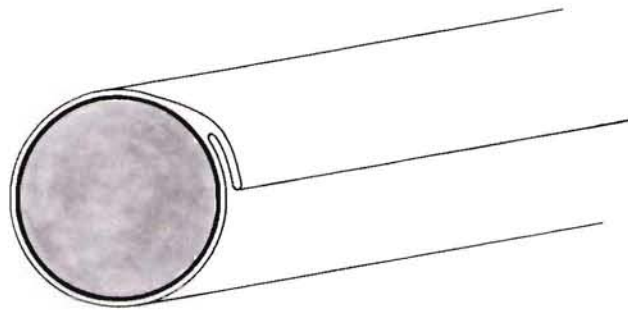
Fortsetzung Seite 2



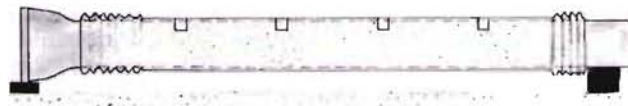
Das Rohr wird mit den üblichen Hebezeugen angehoben, die Schlauchfolie vom Spitzende her bis zur Aufhängung des Rohres aufgezogen und zusammengerafft.



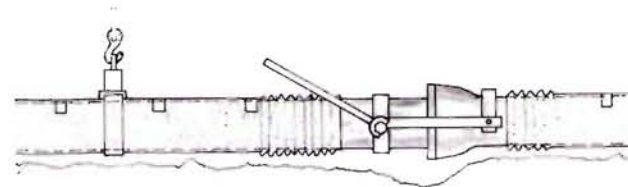
Dann wird das Rohr auf 2 Holzbalken so abgelegt, daß Muffe und Spitzende aufliegen.



Das Hebeband wird entfernt und die Folie zur Muffen- und Spitzenseite hin gestrafft, auf dem Rohrscheitel über die Länge des Rohrschaftes — mit Ausnahme der Enden — in einer Längsfalte gerafft. Die Längsfalte wird in Umfangsrichtung umgelegt und in Abständen von ca. 1 m mit Klebeband befestigt. Es ist anzustreben, daß die Folie möglichst glatt — ohne Taschenbildung — an der Rohrwand anliegt.

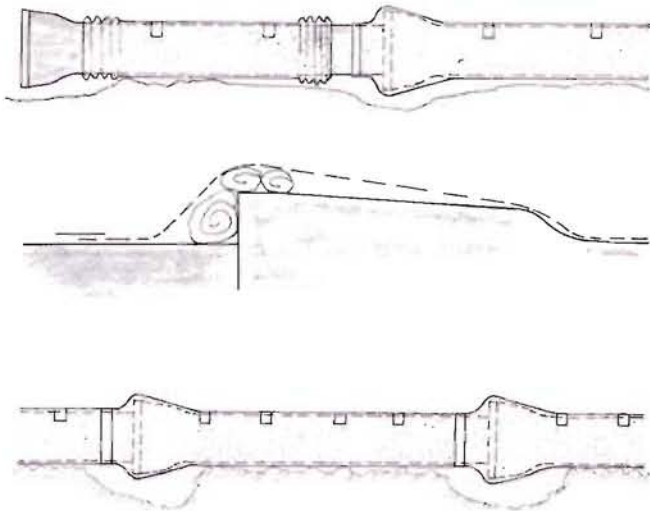


Die Überlängen an der Muffen- und Spitzenseite werden ziehharmonikaartig so weit zurückgeschoben, daß Muffe und Spitzende frei liegen.



Das Rohr wird in den Graben abgesenkt und die Rohrverbindung gemäß Verlegeanleitung hergestellt. Die Folie ist dabei so weit zurückzustreifen, daß die Verlegeteile auf dem Rohr sitzen und die Folie nicht beschädigt werden kann.

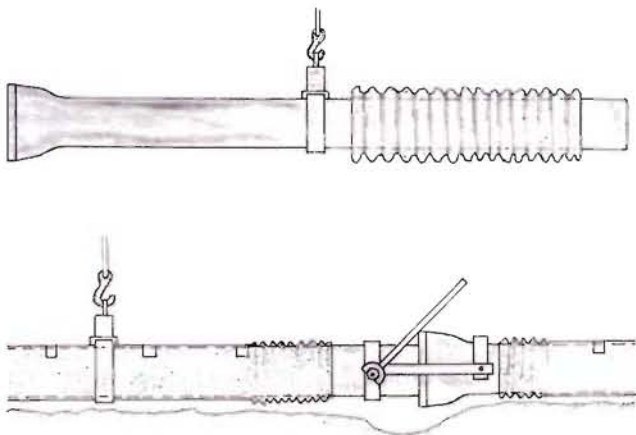
Bei Verlegung mit hydraulischem Bagger ist darauf zu achten, daß die Folie nicht über die Muffenstirn hängt.



Nach dem Herstellen der Rohrverbindung wird zuerst das muffenseitig ziehharmonikaartig geraffte Schlauchende über die Verbindung gezogen, gestrafft, unmittelbar über dem Rohrscheitel gefaltet und mit 2 bis 3 Lagen Kunststoffklebeband in Umfangsrichtung auf der Rohroberfläche so verklebt, daß das Klebeband zur Hälfte auf dem Rohr haftet. Analog wird dann mit dem anderen Schlauchende verfahren und mit dem bereits übergezogenen Schlauch des anliegenden Rohres verklebt. Um Beschädigungen der Folie an den Muffenkanten, Schraubringen, Schrauben usw. zu verhindern, sind diese Stellen vor dem Überziehen des ersten Schlauchendes durch ein Polster von einigen Folienabschnitten abzudecken. Die Polster sind durch Klebeband zu fixieren.

4.2 Schlauchfolie mit Abmessungen für Rohrschaft

Der Rohrschaft wird mit einer Schlauchfolie überzogen, die dem Außendurchmesser des Rohrschaftes angepaßt ist. Die Länge des Schlauches soll der Länge des Rohrschaftes abzüglich der Muffeneinstecktiefe entsprechen. Die Muffenverbindungen werden nach der Montage mit einer Flachfolie von etwa 700 mm Breite gesondert geschützt. Das Aufbringen der PE-Schlauchfolie geschieht in folgenden Arbeitsgängen:



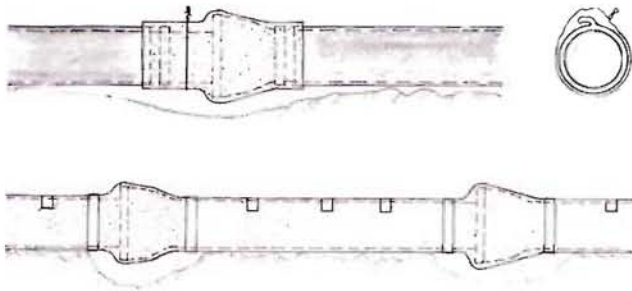
Das zu verlegende Rohr wird in seinem Schwerpunkt angehängt. Die Schlauchfolie wird außerhalb des Grabens über das Rohr gestreift.

Das Rohr wird in den Graben abgesenkt und in die Muffe eingeführt.

Mit einem gebräuchlichen Verlegewerkzeug wird die Verbindung entsprechend der Verlegeanleitung für die einzelnen Muffenverbindungen hergestellt.

Das Rohr wird an der Muffe angehoben, die Folie zum Spitzende gezogen, das Folienschlauchende in Umfangsrichtung eingeschlagen und mit einem selbstklebenden Kunststoffband in 2 bis 3 Lagen ringsum angeklebt, so daß das Band zur Hälfte auf der Rohroberfläche haftet.

Anschließend wird der Folienschlauch über dem Rohrschaft gerafft, das Folienschlauchende am Muffenhals in Umfangsrichtung eingeschlagen und mit Klebeband wie am Spitzende in 2 bis 3 Lagen auf dem Rohr befestigt. Die Schlauchfolie wird — soweit möglich — auf dem Rohrschaft zu einer Längsfalte gerafft und in Umfangsrichtung gelegt. Es ist darauf zu achten, daß die Folie möglichst glatt auf der Rohrwand anliegt und keine Taschen bildet.



Die Falten sind in einem Abstand von etwa 1 m mit kurzen Stücken des Klebebandes zu befestigen. Um die Verbindung wird eine Flachfolie gelegt. Die überstehenden Enden werden in Längsrichtung zusammengerollt. Unmittelbar an der Muffenstirn ist die Folie mit kunststoffummantelten Bindedraht beizubinden. Damit die Folie durch die Muffenkante nicht beschädigt werden kann, sollten vor dem Beibinden mit kunststoffummantelten Bindedraht einige Foliensegmente als Polster untergelegt werden.

Die Enden der Folie sind auf dem Rohrschaft mit 2 bis 3 Lagen Klebeband so zu befestigen, daß ein durchgehender dichter Überzug entsteht.

Um die Umhüllung der Muffen zu erleichtern, sind die Kopflöcher im Rohrgraben zu vergrößern.

4.3 Flachfolie

Die Verlegung von Muffenrohren mit Flachfolie kann sowohl nach Verfahren 4.1 unter Einschluß der Muffe erfolgen als auch nach dem unter 4.2 beschriebenen Verfahren, bei dem Rohrschaft und Verbindung getrennt umhüllt werden.

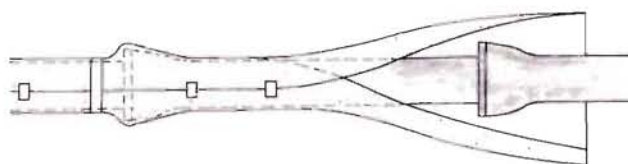
Die Anwendung der Flachfolie empfiehlt sich ebenfalls für Flanschenrohre, schubgesicherte Rohre sowie für alle Arten von Formstücken.

Die Länge der Folie richtet sich nach den angewandten Verfahren 4.1 oder 4.2.

Die Breite der Folie soll mind. 1,5 x Umfang des zu umhüllenden Rohres sein. Anhaltswerte sind der Tabelle unter Punkt 5 zu entnehmen.

Vorteilhafterweise wird die Folie auf der dem Verleger gegenüberliegenden Seite in Abständen von ca. 1 m angeheftet, damit die Folie über den Rohrscheitel gezogen werden kann. Beim Hindurchziehen der Folie unter dem Rohr ist darauf zu achten, daß kein Boden, Splitt bzw. Sand zwischen Rohr und Folie gelangt. Die Rohrleitungsteile sind nach Möglichkeit trocken zu umhüllen. Die Folie wird dann wieder über den Rohrscheitel gezogen und mit Klebeband befestigt. Diese Verlegeart hat den Vorteil, daß die obere Rohrhälfte durch die doppelte Lage der Folie beim Verfüllen des Grabens besser geschützt ist.

überlappt



5. Die für die Verfahrensweisen nach

- 4.1 Schlauchfolie für die Abmessungen des Muffenaußendurchmessers
- 4.2 Schlauchfolie für die Abmessungen des Rohrschaftes
- 4.3 Flachfolie

erforderlichen Breiten sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Maße in mm

Nennweite DN	Folienbreite für Verfahrensweise			
	4.1	4.2		4.3
		Schaft	Muffe	
80	300	180		660
100	300	230		760
125	400	315		880
150	400	315		1020
200	600	400		1280
250	600	560		1530
300	800	560		1800
350	800	630	710	2050
400	900	710		2300
500	1100	900		2820
600	1250	1120		3340
700	1440	1250		3900
800	1610	1440		4400
900	1790	1600		4900
1000	1990	1800		5400
1200	2330	2150		6500

Bei den Verfahren zu 4.1 und 4.2 ist die Breite des flachliegenden Schlauches angegeben, da dieses Maß an dem als Rolle angelieferten Schlauch genommen werden kann.

6. Verlegegeräte

Die mit PE-Folie geschützten Rohre können mit den üblichen Hebe- und Verlegewerkzeugen unter Verwendung gummierter Tragebänder verlegt werden.

Bei größeren Leitungsstrecken und Verlegung von Rohren ab Nennweite 300 ist der „Schwanenhals“ als Verlegegerät zu empfehlen.

7. Schutz der PE-Folie beim Verfüllen

Zweckmäßigerweise wird die mit PE-Folie umhüllte Rohrleitung vor dem Verfüllen des Grabens mit Sand oder steinfreiem Boden abgedeckt.

Belastungsannahmen für Rohrnetzberechnungen

Von Peter Hofer

Rohrnetzberechnungen auf EDV-Anlagen zählen heute zur selbstverständlichen Grundausstattung größerer Verteilungsnetze der Gas- und Wasserversorgung. Aber auch mittlere und kleine Versorgungsunternehmen haben erkannt, daß sie sich eine empirische Netzbetreuung mit unzulänglichen Grundlagen kaum noch leisten können. Vielfach wird das Ausmaß fehlender oder ungenauer Kenntnisse von einem Netz erst sichtbar, wenn eine Rohrnetzberechnung in Auftrag gegeben wird. Eine Netzanalyse auf einer EDV-Anlage ist in aller Regel nicht die nahtlose Fortführung der bisherigen manuellen Berechnung. Diese konnte sich aufgrund der begrenzten Möglichkeiten nur mit speziellen Aufgabenstellungen beschäftigen, die unter stark vereinfachten Annahmen mit großen Sicherheiten gelöst wurden. An Stelle des vermaschten Rohrnetzes wurde ein Ersatzmodell mit den wichtigsten Leitungswegen für einen besonderen Belastungsfall untersucht. Es blieb der Erfahrung des Bearbeiters überlassen, den in Frage kommenden Ausschnitt des Netzes hinreichend genau durch ein Verästelungsnetz zu beschreiben.

Eine Rohrnetzberechnung nach heutigen Vorstellungen ist mit einer lückenlosen Grundaufnahme aller für die Netzbeurteilung maßgebenden Daten und betrieblichen Zusammenhänge verbunden. Der Netzbetreiber wird gezwungen, das Planwerk auf Vollständigkeit und Richtigkeit aller erforderlichen Angaben durchzusehen und zu ergänzen, Druck- und Mengenmessungen zur Ermittlung des hydraulischen Verhaltens des Netzes und davon abweichender Einzelleitungen durchzuführen, Betriebsaufzeichnungen zur Beurteilung der zeit- und temperaturabhängigen Belastungsschwankungen anzulegen und sich über den Einfluß von Einzelabnahmen auf die Spitzenbelastung des Netzes Rechenschaft abzulegen. Diese Bestandsaufnahme erklärt den beachtlichen Umfang der Vorarbeiten für eine Netzberechnung. Sie rechtfertigt aber meistens bereits die Entscheidung zugunsten einer derartigen Untersuchung. Deshalb sollte eine Netzanalyse auch ohne aktuellen Anlaß in Auftrag gegeben werden.

Das DVGW-Merkblatt GW 303 „Berechnung von Rohrnetzen mit elektronischen Datenverarbeitungsanlagen“ legt dem Netzbetreiber die Bearbeitung eines erheblichen Teiles der aufwendigen Vorarbeiten auf. Dieser zusätzlichen Arbeitsbelastung ist es sicherlich zuzuschreiben, daß mancher Auftrag noch nicht erteilt wurde. Die Rohrnetzberechnung ist allerdings nur der Anlaß für Überprüfungen und Erhebungen, die im Interesse der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit des Versorgungsnetzes ohnehin einmal erforderlich geworden wären.

Dieser Einsicht verschließt sich heute kaum noch ein Versorgungsunternehmen, soweit die Aufnahme der geometrischen und hydraulischen Kennwerte des Netzes angesprochen wird. Die Leistungsfähigkeit eines Verteilungsnetzes ist jedoch damit allein noch nicht bestimmt. Zwei vergleichbare Netze, die auch bezüglich der Jahresabgaben übereinstimmen, können bedingt durch Zusammensetzung und unterschiedliche Verbrauchsgewohnheiten der angeschlossenen Abnehmer sehr verschiedene Belastungsspitzen aufweisen. Zu einer Netzanalyse gehört außer der Beschreibung der hydraulischen Verhältnisse auch eine Beurteilung des Abnehmerverhaltens zum Zeitpunkt des höchsten Netzzuflusses. Der Meßvergleich kann deshalb nicht die einzige Grundlage für eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Netzes sein. Die Druck- und Durchflußmessungen werden bewußt außerhalb der verbrauchsstarken Zeit angesetzt, um einen bestimmten, überschaubar und meßbaren Belastungsfall einstellen zu können. Der Anteil des nicht exakt aufteilbaren Verbrauches soll so klein wie möglich sein. Dieser künstliche Belastungszustand ermöglicht keine Aussage mehr über die spezielle Verbrauchscharakteristik.

Aus diesem Grunde ist es zweckmäßig, in dem zu untersuchenden Netz die Zuflüsse über den Zeitraum zu messen, in dem die Spitzenabgaben erwartet werden. Tägliche Zählerablesungen sind nur bedingt aussagekräftig. Der Schluß von der Tagesabgabe auf den für die Netzbeurteilung maßgebenden Wert ist nur bei einer ausgeglichenen Abnehmerstruktur zulässig, wenn also die Belastungsganglinie des Netzes ähnlich verläuft wie die Vielzahl der Einzelganglinien der Abnehmer. Da diese Verhältnisse sehr oft nicht gegeben sind, werden heute überwiegend über mehrere Wochen Belastungsaufzeichnungen durchgeführt. Aus derartigen Diagrammen läßt sich zumindest für das Netzganze die Belastungsganglinie während der Spitzenentnahme ableiten. Zeigt sie während dieser Zeit sprunghafte Änderungen, ist dies ein Hinweis auf eine Beeinflussung durch einen oder wenige, aber verbrauchsstarke Abnehmer mit abweichender Charakteristik. In derartigen Fällen reicht die Aufzeichnung des Netzzuflusses nicht mehr aus. Es wird dann erforderlich, die Abnahmegewohnheiten, also den zeitlichen Verlauf und die Größe der kritischen Einzelbelastungen, zu untersuchen.

Belastungs- und Verbrauchswerte

Grundsätzlich gibt es bei Rohrnetzberechnungen zwei Möglichkeiten, die Entnahmen zum Zeitpunkt der Höchstbelastung in einem Netz zu ermitteln:

- Ableitung der Einzelbelastungen aus Anschlußwerten und
- Ermittlung der Einzelbelastungen aus der gemessenen Belastungsspitze des Netzes, die im Verhältnis von Langzeitverbräuchen (Jahresverbräuchen) aufgeteilt wird.

Zwischen Einzellasten Q_i und Gesamtbelastung Q_{ges} besteht die Beziehung:

$$Q_{ges} = f_G \cdot \sum Q_i \quad (1)$$

Die Größen sind also über den Gleichzeitigkeitsfaktor f_G miteinander verknüpft. Dieser soll das Maß der gleichzeitigen Inanspruchnahme der installierten Leistungen bei den Abnehmern ausdrücken.

Der Gleichzeitigkeitsfaktor ist wertmäßig stark abhängig von der Versorgungsart und von der Anzahl der Anschlüsse.

Hohe Gleichzeitigkeit

Die Leistungsfähigkeit einer Rohrleitung wird durch die Größe „stündlicher Durchfluß“ gekennzeichnet. Es liegt deshalb nahe, in eine Rohrnetzrechnung Leistungsangaben, z.B. aus Anschlußwerten abgeleitete Höchstbelastungen der Abnehmer, einzugeben. Leider liegen darüber in der Regel keine Angaben vor. Es hat sich auch nur als zweckmäßig erwiesen, eine Rohrnetzrechnung auf Einzelbelastungswerte aufzubauen, wenn eine hohe Gleichzeitigkeit gegeben ist, der theoretische Bedarfswert zum Zeitpunkt der Abgabespitze im Netz also tatsächlich erreicht wird. Dieser Fall kann in einem Gasrohrnetz vorliegen, in dem die Spitzenbelastung fast ausschließlich von der Heizgasabgabe herrührt. Die Inanspruchnahme der installierten Leistungen wird an kalten Tagen weitgehend durch äußere Gesetzmäßigkeiten, nämlich durch die Außentemperatur bestimmt. Dies gilt zumindest für einen Netzteil, z.B. einen Stadtteil, in dem die Lebensgewohnheiten der Abnehmer weitgehend übereinstimmen. Die Einzelganglinien werden einen um so gleichmäßigeren und untereinander vergleichbareren Verlauf zeigen, je geringer die Überdimensionierungen bei der Auslegung der Heizgeräte sind. Der individuelle Einfluß, nämlich das Abstellen von Heizkörpern kann so stark zurückgehen, daß der Gleichzeitigkeitsfaktor zeitweise nahezu 1 beträgt. In einem derartigen Netz wäre eine Berechnung auf der Grundlage von Einzelanschlußwerten, abgeleitet vom Wärmebedarf nach DIN 4701, denkbar.

Unterschiedliche Belastungsganglinien

Dieses in Fernwärmenetzen übliche Verfahren wurde bei Gasrohrnetzen noch nicht angewandt. Wie in der Wasserversorgung werden die Einzelbelastungen vielmehr aus der Netzbelastung nach Maßgabe von Verbrauchswerten abgeleitet. In unterschiedlich strukturierten Netzen mit bereichsweisen Schwerpunkten von Kochgas, Heizgas und Prozeßgas versagt jedoch die nach GW 303 vorgesehene gleichmäßige Aufteilung der Netzspitze nach dem Schlüsselwert Verbrauch. In derartigen Fällen ist es nicht mehr zulässig, mit einem für das ganze Netz konstanten

Umrechnungsfaktor zu arbeiten. Es müssen Korrekturen unter Berücksichtigung der Verwendungsart angebracht werden. Dies wird z.B. über die Tarifart der Kunden erreicht, aus der hervorgeht, ob der Verbrauch überwiegend durch die Raumheizung bestimmt ist. Größere Abnehmer gehen mit festgestellten Kesselleistungen oder gemessenen Belastungswerten ein. Eine derartige Vorgehensweise ist bereits als Kompromiß zwischen der Ableitung der Belastungswerte aus Anschluß- und Verbrauchswerten zu sehen.

Spitzenfaktoren und Benutzungsdauer

In der Wasserversorgung hat sich die Ableitung der Belastungswerte aus Verbrauchswerten als der einzig brauchbare Weg herausgestellt, und Umrechnungen von der Einheit Arbeit (Jahresverbrauch, spezifischer Tagesverbrauch je Einwohner) in die Einheit Leistung werden nahezu in jeder Rohrnetzrechnung vorgenommen.

Ausgangswert ist ein gemessener oder hochgerechneter Netzzufluß. Es liegen ferner die für einen bestimmten Zeitraum gemessenen Verbräuche, z.B. die Jahresentnahmen, vor. Das Verhältnis aus Jahresabgabe q_a des Netzes zu stündlicher Höchstabgabe q_{hmax} des Netzes ergibt den Faktor

$$f = \frac{q_a}{q_{hmax}} \quad (2),$$

mit dem alle Einzeljahresverbräuche in Belastungswerte umgerechnet werden. Dieser Umrechnungsfaktor hat die Dimension Stunden pro Jahr und wird deshalb als Jahresbenutzungsdauer bezeichnet.

Für die Umrechnung von Verbrauch in Belastung sind aber auch andere Verhältniszahlen üblich. Die gebräuchlichsten sind in *Tabelle 1* zusammengestellt. Folgende Kurzzeichen wurden verwendet:

q	für Zufluß, Durchfluß oder Verbrauch in einer Zeiteinheit
h	für Stunde
d	für Tag
a	für Jahr
\bar{q}	Mittelwert eines Verbrauchszeitraumes
q_{max}	Höchstwert eines Verbrauchszeitraumes
(a)	bezogen auf ein Jahr
(d)	bezogen auf einen Tag

Für die Wasserversorgung werden meistens Spitzenfaktoren angegeben. Sie drücken das Verhältnis des Spitzenwertes über den Mittelwert im Betrachtungszeitraum aus. Da beide die gleiche Dimension haben, ist der Spitzenfaktor ein dimensionsloser Verhältniswert. Sein Kehrwert ist der Auslastungsgrad. Wenn ein Netz gerade für die zu erwartende Höchstlast ausgelegt ist, gibt der Auslastungsfaktor an, in welchem Verhältnis die Kapazität bei der mittleren Belastung in Anspruch genommen wird. In der Wasserversorgung sind kleine Auslastungsgrade nicht nur ungünstig im Zusammenhang mit der Wirtschaftlichkeit zu sehen, sondern auch in technischer Sicht, da Rohrleitungen mit geringem Auslastungsgrad viele Monate im Jahr nur schwach durchströmt werden.

Tabelle 1 Spitzenfaktoren und Benutzungsdauern

		Beispiele	
		Wasserverteilung	Gasverteilung
Tagesspitzenfaktor	$f_1 = \frac{q_{dmax}}{\bar{q}_{d(a)}} = \frac{q_{dmax}}{q_a/365}$	1,5 bis 2	-
Stundenspitzenfaktor Tag	$f_2 = \frac{q_{hmax}}{q_{h(d)}} = \frac{q_{hmax}}{f_1 \cdot q_a/8760}$	1,4 bis 3,6	-
Stundenspitzenfaktor Jahr	$f_3 = \frac{q_{hmax}}{q_{h(a)}} = f_1 \cdot f_2$	2,5 bis 6	-
Anteil Stundenspitze an Tagesverbrauch	$f_4 = \frac{q_{hmax}}{q_d} = \frac{f_2}{24}$	(0,06 bis 0,15)	(0,05 bis 0,10)
Jahresbenutzungsstunden	$f_5 = \frac{q_a}{q_{hmax}} = \frac{365}{f_1 \cdot f_2}$	1500 bis 3000	1500 bis 2500
Höchstlast über Grundlast	$f_6 = \frac{q_{hmax}}{q_{hmin}}$	2 bis 3	3 bis 15

Da der Mittelwert aus dem Verbrauch eines längeren Zeitraumes abgeleitet ist, sind auch alle Spitzenfaktoren als Verhältniszahlen von Belastungs- zu Verbrauchswerten zu sehen.

Mittlere und effektive Leitungsbelastungen

Bei der Ableitung der Belastungswerte aus Verbrauchswerten wird immer vorausgesetzt, daß für den betrachteten Versorgungsbereich das Verhältnis Arbeit zu Leistung, also z.B. die Größe Jahresbenutzungsstunden konstant ist und an allen Verbrauchspunkten des Netzes die maßgebenden Belastungen für die Bemessung ergibt. Da nun mit Sicherheit die Einzelcharakteristiken zu keinem Zeitpunkt deckungsgleich mit der Gesamtcharakteristik des Netzes sind, würde eine zu starke Auflösung des Netzes in Leitungsabschnitte zu erheblichen Abweichungen zwischen dem effektiven momentanen Zustand im Netz und dem von mittleren Annahmen ausgehenden Berechnungsergebnis führen. Die Rohrnetzberechnung kann bei der Zugrundelegung von Verbrauchswerten nur Leitungsbelastungen angeben, die statistisch belegten Mittelwerten entsprechen. Die Übereinstimmung zwischen dem tatsächlichen und dem berechneten Durchfluß ist um so größer, je kleiner die mögliche Belastungsschwankung auf diesem Abschnitt ist. Die Abweichungen vom berechneten Wert können auf die momentane Situation im Netz nach oben und unten auftreten, d.h., es wird etwa die gleiche Zahl stärker und schwächer durchströmter Leitungen festgestellt werden. Kritisch sind grundsätzlich alle Fälle, in denen eine gewisse Streubreite der Belastung möglich ist, denn zu irgendeinem Zeitpunkt werden in jeder dieser Leitungen die möglichen Höchstwerte auftreten. Da dieser Zustand in allen Leitungen des Netzes nicht gleichzeitig auftritt, kann er in einer Rohrnetzberechnung nach GW 303 keine Berücksichtigung finden.

Das Arbeitsblatt empfiehlt, die Knotenpunkte im Netz so zu verteilen, daß mindestens 50 Einzelabnehmer je Belastungspunkt zusammengefaßt werden. Auf diese Weise will man erreichen, daß besondere Gewohnheiten einzelner Kunden beim Verbrauch das Rechenergebnis nicht nennenswert beeinflussen. Diese Forderung ist nur dann sinnvoll zu verwirklichen, wenn sie bereits bei der Vereinfachung des Netzes, also beim Ableiten des Rechenplanes aus dem Rohrnetzplan beachtet wird.

Wo treten nun größere Abweichungen vom statistischen Mittelwert der Belastung auf, die zu Unsicherheiten in der Beurteilung der Durchströmung führen können?

Kritisch sind zunächst Versorgungsarten mit einer niedrigen Auslastung der installierten Leistung beim Abnehmer und einer geringen Gleichzeitigkeit der Einzelentnahmen. Typisch dafür ist die **Wasserversorgung**. Bezogen auf die Leistungsfähigkeit aller Zapfstellen in einer Wohnung ist die mittlere Entnahme und damit die Auslastung des Anschlußwertes sehr gering. Bereits bei einer Wohnungseinheit liegt der Gleichzeitigkeitsfaktor bei 0,2. Das heißt: Die höchste stündliche Entnahme beträgt nur etwa 20 % des Durchflusses, der bei gleichzeitiger Benutzung aller Entnahmestellen eintreten würde. Messungen ergaben, daß die Gleichzeitigkeit stark von der Anzahl der Einheiten abhängt. Bei einer Grundgesamtheit von 50 WE fällt der Faktor auf 0,01 und bei 1000 WE auf 0,001 ab. Diesen Annahmen liegt die von Himmler [1; 2] abgeleitete Gesetzmäßigkeit für den Gleichzeitigkeitsfaktor zu Grunde. Sie läßt sich näherungsweise mit der Beziehung

$$f = 0,2 \cdot n^{-0,72}$$

beschreiben. Die vom DVGW angeregten und seit 1970 bundesweit durchgeführten Durchflußmessungen an Wasseranschlußleitungen bestätigen im wesentlichen diese Funktion.

Die spezifische Belastung fällt also mit der Anzahl der versorgten Abnehmer. In der Anschlußleitung, die nur eine oder wenige Wohnungseinheiten versorgt, wird demzufolge je Einheit mit einer höheren Belastung zu rechnen sein als in einer Versorgungsleitung oder der Hauptleitung am Netzspeisepunkt.

Bild 1 zeigt einen quantitativen Vergleich der aus der Gleichzeitigkeitsfunktion erwarteten höchsten Belastung eines Abnehmers mit den konstanten, aus der Gesetzmäßigkeit des Netzes abgeleiteten Bemessungsgrößen. Die spezifische Belastung in Liter je Einwohner und Stunde wurde über der Anzahl der versorgten Wohnungseinheiten aufgetragen. Die aus Durchflußmessungen abgeleitete Funktion zeigt bis zu 100 WE eine stark abfallende Tendenz und einen flacheren Kurvenverlauf ab etwa 300 WE. Bei 100 WE ergibt sich die mittlere Höchstlast je Abnehmer mit 32 l/E x h bei 500 WE mit 10 l/E x h. Diese Bandbreite kann auf einzelnen nicht vermaschten Leitungen durchaus vorkommen.

Für 1 Wohneinheit wurde der Anschlußwert

$$q = 1000 \cdot 0,9 \cdot z \text{ [l/WE x h]}$$

mit $z = 15$ Belastungswerten nach W 308 angenommen. Mit dem Gleichzeitigkeitsfaktor von $f = 0,2$ für einen Abnehmer ergibt sich daraus eine effektive, auf das Netz wirkende höchste Belastung von 2700 l/WE x h.

Wie liegen nun diese über die Beziehung der Gleichzeitigkeit abgeleiteten spezifischen Belastungen im Vergleich mit den mittleren Einzelbelastungen, die sich unter Zuhilfenahme der Spitzenfaktoren des Netzes und üblicher Verbrauchswerte ergeben?

Die Grenzwerte der weitgehend größenunabhängigen Annahmen bei Rohrnetzrechnungen wurden wie in Tabelle 2 angegeben festgelegt.

Bei großstädtischen Verhältnissen würde sich aus der Charakteristik des Netzganzen eine mittlere Einzelbelastung von 15 l/E x h ergeben. Das entspricht der spezifischen Belastung bei 300 WE. Für die ländlichen Verhältnisse liegt der Schnittpunkt bei 100 WE.

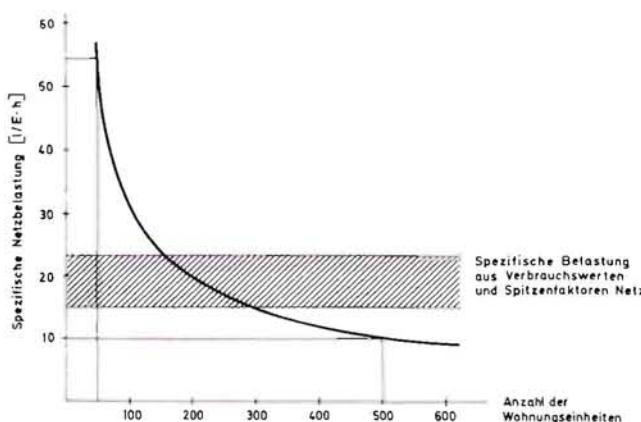


Bild 1: Vergleich der spezifischen Belastungswerte unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeitsfaktoren einzelner Leitungen und des Netzes

Tabelle 2

Mittlere Belastungsannahmen (siehe Bild 1)

	l/E × d	Spitzenf. Stunde	Spitzenf. Tag	l/E × h
Dörfliche Verhältnisse	100	3,0	1,8	23
Großstädt. Verhältnisse	140	1,4	1,8	15

Alle Leitungen, die kleinere Bereiche versorgen, können demnach kurzzeitig stärker belastet werden. Das ist für alle Endleitungen von Bedeutung, die deshalb nicht zu klein zu bemessen sind, da höhere Durchflüsse auftreten können als in der Rohrnetzrechnung ausgewiesen. Die Abweichungen wachsen vom Netzspeisepunkt zu den Netzverzweigungen an der Peripherie des Netzes.

Zeitintervall der Belastungsgröße

Die für das Netzganze belegte Belastungsgröße ist der Mittelwert aus einer Vielzahl davon abweichender Einzelwerte für die zahlreichen Leitungen eines Netzes. In jedem Zeitpunkt liegt eine andere Verteilung von Über- oder Unterbelastungen vor. Der Mittelwert über eine Stunde bleibt davon weitgehend unbeeinflusst, weil die Entnahmen nur kurzzeitig und nicht gleichzeitig bei allen Abnehmern auftreten. Zwischen den Belastungsspitzen und ihrer zeitlichen Dauer besteht ein umgekehrtes Verhältnis. Sollen die Bedarfswerte meßtechnisch bestimmt werden, muß die Belastungsgröße über unterschiedlich lange Zeitabschnitte gemittelt werden. Es wurde deshalb vorgeschlagen, unterschiedliche Zeitintervalle für die Mittelwertbildung aus der Belastungsganglinie in Abhängigkeit von der Leitungsart festzulegen [3]. Die Höchstbelastungen sollten nicht als Mittelwert über 1 Stunde ermittelt werden, sondern

für Anschlußleitungen	5 Min.
Versorgungsleitungen	30 Min. und
Hauptleitungen	60 Min.

Eine ausreichende Begründung für die zeitliche Dauer der Zeitintervalle ist z.Z. nur für Hauptleitungen möglich, weil hierfür zahlreiche vorliegende Belastungsaufzeichnungen von Netzeinspeisepunkten ausgewertet werden können. In Bild 2 ist für vier unterschiedlich große Netze die Veränderung der Belastungsgrößen aufgetragen, wenn das Zeitintervall von 1 Stunde über 30 Minuten, 10 Minuten bis auf 2 Minuten verkürzt wird. Die 30-Minutenwerte liegen nur unwesentlich über dem 1-Stundenwert, was die Zulässigkeit der üblichen Bemessung nach der Stunden Spitze belegt. Die beiden unteren Kurven stehen für gemischte Zonen, die beiden oberen für reine Wohngebiete. Die heterogene Abnehmerstruktur führt zu einer höheren Gleichzeitigkeit. Der 2-Minutenwert steigt weniger als 10 % gegenüber dem stündlichen Mittelwert an. Bei Planungsrechnungen wird dies durch einen niedrigeren Spitzenfaktor berücksichtigt.

Der 10-Minutenwert unterscheidet sich auch in den kleinen Wohngebieten nur um ca. 10 % von der Stunden Spitze. Derartige Überlastungen führen in der Regel nur zu geringen Absenkungen des Netzdruckes, die über eine

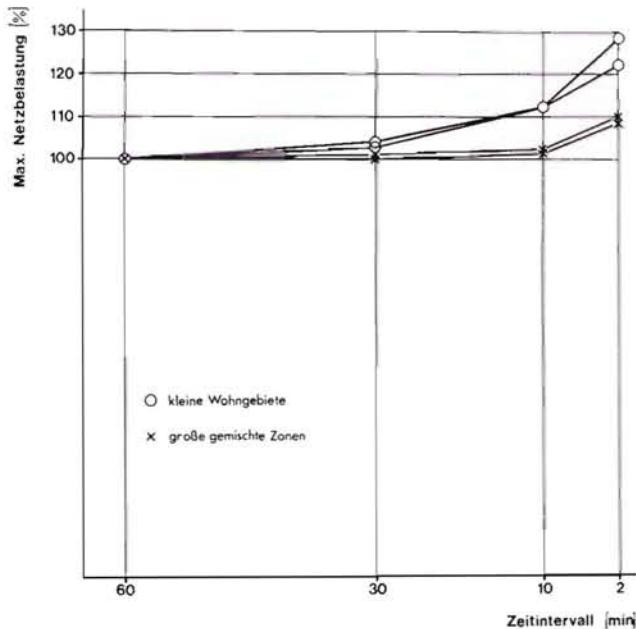


Bild 2: Einfluß des Zeitintervalls der Mittelwertbildung auf die Belastungsgröße von Netzen

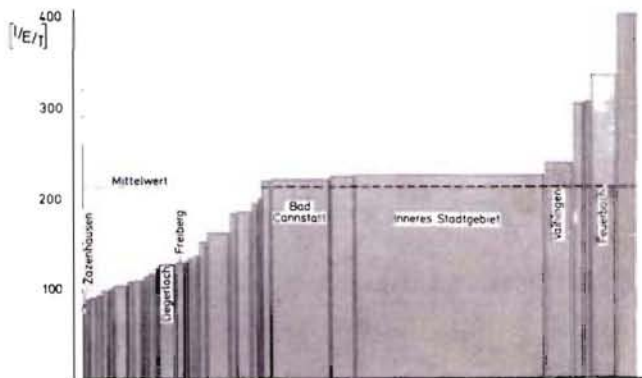


Bild 3: Spezifischer Wasserverbrauch in verschiedenen Versorgungszonen

Dauer von 10 Minuten durchaus vertreten werden können.

Planungswerte

Der Planungswert für die Bemessung von Wasserrohrnetzen wird aus spezifischen Verbrauchswerten abgeleitet. Der für eine Wasserzone ermittelte Mischwert beinhaltet außer dem Wasserverbrauch für Haushalte mehr oder minder große Anteile für öffentliche Einrichtungen, Gewerbe und Industrie. Da in jedem Netz eine andere Verbraucherstruktur angenommen werden muß, hat der Mittelwert des spezifischen Wasserverbrauchers nur eine bedingte Aussagekraft für die einzelnen Versorgungszonen.

Der Mischwert des **spezifischen Wasserverbrauches** einer ganzen Stadt ist als Planungswert für die Bemessung

neuer Rohrnetze nicht brauchbar, da mit Sicherheit eine andere relative Zusammensetzung des Wasserbedarfes für Haushalte, öffentliche Einrichtungen sowie Gewerbe und Industrie zu erwarten sein wird als für das Stadtganze. In Bild 3 wird dies am Beispiel der getrennt betriebenen Versorgungszonen in Stuttgart veranschaulicht. Die extremen Werte des verbrauchsstärksten und verbrauchsschwächsten Stadtteiles verhalten sich wie 5 : 1. Der niedrigste spezifische Wasserverbrauch wurde in einem kleinen älteren Stadtteil mit nahezu dörflichem Charakter und einem aufgrund der Wohnungszählung festgestellten hohen Anteil an Wohnungen ohne Bad (22 %) und ohne eigenes WC (9 %) ermittelt. Ein Beispiel für ein Neubaugebiet ist der Stadtteil Freiberg. Der Stadtteil Bad Cannstatt und das innere Stadtgebiet sind dadurch gekennzeichnet, daß die Wohnungen stark gegenüber Geschäfts- und Bürohäusern und öffentlichen Einrichtungen zurücktreten und der Anteil von Gewerbe und Industrie spürbar wird. In typischen Industrievierteln im Norden der Stadt liegt der spezifische Wasserverbrauch bis zu 80 % über dem Mittelwert.

Vom mittleren täglichen Wasserbedarf ist auf den höchsten Tagesbedarf zu schließen. Dazu werden die Aufzeichnungen der täglichen Abgaben je Zone ausgewertet.

In Bild 4 wurden die **Jahresganglinien** der Tagesabgaben von zwei Wasserversorgungszonen unterschiedlicher Struktur aufgetragen. Im Fall der Zone Forst handelt es sich um ein kleines Wohngebiet mit überwiegendem Villencharakter, im Falle der Zone Kanonenweg um den eigentlichen Innenstadtbereich Stuttgarts. Die Jahresganglinien dieser beiden Extremfälle weichen ziemlich stark voneinander ab. Bei dem reinen Wohngebiet fallen über lange Zeit die relativ gleichmäßigen Abgaben auf, die nur wenig um das Tagesmittel des Jahres schwanken. Nur wenige, aber dafür starke Ausschläge nach oben und unten sind zu verzeichnen. Die Extremwerte fielen zu gleichen Zeitpunkten wie in der Versorgungszone Innenstadt an. Dort ist insgesamt jedoch ein regelmäßiger Verlauf der Ganglinie festzustellen. Jedes Wochenende ist durch einen markanten Einschnitt gekennzeichnet. Die Spitzenverbräuche sind nicht so scharf begrenzt. Der hohe Verbrauch in den Sommermonaten hält länger an.

Die Tagesspitzenfaktoren unterscheiden sich nur wenig. Sie liegen zwischen 1,6 und 1,7.

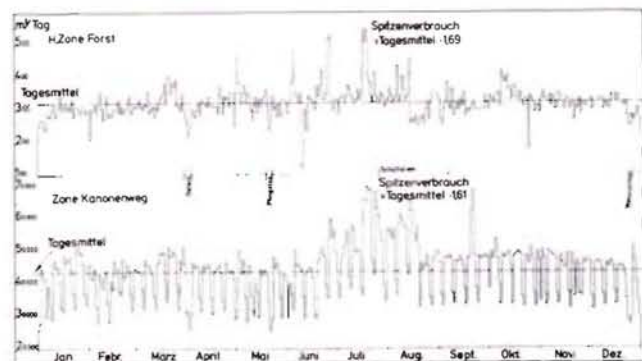


Bild 4: Jahresganglinien der Wasserabgabe in zwei Versorgungszonen

Die Ganglinien in *Bild 4* wurden nach Größe und Häufigkeit der Tagesabgaben ausgewertet und als **Belastungsdauerlinie** in den Bildern 5 und 6 aufgetragen. Die Dauerlinie der innerstädtischen Versorgungszone ist im mittleren Bereich schwach, im linken Teil stärker geneigt. Der Schnittpunkt liegt bei etwa 40 Tagen, was einer mittleren Tagestemperatur von 17° C entspricht. Die Wochenendtage wurden besonders gekennzeichnet. Sie sind bei den höchsten Tagesabgaben oberhalb der mittleren Tagestemperatur über 17° C nicht vertreten.

Auch im Falle des kleineren Wohngebietes (*Bild 5*) ist erst bei etwa 40 Tagen eine merkliche Abgabesteigerung festzustellen. An 18 Wochentagen tritt gegenüber Bild 5 jedoch nochmals ein Anstieg der Tagesabgaben ein. Die Wochenendtage sind gleichmäßiger über die Dauerlinie verteilt.

Die Abhängigkeit der täglichen Wasserabgaben in ein Netz von der Außentemperatur wird üblicherweise durch **Regressionsgeraden** dargestellt. Diese Auswertung der Ganglinien ist für die angesprochenen zwei Netze in den Bildern 7 und 8 aufgetragen. Werktage, Sonn- und Feiertage sowie Samstage wurden getrennt ausgewertet. Bedingt durch die größere Zahl der Verbrauchswerte für Werktage ist diese Regressionsgerade am besten abgesichert. Sie gibt die statistisch ermittelten Mittelwerte der mit einem + Zeichen gekennzeichneten Abgaben in der Punktwolke wieder.

Für das innere Stadtgebiet sind die Regressionsgeraden von Werktagen, Samstagen und Sonntagen deutlich gegeneinander abgesetzt. Die Wasserabgaben zeigen oberhalb einer Grenze von 16 bis 18° C eine ausgeprägte Temperaturabhängigkeit. Die Geraden wurden noch über die höchste mittlere Tagestemperatur, die im Jahre 1972 bei 26° C lag, extrapoliert.

Dabei erhebt sich die Frage, welcher Höchstwert bei Planungsrechnungen zu berücksichtigen ist, d.h., bis zu welcher höchsten mittleren Tagestemperatur die Gerade zu verlängern ist. Das Hochrechnen auf eine einmal festgelegte Auslegungstemperatur ist auch für die Vergleichbarkeit der höchsten Tagesabgaben von Jahren mit unterschiedlich warmen Sommern angebracht. Zu diesem Zweck wurden die mittleren Tagestemperaturen der letzten 15 Jahre ausgewertet und als 10-Jahres-Mittel aufgetragen. Der Extremwert liegt bei 30° C, der in 10 Jahren einmal zu erwarten ist. Die Auslegung für diesen seltenen Fall erscheint nicht gerechtfertigt. Gewählt wurde eine höchste mittlere Tagestemperatur, die im Schnitt mindestens alle zwei Jahre einmal zu erwarten ist. Für Stuttgart wäre das eine höchste Auslegungstemperatur von 28° C.

Berücksichtigung von Löschwasserentnahmen

In der Vergangenheit bestand eine allgemeine Unsicherheit, unter welchen Grundannahmen Rohrnetzrechnungen für Löschwasseruntersuchungen durchzuführen sind. Erst die Neufassung des DVGW-Arbeitsblattes W 405 „Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung“ schaffte klare Verhältnisse. Gemeinsam mit dem Fachnormenausschuß Feuer-

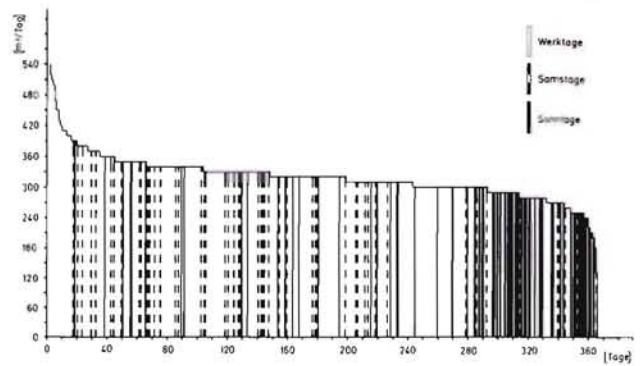


Bild 5: Belastungsdauerlinie für die Zone Innenstadt

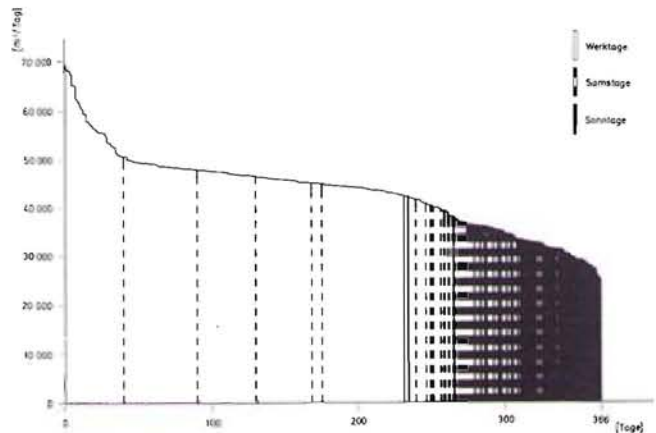


Bild 6: Belastungsdauerlinie für ein Wohngebiet

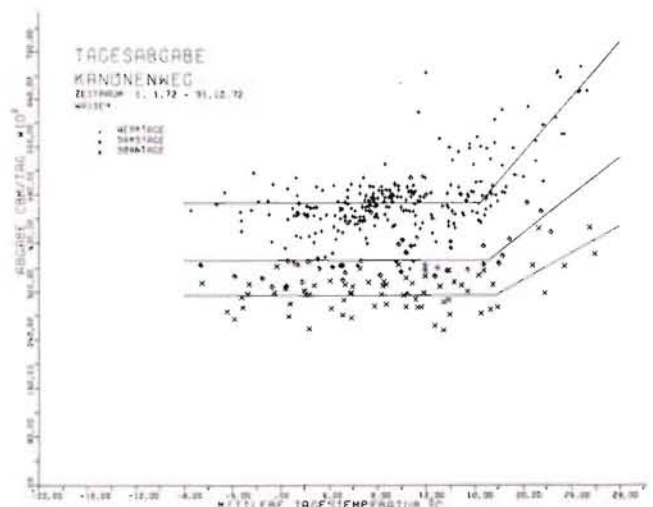


Bild 7: Temperaturabhängigkeit der Wasserabgabe für die Zone Innenstadt

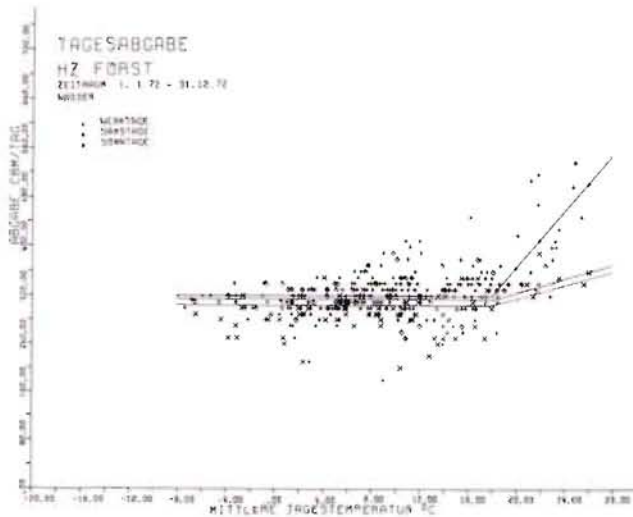


Bild 8: Temperaturabhängigkeit der Wasserabgabe für ein Wohngebiet

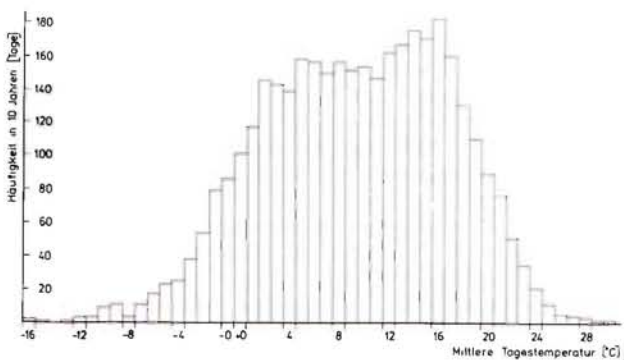


Bild 9: Häufigkeitsverteilung der mittleren Tagestemperaturen im langjährigen Mittel

wehresen wurden die Richtwerte für den Löschwasserbedarf überarbeitet und wesentliche Vorgaben für die Überprüfung der Leistungsfähigkeit eines Wasserrohrnetzes festgelegt. Früher bestand die Gefahr, ein Netz aufgrund des allgemeinen Löschwasserbedarfes (Grundschutz) zu groß auszulegen. W 405 bietet jetzt die Möglichkeit, die Leistungsfähigkeit des Netzes unter wirklichkeitsnäheren Annahmen besser auszunutzen. Die Löschwasserentnahme ist unter folgenden Randbedingungen in die Rohrnetzberechnung einzugeben:

- In jedem selbständigen Netzteil ist nur ein Brandfall anzunehmen.
- Als Netzbelastung ist die Stundenspitze eines Tages mit mittlerem Verbrauch (also ohne Tagesspitzenfaktor) einzusetzen.
- Alle Hydranten in einem Umkreis von 300 m um das Brandobjekt können für die Löschwasserentnahme herangezogen werden.

Die wichtigsten Verbesserungen folgten also aus der Auswertung von Erfahrungen über die Gleichzeitigkeit

des Auftretens dieser Ereignisse. Ausschlaggebend war die geringe Wahrscheinlichkeit, daß Stundenspitze und Brandfall, zwei Brandfälle sowie Grundschutz und Objektschutz in einem Netz zeitlich zusammenfallen.

Ausblick

Die Belastungsannahmen sind bei der Weiterentwicklung der Rohrnetzberechnung in den letzten Jahren zu wenig beachtet worden. Im Mittelpunkt der Untersuchungen standen Verbesserungen bei den Rechenverfahren [4; 5] und vor allem bei der Ermittlung des hydraulischen Verhaltens [6]. Zu einer Netzanalyse gehören jedoch auch Aussagen über das Abnehmerverhalten zum Zeitpunkt des höchsten Netzzuflusses. Vor der Aufteilung der Netzbelastung auf die einzelnen Knoten nach Maßgabe von Jahresverbräuchen ist zunächst zu belegen, daß die Jahresbenutzungsstunden in verschiedenen Netzteilen hinreichend übereinstimmen und daß Großabnehmer mit ausgeprägtem Spitzenverbrauch angemessen beachtet werden, denn häufig bestimmen die Gewohnheiten dieser Großkunden und nicht die große Zahl der übrigen Kunden, zu welcher Zeit und in welchem Ausmaß Versorgungsschwierigkeiten auftreten.

Über die spezifischen Bedarfswerte verschiedener Abnehmergruppen liegen noch zu wenige Meßwerte vor. Auch die Prognoseverfahren für die Abschätzung der Bedarfsentwicklung bedürfen noch einer Abstimmung und Bereinigung.

Literatur

- [1] Himmler, F.
Bemessung von Wasserzählern nach Kenndaten der Verbrauchsanlagen aufgrund von Versuchen der Münchener Wasserwerke
Vortrag auf der Wasserfachlichen Aussprachetagung 1967 in Karlsruhe
- [2] Kottmann, A.
Ein Vergleich der Gleichzeitigkeitsfaktoren in der Wasser-, Gas- und Stromversorgung
gwf — wasser/abwasser 112 (1971), H. 12, S. 589—591
- [3] Tessendorf, H.
Probleme des Spitzenbedarfs
gwf — wasser/abwasser 113 (1972), H. 8, S. 365—370
- [4] Hofer, P.
Beurteilung von Fehlern in Rohrnetzberechnungen
gwf — gas/erdgas 114 (1973), H. 3, S. 113—119
- [5] Döbling, E.
Einfaches Verfahren zur Berechnung des stationären Zustandes in Gas- und Wasserrohrnetzen
gwf — gas/erdgas 118 (1977), H. 2, S. 47—52
- [6] Kottmann, A. und Kraut, E.
Probleme der Rohrnetzberechnung
gwf — wasser/abwasser 116 (1975), H. 8, S. 346—349

Die Entstehung des Zweckverbandes „Wasserversorgung Rheinhöhen“

Von Hans Zenz

1. Planung

1962: die Stadt Boppard plant eine Trinkwassertalsperre, die gleichzeitig der Versorgung der umliegenden Orte dienen soll.

Eine Projektstudie führte jedoch zu dem Ergebnis, daß diese Maßnahme weder wirtschaftlich tragbar noch technisch sinnvoll erscheint. Das zuständige Ministerium entschied, das Projekt nicht durchzuführen, und gab für seine Entscheidung folgende Gründe an:

- Ausnutzbare Grundwasservorkommen sind der Oberflächengewinnung vorzuziehen. Diese bieten sich in ausreichender Menge für den gesamten vorderen Hunsrück und in guter Qualität im „Neuwieder Becken“ nördlich von Koblenz an.
- Nicht nur im Bereich Boppard, sondern auch für das gesamte Gebiet zwischen Rhein und Mosel ist künftig mit einem Wassermangel zu rechnen. Aus geologischen Gründen war und ist nicht zu erwarten, daß die Fehlwassermenge örtlich gewonnen werden kann.
- Die Grundwassergewinnung erweist sich als wirtschaftlicher, da sie bei gleichem finanziellen Aufwand die Versorgung eines größeren Bereiches gewährleistet.

Das Ministerium forderte die zuständigen kommunalen Stellen auf, die notwendigen rechtlichen Voraussetzungen zur Bildung eines Verbandes zu schaffen.

Zunächst wurde ein Großpumpversuch unter der Federführung der Planungsgemeinschaft „Mittelrhein“ durchgeführt, der die Ergiebigkeit im „Neuwieder Becken“ beweisen sollte. Das positive Ergebnis schuf die notwendigen Voraussetzungen für eine Großraumversorgung.

Es gelang nicht, einen Trägerverband zu gründen. Daher wurde im September 1966 ein Planungsverband gebildet. Dessen Aufgaben waren im wesentlichen folgende: Aufstellung der erforderlichen Planungen, Erwerb der Wasserrechte, Festsetzung der Schutzgebiete, Ankauf der für die Brunnen notwendigen Grundstücke und Überleitung des Planungsverbandes in den Ausführungsverband. Während die erstgenannten Aufgaben zügig erfüllt werden konnten, traten bei der letzteren erhebliche Schwierigkeiten auf.

Der Verband wurde bis zum November 1967 unter dem Vorsitz von Landrat Dr. Weiler, Landratsamt St. Goar, geführt. Sein Nachfolger, Landrat Kraemer vom Landratsamt Koblenz, übernahm sodann die schwierige Aufgabe, die Grundlagen zur Bildung des Trägerverbandes

zu erarbeiten. Mit der Erfahrung einer Wirtschaftsprüfungsgesellschaft wurden Satzungen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen aufgestellt. Die Verbandsorgane stimmten diesen Grundlagen im Herbst 1968 zu.

Im Hinblick auf die zu erwartenden Reformen der Verwaltungsaufgaben in Rheinland-Pfalz konnten und können nur Verbandsgemeinden und verbandsgemeindefreie Städte-Mitglieder im Verband werden. Dabei muß erwähnt werden, daß sich das Gebiet des Planungsverbandes über zwei Regierungsbezirke und fünf Landkreise erstreckt. Bei der Aufnahme eines Mitgliedes ist nicht Voraussetzung, daß alle der Verbandsgemeinde angehörige Gemeinden auf den Verband zu übertragen sind. Die abzuschließenden Verträge mit den einzelnen Gemeinden regeln den kommerziellen und rechtlichen Übergang und gestalten die Zusammenarbeit, insbesondere die Nutzung gemeindlicher Grundstücke, Straßen und öffentlicher Anlagen. Von entscheidender Bedeutung war, daß der Verband bis zum Ablauf des Jahres 1974 alle Wasserversorgungsanlagen „ungesehen“ einschließlich aller Aktiva und Passiva übernahm. Dies war nur möglich, weil das mittlere Anschaffungsjahr der zunächst zu übernehmenden Gemeinden auf das Jahr 1965 festgestellt wurde.

Im September 1968 waren alle Vorarbeiten zur Gründung des Ausführungsverbandes abgeschlossen. Die Mitglieder des Planungsverbandes wurden aufgefordert, die notwendigen Beschlüsse herbeizuführen. Nachdem diese eine ausreichende Wasserabgabe gewährleisteten, wurde die Gründung des Trägerverbandes beantragt.

2. Konstituierung

Der Trägerverband wurde am 5. Mai 1969 gebildet. In der konstituierenden Verbandsversammlung am 12. Mai 1969 wurde Landrat Kraemer zum Vorsitzenden gewählt.

Zu diesem Zeitpunkt hatten 36 Gemeinden den Anschluß an die „Wasserversorgung Rheinhöhen“ beschlossen. Der rechtliche Übergang der gemeindlichen Anlagen zum Zweckverband und die Wirksamkeit der Satzung wurden mit dem Anschluß an die Verbandsanlagen vollzogen.

In Rheinland-Pfalz übertrug der Gesetzgeber mit Wirkung vom 1. Januar 1975 die Aufgaben der Wasserversorgung auf die Verbandsgemeinde. An diesem Stichtag traten auch die günstigen Übernahmebedingungen aufgrund eines Beschlusses vom März 1973 außer Kraft; deswegen entschieden sich weitere 38 Gemeinden für den Anschluß an den Zweckverband.

Während die Betriebsübernahme für die Abnehmer reibungslos ablief, bereiteten Rechtsvorgänge, vorwiegend abgeleitet aus altem Ortsrecht, verbunden mit dem Satzungsrecht des Verbandes, teilweise bis zur Gegenwart erhebliche Schwierigkeiten.

3. Grundwasservorkommen

Das nach einem Vorentwurf, unter Beteiligung aller zuständigen Stellen, umgrenzte Versorgungsgebiet liegt im Rheinischen Schiefergebirge, das überwiegend aus devonischen Schiefen mit geringem Anteil an Grauwacken und Quarziten aufgebaut ist. Die geologische Literatur, gestützt durch eine Vielzahl vorhandener Tiefbohrungen, sagt aus: das nutzbare Grundwasserdargebot im vorderen Hunsrück liegt bei 100 m³ Tag je Fassungsanlage; nur an günstigen Stellen (Störungszonen) bestehen geringe Möglichkeiten für den örtlichen Bedarf; im allgemeinen ist die derzeitige und künftige Versorgung nur aus anderen Gebieten möglich.

Das Rheinische Schiefergebirge bietet nur wenige günstige Grundwasservorkommen, so unter anderem das nördlich der Moselmündung befindliche Neuwieder Becken. Hier stehen 25 bis 40 m mächtige, sehr wasserergiebige Kiese und Sande an, die bis weit unter den Niedrigwasserspiegel des Rheines herabreichen und Großwasserfassungen zulassen. Ein, dem künftigen Versorgungsgebiet geographisch günstigeres Grundwasservorkommen bietet sich nicht an.

4. Wasserbedarf

Im Planungsraum lebten 1964 rd. 110.000 Einwohner. Statistisch war zu diesem Zeitpunkt für das Planungsziel 1995 mit einem Anstieg auf 148.000 Einwohner zu rechnen. Heute wissen wir, daß diese Entwicklung nicht zu erwarten ist. Lediglich in den Wohngemeinden im Einzugsgebiet der Stadt Koblenz sind Zuwachsraten festzustellen. Durch Erweiterung des Planungsraumes und inzwischen verwirklichte Anschlüsse zusätzlicher Gebiete wird die geplante zu versorgende Einwohnerzahl annähernd wieder erreicht.

Zur Deckung des Wasserbedarfs wurden die in *Tabelle 1* aufgeführten Mengen zugrunde gelegt.

Nach vorstehender Übersicht war also für die Zukunft eine Bedarfssumme von 7,2 Millionen m³/Jahr zu besorgen. 1965 wurde ein Pumpversuch über 8 Wochen mit unterschiedlicher Belastung gefahren. Zwei Bohrungen mit 60 cm Filter und 24 Peilbohrungen wurden abgetäuft. Die Entfernung der Hauptbohrung zum Rhein betrug 800 m. Maximal wurde der Brunnen mit 420 m³/Std. belastet. 1,31 m Grundwasserabsenkung wurden bei vorstehender Entnahmemenge gemessen.

Das Ergebnis des Pumpversuches, in Verbindung mit den Vorschriften zur Festsetzung der Schutzgebiete, führte zu einer Anordnung der Brunnenreihe in 1.400 m Abstand parallel zum Rhein. Die Auswertung des Pumpversuches führte zu einer Festsetzung der Entnahmemenge von 250 m³/Std. und zu einem Abstand zwischen den Brunnen von 220 m.

Während des Pumpversuches wurde das Rohwasser permanent auf seine biologische und chemische Beschaffenheit untersucht. *Tabelle 2* gibt die wichtigsten Ergebnisse wieder.

Gegen Ende des Pumpversuches wurden 0 Keime im Rohwasser gemessen, so daß die an Trinkwasser zu fordernden Eigenschaften erfüllt waren und heute noch sind. Als nachteilig können die Gesamthärte mit rd. 21°d und die Chloride mit 150 mg/l angesehen werden.

5. Wasserversorgungssystem

Nachdem Gewinnungs- und Versorgungsgebiet festlegen, wurde ein genereller Entwurf erarbeitet. Als grobe Umgrenzung des Planungsgebietes können der Rhein, die Mosel und im Süden die Linie Bacharach, Rheinböhlen, Simmern und Treis angesehen werden (*Bild 1*). Das Gewinnungsgebiet, die Rhein- und Moseltäler, liegen zwischen 70 und 80 m über NN, dagegen wechselt das Höhengebiet zwischen den vorgenannten Tälern um rd. 500 m über NN. Zum Rhein und zur Mosel wird der Hunsrück in West-Ost-Richtung und umgekehrt durch tiefe Täler eingeschnitten.

Tabelle 1

Bezeichnung	Wasserherkunft	1980		1995	
		m ³ /Tag	%	m ³ /Tag	%
max. Bedarf	Fernversorgung	26 200	60,5	43 200	70,5
	örtl. Gewinnung	17 100	39,5	18 100	29,5
	Summe	43 300	100,0	61 300	100,0
		1000 m ³ /Jahr	%	1000 m ³ /Jahr	%
Bedarfssumme	Fernversorgung (Mindestwert)	4 420	44,3	7 200	51,4
	örtl. Gewinnung (GrößtWert)	5 560	55,7	6 800	48,6
	Summe	9 980	100,0	14 000	100,0

Tabelle 2

Bezeichnung	Einheit	Brunnen I	Brunnen II	Peilrohre
Temperatur	°C	10,0/11,5	10,0/10,5	10,5/11,0
pH-Wert	–	6,5/7,0	6,5/7,25	7,0/7,25
gelöste CO ₂	mg/l	6/8	–	6,5/7
Karbonathärte	°d	9,8/10,4	10,1/10,4	8,7/10,4
Gesamthärte	°d	18/21	20/21,5	17,5/21
gebundene CO ₂	mg/l	77/81	79/81	68/82
freie CO ₂	”	42/46	29/33	31/34
KMnO ₄ -Verbrauch	”	4,2/5,4	4,8/5,7	4,1/6,3
Nitrat	”	31/32	30/39	32/41
Ammoniak	”	0	0	0
Nitrit	”	0	0	0
Eisen	”	Spur	Spur	Spur
Phenol	”	0	0	0
Chlorid	”	125/135	130/150	102/132
Sulfat	”	n.b.	75	n.b.

Die Ansiedlungen der Rhein- und Moselgemeinden entwickelten sich schneller als auf dem Höhenzug des Hunsrücks, so daß ca. 50 % der Einwohner in den vorgenannten Tälern zu versorgen sind. Aus mehreren technischen Möglichkeiten kristallisierten sich zwei Versorgungssysteme heraus:

- Eine Hauptversorgungsachse auf der Wasserscheide zwischen Rhein und Mosel, und
- je eine Hauptleitung im Rhein- und Moseltal.

Bei der ersten Lösung ist von Nachteil, daß z.T. Energie aufgewandt werden muß, die in den Falleitungen zu den Tälern wieder abgebaut wird. Als Vorteile hierbei wurden festgestellt: kürzere Leitungen, weniger Pumpwerke und damit weniger Unterhaltungsaufwand.

Für die zweite Lösung sprach nur der geringere Energieaufwand. Weiterhin hätten sich die hohen Investitionen für die Leitungen in den engen Tälern, die durch Bundesbahn und Bundesstraßen keinen Platz zum Leitungsbau belassen, wirtschaftlich nachteilig ausgewirkt.

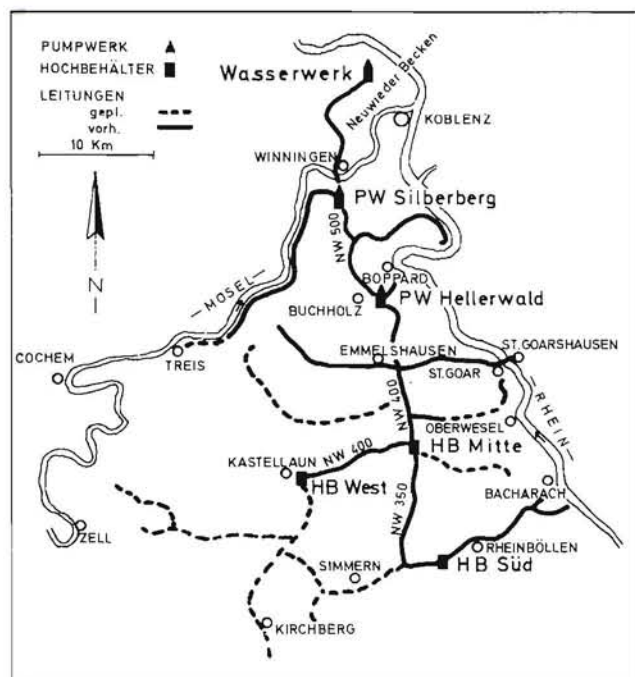


Bild 1

Aus wirtschaftlichen Gründen wurde die erste Lösung gewählt. Um den zwischen dem Gewinnungsgebiet und dem vorderen Hunsrück dicht besiedelten Bereich der Stadt Koblenz mit der Hauptleitung zu umgehen, wurde die Trasse entlang der BAB 61 und der BAB 48 gewählt. Über die Moselkreuzung ist im Heft Nr. 7 der FGR-Informationen berichtet worden [1].

Für den weiteren Verlauf der Hauptachse waren die Standorte und Höhenlagen der erforderlichen Pumpwerke sorgfältig zu untersuchen. Zwischen dem Pumpwerk im Gewinnungsgebiet und dem Scheitelbehälter im Versorgungsgebiet sind rd. 465 m geodätische Höhe zu überwinden. Es galt einerseits, so wenig Pumpwerke wie möglich einzurichten, andererseits die hydraulischen Einrichtungen noch in einer annehmbaren Druckstufe ausbauen zu können. Weiterhin wurde angestrebt, die Druckstufen geographisch so anzuordnen, daß eine möglichst große Abnehmerzahl noch in der niedrigeren Zone erreicht werden kann.

Der Übersichtslängenschnitt zeigt das Ergebnis dieser Untersuchungen (Bild 2). Die beiden ersten Druckstufen sind mit ca. 190 m annähernd gleich. Das letzte Pumpwerk hat noch eine Höhe von rd. 100 m zu überwinden.

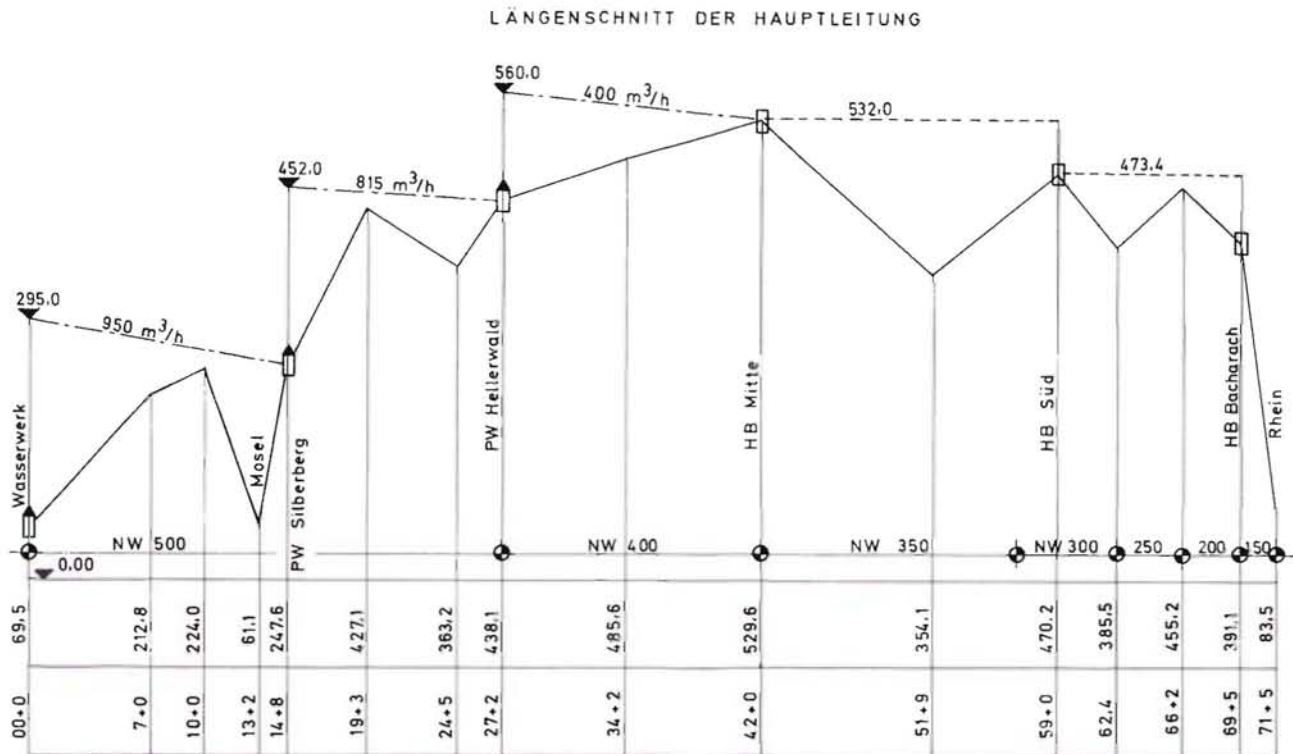


Bild 2

6. Rohrwerkstoff

Die Frage nach dem Rohrwerkstoff wurde eingehend geprüft. Die Entscheidung fiel zugunsten des duktilen Gußrohres. Ausschlaggebend für diese Entscheidung waren die Flexibilität des Rohres, das reichhaltige Formstückangebot aus dem gleichen Werkstoff und die problemlose Verlegung, die auch unter ungünstigen Verhältnissen von ortsansässigen mittelständischen Unternehmen beherrscht wird.

Erstmalig wurde der Rhein zwischen den Städtchen St. Goar und St. Goarshausen mittels duktiler Gußrohre unterdükert (Bild 3). Wer dieses Gebiet des Rheintales

kennt, weiß, daß Bundesbahn, Bundesstraßen, Hafenanlagen und Wohnflächen die Errichtung einer Großbaustelle erheblich einschränken.

Der Dükter wurde im Auftrag der Deutschen Bundespost und des Verbandes gebaut. Er besteht aus 2 duktilen Gußrohrleitungen DN 250, PN 40, 12 PE-Rohrsträngen da 110 und einem Kabelschutzrohr für die Wasserversorgungsanlagen (Bild 4). Die Länge des Dükers beträgt 346 Meter. Zur Montage stand in St. Goarshausen ein Sportplatz zur Verfügung (Bild 5 bis 7).

Die Schifffahrt durfte nicht eingestellt werden. 2,50 m Rohrüberdeckung wurden von der Wasser- und Schiff-



Bild 3



Bild 4



Bild 5



Bild 6



Bild 7

fahrtsverwaltung zur Auflage gemacht. Die stark zerklüftete, felsige Rheinsohle forderte eine Grabentiefe bis zu 5 m.

Analog dem Moseldüker bei Winnigen [1] hat der Rheindüker die gleiche Konstruktion: ein Patent der Firma Meyer, Köln. Die landseitige Montage und der Dükergraben nahmen eine Bauzeit von 3 Monaten in Anspruch. In 3 Tagen wurde der Düker in den Graben eingezogen.

Dieses Ingenieurbauwerk wurde mit rd. 1,1 Millionen DM abgerechnet, wobei die Kosten etwa zur Hälfte auf jeden Auftraggeber entfielen.

7. Überwachung der Anlagen

Die Anlagen des Verbandes werden im Wasserwerk zentral überwacht. Auf der Hauptachse ist ein Zeitmultiplexsystem installiert. Die Daten auf den Nebenleitungen werden tonfrequenz übertragen. Zur Unterhaltung der Verbandsanlagen sind im Versorgungsgebiet sechs Kolonnen mit Werkstattwagen eingerichtet. Eine Spezialkolonne wartet die örtlichen Gewinnungs- und Pumpanlagen.

Bis Ende 1977 hat der Verband ca. 180 km neue Leitungen verlegt. Rd. 450 km Leitungen wurden von den Gemeinden übernommen. 12 Hochbehälter mit insgesamt 16.300 m³/h Inhalt wurden neu gebaut. Einschließlich der Behälter in den Gemeinden sind 85 vom Verband zu unterhalten. Die drei Pumpwerke auf der Hauptachse haben eine Leistung von 2.320 m³/h. Vom Verband werden 70.000 Einwohner in 74 Gemeinden bzw. Ortsteilen versorgt. Die bisherigen Baukosten betragen rd. 60 Millionen DM. Die Jahresabgabemenge konnte von 1975 3 Mio m³ auf 1977 3,6 Mio m³ gesteigert werden. Ca. 18.000 Meßstellen sind zu betreiben.

8. Wirtschaftlichkeit und Finanzierung

Die vorstehenden Daten lassen eindeutig erkennen, daß der Verband eine „Flächenversorgung“ mit teils dünner Besiedlung betreibt. Dementsprechend ist das Verhältnis Wasserverkauf pro km Leitungslänge ungünstig. Auch der Vergleich Wasserabgabe pro Meßstelle zu städtischen Versorgungsunternehmen läßt unschwer die wirtschaftliche Situation einer überwiegend ländlichen Versorgung erkennen. Die Anzahl der zu unterhaltenden Druckzonen mit ihren technischen Einrichtungen (Hochbehälter, Druckunterbrecherschächte oder Druckminderventile) stehen in unmittelbarer Relation zum Unterhaltungsaufwand. Nur 600 bis 700 Einwohner werden durchschnittlich aus einer Druckzone versorgt.

Es bedarf keiner näheren Erläuterung, daß unter diesen Gegebenheiten die Organisation zur Wartung und Unterhaltung der Wasserversorgungsanlagen besonderer Sorgfalt bedarf. Der Wasserpreis beträgt zur Zeit 1,70 DM/m³ zuzüglich Grundgebühr.

Die Baukosten der Neuanlagen wurden mit 75 % Landes- und Bundeszuschüssen und 25 % Eigenleistungen finanziert. Nur durch diese beträchtliche Unterstützung von Land und Bund und der engen Zusammenarbeit mit den Aufsichtsbehörden war es möglich, den Verband zu gründen und zu seiner jetzigen Größe auszudehnen.

Vorwiegend im geplanten südlichen Versorgungsgebiet fehlen die Beschlüsse der Gemeinden zum Anschluß an die „Wasserversorgung Rheinhöhen“. Dies hat zur Folge, daß die Anlagen der Hauptachse nur zu 50 % ausgelastet sind. Berücksichtigt man jedoch, daß der Verband noch keine neun Jahre besteht und seine Anlagen erst vor fünf Jahren in Betrieb genommen hat, besteht wohl kein Anlaß zur Sorge, wenn alle Verantwortlichen das Endziel mit dem gleichen Einsatz wie bisher anstreben.

Literatur

[1] Zenz, H.

Trinkwasser-Düker aus duktilen Gußrohren NW 500 durch die Mosel
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach,
Heft 7 (1972), S. 16—18

Duktile Gußrohre DN 900 für die Wasserversorgung in Abu Dhabi

Von Johannes Tymann, Karl-Heinz Homann

Abu Dhabi, Emirat und führendes Mitglied der Föderation U.A.E., ist neben Saudi-Arabien und Kuwait größter Ölförderer auf der arabischen Halbinsel. Die ca. 200 000 Einwohner dieses Landes, das erst in den letzten Jahren aufgrund seines Ölreichtums von sich reden machte und das etwa ein Viertel der Fläche der Bundesrepublik ausmacht, erzielen vor Kuwait das höchste Pro-Kopf-Einkommen der Welt.

Hier werden derzeit durch Infrastrukturmaßnahmen größten Ausmaßes die Grundlagen für eine Existenz nach dem Ölzeitalter geschaffen. Die Expansion hat von der Insel Abu Dhabi auf das Festland übergegriffen. Eine parallele Entwicklung erfuhr die ca. 150 km entfernt auf dem Festland Abu Dhabi gelegene zweitgrößte Stadt des Landes: Al Ain. So kann man von einer Ausbreitung relativ dicht besiedelten Geländes auf der Achse Abu Dhabi (Stadt) — Al Ain sprechen. Längst verfügt das Land über hervorragende Asphaltstraßen. Basis aller weiteren Baumaßnahmen ist die Vergrößerung und Ausdehnung des vorhandenen Wasserversorgungsnetzes.

Das Land verfügt an der Küste über keinerlei Süßwasservorräte; daher erfolgt die Wassergewinnung hier ausschließlich in Meerwasserentsalzungsanlagen.

Werkstoffwahl

Das Wasser- und Elektrizitätsministerium (W.E. Department), für das ein deutsches Ingenieurbüro als Hauptconsultant tätig ist, hat schon früh die Vorteile des duktilen Gußrohres für die in Abu Dhabi gegebenen Verhältnisse erkannt:

- Unempfindlichkeit gegen rauhe Behandlung beim Transport
- Leichte Verlegbarkeit der Rohrverbindungen (TYTON-Steckmuffen)
- Widerstandsfähigkeit der Zementmörtel-Auskleidung gegen das aus Meerwasserentsalzungsanlagen gewonnene (später aufgehärtete) Wasser
- Widerstandsfähigkeit gegen den in den Ländern des arabischen Golfes besonders gefürchteten Mikrobenfraß
- Erwiesene Sicherheit im Betrieb

Hierzu muß man wissen, daß es in mehreren Nachbarstaaten Abu Dhabis Hersteller von Rohren aus anderen Materialien gibt, die schon allein aus Transportgründen bei oberflächlichem Vergleich mitunter billiger abschneiden als die Hersteller duktiler Gußrohre aus Deutschland.

Die in den letzten Jahren in Abu Dhabi gemachten Erfahrungen führten dazu, daß das duktile Gußrohr heute nicht nur fast ausschließlich ausgeschrieben wird, sondern es werden sogar ganze Leitungssysteme, die angesichts der gegebenen Verhältnisse häufig außer Betrieb waren, durch duktile Gußrohre ersetzt.

Anfangs hatten die auf dem Ölsektor bestehenden Verbindungen dazu geführt, daß US-amerikanische Großbauunternehmer mit US-amerikanischen Lieferanten Kontrakte großen Ausmaßes erhielten und abwickelten, aber nach und nach gelang es der deutschen Gußrohrindustrie, mit lokalen Bauunternehmern einen Teil des Marktes für sich zu gewinnen.

In diesem Zusammenhang sind auch die Absichten des Wasser- und Elektrizitätsministeriums begrüßenswert, sich bei der Wahl der Lieferanten nicht zu einseitig auszurichten.

Anhand des Beispiels eines soeben abgewickelten Projekts seien die dort auftretenden spezifischen Probleme erläutert, die eine Herausforderung an das duktile Gußrohr darstellen:

Lieferumfang

36,1 km Rohre DN 900 mit Zementmörtel-Auskleidung und TYTON-Langmuffe (für die man sich aufgrund der instabilen Bodenverhältnisse entschieden hatte) sowie die entsprechende Anzahl Formstücke und Armaturen.

Die Leitung knüpft an eine bereits vorhandene Transportleitung, ca. 10 km außerhalb der Insel Abu Dhabi, an und verläuft, im wesentlichen parallel zur Straße nach Al Ain, teils als einfache, teils als Doppelleitung. Die Fortführung der Leitung bis Al Ain wird zur Zeit geplant und dürfte im Verlauf des nächsten Jahres vergabebereit sein. Ein Verteilungsnetz in Al Ain befindet sich bereits im Bau.

Aufgrund der besonders instabilen Bodenverhältnisse wurden im Anschluß an die bereits durch Beton-Widerlager gesicherten 45°-Bogen beiderseits außerdem noch ca. 100 m Leitung längskraftschlüssig verlegt. Dies führte dazu, daß ca. 5600 m duktile Gußrohre mit Schubsicherungen versehen werden mußten; eine derartige Anzahl schubgesicherter Muffenverbindungen war wahrscheinlich bis dahin in dieser Dimension für einen einzigen Auftrag noch nicht hergestellt worden.

Zur Anwendung kam das Schubsicherungssystem TYTON-„TYS“. Die Funktion dieser Schubsicherung wurde bereits in der FGR-Informationsschrift Nr. 6 ausführlich beschrieben.

Innen- und Außenschutz

Die Tatsache, daß die Rohre nach ihrer Herstellung in der Winterzeit innerhalb weniger Wochen in heißes Tropenklima transportiert werden mußten, führte zu besonderen Maßnahmen bei der Ausreifung der Zementmörtel-Auskleidung unter Einsatz modernster Reifekammern im Werk vor der Freigabe zum Versand. Heute kann gesagt werden, daß auch die Zementmörtel-Auskleidung der zum Teil noch nicht verlegten, in der Sonne lagernden Rohre einen ausgezeichneten Eindruck macht und bei Herstellern, die die Ausreifung des Zementmörtels mittels eines dünnen Versiegelungsüberzuges („Seal Coat“, zum Teil in USA und Japan praktiziert) durchführen, Anerkennung hervorrief.

Als zusätzlicher Rohraußenschutz wurde eine 0,25 mm dicke Polyäthylen-Schlauchfolie gewählt, die vom Bauunternehmer beim Verlegen aufzubringen war. Angesichts der starken Sonneneinstrahlung entschied man sich für schwarz eingefärbtes und somit gegen UV-Strahlen stabilisiertes Polyäthylen-Material, da sich eine schattige Lagerung der Schlauchfolien nicht immer realisieren ließ.

Versand und Entladung

Auch der Versand der etwa 12000 t duktilen Gußrohre dieses Projektes erforderte Sondermaßnahmen. So wurden drei etwa gleiche Übersee-Partien auf Binnenwasserstraßen nach Antwerpen angeliefert. Die etwa 600 t Rohre fassenden Binnenschiffe wurden im werkseigenen Binnenhafen beladen und legten in Antwerpen längsseits der Seedampfer an, wodurch ein rationeller Umschlag gewährleistet wurde. Die sonst in Abu Dhabi üblichen Wartezeiten bei der Ankunft der gecharterten Frachter entstanden für **diesen** Auftrag erfreulicherweise aufgrund einer Sondervereinbarung mit dem zuständigen Ministerium nicht, da für die dringend erwarteten duktilen Gußrohre aus der Bundesrepublik ein Regierungskai, der für Waren mit Prioritätsstufe freigehalten wird, in Anspruch genommen werden konnte.

Das Entladen der Schiffe in Abu Dhabi erfolgte jeweils mit den schiffseigenen Hebezeugen unter Verwendung des vom Lieferanten beigestellten Spezialgeschirrs. Bei einer 20-stündigen Arbeitszeit betrug die Tages-Entladeleistung etwa 1000 t. Die Entladung selbst erfolgte durch eine ortsansässige Firma.

Transport zur Baustelle

Vom Schiff aus wurden die Rohre direkt auf LKW verladen und zu einem ca. 10 km von der Verlegestrecke entfernten Zwischenlagerplatz transportiert. Auf diesem Zwischenlager wurden auch einige Transportschäden behoben, die beim Löschen und während des Nachtransports ent-



Bild 1: Rohrtransport vom Zwischenlager zur Trasse



Bild 2: Verkleben der aufgezogenen PE-Schlauchfolie mit Klebebändern

standen waren. So wurden deformierte Spitzenden mit einer pneumatischen Rohrsäge abgetrennt und anschließend die Schnittkanten mit Handschleifern gerundet.

Nach einer Zwischenlagerung von etwa acht Wochen begann die Ver Streckung. Jeweils 6 Rohre wurden mit einem Fahrzeug zur Strecke transportiert (Bild 1). Die vorgesehene Trasse war vermessen und abgesteckt.

Verlegung

Das Gelände, in dem die Verlegung erfolgte, besteht aus einer ausgetrockneten Meeresbucht. Die Landschaft ist eben. Sie geht etwa 20 km hinter Abu Dhabi (Stadt) in Richtung Al Ain in ein Hügelland über. Außer der Unterquerung von drei Asphaltstraßen gibt es keine räumlichen Behinderungen für Verlegearbeiten. Der vorhandene Sandboden ist stark salzhaltig und mit Kleie-Schichten durchsetzt. Diese Gegebenheiten machten den bereits erwähnten zusätzlichen Schutz durch Polyäthylen-Folien erforderlich.

Für das Aufbringen der Folie hebt ein Autokran die auf Holzbalken ver Streckten Rohre kurz an. Der bereits vorher abgelängte PE-Schlauch wird aufgezogen und das Rohr wieder abgelegt (Bild 2). Während der aufgezogene

Schlauch mit Klebebändern verklebt wird, hebt der Kran das nächste Rohr an. Zum Anheben ist der Kran mit einem breiten Gurtband ausgerüstet. Der Autokran dient gleichzeitig zum Entladen der Lastwagen, die die Rohre und Formstücke vom Zwischenlager antransportieren.

Zur Verlegung der Rohre sind ein hydraulischer Bagger und ein Kettenfahrzeug mit Seitenbaum eingesetzt (Bild 3). Ein Frontlader folgt der Verlegekolonne und verfüllt den Rohrgraben sofort.

Die Verlegung wurde folgendermaßen organisiert (Bild 4 und 5):

- Der Bagger hebt ein Stück Rohrgraben aus.
- Das mit einem breiten Gurtband ausgerüstete Kettenfahrzeug holt ein mit PE-Schlauch umwickeltes Rohr und senkt es in den Rohrgraben ab.
- Die Muffe des bereits liegenden Rohres wurde während des Antransportes des neuen Rohres gesäubert, mit einem Dichtring versehen und mit Gleitmittel bestrichen.
- Das noch am Gurtband hängende, abgesenkte Rohr wird genau vor der Muffe ausgerichtet. Dann erfolgt der Einschub des Rohres mit der Baggerschaufel.



Bild 4: Verlegefahrzeug mit Seitenbaum und Bagger

Nach der vermessungstechnischen Kontrolle der Rohrlage wird etwas verfüllt und verdichtet (Bild 6). Dann wird der Gurt des Kettenfahrzeuges gelöst. Der Bagger hebt ein neues Stück Rohrgraben aus, und der beschriebene Ablauf wiederholt sich.



Bild 3: Zur Verlegung vorbereitete Rohre, mit PE-Schlauchfolie umhüllt



Bild 5: Ausrichten eines Rohres zum Einschub mit der Baggerschaufel



Bild 6: Verfüllen der ersten Lage

Zur Kontrolle des Dichtring-Sitzes befindet sich im Rohr ein Mann, der ständig mitwandert. Während der Verlegung des folgenden Rohres wird die Muffenverbindung des liegenden Rohres mit PE-Schlauch verklebt.

Bezüglich der Verlegung von PE-Folien-geschützten Rohren sei im übrigen auf die an anderer Stelle dieser FGR-Informationsschrift abgedruckte Anleitung zum Aufbringen von PE-Folien verwiesen.

Zur Be- und Entlüftung der Rohrleitung sind im Abstand von ca. 700 m automatische Be- und Entlüftungsventile der Nennweite DN 200 eingebaut. Handbetätigte Flügelklappen mit Stellungsanzeige dienen zum Absperren von Teilabschnitten der Leitung.

Die wesentlichen Operationen des Verlegevorganges wurden durch qualifizierte europäische und amerikanische Arbeitskräfte ausgeführt. So waren der hydraulische Bagger und das Kettenfahrzeug mit Seitenbaum durch erfahrene Fachkräfte besetzt. Die Überwachung der Arbeiten stand unter der Führung eines Ingenieurs und eines Verlegemeisters, der ständig anwesend war. Eine Verlegekolonne setzte sich aus ca. 20 Personen zusammen. Sie liegt damit zahlenmäßig wesentlich über den hiesigen Verhältnissen. Dafür sind die Stundensätze für die größtenteils pakistanischen Hilfskräfte niedrig. Bei der Leistungs-Beurteilung müssen jedoch die klimatischen Erschwernisse berücksichtigt werden.

Die Temperaturen bewegen sich zwischen 30 und 45° C. Die Luftfeuchtigkeit liegt ständig zwischen 80 und 100 %. In den heißen Mittagsstunden kann nicht gearbeitet werden.

Trotz dieser Erschwernisse betrug die Verlegeleistung bei 9-stündiger Arbeitszeit im Durchschnitt 50 Verbindungen pro Tag; dabei wurden Tages-Einzelleistungen bis zu 60 Verbindungen erzielt.

Die Abwicklung eines derartig großen Exportauftrages erfordert in der Montagephase eine erhöhte Bereitschaft des Lieferwerkes, bei plötzlich auftauchenden Problemen dem Kunden beratend und helfend zur Verfügung zu stehen. Das gilt sowohl für den eigenen Betrieb als auch für den Einsatz an Ort und Stelle. Dieser Dienst am Kunden spiegelt sich in der steigenden Tendenz der Gußrohr-Anwendung wider.

Beispiele für die praktische Bewährung duktiler Gußrohre

1. Beispiel: Rohrleitung DN 200 im Bergsenkungsgebiet

Fachleuten, die Rohrleitungsnetze im Bergsenkungsgebiet zu bauen und zu unterhalten haben, sind duktile Gußrohre mit Langmuffen in der Regel bekannt. Die Langmuffen-Ausführung ermöglicht der Rohrleitung die Aufnahme von Zerrungen oder Pressungen ohne Schaden in einem Umfang von etwa 1 % der Rohrlänge.

Daß darüber hinaus der Werkstoff duktiles Gußeisen in bestimmten Fällen noch zusätzliche Sicherheit bietet, zeigen *Bild 1 und 2*.

Die beiden Rohrenden waren durch einen Überschieber verbunden, und die Verbindungen waren in diesem Zustand dicht!

Das zuständige Wasserversorgungsunternehmen machte dazu folgende sachliche Feststellungen (Zitat):

„Bei der Auswechslung eines MMA-Stückes an einer Leitung DN 200 in Gladbeck mußte auch ein Überschieber mit freigelegt und ausgebaut werden, der die in beiliegenden Fotos dargestellten Druckrohrenden aus duktilem Gußeisen verband. Das U-Stück war 1971 eingebaut und wegen der zu erwartenden Bergbaueinwirkungen (Pressung) durch untertägigen Kohleabbau mit einer Distanz beider Rohrenden von 130 mm eingestellt worden. Es gab weder an den Rohren noch um U-Stück Spuren, die eine Undichtigkeit dieser Verbindung erkennen ließen.

Innerhalb von 6 Jahren hat die Leitung an dieser Stelle eine achsiale Verschiebung durch Bodenpressung von 130 mm (Vorgabe) plus 170 mm durch Verzahnung der Spitzenden ineinander (siehe Foto) aufgenommen.“



Bild 1



Bild 2

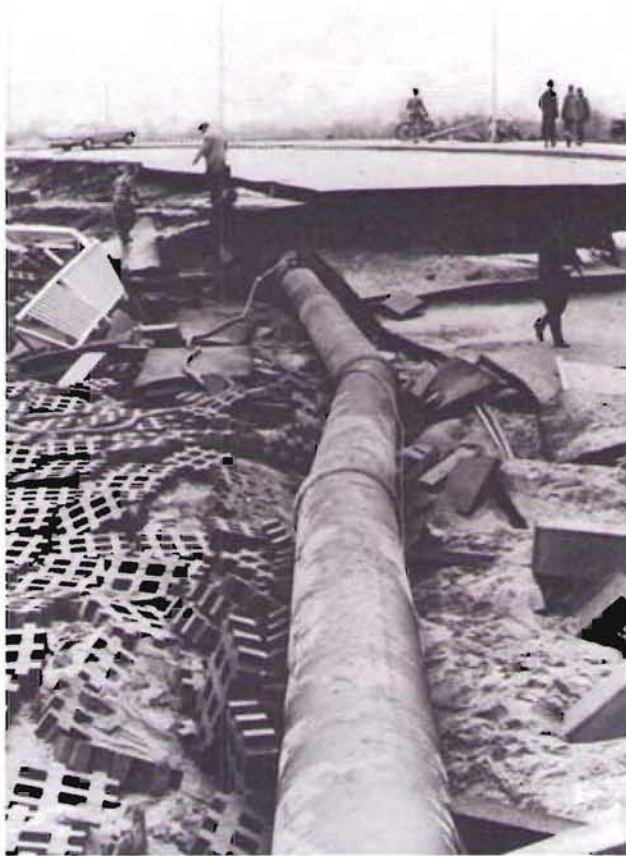


Bild 3

2. Beispiel: Rohrleitung DN 600 in einem Deich

Auch moderne Deiche sind bei Sturmfluten gefährdet. Dies zeigte sich Anfang 1976 bei der großen Sturmflut in Norddeutschland. Dort brach am 3. Januar der Auedeich in Wedel.

In dem Deich war 1975 eine Haupttransportleitung DN 600 aus duktilen Gußrohren mit TYTON-Langmuffen verlegt worden. Die Leitung wurde an der Deichbruchstelle bis zu 11° aus ihrer Lage gerissen, wie aus *Bild 3* ersichtlich. Die Rohrverbindungen blieben aber dicht. Die Leitung konnte erst 24 Stunden später, nachdem man an die überfluteten Schieber herangekommen war, außer Betrieb genommen werden.

Ein Bruch bzw. ein Undichtwerden der unter einem Betriebsüberdruck von 10 bar stehenden Rohrleitung hätte weitere verheerende Folgen gehabt, weil Wasser, das im Deichinneren ausströmt, die Standfestigkeit des gesamten Bauwerkes beeinträchtigt. Dazu ist es nicht gekommen, weil die verwendeten duktilen Gußrohre den aufgetretenen Belastungen standgehalten haben und die Rohrverbindungen dicht geblieben sind. Die TYTON-Langmuffen haben es ermöglicht, daß von der Rohrleitung die aufgetretenen Zerrungen bzw. Pressungen ohne weiteres aufgenommen wurden.

Aus der Reihe:

„fgr Informationen für das Gas- und Wasserfach“

sind die Hefte 1 bis 4 und 9 vergriffen. Die übrigen Ausgaben stellen wir Ihnen bei Bedarf gerne noch zur Verfügung. Bitte, benutzen Sie den nachstehenden Bestellschein.

Bestellschein

Bitte übersenden Sie mir kostenlos folgende Ausgaben der fgr Informationen

Heft 5:

Heft 6:

Heft 7:

Heft 8:

Heft 10:

Heft 11:

Heft 12:

Heft 13:

Gewünschtes bitte ankreuzen.

Name: _____

Anschrift: _____

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

Name: _____

Bisherige Anschrift: _____

Neue Anschrift: _____

Unsere Anschrift:

Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre · Konrad-Adenauer-Ufer 33, 5 Köln 1

Aus der Reihe:

„fgr Informationen für das Gas- und Wasserfach“

sind die Hefte 1 bis 4 und 9 vergriffen. Die übrigen Ausgaben stellen wir Ihnen bei Bedarf gerne noch zur Verfügung. Bitte, benutzen Sie den nachstehenden Bestellschein.

Bestellschein

Bitte übersenden Sie mir kostenlos folgende Ausgaben der fgr Informationen

Heft 5:

Heft 6:

Heft 7:

Heft 8:

Heft 10:

Heft 11:

Heft 12:

Heft 13:

Gewünschtes bitte ankreuzen.

Name: _____

Anschrift: _____

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

Name: _____

Bisherige Anschrift: _____

Neue Anschrift: _____

Unsere Anschrift:

Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre · Konrad-Adenauer-Ufer 33, 5 Köln 1

