

# ROHRE für GAS und WASSER

# fgr

Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre

8

Informationen für das  
Gas- und Wasserfach







<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
DR.-ING. WOLF-DIETER SCHNEIDER UND DR.-ING. ERICH THEIS <b>Das Schweißen von duktilen Gußrohren</b>	2
ING. (GRAD.) OTTO HOST, ING. (GRAD.) HORST SCHERWASS UND ROHRNETZ-OBERMEISTER WILLIBALD STEINLEIN <b>Hausanschlußstutzen und Sattelstutzen aus duktilem Gußeisen zum Anschweißen</b>	14
DIREKTOR W. HARRY SMITH, P. E. <b>Neuere technologische Fortschritte in der Gußrohrindustrie der USA</b>	19
REGIERUNGSBAUMEISTER DIPL.-ING. ALBRECHT KOTTMANN <b>Kritische Betrachtung der heutigen Rohrnetzberechnungen</b>	27
DR.-ING. PETER UNGER <b>Lokalisierung von Leckstellen in Wasserrohrnetzen mittels Mengendurchflußmessungen</b>	32
DIPL.-ING. GUNTHER PLATZER <b>Verlegung duktiler Gußrohre in Steilhängen alpiner Täler</b>	36
DIPL.-ING. ADOLF WOLF <b>Bestimmung der Reibungszahl <math>\mu</math> zwischen duktilen Gußrohren und verschiedenen Bodenarten</b>	40
ING. (GRAD.) KARL STAHL <b>Besondere Markierung der Flansche duktiler Formstücke</b>	41
DIPL.-ING. NORBERT RAFFENBERG <b>Verwendung von duktilen Gußrohren in Gasleitungen</b>	45

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

Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt

Druck: J. und A. Temming, Bocholt

Februar 1973

Titelbild:

Verlegung duktiler Gußrohre NW 600 mit zugfesten Verbindungen an einem Steilhang



# Das Schweißen von duktilen Gußrohren

Von WOLF-DIETER SCHNEIDER und ERICH THEIS

## 1. Allgemeine Betrachtungen über das Fügeverfahren Schweißen

Schweißen ist ein Fügeverfahren, das wirtschaftlich in der Werkstatt und auf der Baustelle eingesetzt werden kann. Bei rein statischer Beanspruchung ist es möglich, in der Verbindung die Mindestfestigkeitswerte des Grundwerkstoffes mit Sicherheit zu erreichen. Da die Einbrandkerben und die selbst bei bearbeiteten Verbindungen als Kerbe wirkenden Gefüge- bzw. Festigkeitsunterschiede zu einer Minderung der dynamischen Festigkeitseigenschaften führen können, ist es notwendig, bei den verschiedenen Werkstoffen für derartige Beanspruchungen die Kerbempfindlichkeit zu ermitteln und gegebenenfalls den Sicherheitsbeiwert zu erhöhen.

Kennzeichnend für das Schweißen ist die Tatsache, daß durch verflüssigten Zusatzwerkstoff über die angeschmolzenen Fugenflanken die Verbindung hergestellt wird. Als Wärmequelle dient in erster Linie der Lichtbogen. Die **Handschweißung** bringt zwar die geringste Abschmelzleistung, ist aber in allen Schweißpositionen anwendbar. Durch Auswahl entsprechender Elektrodendurchmesser und Schweißgeschwindigkeit (Strichraupen, Stauchen) läßt sich das Wärmeeinbringen in weiten Grenzen verändern. Dadurch kann man die Breite der Wärmeeinflußzone, die Abkühlungsgeschwindigkeit und die Menge des aufgeschmolzenen Grundwerkstoffes beeinflussen. Gleichstromschweißung am Plus- und Minus-Pol und Wechselstromschweißung wirken sich unterschiedlich auf Schweißverhalten in den verschiedenen Positionen, den Werkstoffübergang im Lichtbogen, die Abschmelzleistung, die Aufschmelztiefe im Grundwerkstoff und den Schlackenabgang aus. Durch diese mannigfachen Variationsmöglichkeiten ist die Handschweißung für Verbinden und Auftragen sehr anpassungsfähig. Mit Hilfe unterschiedlicher Umhüllungen läßt sich das Schweißverhalten entsprechend dem Verwendungszweck verändern. Die entstehende Schlacke schützt das Bad vor äußeren Einflüssen und führt zu erwünschten metallurgischen Reaktionen.

Die **halb- und vollmaschinelle Schutzgasschweißung** führt zu höheren Abschmelzleistungen. Sie kann in allen Schweißpositionen eingesetzt werden, in der über Kopf-Position allerdings nur bedingt. Der Schutz gegen äußere Einflüsse auf das Bad erfolgt durch einen gerichteten Gasstrom. Durch Wahl geeigneter Gase kann die Badtemperatur höher oder niedriger gehalten werden. Metallurgische Reaktionen erfolgen nicht. Bei ungünstiger Zusammensetzung der Gase ist eine Sauerstoffaufnahme des Bades möglich, die wiederum zu Porenbildung führt. Poren können auch auftreten, wenn der Schutzgasstrom z. B. durch Zugluft gestört oder durch den Wurzelspalt Luft angesaugt wird. Für Baustellen bzw. Arbeiten im Freien ist deshalb die Schutzgasschweißung weniger ge-

eignet. Sprühlichtbogen und Impulsüberlagerung verändern Tropfenübergang und Wärmeeinbringen, so daß gute Anpassungsmöglichkeiten für die verschiedenen Schweißaufgaben bestehen.

Durch die in den letzten Jahren auf den Markt gekommenen Fülldrähte besteht die Möglichkeit, praktisch jede gewünschte Schweißgutzusammensetzung zu erreichen, durch Schlackenbildner im Draht einen zusätzlichen Schutz gegen äußere Einflüsse und metallurgische Reaktionen zu erzielen. Gleichzeitig kann das billigere CO<sub>2</sub> als Schutzgas verwendet werden. Die neueste Entwicklung bringt Fülldrähte, die Schutzgas abgebende Stoffe enthalten, so daß ohne die übliche Gaszugabe und auch im Freien ohne die Gefahr der Porenbildung geschweißt werden kann. Vorerst ist aber nur ein Arbeiten in waagerechter Position möglich.

Die **Unterpulver-Schweißung** bringt sehr hohe Abschmelzleistungen, läßt sich aber nur in waagerechter Position anwenden und weist ein verhältnismäßig großes Schweißbad auf. Für das Schweißen von Rohren fällt sie deshalb aus, besonders, wenn geringe Wanddicken und kleine Nennweiten vorliegen.

Weitere Fügeverfahren, wie z. B. **Elektronenstrahl-schweißen, Plasmaschweißen, Reibschweißen und Gasschmelzschweißen** sind auf Sonderfälle beschränkt und sollen aus diesem Grunde hier nicht weiter behandelt werden.

Beim Schweißen wird örtlich eine sehr hohe Wärmemenge zugeführt, die durch die große Masse des umgebenden Werkstoffes wieder schnell abgeführt wird. Die Folge ist eine sehr schmale Wärmeübergangszone mit steilem Temperaturgradienten von Schmelzbis Grundwerkstoff-Temperatur und hoher Abkühlungsgeschwindigkeit. Der Gradient wird flacher und die Abkühlungsgeschwindigkeit kleiner, wenn Wärmeeinbringen und Vorwärmtemperatur ansteigen. Trotzdem die hohe Temperatur nur kurzzeitig einwirkt, tritt eine starke Überhitzung und Kornvergrößerung auf, die je nach Zusammensetzung des Grundwerkstoffes in Verbindung mit der schnellen Abkühlung zu hoher Härte und geringerer Verformungsfähigkeit führen kann.

Nach Untersuchungen, die an **Stahl** durchgeführt wurden, kann das im Bereich der Härtespitze der Übergangzone auftretende Gefüge durch Abschrecken von 1300/1350 °C in Wasser erzeugt werden. Es herrschte lange Zeit die Meinung vor, daß mit steigender Härte Schlagzähigkeit und Verformungsvermögen gleichmäßig absinken würden. Aus diesem Grunde wurde eine maximale Härte von 300 HV vorgeschrieben. Außerdem ist der C-Gehalt, von dem allein die erreichbare Höchst Härte abhängt, auf 0,22 % begrenzt worden. Da sich bei den härtesten Stählen, die mehr oder weniger stark legiert sind, eine



Härte von max. 300 HV nicht mehr einhalten läßt, wurden umfangreiche Versuche über den Einfluß der Härte in der Übergangszone auf die Zähigkeit durchgeführt. Hierbei ergab sich, daß nicht die Härtehöhe von Bedeutung ist, sondern der Gefügebau. In vielen Fällen ist eine geringere Härte, die durch höheres Wärmeeinbringen und höhere Vorwärmtemperatur künstlich erreicht wurde, durch ungünstigen Gefügebau schlechter als eine höhere Härte. Ausschlaggebend sind die Gebrauchseigenschaften. Ist die Verbindung in der Lage, durch Fließen Spannungsspitzen abzubauen, und weist sie in der Übergangszone eine Mindestkerbschlagzähigkeit auf, bestehen keine Bedenken, auch höhere Härtewerte zuzulassen. Höherlegierte Werkzeugstähle, die in großem Umfang verschweißt werden, erreichen in der Wärmeeinflußzone Härten von 600 bis 700 HV und ertragen trotzdem hohe schlagartige Beanspruchungen.

**Duktiles Gußeisen** galt lange Zeit wegen seines hohen C-Gehaltes als nicht schweißbar. Durch Änderung der Vorwärmtemperaturen und Spezialelektroden ist es dann aber gelungen, Reparatur- und Fertigungsschweißungen durchzuführen. Bei der Schweißung von duktilem Gußeisen treten hauptsächlich zwei Schwierigkeiten auf. Durch das Anschmelzen der Nahtflanken wird von dem Schweißgut Kohlenstoff aufgenommen. Ein handelsübliches rißsicheres Schweißgut darf aber höchstens 0,12 % C aufweisen. Da die Elektroden meist auf 0,06-0,10 % C eingestellt sind, erhöht schon eine geringe C-Aufnahme die Rißgefahr sehr stark. Bei Auftragsschweißungen, zu denen auch die Reparatur- und Fertigungsschweißungen gehören, sind C-Gehalte bis 0,4 % im Schweißgut möglich. Gleichzeitig müssen aber Karbidbildner wie z. B. Cr und Ti zugegeben werden, um den Kohlenstoff mindestens teilweise abzubauen. Diese Karbide erhöhen außerdem die Verschleißfestigkeit der Auftragsschicht. Der C-Gehalt führt zu hohen Festigkeiten und geringer Verformungsfähigkeit, so daß Schweißspannungen in Verbindungen nicht ausreichend abgebaut werden können. Bei der hier vorliegenden Härte tritt die Martensitbildung erst im Bereich von ca. 200° C auf. Die Festigkeitswerte sind dann bereits hoch, die Dehnungswerte gering. Mit der Martensitbildung verbundene Volumenänderungen führen zu neuen Eigenspannungen, die schlecht abgebaut werden können. Die zweite Schwierigkeit ist die Wärmeeinflußzone. Der gesamte Kohlenstoff geht wieder in Lösung und die schnelle Abkühlung führt zu einer spröden harten Zone mit Martensit und Zementit. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß diese spröde Zwischenschicht die Gebrauchseigenschaften nicht stört, wenn sie durch gut verformbare Nachbarbereiche geschützt wird, die auch Spannungsspitzen abbauen.

Nachdem übliche Elektroden wegen der Aufkohlungsgefahr ausschieden, wurden für die Fertigungsschweißung **Ni- und NiFe-Elektroden** entwickelt, die ein rißfreies Schweißen zunächst bei Vorwärmtemperaturen von ca. 150-250° C erlaubten. Das Schweißgut ist gut verformungsfähig, umwandlungsfrei, hat keinen hohen Ausdehnungsbeiwert, kann ohne Gefahr

Kohlenstoff aufnehmen und grafitisiert bei der Abkühlung. Es bildet sich in der Aufmischungszone hochharter Ni-Martensit, der auch durch Glühen über Ac<sub>3</sub> nicht zerstört werden kann. Aus Angst vor harten Zonen bestand wenig Neigung, diese Elektroden für Verbindungs- bzw. Konstruktionsschweißungen einzusetzen. Stattdessen wurde versucht, **Elektroden mit arteigenem Schweißgut** zu entwickeln. Versuche ergaben, daß die Vorwärmtemperatur mindestens 400° C betragen muß, und die Rißgefahr groß ist. Die Abkühlung nach dem Schweißen bringt keine ausreichende Grafitisierung trotz Zugabe von Impfstoffen. Eine Wärmenachbehandlung über Ac<sub>3</sub> ist notwendig. Sie bringt aber nur Erfolg, wenn mit 2,5 mm  $\phi$  und 3,25 mm  $\phi$ -Elektroden geschweißt wird. Für eine Baustellenschweißung sind Elektroden dieser Art nicht brauchbar.

Inzwischen wurden dann Ni- und NiFe-Elektroden an Hausanschlüssen und Verbindungen erprobt. Entgegen den Befürchtungen ergab sich, daß trotz der harten Ni-Martensit-Schicht die Gebrauchseigenschaften gut sind. Allgemein war man der Ansicht, daß man bei entsprechender Vorwärmung nur kurze dünne Strichraupen ziehen sollte, um das Wärmeeinbringen niedrig zu halten. Laufende Fertigungsschweißungen haben aber ergeben, daß ein Vorwärmen nicht erforderlich ist. Besser scheint es zu sein, sofort möglichst viel Schweißgut aufzutragen und die Vorwärmung durch Schweißwärme zu ersetzen.

Nachstehend wird über einige Erfahrungen mit der Hand- und Schutzgas-Schweißung berichtet.

## 2. Handschweißversuche an duktilen Gußrohren mit Eisen-Nickel-Elektroden

Nachdem bereits das Fertigungsschweißen von Gußeisen in die Praxis breiten Eingang gefunden hat, sollte in diesen Untersuchungen nach Wegen gesucht werden, eine Schweißverbindung, die der vollen statischen und dynamischen Beanspruchung in der Praxis standhält, herzustellen. Besonderes Interesse fand hierbei

- 2.1 das Anschweißen von Abgängen an duktile Gußrohre sowie
- 2.2 das Anschweißen von Flanschen und Verbindungsschweißen an Glattrohren.

Es konnte auf umfangreiche Erfahrungen beim Fertigungsschweißen hochfester GGG-Sorten, die nach Auswahl einer geeigneten NiFe-Elektrode an ca. 1 t schweren Gußstücken unter behördlicher Aufsicht durchgeführt wurden, zurückgegriffen werden. Sie sind jedoch nicht direkt auf Verbindungsschweißungen übertragbar, da keine übliche Nahtvorbereitung vorlag und das Schweißgut vorwiegend statisch auf Druck beansprucht wird. Für die vorgenannten Anwendungsfälle 2.1 und 2.2 ist neben der sicheren Dichtigkeit von der Schweißverbindung die volle statische und dynamische Belastbarkeit gefordert. Da weder die Schweißergebnisse noch die Schweißvorschrift von hochfesten perlitischen GGG-Sorten zwanglos auf ferritische und ferritisch/perlitische



Gußeisenqualitäten anderer chemischer Zusammensetzung übertragen werden können, wurden Schweißversuche mit zahlreichen NiFe-Elektroden verschiedener Hersteller durchgeführt. Die von den Herstellern angegebenen Richtwerte für vier Elektrodenarten, die in einer Vorauswahl die günstigsten

Schweißigenschaften aufwiesen, sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Auf Schweißungen mit Ni-Elektroden wurde verzichtet, da nach Herstellerangaben im Vergleich zu NiFe-Elektroden wesentlich niedrigere Streckgrenzen vorliegen sollen.

Elektrode	chemische Zusammensetzung %							Angaben der Hersteller über Güterwerte des reinen Schweißgutes (Richtwerte)			
	C	Si	Mn	Ni	Ca	Fe	sonstiges	$\sigma_B$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{0,2}$ N/mm <sup>2</sup>	$\delta$ %	HB N/mm <sup>2</sup>
a	1,5	0,5	0,3	53	0,1	45	Rest	—	—	—	—
b	0,5—1,0	0,5	1—2	50	—	42—47		400-450	300	5	2000
c	0,9	0,3	0,8	55—60	—	Rest	1,0	480-570	330	15	1800
d	1,2	—	—	58	1,0	Rest	1,0	450-550	300	10	1800

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung und Richtwerte für mechanische Eigenschaften des reinen Schweißgutes

Zur endgültigen Auswahl der günstigsten Elektrode und zur Ermittlung der sichersten Schweißbedingungen wurden aus Rohren herausgetrennte Probestücke mit einer Rundnaht verschweißt und senkrecht zur Schweißnaht Zugproben und Proben für metallografische Untersuchungen entnommen. Dabei sind die von den Herstellern auf den Elektrodenpaketen z. B. zur Schweißstromstärke und Stromart angegebenen Richtwerte besonders im Hinblick auf sichere Verschweißbarkeit in unterschiedlichen Schweißpositionen überprüft worden. Als in allen Positionen am besten zu verschweißen stellte sich die Elektrode c, an Wechselstrom verschweißt, heraus (Tabelle 2). Die in diesen Schweißverbindungen erreichten mechanischen Eigenschaften (Tabelle 3) betragen im Mittel für  $\sigma_B = 488 \text{ N/mm}^2$  (48,8 kp/mm<sup>2</sup>),  $\sigma_{0,2} = 352 \text{ N/mm}^2$  (35,2 kp/mm<sup>2</sup>) und  $\delta = 5,1 \%$  und liegen hauptsächlich aufgrund der besseren Schweißigenschaften erheblich über den Ergebnissen der anderen Elektroden. Selbstverständlich tritt auch bei der Gußeisenschweißung ähnlich wie bei der Stahlschweißung eine Schmelz- und Wärmeübergangzone (Bild 1) auf. Trotzdem weist jedoch die Schweißverbindung, wie später nachgewiesen wird, ausreichende Gebrauchseigenschaften auf, wenn sie nach der hier erarbeiteten Schweißvorschrift (siehe 2.11) hergestellt wird.

### 2.11 Anschweißen von Hausanschlußstutzen

Neben den bisher zum Anschluß von Hauszuleitungen an Hauptleitungen aus duktilen Gußrohren eingesetzten gummigedichteten Anbohrschellen unterschiedlicher Konstruktion hat zunehmend, besonders in der Gasversorgung, das Anschweißen von Hausabgängen in die Praxis Eingang gefunden[1]. Nachdem zuerst auf die in der Gaswirtschaft bewährten und gebräuchlichen Anschlußstutzen aus schweißbarem Temperguß zurückgegriffen werden konnte, liegen nunmehr nach weitergetriebener Entwicklung auch duktile Hausanschlußstutzen in unterschied-

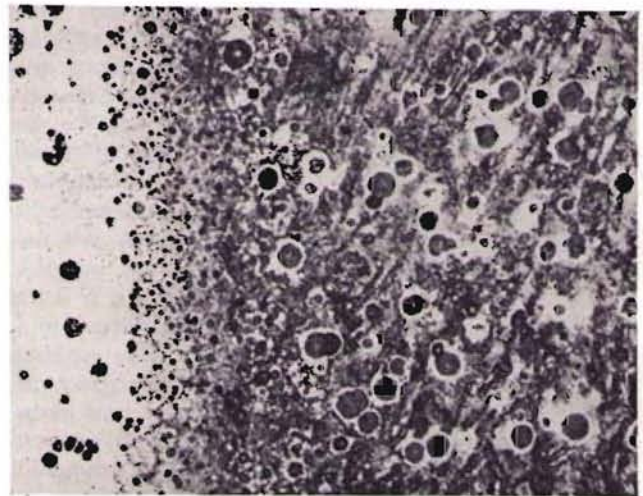


Bild 1: Wärmeübergangzone bei duktilem Gußeisen

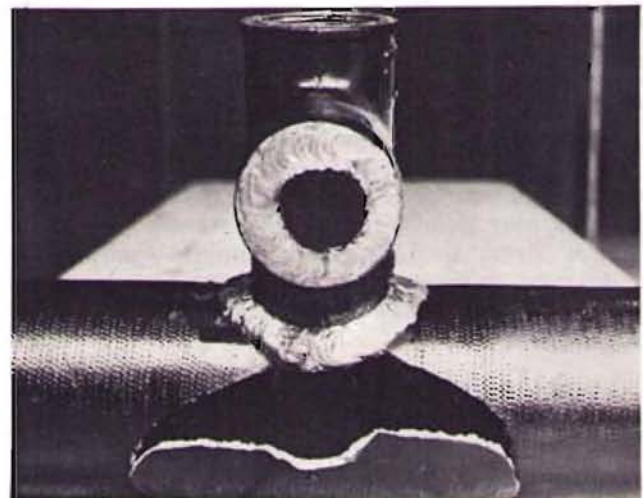


Bild 2: Mit der Elektrode c an ein Gußrohr NW 100 geschweißter bei 350 bar geborstener Hausanschluß-T-Stutzen



Elektrode	Angaben Lieferwerk					Beurteilung des Schweißverhaltens aus der Sicht des Schweißers				
	$\phi$	A	Stromart			Stromart	Polung	Position	Beurteilung	
			~	+	-					
a	2,5	40—70				=	+	w	3	
								s	3	
								ü	3	
	3,25	70—100				=	-	w	3	
								s	4	
								ü	4	
4,0	100—140				~			nicht verschweißbar		
b	2,5	60—75	×	×		=	+	w	2	
								s	3	
								ü	3	
	3,25	90—100	×	×		=	-	w	2/3	
								s	2/3	
								ü	2/3	
4,0	110—140	×	×		~		w	2		
							s	2		
							ü	2		
c	2,5		×		×	=	+	w	4	
								-	w	3
									s	4
	3,25	100—150	×		×	=		ü	4	
								w	1	
								s	1	
4,0	120—170	×		×	~		ü	1		
							w	2		
							s	4		
d	2,5					=	+	w	2	
								s	4	
								ü	2	
	3,25	90—130				=	-	w	4	
								w	4	
4,0	110—150				~		w	4		
							w	4		

**Beurteilung**

1 = sehr gut  
 2 = gut  
 3 = ausreichend  
 4 = schlecht

**Position**

w = waagrecht  
 s = senkrecht  
 ü = über Kopf

Tabelle 2: Ergebnisse zum Schweißverhalten der untersuchten Elektroden

Elektrode	Grundwerkstoff			Mechanische Eigenschaften								Versuchszahl n Stück
				mittlere Gütewerte bei Versuchsschweißungen				max. Gütewerte bei Versuchsschweißungen				
	$\sigma_B$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{0,2}$ N/mm <sup>2</sup>	$\delta$ %	$\sigma_B$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{0,2}$ N/mm <sup>2</sup>	$\delta$ %	Biege o	$\sigma_B$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{0,2}$ N/mm <sup>2</sup>	$\delta$ %	Biege o	
a	490-510	340-350	21-23	301	301	2,3	7,7	454	368	5,0	16	11
b	490-520	330-340	19-20	331	272	3,2	14,9	500	356	11,0	26	12
c	480-530	340-360	15-20	488	352	5,1	12,9	540	410	10,5	20	17
d	490-500	350-370	17-22	436	325	3,9	8,7	505	356	6	14	7

\*) nach DIN 50121 und DIN 50125

Tabelle 3: Gütekenwerte des Grundwerkstoffes und der Schweißverbindung bei ausgewählten Ni-Fe-Elektroden



licher Form vor. Es wurden neben schon im Handel erhältlichen Hausanschlußstutzen (Bild 2) weitere Konstruktionsformen zur Ermittlung der besten Gebrauchseigenschaften geprüft. Es sind glatte, zylindrische Hausanschlußstutzen mit und ohne Sattel auf Rohre NW 100 bis NW 200 in ähnlicher Weise wie Tempergußstutzen [1] aufgeschweißt worden. Außerdem wurde auch ein Stutzen eines anderen Werkes mit einer Durchmesserergrößerung im Anschlußbereich auf ein Rohr der NW 200 geschweißt. Dieser Stutzen soll größere Biegemomente übertragen können. Die Hausanschlußstutzen wurden nach der folgenden **Schweißvorschrift**, die die günstigsten Ergebnisse gewährleistete, mit der Elektrode c aufgeschweißt.

In gleicher Weise wie bei Stahl muß der Schweißbereich vorbereitet werden. Alle Stellen, die mit dem Schweißgut in Berührung kommen, müssen metallisch blank und trocken sein, d. h. Rost, Zunder, Teer und sonstige Verunreinigungen sind zu entfernen. Bei hoher Luftfeuchtigkeit, Temperaturen unter  $+ 10^{\circ}\text{C}$  und Gefahr von Schwitzwasser ist auf mind.  $80^{\circ}\text{C}$  vorzuwärmen. Der in gleicher Weise vorbereitete Stutzen wird aufgesetzt und entsprechend Bild 3 a geheftet. Um ein Reißen der Heftstelle zu vermeiden, darf diese

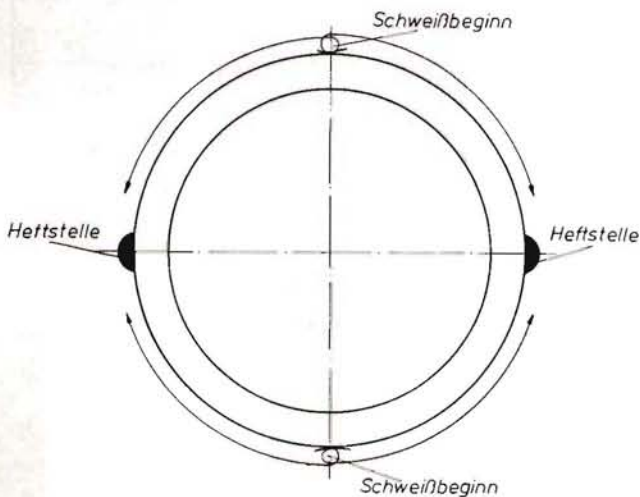


Bild 3a: Prinzipskizze zum Anschweißen von Abgängen an duktile Gußrohre

nicht zu dünn ausgeführt werden. Sie sollte etwa 10 mm lang sein und in der Höhe einem a-Maß von 6 mm entsprechen. Nach dem Erkalten ist vom Spalt aus auf beiden Seiten die Heftstelle schräg anzuschleifen, damit beim Schweißen der Kehlnaht am Auslauf keine Wurzelfehler durch vorlaufende Schlacke auftreten (Bild 3 b). Durch dieses Anschleifen wird auch das Überschweißen von Heftstellen erleichtert. Am höchsten Punkt der Heftstelle braucht dann nur leicht angeschmolzen zu werden. Dünne Nähte und Schweißen mit geringem Wärmeeinbringen erhöhen die Rißgefahr. Die Kehlnaht soll deshalb in einer Lage sofort auf ein a-Maß von ca. 6 mm gebracht werden. Am Schweißbeginn muß das Bad gut flüssig sein. Um dies zu erreichen, wird zunächst etwa 10 mm in entgegengesetzter Richtung geschweißt und dann ohne Absetzen in der beabsichtigten Rich-

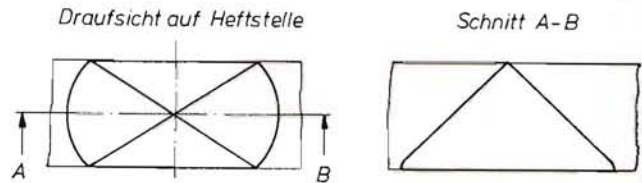


Bild 3b: Prinzipskizze zur Heftstellenvorbereitung

tung über den Nahtanfang hinweg geschweißt. Um die Nahthöhe in einer Lage zu erreichen und gleichzeitig Wurzelfehler zu vermeiden, ist im Dreieck zu schweißen (siehe Bild 3 c). Grundsätzlich sind immer Stehnahte zu schweißen. Bei Fallnähten läßt sich nicht genügend viel Schweißgut pro Lage einbringen, so daß Rißgefahr besteht. Das Aufschweißen von Stutzen muß in der gleichen Schweißwärme erfolgen. Zwischenabkühlungen sind nicht zulässig. Endkrater sind stets zu füllen.

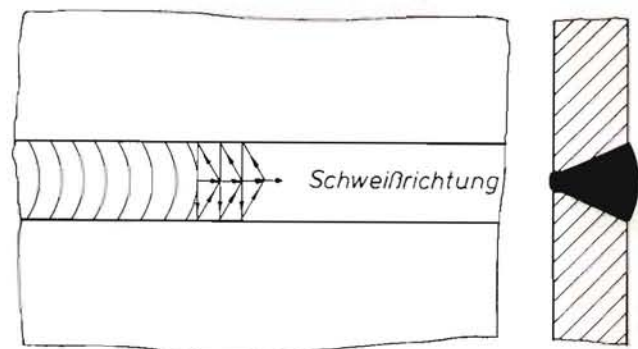


Bild 3c: Prinzipskizze zum Schweißen im Dreieck

Bei hohen Stromstärken besteht die Gefahr, daß das Elektrodenende rotglühend wird und die Umhüllung ihre guten Schweißeigenschaften verliert oder auch teilweise abfällt. Glüht das Elektrodenende auf, ist das Reststück deshalb wegzuworfen. Die vom Hersteller angegebenen Schweißstromstärken sind nur Richtwerte. Da die Meßgeräte meistens nicht geeicht sind und die Länge der Schweißkabel zu einem Spannungsabfall führen kann, muß die geeignete Stromstärke durch Schweißen an einer Probe visuell eingestellt werden. Als Probe darf nur duktiler Gußeisen verwendet werden.

Es wurde untersucht, ob auf die sicherlich im Vergleich zum unmittelbaren Aufschweißen aufwendigere Puffernaht verzichtet werden kann. Dabei stellte sich heraus, daß der Vorteil der Puffernaht in der geringeren Schweißspannung liegt und eine Zwischenkontrolle auf Risse besser möglich ist. Des weiteren ist es günstig, den Schweißprozeß in möglichst einfache und sicher zu beherrschende Einzelphasen zu unterteilen. Ein Puffern des Stutzens wäre auch dann zu empfehlen, wenn besonders ungünstige Schweißpositionen an der Baustelle vorliegen. In diesem Falle wird dann die Verbindung nur zwischen Schweißgut hergestellt und die Rißgefahr ist hierbei am geringsten.

Grundsätzlich kann aber beim Aufschweißen duktiler Stutzen auf duktile Gußrohre auf das Anbringen



		Zylindr. Stutzen mit Sattel	Zylindr. Stutzen ohne Sattel	Zylindr. Stutzen mit Erweiterung im Anschweißbereich	Zylindrische T-Stutzen			
		⌋⌋	⌋⌋	⌋⌋	⌋⌋			
Prüfdrücke a) Bersten b) bei Undichtheit	bar	150-200	200-280	250	350	280	350	340
Biegemomente	Nm	7500	15000	n. b.	13350	13800	14100	15200
Biegewinkel	o	1/4	3	n. b.	2,1	2,2	1,1	2,5
Abmessungen		Rohre NW 150 Abgänge 2"	Rohre NW 150 Abgänge 2"	Rohr NW 200 Abgang 2"	Rohr NW 150 Abg. 1 1/2"	Rohr NW 150 Abgang 2"	Rohr NW 100 Abg. 1 1/2"	Rohr NW 100 Abgang 2"

Tabelle 4: Gebrauchseigenschaften von angeschweißten Hausanschlußstutzen

einer Puffernaht verzichtet werden, da nach den vorliegenden Erfahrungen bei geübten Schweißern der Schweißvorgang als sicher zu bezeichnen ist und der Unterschied im Festigkeitsverhalten der Schweißverbindung im Vergleich zwischen gepufferten und ungepufferten Stutzen unter Berücksichtigung praktischer Beanspruchungen nicht nennenswert ist.

Zum Nachweis der einwandfreien Verschweißung sollte zweckmäßigerweise eine einfache Luftdruckprüfung mit ca. 2 bar (2 kp/cm<sup>2</sup>) oder Wasserdruck-

prüfung mit ca. 10 bar (10 kp/cm<sup>2</sup>) durchgeführt werden.

Nach dem oben beschriebenen Schweißverfahren angeschweißte duktile Hausanschlußstutzen unterschiedlichster konstruktiver Gestaltung erbrachten mit 1 m langen Rohrabschnitten NW 100 bis NW 200 **Berstdrücke**, die bis auf bei Stutzen mit Sattel weit über den rechnerischen Mindestberstdrücken für glatte Rohre [2] liegen (Tabelle 4 und Bild 4). Der Vergleich der Höchstdrücke bei Versagen der Rohre macht deut-

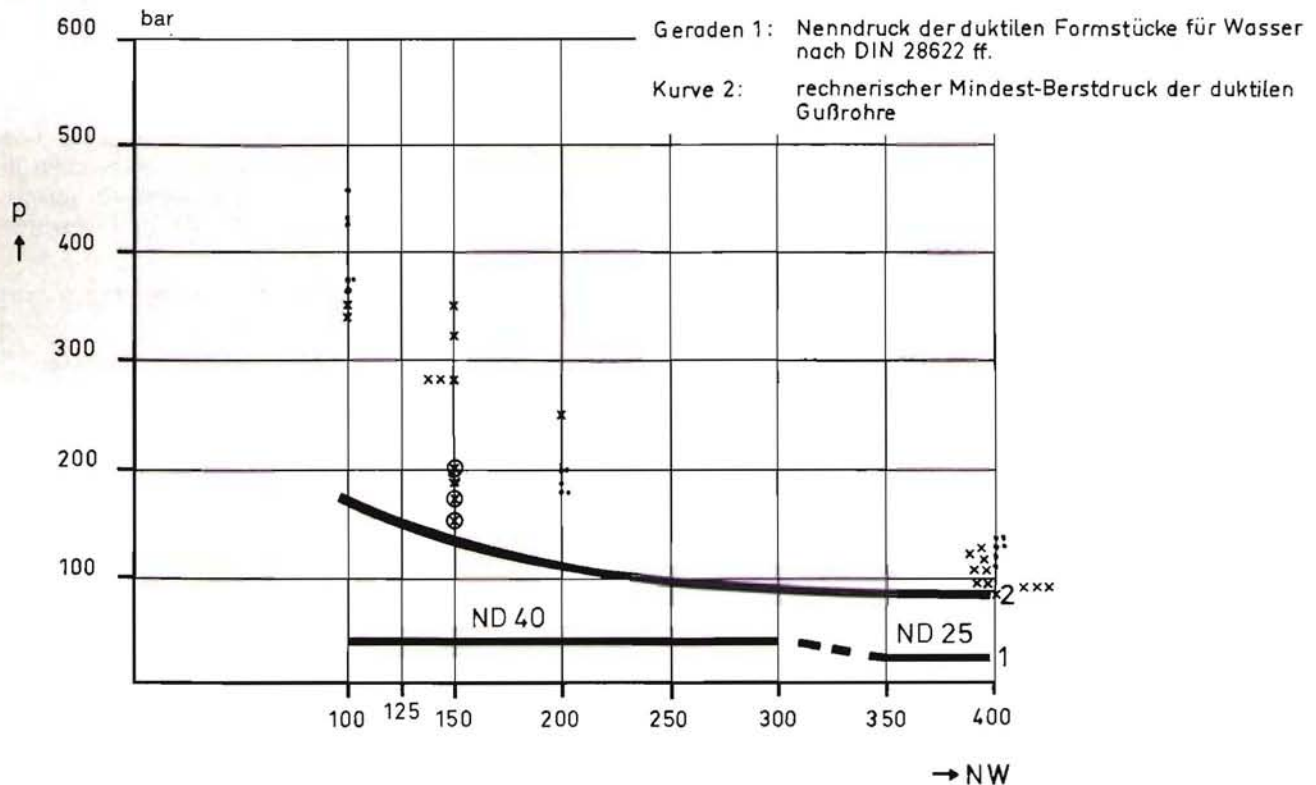


Bild 4: Vergleich der Berstdrücke von duktilen Formstücken NW 100 bis NW 400 nach N. Raffenberg [2] mit Ergebnissen von Rohren mit angeschweißten F-Stücken  
 ( · für ungeschweißte Formstücke, Rohr  $\phi$  = Abgang  $\phi$ ; nach N. Raffenberg  
 x für: angeschweißte Stutzen, Rohr  $\phi$  > Abgang  $\phi$   
 (X) für: angeschweißte Stutzen mit Sattel, Rohr  $\phi$  > Abgang  $\phi$  )



lich, daß auch bei einer einfach gestalteten Form des Abgangstutzens gleich hohe und zum Teil über den mit aufwendigeren Konstruktionsformen erzielten Ergebnissen erreicht werden können.

Einen schon in der Praxis eingesetzten T-förmigen Hausanschlußstutzen [3], der an ein Gußrohr NW 100 angeschweißt wurde, zeigt nach dem Bersten bei 350 bar (350 kp/cm<sup>2</sup>) das Bild 2. Der errechnete Berstdruck von 290 bar (290 kp/cm<sup>2</sup>) liegt nicht wesentlich unter dem praktisch erreichten. Nähere Einzelheiten über Ergebnisse des praktischen Einsatzes von duktilen Hausanschlußstutzen sind der in diesem Heft veröffentlichten Arbeit von O. Host, H. Scherwass und W. Steinlein [3] zu entnehmen.

#### 2.12 Anschweißen von Abgängen an Rohre großer Nennweiten

Zur Herstellung von Anschlüssen, wie z. B. Entlüftungstutzen bei größeren Leitungen nach der Verlegung ohne erhebliche Störungen in der Versorgung und zur Herstellung von Sonderformstücken durch Schweißen bzw. Sonderrohren mit Abgang besteht der Wunsch, derartige Verbindungen durch Schweißen herzustellen. Aus den verschiedenen, in zahlreichen Veröffentlichungen diskutierten Möglichkeiten wurden in dieser Versuchsreihe glatte, zylindrische Stutzen ohne Verstärkung ausgewählt [4] [5] [6] [7] [8]. Dies liegt darin begründet, daß einmal die Grenzen dieser einfachen Ausführung ermittelt werden sollten und zum anderen eine Möglichkeit gesucht wurde, Schweißfehler durch eine höher beanspruchte Naht leichter zu finden. Die Durchmesser-Verhältnisse von Rohr zu Stutzen wurden entsprechend der Größe der Hauptnennweite zwischen 2 : 1 und 4 : 1 bei den untersuchten Rohren bis NW 1000 gewählt. Geschweißt wurde analog der unter 2.11 angegebenen Schweißanleitung, wobei auch bei den großen Stutzen nicht auf ein vorheriges Legen einer Puffernaht zur Herstellung des einwandfreien Verbundes zwischen Rohrgrundmaterial und Kehlnaht verzichtet wurde.

S. Schwaigerer [8] gibt entsprechend den deutschen Berechnungsvorschriften für die Berechnung des zulässigen Innendrucks von Hohlzylindern mit senkrechten Stutzen folgende Beziehung an:

$$p = \frac{2 (s-c) v K/S}{d + (s-c) v}$$

- p = zulässiger Innendruck  
 s = Wanddicke des Rohres  
 d = Innendurchmesser des Rohres  
 c = Abnutzungszuschlag  
 v = Verschwächungsbeiwert  
 K = Werkstoffkennwert  
 S = Sicherheitsbeiwert

Die aus oben angeführter Beziehung errechneten Berstdrücke der 1 m langen Versuchsstücke sind in Tabelle 5 den tatsächlichen gegenübergestellt. Durchweg konnten in diesen Versuchen Ergebnisse erreicht werden, die mit einer Ausnahme über den errechneten Berstdrücken lagen. Die teilweise starken Überschreitungen bedürfen weiterer Untersuchungen, wie z. B. der Spannungsanalyse durch DMS-Messungen, die z. Z. noch nicht abgeschlossen sind.

Die in Bild 4 eingezeichneten Ergebnisse der **Berstversuche** belegen, daß bei Rohren NW 400 mit angeschweißten Abgängen NW 100 und NW 200 die Drücke bei Versagen die von K. Wellinger und H. Gaßmann [9] geforderte 2,3 fache Sicherheit gegenüber dem Nenndruck von 25 bar (25 kp/cm<sup>2</sup>) erreichten. Sie lagen auch über dem rechnerischen Mindestberstdruck für duktile Gußrohre. Das Bild 5 zeigt ein Gußrohr NW 400 mit angeschweißtem F-Stück NW 200. Die Schweißverbindung ist durch Bersten bei 123 bar (123 kp/cm<sup>2</sup>) ausgefallen.

Zur Ermittlung des Einflusses **dynamischer Belastungen** auf das Festigkeitsverhalten angeschweißter Stutzen wurden Rohre NW 400 mit Abgängen von NW 100 und NW 200 Innendruckschwellversuchen in Anlehnung an [9] mit  $4 \times 10^4$  Lastwechseln ausgesetzt. Entsprechend dem nach DIN 28610 zulässigen

Elektrode	Rohr NW	Abgang NW	Wasserinnendruck [bar]			
			dicht	undicht	Berstdruck	
					erreicht	errechnet nach [8]
c	400	100		95		103
				105		106
				84		72
				118		69
	400	200			123	99
					102	76
					95	71
				120		78
				90		66
				90		55
				115		93
	89		95			
d	400	100		80		86
					95	80

Tabelle 5: Ergebnisse der Wasserinnendruckprüfung duktiler Gußrohre mit angeschweißten Abgängen



Nennndruck von 25 bar ( $25 \text{ kp/cm}^2$ ) für Wasserleitungen und dem daraus resultierenden Grabenprüfdruck von 30 bar ( $30 \text{ kp/cm}^2$ ) wurde ein maximaler Druck für den Schwellversuch von 30 bar ( $30 \text{ kp/cm}^2$ ) bei

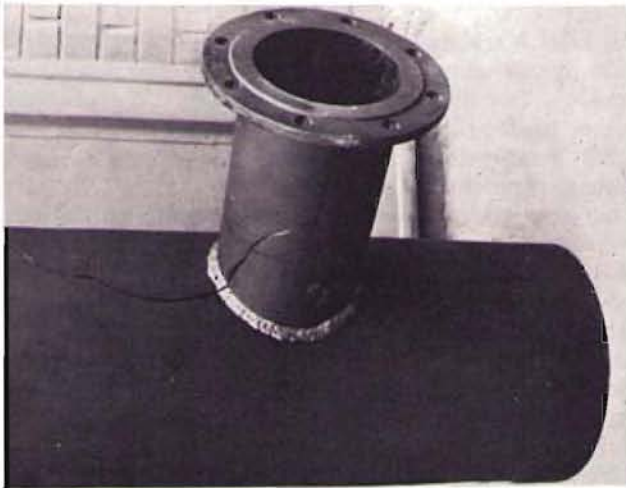


Bild 5: An ein Gußrohr NW 400 angeschweißter Abgang NW 200 geborsten bei 123 bar

einer Schwellbreite von 15 bar ( $15 \text{ kp/cm}^2$ ) gewählt. In keinem Fall wiesen die Bauteile, von denen eines bei der Prüfung bei einem neutralen Prüfinstitut in Bild 6 gezeigt wird, nach der dynamischen Belastung

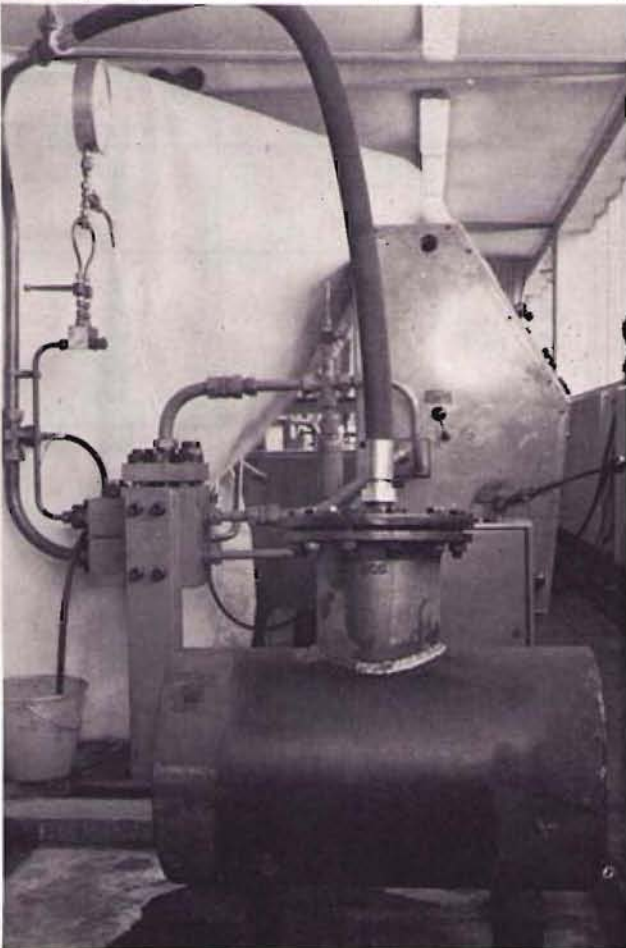


Bild 6: Innendruckschwellprüfung eines Rohres NW 400 mit angeschweißtem Abgang NW 200 bei einem neutralen Prüfinstitut

eine Beschädigung auf. Im Anschluß an die Innendruckschwellversuche wurden die Versuchsstücke geborsten. Die ermittelten Versuchsergebnisse für das Rohr NW 400 mit einem Abgang NW 100 von  $> 118$  bar ( $> 118 \text{ kp/cm}^2$ ) und dem Rohr NW 400 mit Abgang NW 200 von 120 bar ( $120 \text{ kp/cm}^2$ ) lassen keine Verminderung der Berstdrücke durch die dynamischen Belastungen erkennen. Sicherlich werden auch hier weitere Versuche mit dynamischen Biegebelastungen und auch höheren Lastspielzahlen zusätzliche Erkenntnisse bringen. Die Bilder 7 und 8 zeigen einen in der Praxis mit Puffernaht angeschweißten Stutzen.



Bild 7: Angeschweißter Abgang NW 80, der an ein Gußrohr mit Wasserinnendruck angeschweißt wurde, während der Druckprobe bei 24 bar



Bild 8: In Bild 7 gezeigter angeschweißter Abgang nach der Montage des Schiebers

## 2.2 Anschweißen von Flanschen und Verbindungsschweißungen an Glattrohren

Ein weiterer Anwendungsfall des Konstruktions-schweißens von duktilem Gußeisen ist die Herstellung von größeren Rohrlängen durch Aneinanderschweißen von Glattrohren sowie das schweißtechnisch analoge Problem des Verschweißens von Flanschen. Hierzu wurden für beide Anwendungsfälle von aus der Fertigung herausgezogenen Gußrohren ca. 1 m lange Glattrohrstücke abgestochen und mit einer Y-förmigen Rundnaht versehen. Die Rohrteile wurden entsprechend der unter 2.11 angegebenen Schweißvorschrift verschweißt.

Um insbesondere in der ersten Untersuchungsstufe den Einfluß einer Rundnaht auf die Gebrauchseigen-



schaften zu ermitteln, wurden verbindungsgeschweißte Röhre NW 100 bis NW 400 geborsten. Während die ersten Versuchsstücke noch mit den Elektroden a, b, c, d geschweißt wurden, wurde der Hauptteil der Versuchsschweißungen später nur noch mit der Elektrode c durchgeführt, da diese, wie vorher gezeigt wurde, das bessere Schweißverhalten hat. Die in den Versuchen erreichten **Drücke, die zum Versagen führten**, sind den nach der Beziehung

$$p = \frac{2 \sigma_{\text{Rohr}} \times s \text{ min}}{dm}$$

errechneten gegenübergestellt. Dabei wurde für  $\sigma_{\text{Rohr}}$  entsprechend K. Wellinger und H. Gaßmann [9] die an aus dem Rohr entnommenen Rundzugproben ermittelte Streckgrenze eingesetzt. Die Ergebnisse (Tabelle 6) sind zum Vergleich mit denen, die an glatten ungeschweißten Rohren gewonnen wurden, im Bild 9 zusammengefaßt. Wie die Darstellung zeigt, liegen die Versuchsergebnisse praktisch im gleichen Streubereich. Bei einwandfreier Schweißnahtausführung zeigen die Druckprüfungen, daß ebenfalls eine von K. Wellinger und H. Gaßmann [9] für ungeschweißte Röhre geforderte Sicherheit von 2,3 weit überschritten wird (Bild 10).

Der in Bild 11 dargestellte **Rißverlauf** eines mit der Elektrode b geschweißten Gußrohres NW 150, das

bei 290 bar (290 kp/cm<sup>2</sup>) (theoretischer Berstdruck: 294 bar [294 kp/cm<sup>2</sup>]) geborsten ist, läßt keine Verbindung mit der Rundnaht erkennen und verdeutlicht somit noch einmal, daß die Schweißverbindung keine Schwächung des Rohres darstellt.

In zwei Versuchen wurden Röhre NW 150 und NW 300 dynamischen Biege- und Scheitelbelastungen ausgesetzt. Der **Biegeschwellversuch** (Bild 12) wurde mit einer in der Mitte des 3 m langen Rohrstückes (NW 150) geschweißten Verbindung bei einem Wasserinnendruck von 40 bar (40 kp/cm<sup>2</sup>) durchgeführt. Die Auflager waren 500 mm von den Rohrenden entfernt und die Biegekraft wurde über einen Sattel mittig eingeleitet. Als Lastgrenzen wurden in Anlehnung an die zulässige Biegespannung von 180 N/mm<sup>2</sup> (1800 kp/cm<sup>2</sup>) eine obere Lastgrenze von 40 kN (4 t) und entsprechend einer geringen Erdauflast eine untere Lastgrenze von 10 kN (1 t) gewählt. Die Lastspielzahl betrug  $4 \times 10^4$ . Außerdem wurde ein Parallelversuch mit einem ungeschweißten Rohr durchgeführt. Der **Scheiteldruckschwellversuch** (Bild 13) wurde an einem ca. 1 m langen Rohr NW 300, an das zwei Flansche angeschweißt wurden, bei einem Wasserinnendruck von 30 bar (30 kp/cm<sup>2</sup>) vorgenommen. Die über ein Joch eingeleitete Scheitelkraft pendelte in Anlehnung an einen Belastungsfall mit 1 m Erdüberdeckung und Schwerlastverkehr (SLW 60) zwischen 10 kN und 40 kN (1 t und 4 t) bei  $10^4$  Lastwechseln.

Elektrode	Verschweißte Röhre NW	Wasserinnendruck [bar]			
		dicht	undicht	Berstdruck	
				erreicht	errechnet
a	200		200		192
	200		b. Füllen		180
	400		18		185
b	150			290	294
	150		100		301
	200		260		272
	200		270		272
	400	180			210
c	100		320		390
	100		350		429
	100		450		412
	100		460		400
	100			440	382
	150		310		294
	200		183		235
	300		192		172
	300		170		152
	300		170		203
	300		170		164
	300			174	148
	300	170			187
	400	150			169
400		127		122	
400		130		120	
400	180			163	
d	400	180			159

Tabelle 6: Ergebnisse der Wasserinnendruckprüfung verbindungsgeschweißter Glatt- und Flanschenrohre



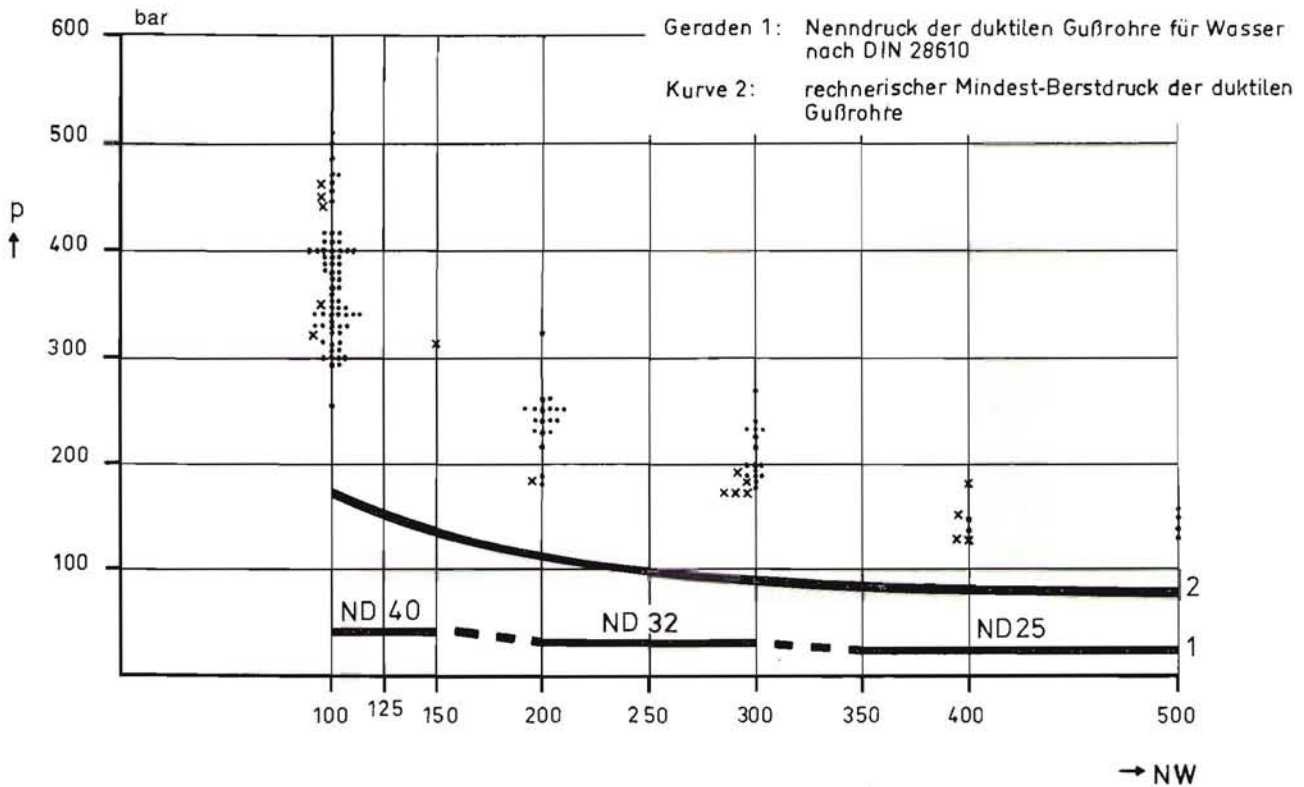


Bild 9: Vergleich der Berstdrücke von duktilen Gußrohren bis NW 500 nach N. Raffenberg [2] mit Drücken beim Versagen von verbindungsgeschweißten Gußrohren ( · für: ungeschweißte Rohre; nach N. Raffenberg; × für: verbindungsgeschweißte Rohre )

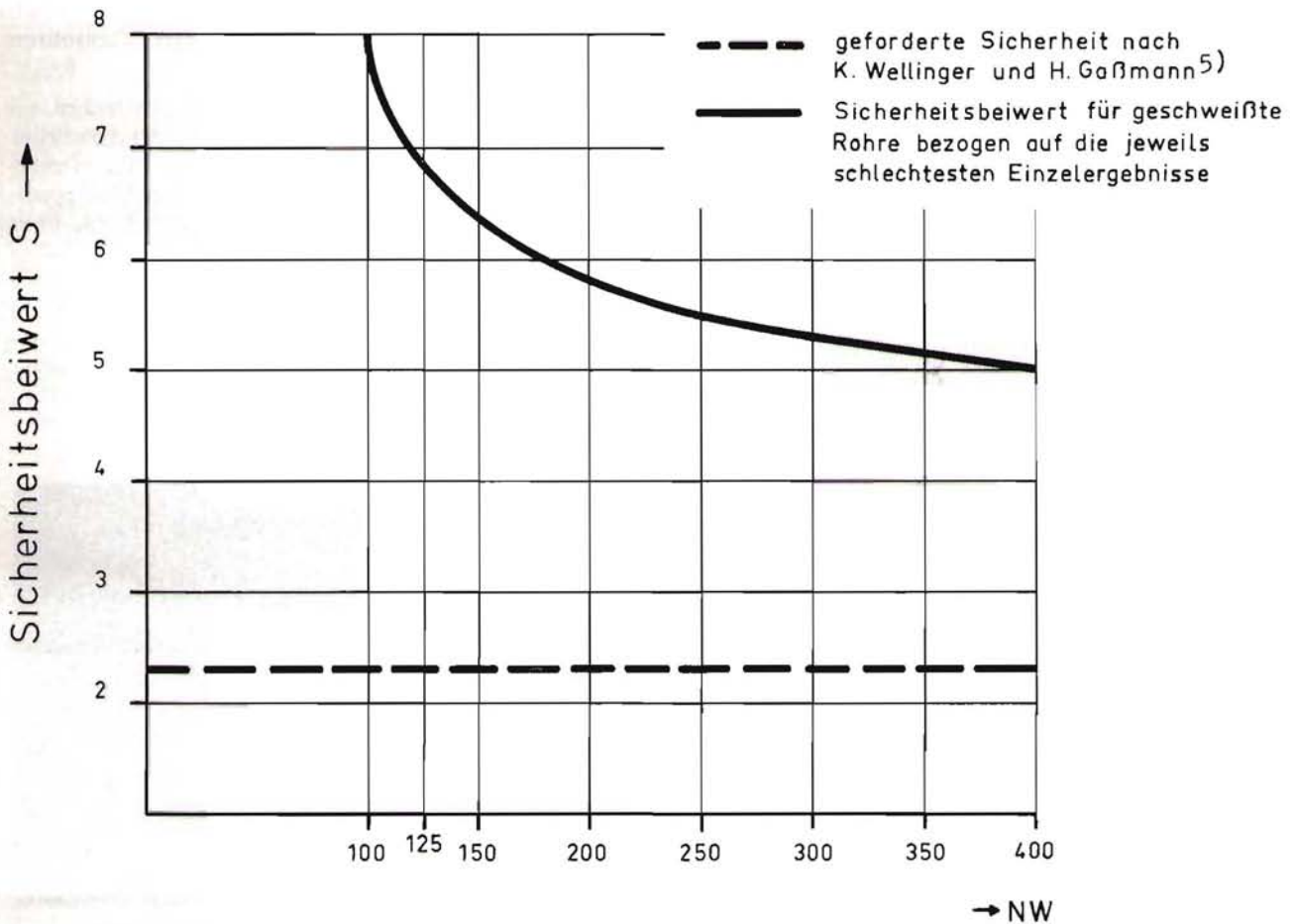


Bild 10: Sicherheitsbeiwert geschweißter Rohre bezogen auf die jeweils schlechtesten Einzelergebnisse



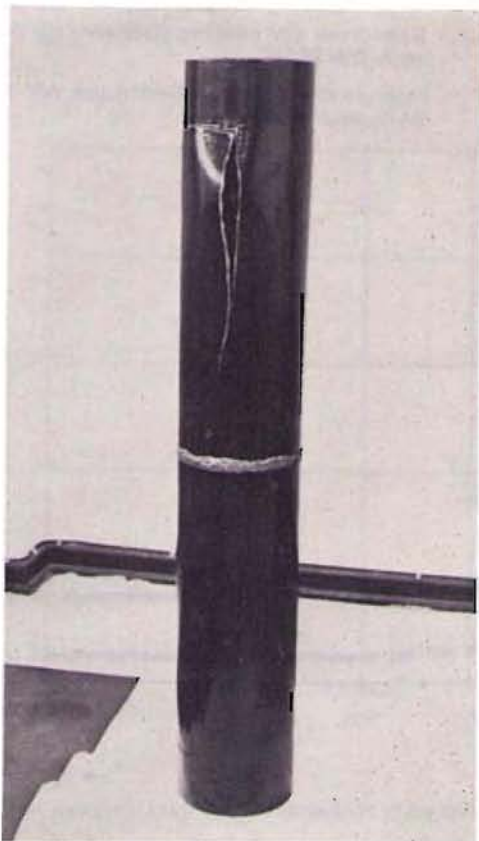


Bild 11: Mit der Elektrodec geschweißtes Gußrohr NW 150 nach dem Bersten bei 290 bar

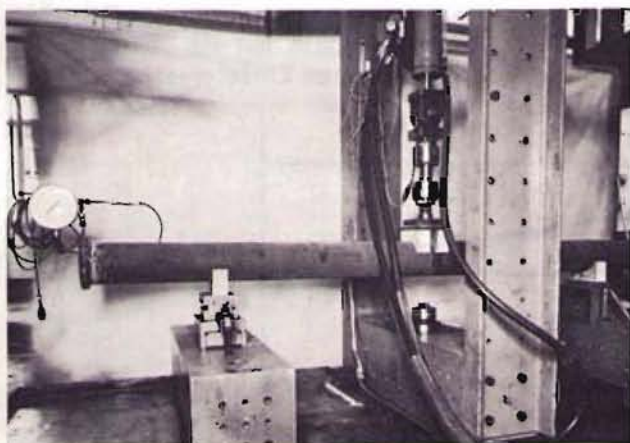


Bild 12: Biegeschwellversuch eines Gußrohres NW 150 bei einem neutralen Prüfinstitut

In beiden dynamischen Belastungsversuchen, die ebenfalls bei einem neutralen Prüfinstitut durchgeführt wurden, wurden keine Undichtigkeiten der Versuchsstücke festgestellt. Anschließend wurden die Rohre geborsten, dabei wurde bei dem ungeschweißten Rohr ein Berstdruck von 320 bar ( $320 \text{ kp/cm}^2$ ) erreicht. Das verbindungsgeschweißte Rohr versagte bei einem Druck von 310 bar ( $310 \text{ kp/cm}^2$ ). Das Rohr NW 300 fiel bei 170 bar ( $170 \text{ kp/cm}^2$ ) aus, da an den Spitzenden angeschweißte Dichtdeckel versagten.

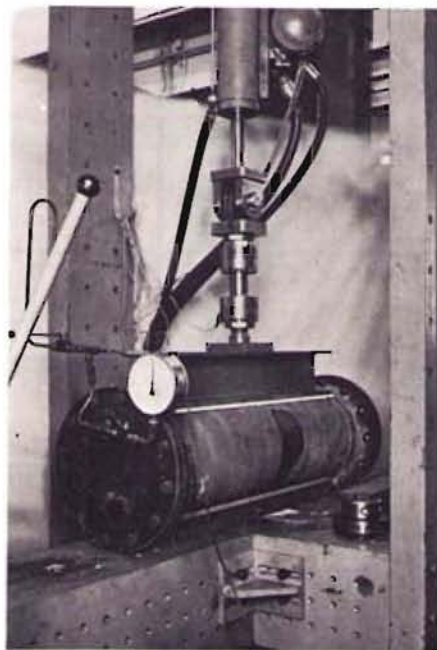


Bild 13: Scheiteldruckschwellversuch eines Gußrohres mit angeschweißten Flanschen bei einem neutralen Prüfinstitut

Auch diese Ergebnisse liegen im Streuband der Berstdrucke ungeschweißter duktiler Gußrohre (vergl. Bild 9).

### 3. Schutzgasschweißversuche an duktilen Gußrohren NW 200

Das Anschweißen von Flanschen an Glattrohre ist durch ein vollmaschinelles Verfahren wirtschaftlicher möglich, z. B. durch Schutzgasschweißung. Bild 14 zeigt eine entsprechende Anlage. An einem stufenlos regelbaren Drehtisch ist ein Stahlrohr angeflanscht, über das das zu verschweißende Rohr geschoben wird. Um ein Durchfallen des Schweißgutes zu verhindern und ein einwandfreies Durchschweißen der Wurzel zu erreichen, wird ein Kupferring im Bereich der Rundnaht auf der Innenseite des Gußrohres angepreßt. Der Flansch wird auf den herausstehenden Teil des Kupferrings aufgeschoben und dadurch gleichzeitig zen-

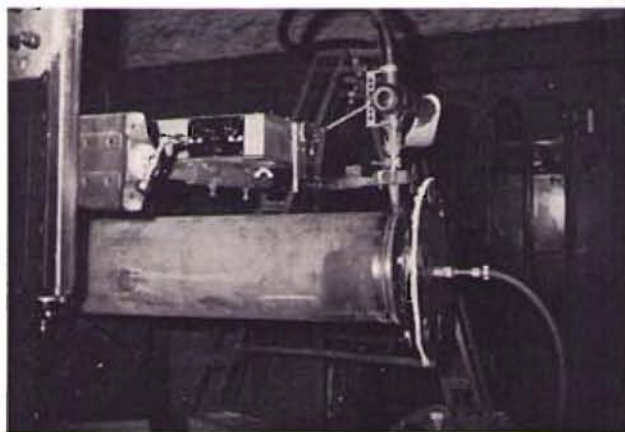


Bild 14: Vorrichtung zum vollmaschinellen Schutzgasschweißen



triert. Die Schweißpistole ist über eine Pendelvorrichtung mit einem Auslegerarm verbunden. Geschweißt wurde mit 1,2 mm  $\varnothing$ -Ni- und NiFe-Draht und Reinargon als Schutzgas. Flansch und Rohr sind entsprechend der Schweißvorschrift (siehe 2.11) an zwei Stellen geheftet worden. Die Schweißfuge, eine V-Naht, hatte einen Winkel von  $60^\circ$ . Der Wurzelspalt betrug gleichmäßig 2 mm. Ein Vorwärmen erfolgte nicht. Im ersten Umgang wurde die Wurzel geschweißt und im zweiten Umgang unter Einschaltung der Pendelvorrichtung die Naht vollgelegt. Weitere Versuche zeigten, daß mit Hilfe der Pendelvorrichtung die Naht in einem Umgang gefüllt werden kann. Nahtversatz durch unterschiedliche Ovalität und Wanddicke zwischen Rohr und Flansch bereitete keine Schwierigkeiten.

Bereits bei den ersten Versuchen zeigten sich gewisse Schwierigkeiten, die sich in Porositäten im Schweißgut darstellten. Verschiedene Faktoren wie z. B. Luftzutritt durch den Schweißspalt waren dafür maßgebend. Verfahrenstechnische Änderungen, wie z. B. die Einleitung von Argon in das Innere des Rohres und metallurgische Maßnahmen haben dazu geführt, daß heute automatische Schweißungen mit großer Sicherheit und guter Qualität der Schweißung durchgeführt werden können. Die Bilder 15 und 16 zeigen die einwandfreie Ausbildung von Rundnähten an Gußrohren NW 200 innen und außen. Beim Ab-

drücken wurden die Gußrohre bei 180-220 bar (180-220 kp/cm<sup>2</sup>) undicht. Sie entsprechen damit den handgeschweißten Glattrohren (siehe Bild 9).

Die Versuche haben gezeigt, daß die vollmaschinelle Schutzgasschweißung die Möglichkeit bietet, Flansche sehr wirtschaftlich anzuschweißen. Die reine Schweißzeit für eine Rundnaht an NW 200 beträgt etwa 6-8 Minuten.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß das Problem der vollautomatischen Schweißung von Flansch- und Glattrohren gelöst ist. Über die Ausbildung der Automaten bestehen bereits konkrete Vorstellungen.

### Zusammenfassung

Nach einem kurzen Überblick über die Lichtbogenschweißverfahren und die Probleme beim Verbindungsschweißen wird über Hand- und Schutzgasschweißversuche an duktilen Gußrohren mit angeschweißten Abgängen und Flanschen, sowie Verbindungen von Glattrohren berichtet. Eine genaue Schweißvorschrift wird gegeben. Die untersuchten Gebrauchseigenschaften sind auch an den geschweißten Rohren mit ausreichender Sicherheit erhalten geblieben. Es wurde gezeigt, daß Rundnähte mit Hilfe der vollmaschinellen Schutzgasschweißung sehr wirtschaftlich hergestellt werden können.

### Literatur

- [1] R. Zimmer:  
„Anschweißen von Anschluß-Stutzen für Hauszuleitungen an duktile Gußrohre“  
FGR Informationsschrift Nr. 7, Februar 1972
- [2] N. Raffenberg:  
„Ergebnisse von Berstversuchen an Formstücken aus duktilem Gußeisen“  
FGR Informationsschrift Nr. 7, Februar 1972
- [3] O. Host, H. Scherwaß und W. Steinlein:  
„Hausanschlußstutzen und Sattelstutzen aus duktilem Gußeisen zum Anschweißen“  
FGR Informationsschrift Nr. 8, 1973
- [4] K. Wellinger, K. Kußmaul und E. Krägeloh:  
„Die Schweißnaht als Konstruktionselement“  
Chemie Ingenieur Technik, 44/72, Heft 12, Seite 745 — 824
- [5] D. Schmidt:  
„Planung und Herstellung warmgehender Rohrleitungen für Wärmekraftwerke“  
Rohre Rohrleitungsbau Rohrleitungstransport, 1972, Heft 4, Seite 223 bis 229
- [6] „Handbuch für den Rohrleitungsbau“, 3. Auflage  
VEB Verlag Technik, Berlin
- [7] S. Schwaigerer:  
„Rohrleitungen — Theorie und Praxis“  
Springer-Verlag, Berlin, 1967
- [8] S. Schwaigerer:  
„Festigkeitsberechnungen von Bauelementen des Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbaues“  
Springer-Verlag Berlin, 1970
- [9] K. Wellinger und H. Gaßmann:  
„Die Berechnung duktiler Schleudergußrohre“  
Techn.-wiss. Ber. MPA Stuttgart (1965), H. 65 — 01

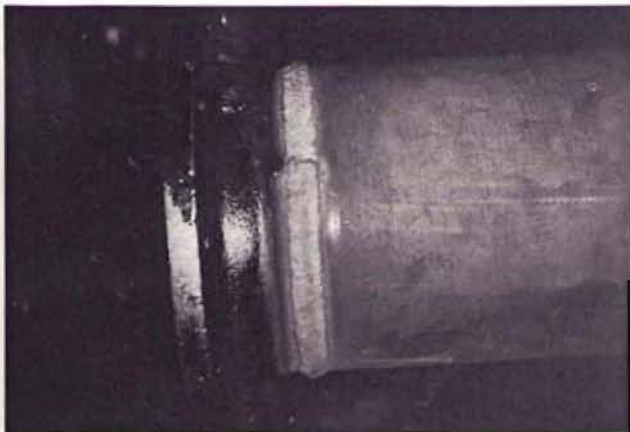


Bild 15: Maschinell geschweißte Rundnaht, von der Schweiß-Seite gesehen

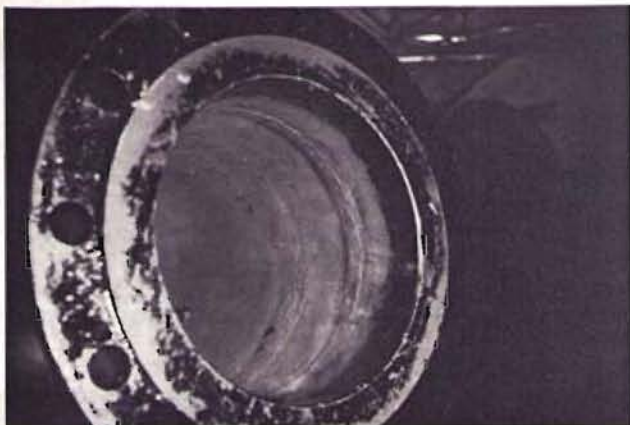


Bild 16: Maschinell geschweißte Rundnaht, Wurzelseite



## Hausanschlußstutzen und Sattelstutzen aus duktilem Gußeisen zum Anschweißen

Von OTTO HOST, HORST SCHERWASS und WILLIBALD STEINLEIN

Im Versorgungsbereich der Stadtwerke Neuß sind erstmalig spezielle Hausanschlußstutzen aus duktilem Gußeisen (GGG 42), die von den Verfassern in Zusammenarbeit mit der Herstellerfirma entwickelt und von Gußrohrwerken geprüft worden sind, im Gußeisen-Kaltschweißverfahren in Serie eingebaut worden.

In zwei geschlossenen Siedlungsgebieten war kurzfristig die Herstellung von ca. 50 Gashausanschlüssen zur Vollversorgung von Eigenheimen notwendig geworden. Die Gasversorgungsleitungen sind in duktilem Gußrohr mit Schraubmuffen NW 80 und NW 100 ausgelegt worden.

### Warum duktile Gußrohre für die Gasversorgung?

Vorwiegend im innerstädtischen Bereich mußten und müssen viele Gasversorgungsleitungen erneuert werden, weil sie den Ansprüchen einer neuzeitlichen Versorgungswirtschaft aus vielerlei Gründen, die hier nicht besonders aufgeführt zu werden brauchen, auf die Dauer nicht mehr genügen.

Bei der Verlegung der Rohrleitungen zeigt es sich immer häufiger, daß die zur Verfügung stehenden Trassen meistens schon durch Anlagen anderer Versorgungsträger überbelegt sind. Ein ungehindertes Verlegen in freier Baugrube ist nur noch selten möglich.

Die Leitungen müssen in der Regel in einen verbauten, schmalen Rohrgraben eingebracht werden, der von vielen Querleitungen (vorhandene Hausanschlüsse Strom, Post, Kanal, Gas, Wasser) durchzogen wird.

Kurze Verlegezeiten, z. B. bei Queraufbrüchen in stark befahrenen Straßen, zwingen uns oft, Kurzrohr-längen mit einwandfrei dichten Verbindungen zu verlegen.

Hier haben sich — abgesehen von den bekannten Vorzügen — die kurzen Längen der duktilen Gußrohre mit ihren unkomplizierten Verbindungen bestens bewährt.

### Konstruktionsprinzip

Wie schon R. Zimmer [1] ausgeführt hat, wird insbesondere in der Gasversorgung trotz des Vorhandenseins bewährter Anbohrschellen „aus unterschiedlichen Gründen oftmals dem fest mit der Hauptleitung verbundenen, nicht verschiebbaren ... Anschluß, also dem angeschweißten Anschluß-Stutzen, der Vorzug gegeben“.

Leitgedanke unserer Konstruktion der Abgangsstutzen aus duktilem Gußeisen war deshalb, die aus der Praxis des Rohrnetzbaues hervorgegangene For-

derung zu erfüllen, eine geschweißte und damit feste Verbindung zwischen Hauptrohrleitung und Abgangsstück zu schaffen; andererseits eine flexible, aber unbedingt dichte und gasbeständige Kupplung mit der Hausanschlußleitung zustande zu bringen. Diese letztere Verbindung mußte instande sein, Spannungszustände, wie sie durch nachträgliche Bewegungen der Hausanschlußleitung infolge Bodensetzungen, mechanischer Einflüsse bei späteren Bauarbeiten, extremer Verkehrsbelastungen u. dgl. entstehen, weitgehend zu eliminieren, ohne daß die Verbindungsstelle undicht wird.

Aus unserem eigenen Versorgungsbereich sind uns Fälle bekannt, daß Hausanschlußleitungen durch die erwähnten Beanspruchungen Längsbewegungen bis zu 3 cm und Abwinklungen von einigen Grad erfahren haben.

### Formen der Anschlußstücke

Wir verwenden z. Z. folgende Anschlußstücke aus duktilem Gußeisen:

- a) Schweißbare **Abgangs-T-Stücke** zum senkrechten Aufschiessen auf in Betrieb befindliche Rohrleitungen (Gas) mit waagrechttem Abgang
- b) Aufschiessbare **Sattelstutzen** zur Herstellung von Blasenlöchern, Überbrückungen u. dgl. sowie als Grundformstück für die Abgangsstutzen c)
- c) **Abgangsstutzen** zum beliebigen Anbau — meist waagrecht — an noch nicht in Betrieb befindliche Rohrleitungen (Gas und Wasser) in Verbindung mit dem Sattelstutzen b)

### Konstruktion

Das Sattelteil — der sog. Teller — sämtlicher Aufschiessstücke ist für jeden Hauptrohr-Normdurchmesser gesondert ausgeformt, damit die Stücke ohne besondere Vorbereitung sauber aufgeschweißt werden können. Nachstehend werden die drei Ausführungsformen a) bis c) im einzelnen beschrieben.

#### a) Abgangs-T-Stücke

Der senkrechte Teil des Abgangs-T-Stückes hat am Ende ein Innengewinde zur Aufnahme eines Stopfens nach dem Anbohrvorgang. Es können Einschweißstopfen verwendet werden, womit eine weitere evtl. Schadensquelle ausgeschaltet wäre, oder auch Stopfen für Flach- oder Gewindedichtung, falls man diese später für Reinigungs- und Prüfzwecke wieder herausrauben möchte (Bild 1 und Bild 2).

Der waagrechte Abgangsstutzen ist so niedrig wie möglich angebracht, um die Gesamthöhe des Anschlußstückes zu begrenzen; jedoch anderer-





Bild 1: Schweißbares Abgangs-T-Stück (Hauptrohr NW 100, Abgang NW 40) aus duktilem Gußeisen mit flexibler Rohrkupplung und Einschweißstopfen vor dem Zusammenbau



Bild 3: Aufschießbarer Sattelstutzen (Hauptrohr NW 100, Stutzenöffnung NW 50) mit Einschweißstopfen



Bild 2: Abgangs-T-Stück gemäß Bild 1 nach dem Zusammenbau

seits hoch genug, um auf der Baustelle eine Schweißung ohne größere Behinderung durchführen zu können. Das Ende des Stutzens ist als flexible Rohrkupplung ausgebildet. Eine Dichtung aus Perbunan N mit einer garantierten Shore-A-Härte von 65 und ein geschliffener Dichtungssitz gewährleisten eine sichere Abdichtung gegenüber dem Abgangsrohr bei einer Flexibilität bis etwa 5°. Die Einstecktiefe ist so bemessen, daß Längsbewegungen von max.  $\pm 2,5$  cm aufgenommen werden können.

b) **Sattelstutzen**

Sattelstutzen zum Aufschießen sind einheitlich mit Innengewinde versehen (Bild 3) und dienen verschiedenen Zwecken:

1. der Herstellung von Blasenlöchern, die anschließend **sicher** verschlossen werden können;

2. der Herstellung von Überbrückungs-Leitungen;
3. der Schaffung von Prüfmöglichkeiten (Druckkontrolle, Durchflußmessung u. dgl.);
4. der Herstellung von Ausblasestutzen;
5. als Grundformstück für den unter c) beschriebenen Abgangsstutzen.

c) **Abgangsstutzen**

Der Abgangsstutzen zum Aufschießen auf noch nicht in Betrieb befindliche Leitungen besteht aus 2 Teilen: dem Sattelstutzen mit Innengewinde als Aufschießteil, welches nachfolgend noch beschrieben wird, und dem eigentlichen Abgangsstutzen, der dem waagerechten Abgang am T-Stück entspricht (Bild 4).



Bild 4: Abgangsstutzen (NW 50) mit dem dazugehörigen Sattelstutzen gemäß Bild 3. Die Rohrkupplung entspricht der von Bild 1



Die Verbindung des seitlichen Abgangsstückes mit dem Sattelstutzen (Aufschweißsteller) wird durch Verschrauben und anschließendes Verschweißen hergestellt.

Auch beim Sattelstutzen ist der Verschluss wahlweise mit Einschweiß-, Flach- oder Gewindedichtungsstopfen möglich, jedoch ist eine optimale Abdichtung erfahrungsgemäß beim Einschweißstopfen erreichbar.

### Werkstoff

Der Werkstoff der Anschlußstücke entspricht der Sorte GGG 42 gemäß DIN 1693 „Gußeisen mit Kugelgraphit“. Die Anschlußstücke entsprechen damit der Güte der duktilen Gußrohre nach DIN 28600.

Um die Werkstoffeigenschaften der Anschlußstücke beim Gießen einwandfrei zu erhalten, ist eine Wanddicke von 7 mm — nach umfangreichen Versuchen — ermittelt worden.

### Nennweiten (NW) der Anschlußstücke

Die auf dem Hauptrohr aufsitzenden **Aufschweißteile** sämtlicher Stutzenarten sind der Einfachheit halber durchweg in NW 50 (2") ausgelegt. Was die dadurch erreichte Sortenbegrenzung für den Praktiker bedeutet, braucht hier nicht besonders betont zu werden. Da die meisten Versorgungsbetriebe heute aufgrund der Belieferung der Konsumenten mit Erdgas die Nennweite der Hausanschlüsse überwiegend reduzieren können — wenngleich man Einschränkungen hinsichtlich der Vollversorgung mehrgeschossiger Bauten machen muß —, ist der größtenteils verwendete Durchmesser für Gashausanschlüsse NW 40; der Anteil der NW 50 dürfte sich bei etwa 25 % bewegen. Bei Wasserhausanschlüssen wird auch noch die NW 32 verlegt.

Die **Abgangsteile** der Stutzen werden entsprechend den vorgenannten Bedarfsdaten in NW 40 und NW 50 hergestellt (siehe Tabelle). Die Weiterverlegung

der Hausanschlußleitung kann unter Verwendung des schon genannten flexiblen Dichtungsringes aus Perbunan direkt in der gleichen Nennweite erfolgen, die der Stutzen aufweist. Es gibt aber auch besonders verstärkte Perbunaneinsätze, die eine Weiterverlegung in der nächstniedrigen Nennweite gestatten, also von NW 50 auf NW 40 bzw. von NW 40 auf NW 32 (Bild 5 und Bild 6).

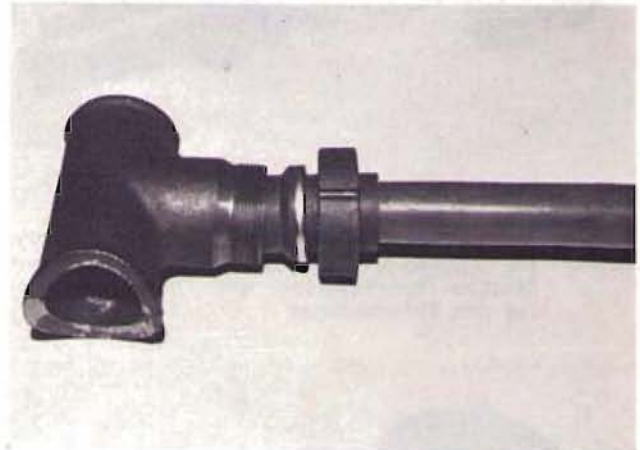


Bild 5: Schweißbares Abgangs-T-Stück (Hauptrohr NW 100, Abgang NW 40) mit verstärktem Perbunan-Einsatz für Abgang NW 32. Dieser Perbunan-Einsatz stellt gleichzeitig eine elektrische Isolierung zwischen Hauptrohr und Hausanschluß her

Die **Aufschweißteile** der Stutzen werden für alle gängigen Normdurchmesser von Versorgungsleitungen aus duktilen Gußrohren, die den Technischen Lieferbedingungen der DIN 28600 entsprechen, geliefert, und zwar für NW 80, NW 100, NW 150, NW 200, NW 300 (siehe Tabelle).

### Schweißvorbereitungen

Der Außenschutz des duktilen Gußrohres muß entfernt werden, bis der Grundwerkstoff metallisch blank ist. Das Abschleifen mit einer Schleifscheibe

### Hausanschlußstutzen und Sattelstutzen aus duktilem Gußeisen zum Anschweißen — Sortenübersicht —

Hauptrohr- Leitung NW	Abgangs-T-Stück mit Abgang NW 50*)	Abgangs-T-Stück mit Abgang NW 40*)	Sattelstutzen mit Öffnung NW 50*)	Abgangsstutzen NW 50	Abgangsstutzen NW 40
80	×	×	×		
100	×	×	×	nur ein Modell für alle Haupt- rohrnennweiten	nur ein Modell für alle Haupt- rohrnennweiten
150	×	×	×		
200	×	×	×		
300	×	×	×		
	Für elektrisch isolierenden Abgang NW 40 mit Spezial- Perbunan- Einsatz	Für elektrisch isolierenden Abgang NW 32 mit Spezial- Perbunan- Einsatz		Für elektrisch isolierenden Abgang NW 40 mit Spezial- Perbunan- Einsatz	Für elektrisch isolierenden Abgang NW 32 mit Spezial- Perbunan- Einsatz

\*) Alle Anbohröffnungen NW 50, wahlweise mit Einschweiß-, Flach- oder Gewindedichtungsstopfen



(Schleifhexe) muß weit genug über den Außenrand der Schweißstelle hinweg vorgenommen werden. Die so blankgemachte Stelle muß von allen Schleifrückständen gereinigt werden und völlig trocken sein.



Bild 6: Abgangs-T-Stück gemäß Bild 5 nach dem Zusammenbau

Sämtliche Anschlußstutzen werden am Sattel zur Beseitigung der Gußhaut bereits werkseitig ca. 1,5 bis 2 mm abgedreht. Vor dem Schweißen brauchen die Stücke deshalb im Schweißnahtbereich lediglich mit einer Drahtbürste von evtl. Flugrost befreit und ebenfalls auch getrocknet zu werden.

### Schweißung

Über die Schweißung von duktilem Gußeisen hat R. Zimmer [1] schon ausführlich berichtet.

Es soll aber nicht unerwähnt bleiben, daß bei uns mit der sog. „Gußeisen-Kaltschweißung“ anfangs nicht nur positive Ergebnisse erzielt wurden, weil, wie sich später herausstellte, nicht alle Voraussetzungen voll erfüllt waren.

Wesentlich ist die Wahl geeigneter **Nickel-Eisen-Elektroden**, die bisher nur von wenigen Herstellern in der für das Konstruktionsschweißen benötigten Zusammensetzung und Qualität angeboten werden, vielleicht, weil diese der Gußeisen-Kaltschweißung noch etwas reserviert gegenüberstehen.

Wir haben uns vorläufig für eine Elektrode mit folgender werkseitig angegebener Zusammensetzung entschieden:

Fe 42-47 %, Ni 50-55 %, Mn 1-2 %, C 0,7-1 %.

Diese Elektrode wurde mit Gleichstrom (+ Pol) verschweißt, wobei eine Stromstärke von 70 bis 80 A bei der 2,5 mm und 80 bis 90 A bei der 3,25 mm starken Elektrode gewählt wurde.

Überhaupt ist die Einhaltung der niedrigstmöglichen Schweißstromstärke eine der wesentlichen Voraussetzungen für eine einwandfreie Schweißung.

Die Herstellung der Puffernaht auf der Hauptrohrleitung kann schnell und exakt mit Hilfe eines Kupferdorns erfolgen. Dieser Dorn braucht nicht aus Vollmaterial zu bestehen und kann, wenn der Stutzen

nicht senkrecht aufgeschweißt werden soll, mit Hilfe einer Schraubzwinge an jeder beliebigen Stelle arretiert werden. Da sämtliche Stutzen einen genormten Abgang haben, benötigt man lediglich für die verschiedenen Hauptrohrnormdurchmesser verschiedene Kupferdorne.

Geübte Schweißer kreiden sich den Außendurchmesser des Stutzens auf dem Hauptrohr an und legen die Puffernaht frei Hand, jedoch wird sie mit Kupferdorn gleichmäßiger.

Nach dem Legen der Puffernaht wird der Anschweißstutzen angesetzt, zweiseitig angeheftet und dann mit einer Schraubzwinge fest an das Rohr gepreßt! Dies geschieht, um die bei der Abkühlung auftretenden Schrumpfspannungen aufzufangen und Spannungsrisse zu vermeiden. Die Zwingen bleibt nach Beendigung des Schweißvorganges einige Minuten bis zum Erkalten des Schweißgutes mit dem Stutzen verspannt. Nach unseren Erfahrungen traten Spannungsrisse nicht mehr auf, nachdem wir die Schraubzwinge verwendeten (Bild 7).

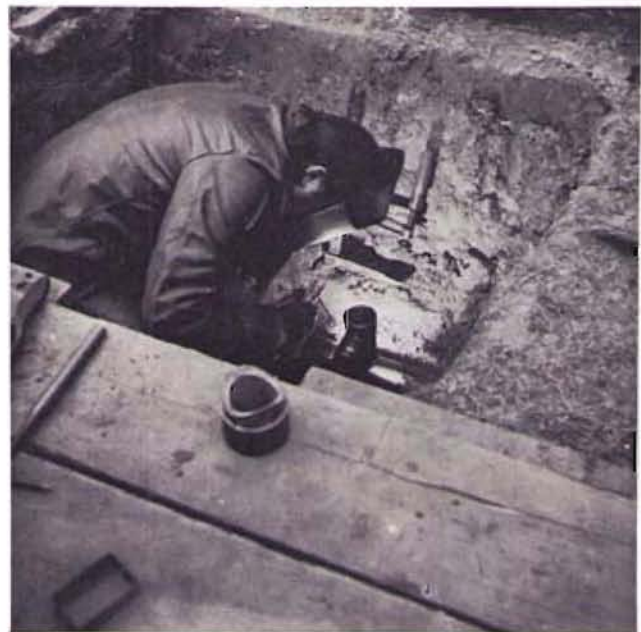


Bild 7: Anheften des Abgangs-T-Stückes nach dem Legen der Puffernaht (im Vordergrund der für die Herstellung der Puffernaht verwendete Kupferdorn)

Das Entfernen der beim Schweißen entstandenen Schlacken kann mühelos erfolgen; es sollte jedoch gründlich, auch jeweils nach Unterbrechungen des Schweißvorganges, vorgenommen werden. Hierbei erwies es sich als Vorteil, möglichst lange Schweißraupen in einem Arbeitsgang zu legen.

Man sollte grundsätzlich nur Lichtbogenschweißer mit Prüfung nach DIN 8560 einsetzen. Bis ein Schweißer Übung im Gußeisenschweißen hat, vergehen einige Übungsstunden; jedoch stellt sich der Erfolg bei Einhaltung der genannten Voraussetzungen meist rascher als erwartet ein.

Die Gußrohrwerke stehen Interessenten, die noch wenig Erfahrung in der Gußeisen-Kaltschweißung haben, sicher gerne mit Rat und Tat zur Verfügung.



### Hausanschlußmaterial

Die Weiterverlegung der Hausanschlußleitung vom Abgangsstutzen bis in das Haus kann mit verschiedenen Rohrmaterialien erfolgen.

Wir bevorzugen z. Z. noch Stahlrohre gemäß DIN 2441 mit Kunststoff-Ummantelung, die an den Nahtstellen verschweißt werden, weil wir Gewindeverbindungen im Erdboden als mögliche Quelle späterer Undichtigkeiten ansehen und weil die Nachisolierung von relativ glatten Schweißstellen einfacher ist als die von Gewindeverbindungen.

### Druckprüfung

Nach Verlegung der Hausanschlußleitung vom Abgangsstutzen bis zur Hauptabsperreinrichtung o. dgl. — dies richtet sich nach den Versorgungsrichtlinien des VU — wird der gesamte Anschluß einschl. Abgangsstutzen der vorgeschriebenen Dichtheitsprüfung unterzogen (s. TRGI Abs. 1.1).

Wir sind bei der Prüfung der Gasanschlußleitungen meist sogar um 0,5 bis 1 bar (0,5 bis 1 kp/cm<sup>2</sup>) über den vorgeschriebenen Prüfdruck hinausgegangen, ohne daß sich ein Druckabfall zeigte (Bild 8).



Bild 8: Durchführung der Dichtheitsprüfung vor dem Anbohren (nach Verlegung der Hausanschlußleitung)

### Anbohren der Hauptrohrleitung (Versorgungsleitung)

Wenn die Druckprüfung positiv war, kann die Verbindung der Hausanschlußleitung mit der Versorgungsleitung durch Anbohren (unter Druck) mit den vorhandenen Anbohrgeräten erfolgen.

Es hat sich in der Praxis gezeigt, daß durch die Gußeisen-Kaltschweißung keine erkennbare Verhärtung des Materialgefüges der duktilen Gußrohre im Anbohrbereich eintritt, so daß die Anbohrung ohne Schwierigkeiten vonstatten geht.

### Prüfung von Stutzen und Schweißnähten

Über die Prüfung von Anschweißstutzen und die Untersuchung von Schweißproben wird an anderer Stelle dieses Heftes von W.-D. Schneider und E. Theis [2] ausführlich berichtet.

Aus einem uns zugesandten Prüfungsbericht eines Gußrohrwerkes sollen dennoch einige Bemerkungen

zitiert werden, die besonders den Praktiker interessieren dürften:

„Die Gebrauchseigenschaften lagen bei der Berstfestigkeit mit ca. 300 bis 350 atü mit ausreichender Sicherheitsreserve weit über den nach DIN 28610 geforderten Nenndrücken . . .“

„Die angelieferten Stutzen ließen sich gut verschweißen“. „Ebenfalls dürften die erzielten Biegemomente bis zum Abreißen des Stutzens zwischen 1300 und 1500 mkp bei Biegewinkeln bis ca. 2° für die vorgesehenen Anwendungszwecke voll ausreichend sein.“

### Wirtschaftlichkeit von duktilen Aufschweißstutzen

Die Frage der Wirtschaftlichkeit von aufschweißbaren Hausanschlußstutzen aus duktilem Gußeisen ist von zwei Faktoren abhängig, nämlich

1. den Herstellungskosten des Anschlusses,
2. dem Unterhaltungsaufwand und evtl. Reparaturkosten.

Die **Herstellungskosten** setzen sich aus Materialkosten und Herstellungsaufwand zusammen. Die Herstellung der Schweißverbindung ist wegen der Verwendung hochwertiger Nickel-Eisen-Elektroden gegenüber einer Stahlschweißung nur geringfügig kostspieliger; der Fortfall von Arbeitsgängen wie Ausschleifen von Wurzellagen und Wiederherstellen der Außenisolierung läßt diese Mehrkosten wieder geringer werden. Die Kosten für die Aufschweißstutzen selbst dürften nach den vorliegenden Erfahrungswerten, die auf vorserienmäßiger Fertigung basieren, in Nähe der Kosten für Anbohrschellen liegen.

Bezüglich **Unterhaltungsaufwand und evtl. Reparaturkosten** ist von Bedeutung, daß sich duktiles Gußeisen bekannterweise korrosionschemisch sehr neutral verhält, andererseits „die hochnickelhaltigen Schweißzonen zu keiner Kontakt-Korrosion an den Rohren (und Formstücken) führen“ [3], so daß von dieser Seite her — auch auf Dauer — nicht mit irgendwelchen Schäden zu rechnen ist.

Die flexible Kupplung mit Weichdichtung hat sich in unserem Versorgungsbereich schon seit mehr als einem Jahrzehnt — als sog. Quetschdichtung in anderem Zusammenhang — bewährt, ohne daß bisher bei sachgemäßem Einbau irgendwelche Schäden bekanntgeworden wären.

Zusammengefaßt kann gefolgert werden, daß durch die Anschweißstutzen eine wesentlich erhöhte Sicherheit gegen die Gefahr des Undichtwerdens erreicht wird. Der Unterhaltungsaufwand kann durch Verlängerung der Überprüfungsabstände — das DVGW-Arbeitsblatt G 465 läßt dies zu — verringert werden. Reparaturkosten dürften auf ein Minimum beschränkt bleiben.

### Literatur

- [1] R. Zimmer:  
Anschweißen von Anschluß-Stutzen für Hauszuleitungen an duktile Gußrohre  
FGR-Informationsschrift Nr. 7, Februar 1972
- [2] W.-D. Schneider und E. Theis:  
Das Schweißen von duktilen Gußrohren  
FGR-Informationsschrift Nr. 8
- [3] W.-D. Gras:  
Untersuchungen über den Korrosionseinfluß von Nickel-Schweißzonen an Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen  
FGR-Informationsschrift Nr. 7, Februar 1972



# Neuere technologische Fortschritte in der Gußrohrindustrie der USA\*)

(Gußrohre — Bemessung, Bodenverhältnisse, Lebensdauer)

Von W. HARRY SMITH

*Die Lebensdauer von Gußrohren wird durch eine geeignete Bemessung unter Berücksichtigung der Bodenverhältnisse und der Betriebsbedingungen gewährleistet. Neuere Forschungen haben zu wirksamen Methoden zur Untersuchung der Bodenverhältnisse geführt.*

Die lange Lebensdauer von Gußrohren — sowohl von Graugußrohren als auch von duktilen Gußrohren — wird durch Eigenschaften gewährleistet, die durch das Rohrmaterial, die geeignete Bemessung, Kenntnis der Bodenverhältnisse und Betriebsweise der Rohrleitungen gegeben sind. Die „Cast Iron Pipe Research Association“ (CIPRA) ist mit der Untersuchung von Rohrleitungen und den sie umgebenden Bodenverhältnissen beauftragt worden. Diese Ausarbeitung informiert über frühere Arbeiten und bringt Ergebnisse von Untersuchungen an bestehenden Rohrleitungen sowie von verschiedenen Bodenverhältnissen. In den letzten Jahren sind beachtliche Fortschritte beim Bau von Gußrohrleitungen durch folgende Maßnahmen erreicht worden:

- a) Strengere Normen für die Bemessung
- b) Höhere Festigkeiten
- c) Genaue Qualitätsüberwachung bei der Herstellung
- d) Verbesserte Versandmethoden
- e) Verbesserte Rohrverbindungen
- f) Moderne Verlegemethoden
- g) Bodenuntersuchungen und Korrosionsschutzmaßnahmen

So wie das Studium der menschlichen Beziehungen zur Umwelt durch den (teilweise auch dadurch bedingten) hohen Anstieg der Lebenserwartungen gefördert wurde, so hat auch die lange Lebensdauer bestehender Gußrohrleitungen die Beobachtung älterer Ausführungen gestattet und die zuvor genannten Verbesserungen ermöglicht.

Die Untersuchungen an in Betrieb befindlichen Rohrleitungen aus Grauguß und duktilem Gußeisen haben folgendes gezeigt:

- a) Gußrohre besitzen in fast allen Böden eine größere Haltbarkeit, als sie erforderlich ist,
- b) Schäden, die in der Vergangenheit an Graugußrohren aufgetreten sind, dürften mehr oder weniger auf folgende Ursachen zurückzuführen sein:
  1. Schlagschäden vor oder während der Verlegung
  2. Belastungen, die weit über den Bemessungskriterien lagen
  3. Störung der Rohrbettung
  4. Ungleichmäßige Auflage
  5. Schwefelhaltige Dichtungsmassen
  6. Korrosion in äußerst aggressiven Böden

c) Insgesamt sind die Erfahrungen mit Gußrohren in den Wasserversorgungsnetzen der USA als gut anzusehen

d) Im Hinblick darauf, daß bei duktilen Gußrohren während mehr als 20 Jahren Betriebszeit praktisch keine Schäden aufgetreten sind, erwartet man von ihnen, daß sie die Haltbarkeit der Graugußrohre noch übertreffen werden.

## Lebenserwartung

Durch die Kenntnis der Verhältnisse von Böden, in denen Gußrohre verlegt werden, und durch die genaue Anwendung geeigneter Bemessungs- und Verlegemethoden kann eine hinreichende Lebenserwartung gewährleistet werden. Während der Monate Juni und Juli 1970 befragten Ingenieure der CIPRA Angestellte von Wasserwerken in den Städten eines jeden Staates der USA auf dem Festland. Diese Städte wurden beliebig ausgewählt mit der Ausnahme, daß die Hauptstadt eines jeden Staates in fast allen Fällen vertreten war. Die Befragten, die alle genaue Kenntnisse von ihren Rohrnetzen hatten, machten ihre Angaben aufgrund von Erfahrungen. Danach werden Graugußrohre und duktile Gußrohre mit Innendrücken von ca. 20 bis 240 psi (ca. 1,5 bis 17 kp/cm<sup>2</sup>) betrieben, Druckstöße nicht eingerechnet. Das Alter der Rohre schwankt von neuen Rohren bis zu 149 Jahren. Von den genannten Rohren sind weniger als 0,1 % mit irgendeiner Art von Außenschutz versehen.

Befragte Staaten	48
Befragte Städte	229
Länge der Graugußrohrleitungen	101 056 Meilen (162 633 km)
Länge der duktilen Gußrohrleitungen	2 076 Meilen (3 340 km)
Gesamtlänge der Rohrleitungen aus Grauguß und duktilem Gußeisen	121 509 Meilen (195 500 km)
Prozentsatz der nicht durch Korrosion angegriffenen Rohre	94,98 %

(Anmerkung des Übersetzers: Die Summe der angegebenen Längen von Graugußrohrleitungen (162 633 km) und duktilen Gußrohrleitungen (3 340 km) stimmt mit der Gesamtlänge der Rohrleitungen aus Grauguß und duktilem Gußeisen (195 500 km) deshalb nicht überein, weil einige der Befragten keine genauen Aufzeichnungen über die Gesamtlänge der Rohrleitungen für jedes einzelne Material besaßen. Die von diesen Befragten angegebene Gesamtlänge ist die Menge von Gußrohrleitungen allgemein, also von Rohrleitungen aus Grauguß und duktilem Gußeisen.)

\*) 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. Übersetzt von Dr. Wiethan, Wetzlar



### Bemessung der Gußrohre

Die Bemessung der Graugußrohre ist in AWWA 111 (ANSI Standard A 21.1 [1]) festgelegt. Diese Norm für ein steifes Rohr berücksichtigt die Art des Grabens, in dem das Rohr verlegt wird, ferner die äußeren Belastungen einschließlich der Erd- und Verkehrsbelastung sowie der dynamischen Belastungen, schließlich auch die inneren Belastungen einschließlich Betriebsdruck und Druckstoß bzw. Wasserschlag. Jedes Rohr wird unter der Annahme bemessen, daß Überbeanspruchungen durch Verkehrslasten und Druckstöße von beachtlicher Größenordnung nicht gleichzeitig auftreten. Im übrigen werden die Belastungen als kombinierte Belastungen berücksichtigt, und es wird ein Sicherheitsfaktor von insgesamt 2,5 angewendet. Zu der errechneten Wanddicke erfolgt auch noch ein Zuschlag für Korrosion und Gußtoleranzen, so daß das Berechnungsverfahren insgesamt als ein Verfahren, das sich auf der sicheren Seite bewegt, angesehen werden kann.

Die Bemessung der duktilen Gußrohre ist in der AWWA 113 (ANSI Standard A 21.50 [2]) geregelt. In dieser Norm werden die gleichen äußeren und inneren Belastungen berücksichtigt; sie werden jedoch wegen der Duktilität des Rohrwerkstoffes getrennt berechnet. Das Bemessungsverfahren ist als ein auf der sicheren Seite liegendes Verfahren anzusehen, weil es nicht den Vorteil des desovalisierenden Einflusses durch den Innendruck berücksichtigt. Die Unrundheit ist auf 2 % des Rohrdurchmessers begrenzt, ein Wert, der für zementmörtel ausgekleidete Rohre erheblich unter der Verformung liegt, die die Auskleidung beschädigen könnte.

Für die Verlegung duktiler Gußrohre in einem ebenen Graben mit unterstampfter Füllung wird ein Elastizitätsmodul des Bodens ( $E'$ ) von 300 (Anmerkung des Übersetzers: gemeint sind 300 psi = 21,2 kp/cm<sup>2</sup>) und ein Auflagerwinkel von 30° zugrunde gelegt. Diese Berechnungsannahmen liegen auf der sicheren Seite, und man hat festgestellt, daß höhere Werte praktisch bei keiner Rohrleitung vorkommen können.

### Bewertung der Bodenverhältnisse

Während der Jahre 1967 bis 1969 untersuchte die CIPRA, zur Unterstützung der beratenden Ingenieure, die Bodenverhältnisse über eine Strecke von annähernd 840 Meilen (ca. 1 352 km), die für eine Verlegung von Gußrohren in Böden mit zweifelhaftem Charakter vorgesehen war. Von den untersuchten Böden wurden über 90 % als nicht korrosiv für Gußrohre eingestuft.

Im Jahre 1967 hat die CIPRA ein Verfahren für die Bewertung von Böden im Hinblick auf eine mögliche Korrosion von Gußrohren [3] vorgelegt.

In der nachstehenden Tabelle I sind den einzelnen Ergebnissen von Bodenanalysen — in Bereiche unterteilt — entsprechende Bewertungspunkte zugeordnet: Dieses Verfahren wird seit einigen Jahren angewendet. Während dieser Zeit sind zusammen mit den Analyseergebnissen viele Beobachtungen über den Zustand der Rohre erfaßt worden. Das Verfahren erwies sich für mehr als 99 % der untersuchten Böden als angemessen und richtig. Es soll weiter angewendet werden, wobei jedoch zu bedenken ist, daß es

Tabelle I: Bewertung von Bodenuntersuchungen

Kennwerte	Bereiche	Bewertungspunkte <sup>*)</sup>
Widerstand [Ohm · cm]	< 700	10
	700—1000	8
	1000—1200	5
	1200—1500	2
	1500—2000	1
pH-Wert	> 2000	
	0—2	5
	2—4	3
	4—6,5	0
	6,5—7,5	0**)
Redox-Potential	7,5—8,5	0
	> 8,5	3
	> 100 mV	0
	50—100 mV	3,5
	0—50 mV	4
Sulfid	Negativ (—)	5
	+	3,5
	Spur	2
Feuchtigkeit	Negativ	0
	Schlechte Entwässerung, ständig naß	2
	Mittelmäßige Entwässerung, meist feucht	1
	Gute Entwässerung, meist trocken	0

\*) Ein Gesamtbetrag von 10 Punkten besagt, daß der Boden für Gußrohre korrosiv ist.

\*\*) Wenn Sulfide vorhanden sind und niedrige oder negative Redox-Potentiale ermittelt werden, so sollten für diesen Bereich 3 Punkte berechnet werden.

auch Ausnahmen gibt, die durch bestimmte künstliche Verunreinigungen und gelegentlich auftretende Streuströme bedingt sind. Diese Einflüsse wirken sich lediglich auf die Redox-Potential-Meßergebnisse aus. Es hat den Anschein, daß Böden mit etwas größeren Redox-Potentialen als 100 mV hinreichend sauerstoffarm sind, um bakterielle Sulfatreduktionen auszulösen, durch die depolarisierende Stoffe entstehen.

Die Bedeutung der depolarisierenden Eigenschaften des die Rohre umgebenden Bodens findet steigende Beachtung. Es ist durchaus möglich, daß diese Erscheinung ebenso wichtig ist wie der Bodenwiderstand. Die Forschungspläne der CIPRA sehen eingehende Untersuchungen auf diesem Gebiet in Versuchsfeldern vor, die als äußerst korrosiv bekannt sind sowie auch an Betriebsleitungen verschiedener Wasserversorgungsunternehmen.

### Quellfähige Böden

Bei der Bewertung der Bodenverhältnisse ist der potentielle Quelldruck von Lehmböden und die mögliche Wirkung von Bodenquellung auf die Rohre zu berücksichtigen. Es werden Lehmproben von dem betreffenden Boden einmal aus der Tiefe, die in etwa der Verlegetiefe der Rohre entspricht, und zum anderen aus einem Bereich unterhalb der geplanten Rohrleitung entnommen. Es ist wahrscheinlich, daß expansive Böden (d. h. solche Böden, die bei Aufnahme oder Abgabe von Feuchtigkeit quellen oder schrumpfen) äußere Belastungen auf die Rohre ausüben können. Schäden könnten sich durch Biegebelastungen, Auseinanderziehen von Verbindungen oder durch Verformen der Rohre ergeben.

Die entnommenen Bodenproben werden Prüfungen unterworfen, bei denen ein Boden-„PVC-Meter“ (An-



merkung des Übersetzers: Der Ausdruck „PVC-Meter“ ist eine Abkürzung für „Potential Volume Change Meter“ — Meßgerät für die Änderung des Spannungsvolumens —) verwendet wird, das von Dr. T. William Lambe vom „Massachusetts Institute of Technology“ entwickelt wurde. Die durchgeführten Untersuchungen geben Auskunft über den Quell-Index, der mit der potentiellen Volumenänderung und dem angenäherten Plastizitäts-Index zusammenhängt. Der Quell-Index wird in lb./sq. ft. angegeben und ist ein ziemlich genauer Wert des Quelldruckes, der von einer verdichteten Bodenprobe ausgeübt wird, wenn diese nach dem Befeuchten gegen einen Widerstand drückt.

Die Ergebnisse zeigen, daß die meisten Lehmarten bis zu einem gewissen Grad Quelldrücke ausüben. Am stärksten quillt der „Montmorillonite“, der häufig in den südlichen und südwestlichen Gegenden der Vereinigten Staaten angetroffen wird. Die Bedeutung des Einflusses von quellendem Lehm auf die Rohre dürfte mit dem unterschiedlichen Bodenfeuchtigkeitsgehalt bestimmter Gebiete zusammenhängen.

Es bestehen Pläne für die Entwicklung geeigneter Methoden, um das Verhalten von Graugußrohren und duktilen Gußrohren in Lehm Böden zu prüfen, von denen bekannt ist, daß sie quellfähig sind, und bei denen bedeutende Quelldrücke festgestellt wurden. Durch Verwendung von Druckmeßdosen an der Rohrwand und durch Beobachtung von Verschiebungen kann die Bedeutung der Bodenquellung bestimmt werden. Die gezielten Versuche werden im Jahre 1971 abgeschlossen sein; dann sollen Feldversuche folgen.

Einige Ergebnisse von Quelluntersuchungen sind in Tabelle II aufgeführt:

Ort	Quell-Index [lb./sq. ft.]
College Station, Texas	14 725
New Braunfels, Texas	13 050
Honolulu, Hawaii	14 592
Detroit, Michigan	7 200
Miami, Oklahoma	7 200
Orange, California	9 150
Vincennes, Indiana	1 250
Massillon, Ohio	5 570
Clinton Township, Michigan	6 725
Charlotte, North Carolina	6 150
North St. Paul, Minnesota	2 175
St. Charles, Missouri	13 950
Oakland, California	6 070
Medinah, Illinois	6 245
Dallas, Texas	9 190
Jefferson County, Missouri	8 604
Fairfax, Virginia	6 000
Montgomery, Alabama	9 000
Denver, Colorado	7 600

### Korrosionsschutz

Wegen der elektrischen Trennstellen, die durch die allgemein bei Graugußrohren und duktilen Gußrohren verwendeten gummigedichteten Verbindungen gegeben sind, stellen Langstreckenströme bei diesen Rohren keine ernste Gefahr dar. Größere Gefahren gehen von vagabundierenden Gleichströmen und von Bodeneigenschaften aus, die zu einer Lokalelementkorrosion führen. Jedes Schutzverfahren muß darauf ausgerichtet sein, Lokalelementkorrosion zu vermeiden. Wenn Streuströme mit im Spiel sind, muß das Schutzverfahren auch in der Lage sein, das Eisenrohr

so wirksam zu schützen, daß deren Einfluß auf ein Minimum beschränkt bleibt.

Die seit einiger Zeit übliche Verwendung eines lose aufgezogenen Polyäthylen-Schlauchs (PE-Schlauchs) zum Schutze von Gußrohren bei korrosiven Bodenverhältnissen hat gezeigt, daß dieses Verfahren gegen beide Arten der oben erwähnten Korrosion sehr wirksam ist. Laufende Untersuchungen haben dies bestätigt. Die Überwachung und Prüfung von mit PE-Schlauch geschützten Rohren wurde bei einer Reihe von Wasserversorgungsnetzen überall im Lande durchgeführt. Einige Beispiele sind Bild 1 bis 3 b:

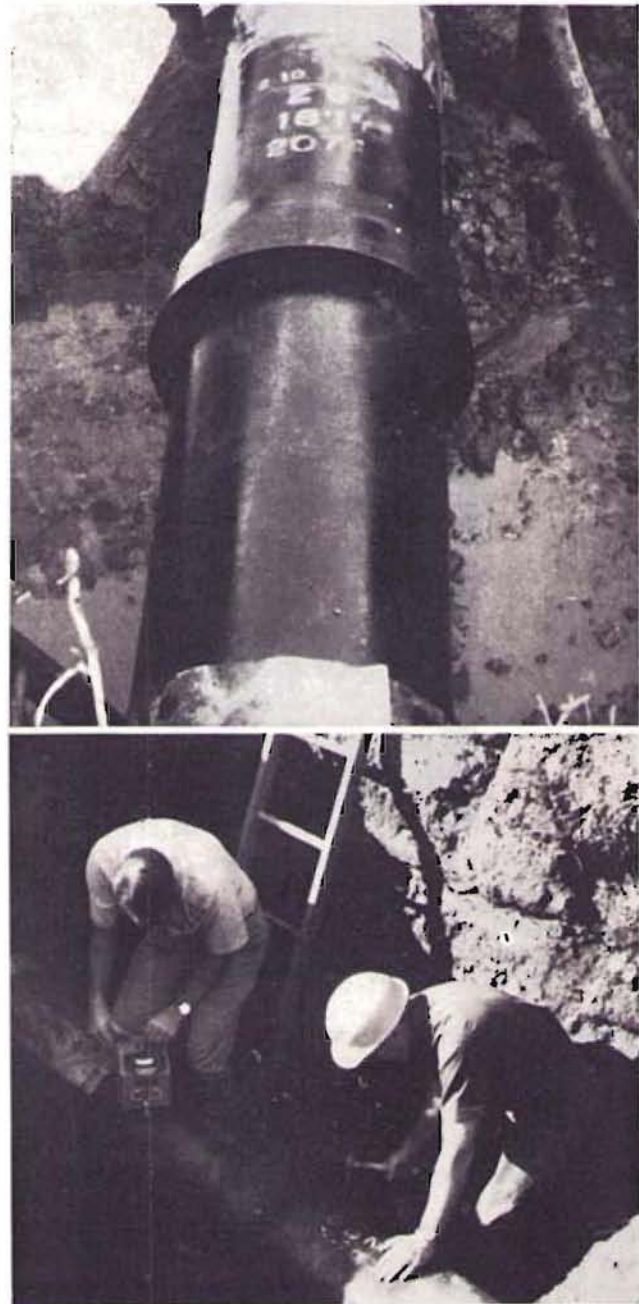


Bild 1: San Diego, Kalifornien, wo im Jahre 1960 12"- und 16"-Gußrohre (NW 300 und NW 400) mit PE-Schlauch in stark aggressiven anaeroben sulfathaltigen Böden mit niedrigem elektrischen Widerstand (300 bis 500 Ohm · cm) verlegt wurden. Wiederholte Überprüfungen an verschiedenen Stellen dieser Rohrleitungen haben bis heute praktisch keine Korrosionsangriffe erkennen lassen.





Bild 2: In Philadelphia, Pennsylvania, wurde 1959 in einem Mülldeponiegelände eine mit PE-Schlauch geschützte 12"-Gußrohrleitung (NW 300) verlegt. Die Überprüfung einer beträchtlichen Länge dieser Rohrleitung im Jahre 1969 ließ keine nennenswerten Korrosionsangriffe erkennen.

Dieses Schutzverfahren wird in mehreren hundert Wasserversorgungsnetzen in den Vereinigten Staaten meist dort angewendet, wo in kleinen Bereichen stark korrosive Bodenverhältnisse angetroffen werden. Bis heute ist weder ein Versagen festgestellt, noch irgendein ernsthafter Korrosionsangriff beobachtet worden.

Ein bedeutender Vorteil des PE-Schlauchs besteht in den außerordentlich niedrigen Kosten für Material und Einbau. Auf diese Weise wurde kürzlich bei einem Projekt eine 28 Meilen (45 km) lange 16"- und 18"-Leitung (NW 400 und NW 450) aus duktilen Gußrohren geschützt. Die Gesamtkosten für den Schutz betragen 1 % der Projektkosten. Berücksichtigt man den hohen Grad des gebotenen Schutzes, dann ist dies ein sehr wirtschaftliches Verfahren, das den Planungsingenieuren gestattet, sehr vorsichtig vor-

zugehen, ohne daß dadurch der Gesamtkostenaufwand nennenswert erhöht wird.

Einige Forscher haben die Nützlichkeit des PE-Schlauchs bestätigt; ihre Feststellungen werden nachstehend aufgeführt:

Donald A. Hoffmann und F. O. Waters [4] „Materials Protection“, Mai 1966:

„Die Versorgungsunternehmen von San Diego haben festgestellt, daß die beste Art, Gußrohre vor Korrosion zu schützen, in der Verwendung von PE-Schlauch besteht.“

D. R. Whitchurch und I. G. Hayton [5] „International Conference on Corrosion and Protection of Pipes and Pipelines“, London, England, Juni 1968:

„Die Verwendung von PE-Schlauch hat sich als ein preiswertes und wirksames Mittel erwiesen, um Gußrohre, die in aggressiven Böden verlegt werden, mit einem Schutz zu versehen. Er erleidet, im Boden verlegt, keine nennenswerten Änderungen in seinen physikalischen Eigenschaften. Kleinere Perforationen im Schlauch sind weniger kritisch als ähnliche Beschädigungen bei fest haftenden Kunststoffüberzügen, und sie können auf jeden Fall auf der Baustelle schnell ausgebessert werden. Es bestehen keinerlei Schwierigkeiten bei seiner praktischen Anwendung.“

Atlee Cunningham [6] „50th Texas Water and Sewage Works Association“, März 1968:

„. . . 7000 Fuß (2 134 m) einer 16"-Rohrleitung (NW 400) wurden nach erfolgter Ausgrabung, Säuberung und Umwicklung, bei teilweiser Einbettung in Sand, wiederverwendet. Nachdem die Rohre vom Wasserwerk mit PE-Schlauch geschützt worden waren, hat das Metall während der 8 Jahre Betriebszeit der Rohrleitung keinen äußeren Schaden erlitten.“

J. Nekoksa [7] (Tschechoslowakei) äußerte auf der Internationalen Konferenz über Korrosion, London, England, Juni 1968:

„Zur Zeit sind in der Tschechoslowakei etwa 20 km Rohrleitungen mit Kunststoff-Schläuchen oder Umhüllungen in Gebieten mit Streuströmen verlegt worden. Die Durchmesser der Rohre liegen zwischen 100 bis 1200 mm. Bis jetzt sind sowohl an den Probe-  
stücken als auch an den verlegten Rohren keine Korrosionsschäden festgestellt worden.“

### Beständigkeit von Polyäthylen

PE-Folien sind seit etwa 25 Jahren im Handel erhältlich. Ihre Lebenserwartung muß bis jetzt aufgrund einer Extrapolation von Erfahrungswerten geschätzt werden. Im Jahre 1963 berichtete E. F. Wagner [8] über eine 8jährige Betriebszeit von Polyäthylen als Schutz von Gußrohren in äußerst korrosiven Böden. Das Polyäthylen hat das Versuchsrohr nicht nur hinreichend geschützt, sondern die Analyse der Umhüllung hat auch nur einen unbedeutenden Abfall der Festigkeit und der anderen physikalischen Eigenschaften gezeigt.

Die Untersuchung einer 10 Jahre alten Leitung in Philadelphia ließ ebenfalls einen ausgezeichneten Schutz des Gußrohres erkennen. Bei der Analyse des Polyäthylens ergab sich im Durchschnitt eine Zugfestigkeit und Dehnung, die größer war als die für neue PE-Schläuche vorgesehenen Mindestwerte. Die Untersuchungen des „Bureau of Reclamation“ an PE-Folien, die zur Isolierung unterirdischer Kanäle dien-



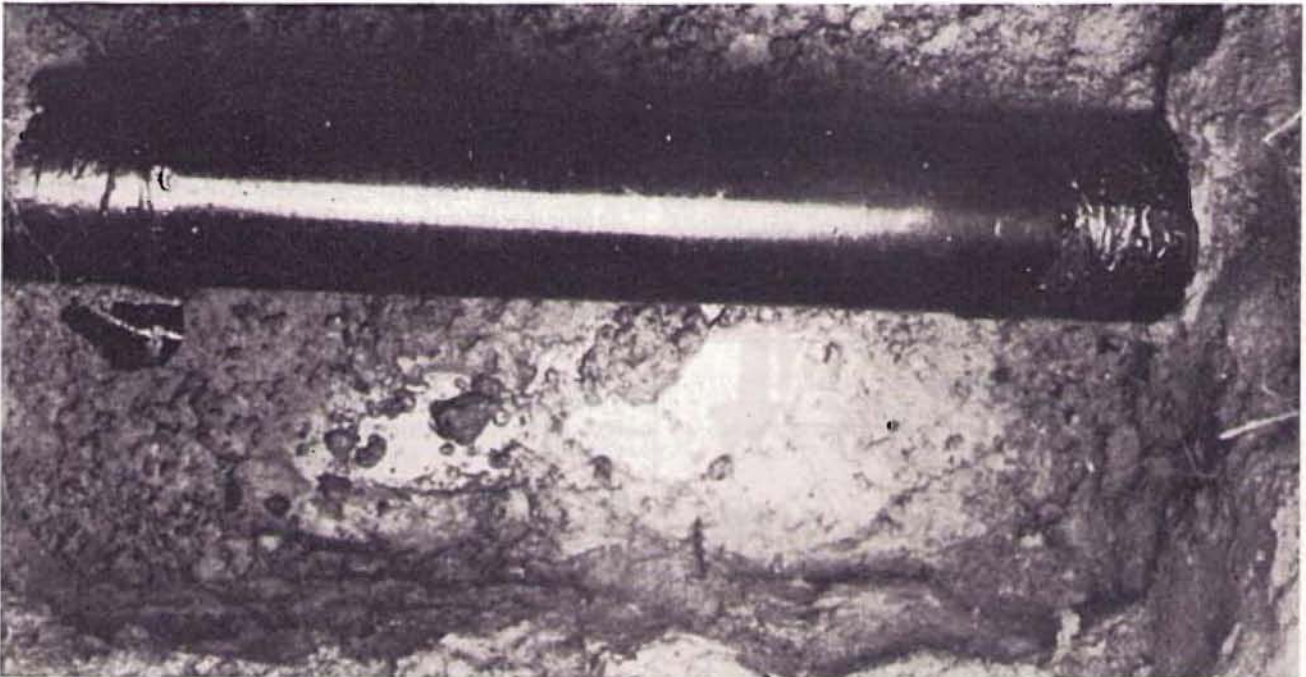


Bild 3a: Die Überprüfung von in Betrieb befindlichen Gußrohrleitungen, die mit einem 8 mil (0,2 mm) dicken PE-Schlauch geschützt waren, hat in einigen anderen Wasserversorgungsnetzen gleich gute Ergebnisse gezeigt.



Bild 3b: Das oben wiedergegebene Bild, das in Detroit, Michigan, aufgenommen wurde, zeigt ein mit PE-Schlauch geschütztes 6"-Gußrohr (NW 150) in einem Boden, in dem früher Gußrohre wegen Korrosion versagt hatten. Nach einer Liegezeit von 5 Jahren ergab eine Überprüfung, daß kein Korrosionsangriff stattgefunden hatte.

ten, haben gezeigt, daß die Zugfestigkeit während einer 7jährigen Versuchsdauer annähernd konstant geblieben und daß die Dehnung lediglich geringfügig beeinträchtigt war. Die vom „Bureau“ unter sehr verschärften Bedingungen durchgeführten Eingravingsversuche (die Versuchsbeschleunigung betrug schätzungsweise das 5- bis 10fache des Wertes unter normalen Feldbedingungen) zeigten, daß Polyäthylen

außerordentlich widerstandsfähig gegen bakteriellen Abbau ist. Im Bericht Nr. ChE-82 [9] des „United States Department of Interior, Bureau of Reclamation“ wird festgesetzt:

„Eingegrabene Schutzfolien aus PVC und Polyäthylen, die 10 Jahre in Betrieb waren, zeigen ein ausgezeichnetes Verhalten.“



### Untersuchungen über die Einwirkung von vagabundierenden und gezielt eingeleiteten Strömen auf mit PE-Schlauch geschützte Gußrohre

Im Juni 1968 setzte die CIPRA eine Versuchsanlage in Süd-Nevada in Betrieb. Die Versuchsanlage ist zum Studium der Lebensdauer und anderer wichtiger Eigenschaften von PE-geschützten und ungeschützten Graugußrohren und duktilen Gußrohren vorgesehen, und zwar in Böden mit stark korrosiven Eigenschaften in Gegenwart von hohen und gezielt in die Erde eingeleiteten Strömen.

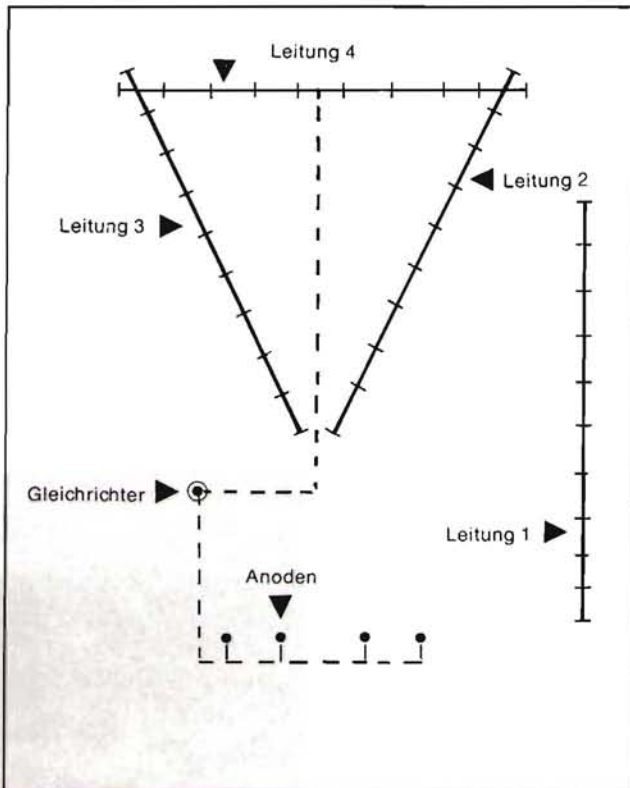


Bild 4: Versuchsanlage in Süd-Nevada

Wie aus Bild 4 hervorgeht, umfaßt die Versuchsanlage vier gesonderte Rohrleitungen. Jede davon setzt sich wechselweise aus 18 Fuß- (5,50 m) langen 6"-Graugußrohren (NW 150) der Klasse 22 und aus 6"-duktilen Gußrohren (NW 150) der Klasse 2 zusammen. Die Rohre sind der normalen Produktion entnommen, mit Zementmörtel ausgekleidet und mit einem normalen betriebsmäßig aufgetragenen bituminösen Außenschutz versehen. Alle Verbindungen sind vom Typ Steckmuffe.

Die Leitungen 2 und 4 sind mit 8 mil (0,2 mm) dickem lose aufliegendem PE-Schlauch umhüllt. Die Leitungen 1 und 3 haben keinen Außenschutz. Alle Leitungen sind an jedem Rohrende mit Meßanschlüssen versehen. Die Rohrleitung 4 besitzt außerdem elektrisch überbrückte Verbindungen.

Leitung 4 mit PE-Schutz ist mit Hilfe eines Gleichrichters und zugehöriger Anoden kathodisch geschützt. Leitung 2 mit PE-Schutz und die ungeschützte Leitung 3 liegen im Bereich des vom Gleichrichter über die Anoden gezielt eingeleiteten Stromes. Die ungeschützte Leitung 1 liegt außerhalb des Bereiches

des gezielt eingeleiteten Stromes und dient als Kontrolleitung für Vergleichszwecke.

Die Leistung des Gleichrichters kann sowohl spannungs- als auch strommäßig jedem gewünschten Niveau angepaßt werden. Die Spannung kann zwischen 0 und 200 V eingestellt werden, während die Stromstärke unabhängig davon zwischen 0 und 12 A geregelt werden kann.

Die unbegrenzte Änderungsmöglichkeit der Leistung des Gleichrichters gestattet während der Versuchsdurchführung eine große Anpassungsfähigkeit.

Die Böden im Versuchsfeld sind außerordentlich korrosiv, haben einen Bodenwiderstand im Bereich von 190 bis 200 Ohm · cm, einen pH-Bereich von 7,8 bis 8,0 und sind schlecht belüftet und entwässert (in Rohrverlegetiefe wassergesättigt).

Die bis jetzt vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen:

1. Der lose aufliegende PE-Schlauch kann einen sehr wirksamen Korrosionsschutz für Graugußrohre oder duktile Gußrohre, auch ohne kathodischen Schutz, bieten.
2. Der lose aufliegende PE-Schlauch, der Rohre mit nicht überbrückten Verbindungen umhüllt, scheint auch gegen elektrische Streuströme ein wirksamer Schutz zu sein, wenn das umhüllte Rohr nicht selbst Teil des elektrischen Streustromkreises ist. Ein Schutz unter diesen Bedingungen kann bis zu einem Potential von nahezu 50 V wirksam sein. Für genauere Festlegungen bedarf es aber noch weiterer Versuche.
3. Verbindungen von mit Polyäthylen geschützten Gußrohren zeigten einen größeren elektrischen Widerstand als solche, die nicht auf diese Weise geschützt waren.
4. Ein kathodischer Schutz von Rohren, die mit PE-Schlauch umhüllt sind, ist mit geringer Stromstärke leicht zu bewerkstelligen. Dies widerlegt die Theorie, die von John H. Fitzgerald III in dem Aufsatz „Korrosion als Hauptursache von Rohrbrüchen in Gußrohrleitungen“ [10] im Journal AWWA, August 1968, aufgestellt wurde.
5. Eine Stromdichte von  $25 \times 10^{-6}$  A/sq. ft. ergab ein Rohr-Boden-Potential von  $-0,85$  bis  $-0,90$  V nach Stabilisierung für die mit „PE“ geschützte, mit kathodischem Schutz versehene Leitung 4. Dieser Wert läßt sich gut mit Versuchsergebnissen vergleichen, die von Hertzberg und Westerback „Vergleichsuntersuchungen von Stahlrohr-Überzügen“ [11], Journal AWWA, Juli 1969, erzielt wurden.
6. Der lose aufliegende PE-Schlauch scheint durch eine hohe Überspannung, die bei der unter kathodischem Schutz stehenden Rohrleitung angewandt wurde, nicht beeinflusst zu werden. (Ein Rohr-Boden-Potential von  $-14,6$  V wurde 6 Monate lang aufrechterhalten.)

#### Materialanforderungen an das Polyäthylen

In der nachstehenden Tabelle III wird eine Spezifikation für Polyäthylen, das als lose Umhüllung für erdverlegte Graugußrohre oder duktile Gußrohre dienen soll, vorgeschlagen:



Tabelle III

Vorgeschlagene Spezifikationen für Polyäthylen zur Verwendung als lose Umhüllung für erdverlegte Graugußrohre oder duktile Gußrohre	
Bemerkung:	Diese Spezifikationen enthalten Mindestanforderungen. Polyäthylen-Material, das diesen Normen in einigen oder allen Punkten entspricht, würde annehmbar sein.
Dicke:	8 mils (0,2 mm) (mindestens)
Typ, Klasse, Güte andere Eigenschaften:	Nach A. S. T. M. — Spezifikation D-1248-68 oder deren letzte Auflage
Typ:	1
Klasse:	A naturfarbig oder C schwarz Längere Bestrahlung durch Sonnenlicht wird eventuell die PE-Folie schädigen. Daher sollte eine solche Sonnenbestrahlung vor dem Verfüllen der umhüllten Rohre auf ein Minimum begrenzt bleiben. Wenn mit einer Sonnenbestrahlung von mehreren Wochen vor dem Verfüllen der Rohrleitung zu rechnen ist, sollte Material der Klasse C verwendet werden.
Qualität:	E-1
Fließgröße: (früher Schmelz-Index)	höchstens 0,4
Zugfestigkeit:	mindestens 1200 psi (85 kp/cm <sup>2</sup> )
Dehnung:	mindestens 300 %
Durchschlags- festigkeit:	Volumen-Widerstand mindestens 10 <sup>15</sup> Ohm · cm <sup>3</sup> , 800 V pro mil (0,025 mm) Mindestdicke

#### Korrosionsgefährdung von Gußrohren durch Hochspannungs-Gleichstrom-Leitungen (HVDC) \*)

Zur Abschätzung der Korrosionsgefährdung von Gußrohren durch Gleichstrom, die sich aus der Übertragung von Gleichstrom über große Entfernungen ergeben kann, hat die CIPRA Gußrohre in Wasserverteilungsnetzen nahe den Elektroden der „Pacific Northwest-Southwest Power Intertie“ in Oregon und Kalifornien untersucht. Diese Hochspannungs-Gleichstrom-Leitung mit 750 000 V verläuft von The Dalles, Oregon nach Santa Monica, Kalifornien. Die Untersuchung an Gußrohren schloß die Registrierung der Rohr-Boden-Potentiale an vielen Stellen der Wasserverteilungsnetze in The Dalles, in Santa Monica und in Pasadena, Kalifornien ein. Die Anfangsuntersuchungen sind abgeschlossen. Ein tragbarer Gleichrichter, der ca. 300 A bei 3000 V liefert, war im Juni 1969 intermittierend in Betrieb. An 16 Stellen (14,8 %) wurde das Rohr-Boden-Potential in einem Bereich von ungefähr 5 mV beeinflusst. An den übrigen Stellen (85,2 %) wurde keine Beeinflussung festgestellt. Bei künftigen Untersuchungen mit größeren Stromstärken sollen die Gußrohre an jenen Stellen geprüft werden, die geringere Beeinflussungen gezeigt haben, und es soll der Strom auf dem Rohr gemessen werden. Dann kann die Bedeutung der Beeinflussung durch das HVDC-System abgeschätzt werden.

Anscheinend sind solche Gußrohrleitungen, die gummedichtete Verbindungen haben (mechanische Verbindung oder Steckmuffen-Verbindung), im allgemeinen frei von jeder Beeinflussung. Es ist anzunehmen, daß der Widerstand der Verbindung eine derartige Unterbrechung darstellt, daß sich Streuströme auf der Rohrleitung nicht ansammeln können, und daß der Streustrom auf einer einzelnen Gußrohrlänge so ge-

ring ist, daß er nicht gemessen werden kann. Der Endbericht wird 1971 fertiggestellt sein.

#### Duktile Gußrohre

Die Ergebnisse von Vergleichsversuchen an Graugußrohren und duktilen Gußrohren in stark aggressiven Böden sind schon früher veröffentlicht worden. Diese Ergebnisse zeigten, daß der Bodenkorrosionswiderstand von duktilen Gußrohren gleich oder etwas besser ist als der von Graugußrohren. Die Korrosionsprodukte von duktilen Gußrohren sind in ihrer Art denen von Graugußrohren ähnlich; ihre Festigkeit und Haftung entspricht denen von Graugußrohren.

Der französische Hersteller Pont-à-Mousson untersuchte die Korrosionsgeschwindigkeit beider Werkstoffe in Meerwasser, Schwefelsäure und verschiedenen anderen korrosiven Medien, einschließlich Böden. Die Schlußfolgerung von Pont-à-Mousson lautet: „Grauguß und duktilen Gußeisen weisen vergleichbare Korrosionsgeschwindigkeiten auf . . .“.

Die 20jährigen Betriebserfahrungen mit duktilen Gußrohren in Wasser-Verteilungs- und Hauptleitungsnetzen der USA werden von keinem anderen Rohrmaterial übertroffen. Bis heute gab es bei duktilen Gußrohren keine Schadensfälle, die auf Grabenverhältnisse, Erd- oder Verkehrslasten, Innendruck oder Druckstoß zurückzuführen wären. Ein Schadensfall ereignete sich, als das kathodische Schutzsystem einer Erdöl-Leitung stark erhöhte Streuströme in den duktilen Gußrohren verursachte. Dies hätte leicht und ohne großen Aufwand durch Verwendung eines wirtschaftlichen Schutzes vermieden werden können.

#### Die Bedeutung der Rohrwanddicke

In jenen Tagen, als man noch wenig über die Metallurgie, Korrosion, Bodenbeschaffenheit und Bemessung wußte, war es notwendig, für Gußrohre sehr große Wanddicken vorzusehen. Dies war erforder-

\*) Anmerkung des Übersetzers: HVDC = High Voltage Direct Current



lich, um einen hinreichenden Sicherheitsfaktor zu haben und um allen Unbekannten Rechnung zu tragen. Heute jedoch, bei dem umfangreichen Wissen, das auf jedem dieser Gebiete vorliegt, ist es weder notwendig noch wirtschaftlich, Wanddicken vorzusehen, die über die erforderliche Bemessung hinausgehen, um unbekannt Einflüssen, wie z. B. einer Korrosionsgefährdung, Rechnung zu tragen.

Das einzig vernünftige Verfahren, um Rohre nach modernen Gesichtspunkten zu bemessen, erfordert folgende Maßnahmen:

1. Zusammenstellung aller Bemessungskriterien (gültig für alle Rohrwerkstoffe)
2. Erarbeitung von Unterlagen über die zu erwartenden Bodenverhältnisse (aus Erfahrungen oder durch Untersuchungen)
3. Schutz der Rohre vor allen schädigenden Bodeneinflüssen (im allgemeinen ist der Prozentsatz der Gußrohre, die einen Sonderschutz benötigen, gering).

Die CIPRA untersuchte die Beziehung zwischen Wanddicke, Bodenbeschaffenheit und Korrosion. Aufgrund der bis heute gemachten Beobachtungen kann geschlossen werden, daß die Wanddicke der auf dem

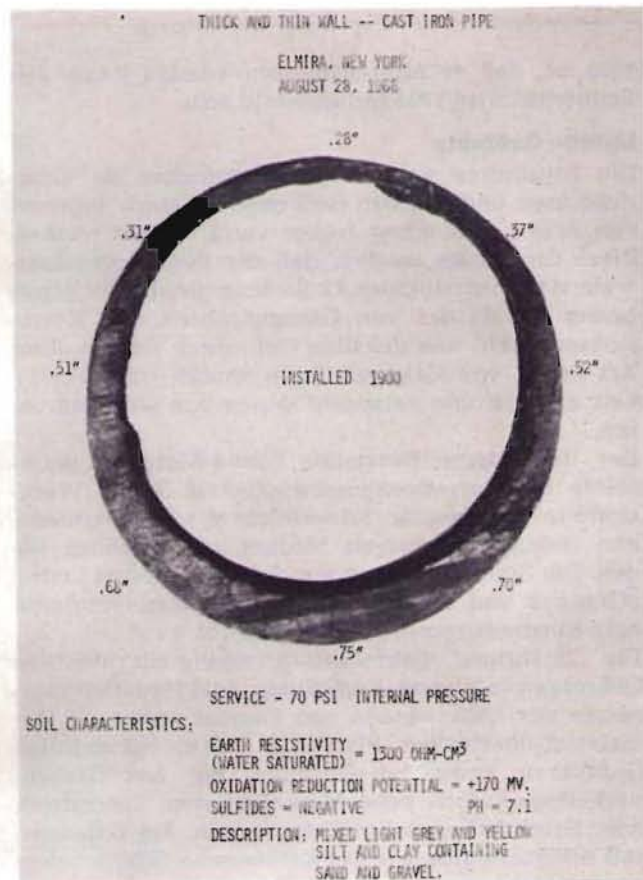


Bild 5: Beispielsweise zeigt ein Gußrohr, das in Elmira/New York im Jahre 1900 verlegt und im August 1968 ausgebaut wurde, keinen erkennbaren Korrosionsangriff; dabei wies der Boden einen Widerstand von 1300 Ohm · cm auf. Das 6"-Rohr (NW 150) hatte Stellen mit dickerer und dünnerer Wand (die größere Wanddicke betrug 0,75 inch (19 mm) und die dünnere Wanddicke 0,28 inch (7 mm), verursacht durch Kernverlagerung beim stehenden Guß. Die Rohrleitung arbeitete zufriedenstellend bei einem Druck von 70 psi (4,9 kp/cm<sup>2</sup>).

Markt befindlichen Graugußrohre und duktilen Gußrohre für die meisten Böden in den USA ohne besonderen Korrosionsschutz hinreichend bemessen ist.

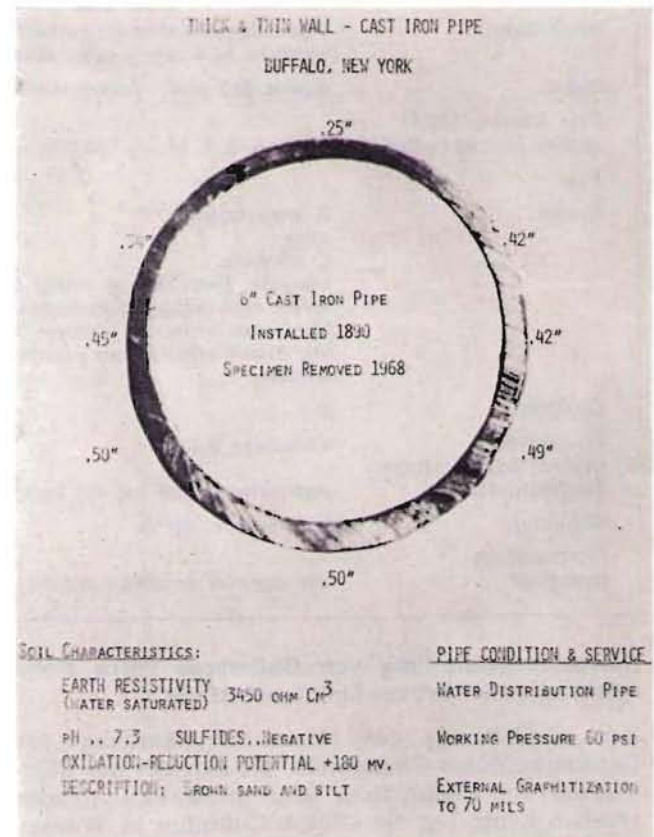


Bild 6: In Buffalo/New York wurden im Jahre 1890 6"-Gußrohre (NW 150) eingebaut und 1968 ausgegraben. Die Wanddicke dieser Rohre schwankt zwischen 0,5 und 0,25 inch (12 und 6 mm). Eine äußere Graphitisierung bis zu einer Tiefe von 70 mils (1,8 mm) wurde festgestellt. Die Rohrleitung erfüllte jedoch unter einem Betriebsdruck von 60 psi (4,2 kp/cm<sup>2</sup>) zur allgemeinen Zufriedenheit ihren Dienst.

#### Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

1. Über 400 000 Meilen (644 000 km) Rohrleitungen aus Grauguß und duktilem Gußeisen sind z. Z. in der Wasserversorgung der USA im Einsatz. Fast alle diese Leitungen erfüllen ihren Zweck angemessen und gut. Die Technik und die technologischen Fortschritte der letzten Jahre geben uns die Zuversicht, daß der derzeitige und künftige Bau von Gußrohrleitungen von immer größerem Nutzen sein wird.
2. Verfahren zur Bewertung von Böden sowie Betrachtungen über die Korrosion und über quellfähige Böden werden dargelegt.
3. Wenn aggressive Bodenverhältnisse vorliegen, sollten Gußrohre mit lose aufgebrachtem PE-Schlauch geschützt werden. Wenn aggressiver Boden vermutet wird, so sollte er untersucht werden. In den Bereichen, die sich als aggressiv herausstellen, sollten die Rohre geschützt werden.
4. Der PE-Schlauch ist nachgewiesenermaßen ein angemessener Korrosionsschutz für Gußrohre und verliert im Boden seine Festigkeitseigenschaften nicht.



5. Über das Verhalten von mit PE-Schlauch geschützten Rohren unter dem Einfluß von Streuströmen und gezielt eingeleiteten Strömen wird berichtet.
6. Erste Versuchsergebnisse über den Einfluß von HVDC (Hochspannungs-Gleichstrom-Leitungen) werden zusammengefaßt.
7. Eine Beziehung zwischen der Wanddicke des Gußrohres und der Korrosion wird aufgestellt.
8. Die erwünschte Betriebsdauer von Graugußrohren und duktilen Gußrohren kann durch Beachtung folgender Punkte sichergestellt werden:
  - a) Herstellung unter strenger Qualitätskontrolle und Überprüfung des Fertigproduktes.
  - b) Bemessung aufgrund vernünftiger Kriterien, die vor Auswahl eines Rohrwerkstoffes festzulegen sind.
  - c) Schutz bei ungewöhnlichen oder schwierigen Bodenverhältnissen, die sich auf den Betrieb oder die Lebensdauer der Rohrleitung auswirken könnten.
  - d) Betrieb der Rohrleitungen innerhalb der Bemessungsgrenzen.

**Literatur**

[1] American National Standards Institute, Inc., Standard A 21.1 for Thickness Design of Cast-Iron-Pipe  
 [2] American National Standards Institute, Inc., Standard A 21.50 for Thickness Design of Ductile-Iron-Pipe  
 [3] Smith, W. Harry  
 „Soil Evaluation in Relation to Cast-Iron-Pipe“  
 J. American Water Works Association, 60, No. 2.221 (1968) February

[4] Hoffmann, Donald A. and Waters, F. O.  
 Materials Protection (1966) May  
 [5] Whitchurch, D. R. and Hayton, J. G.  
 Proceedings of International Conference on Corrosion and Protection of Pipes and Pipelines, London, England (1968) June  
 [6] Cunningham, Atlee  
 „Pipe Protection with Polyethylene and Sand Embedment“  
 50th Texas Water and Sewage Works Association Short School (1968) March  
 [7] Nekoksa, J.  
 Proceedings of International Conference on Corrosion and Protection of Pipes and Pipelines, London, England (1968) June  
 [8] Wagner, E. F.  
 „Loose Plastic Film Wraps as Cast-Iron-Pipe Protection“  
 J. American Water Works Association, 56, No. 3.361 (1964) March  
 [9] Hickey, M. E.  
 „Laboratory and Field Investigations of Plastic Films as Canal Lining Materials Open and Closed Conduits Systems Program“  
 Laboratory Report No. ChE-82, United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, September 1968  
 [10] Fitzgerald, John H., III  
 „Corrosion as a Primary Cause of Cast-Iron Main Breaks“  
 J. American Water Works Association, 60, No. 8.882 (1968) August  
 [11] Hertzberg, Lee B. and Westerback, Arne E.  
 „Comparison Tests of Steel Pipe Coatings“  
 J. American Water Works Association, 61, No. 7.343 (1969) July

## Kritische Betrachtung der heutigen Rohrnetzrechnungen\*)

Von ALBRECHT KOTTMANN, Technische Werke der Stadt Stuttgart AG

Die Genauigkeit einer Rohrnetzrechnung wird weitgehend von der Zuverlässigkeit der Eingabedaten bestimmt [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8]. Als Grundlage für die Rechnung dienen:

- Druckmessungen
- die Längen der Strecken
- Rohrdurchmesser
- die statistisch erfaßte Verteilung der allgemeinen Verbräuche
- Zuflußmessungen und in wenigen Fällen Verbrauchsmessungen
- Berechnungsformeln und die
- Form des Netzes.

### Fehler bei der Druckmessung

**Genauigkeit des Meßwerks**  
 Die Anzeige eines jeden Druckschreibers weicht vom wirklichen Druck mehr oder weniger ab. Die Abweichung vom Sollwert ist über den Meßbereich verschieden. Der angezeigte Wert kann im unteren Skalenbereich zu groß, im mittleren etwa richtig und im oberen zu klein sein. Auch zwischen der Anzeige eines vorwärts und rückwärts laufenden Meßwerks bestehen sichtbare Unterschiede.  
 Die Eichkurve gibt über die Anzeigefehler im ganzen Skalenbereich Auskunft. Sie gilt streng genommen nur für die Temperatur, bei der sie aufgenommen worden ist. Andere Temperaturen führen zu anderen Eichkurven (Bild 1).

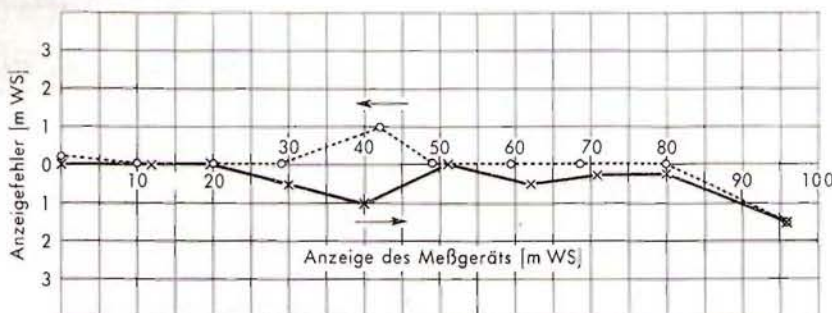


Bild 1: Eichkurve eines Wasserdruckschreibers (Meßbereich 0 bis 100 m WS) [3]

\*) Vortrag während des Lehrgangs „Berechnung von Gas-, Wasser- und Fernwärmenetzen aus der Sicht eines Rohrnetzingenieurs“ am 6. und 7. November 1972 an der Technischen Akademie Eßlingen.



### Zeitliche Verschiebungen

Druckschreiber werden durch Uhrwerke angetrieben, die nur selten genau gehen. Oft wird bereits zu Beginn der Messung der Schreibstreifen nicht sorgfältig eingelegt, so daß sich nach 24 Stunden Meßzeit-Verschiebungen bis zu 30 Minuten ergeben können.

### Ablesefehler

Meist ist es sehr schwer, den richtigen Druck abzulesen. Zu dick schreibende Federn sind zwar unerwünscht, stören aber nur wenig, wenn keine Druckschwankungen im Netz auftreten. Sie führen jedoch in Wasserrohrnetzen, wenn die Federn durch Druckschwankungen ständig in Bewegung versetzt werden, zu Kleksen auf den Schreibstreifen, die eine Auswertung unmöglich machen. Selbst sehr dünn schreibende Federn beschmieren ein mehrere m WS breites Band und dessen Mittelwert muß beim Ablesen des Druckes geschätzt werden.

Feuchtigkeit im Meßgerät kann die Tinte zum Ausfließen bringen, was die Auswertung zusätzlich erschwert. Das Einlegen eines hygroskopischen Stoffes in das Gehäuse des Druckschreibers ist deshalb bei Messungen im Wasserrohrnetz stets empfehlenswert. Da Druckschwankungen in Wasserrohrnetzen häufig auftreten, ist die Auswertung einer Wasserdruckmessung besonders schwierig.

### Fehler in der Übertragung

Beim Einsetzen der Schreibstreifen können durch seitliches Verschieben Fehler entstehen. Dasselbe gilt, wenn der Schreibarm durch Unachtsamkeit beim Wechseln und Füllen der Federn oder Nachdrücken der Tinte geringfügig verbogen wird. Die Größe der Löcher im Papierstreifen sollte gleich dem größten Kegeldurchmesser auf den Führungsrollen sein.

### Fehler bei der Höhenbestimmung

Die Ermittlung der Höhen über NN am Aufstellort und die dabei möglichen Ungenauigkeiten stehen zwar in keiner Beziehung zum Druckschreiber. Da sich aber Höhenfehler wie Meßfehler, Ablesefehler oder Übertragungsfehler auswirken, müssen sie wie diese behandelt werden.

### Fehler bei der Eingabe der Längen

Einzelwiderstände bleiben bei elektronischen Rohrnetzrechnungen meist unberücksichtigt, da der Aufwand für die Erfassung selten gerechtfertigt ist. Die entstehenden Ungenauigkeiten führen zu einer Erhöhung der scheinbaren Rauigkeit, denn jede Richtungsänderung der Rohrachse, Bogen, Krümmen, Abzweige, aber auch Schieber, Klappen, Ventile, alle Steuer- und Absperrrichtungen bewirken örtliche Reibungsverluste. Strömungsumlenkungen und stehende Walzen in toten Winkeln verursachen zusätzliche Energieverluste.

Aufgrund von Erhebungen werden die Längen stets zwischen 5 und 20 % zu kurz eingegeben (Bild 2 und Bild 3).

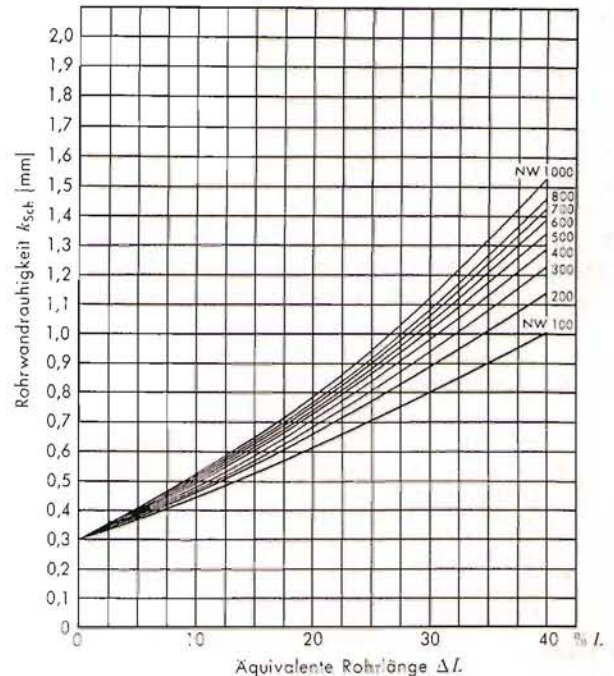


Bild 2. Scheinbare Rohrwandrauigkeit  $k_{sch}$  von Wasserrohren NW 100 bis NW 1000, wenn Einzelwiderstände ausgedrückt als äquivalente Rohrlänge  $\Delta L$  in % vernachlässigt werden, ausgehend von einer absoluten Rauigkeit  $k = 0,3$  mm für die Strömungsgeschwindigkeit  $v = 1$  m/s [4].

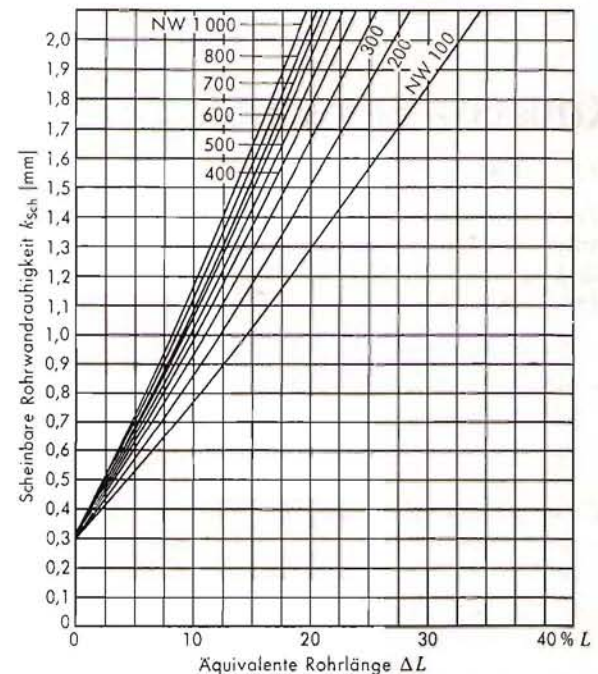


Bild 3. Scheinbare Rohrwandrauigkeit  $k_{sch}$  von Gasrohren NW 100 bis NW 1000, wenn Einzelwiderstände ausgedrückt als äquivalente Rohrlänge  $\Delta L$  in % vernachlässigt werden, ausgehend von einer absoluten Rauigkeit  $k = 0,3$  mm für die Strömungsgeschwindigkeit  $v = 1$  m/s [4].

### Längenzuschläge für Einzelwiderstände

NW	Längenfehler %
100	≈ 5
150	≈ 5
200	≈ 10
300	≈ 15
400	≈ 20



### Fehler bei der Eingabe der Rohrdurchmesser

In Rohrnetzplänen trägt man stets die Nennweite der Rohrleitungen ein. Meist weicht der vorhandene lichte Durchmesser bereits im neuen Zustand von der Nennweite ab. Im Laufe der Jahre bilden sich Ablagerungen, die den freien Querschnitt einengen; sie sind zum Teil gleichmäßig über die Rohrwand verteilt, teils liegen sie, besonders bei Gasleitungen, im unteren Viertel des Querschnitts. Die Ablagerungen in Wasserleitungen sind oft von zahlreichen Hohlräumen durchsetzt und mit stehendem oder langsam strömendem Wasser gefüllt. Die Grenzen des durchflossenen Querschnitts lassen sich deshalb nicht eindeutig festlegen. Sie sind je nach Belastung der Leitung, Dicke und Struktur der Ablagerungen verschieden. Diese Verschiedenheiten mit vertretbarem Zeitaufwand zu erfassen ist unmöglich. Man beschränkt sich deshalb meist darauf, die Nennweiten ohne Rücksicht auf Abweichungen vom wirklichen Durchmesser in die Berechnung einzuführen. In der Regel wird damit aber ein zu großer Durchmesser der Rechnung zugrunde gelegt, die Rauigkeit wird entsprechend zu groß errechnet (Bild 4 und Bild 5).

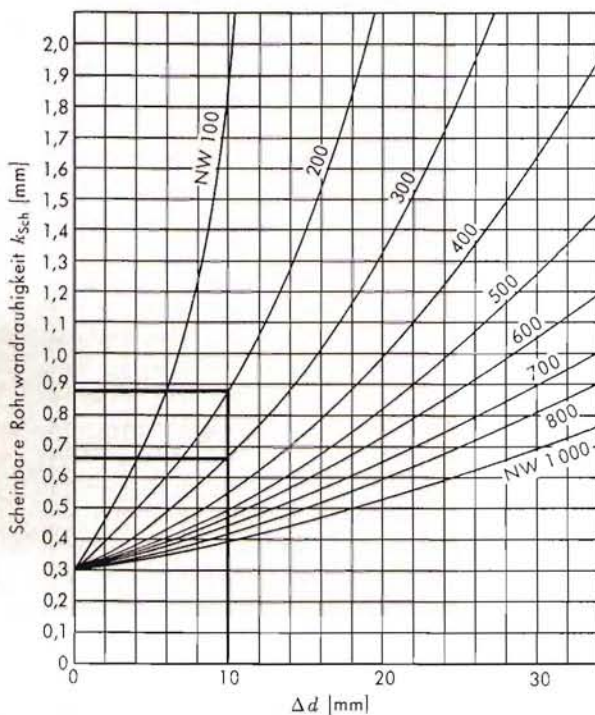


Bild 4. Scheinbare Rohrwandrauigkeit  $k_{sch}$  von Wasserrohren NW 100 bis NW 1000, wenn Ablagerungen im Rohr vernachlässigt werden, ausgehend von einer absoluten Rauigkeit  $k = 0,3$  mm für die Strömungsgeschwindigkeit  $v = 1$  m/s [4].

Ablesebeispiel:  
 Rauigkeit für freien Querschnitt  
 $k = 0,3$  mm;  $\Delta d = 10$  mm;  
 NW 300  $k_{sch} = 0,67$  mm  
 NW 200  $k_{sch} = 0,88$  mm

Eine Ausnahme von diesem Verfahren sollte gemacht werden, wenn die Abweichungen von den wirklichen lichten Rohrweiten nachweisbar auf einige Leitungen oder ganze Teile eines Netzes beschränkt bzw. dort besonders hoch sind.

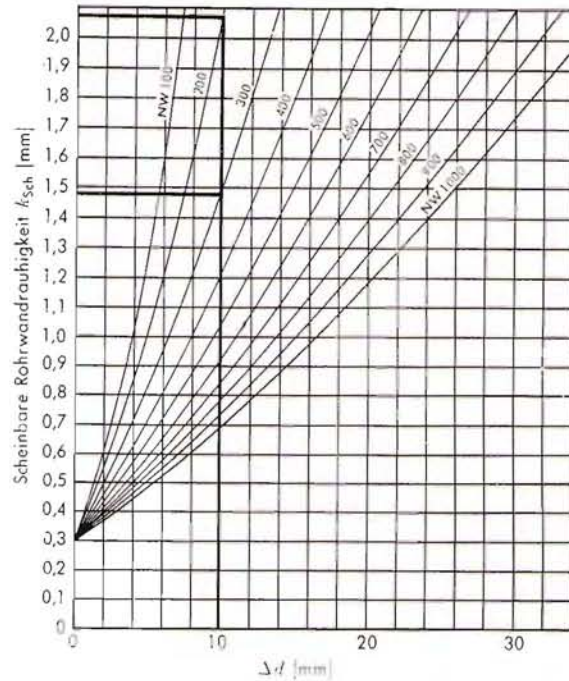


Bild 5. Scheinbare Rohrwandrauigkeit  $k_{sch}$  von Gasrohren NW 100 bis NW 1000, wenn Ablagerungen im Rohr vernachlässigt werden, ausgehend von einer absoluten Rauigkeit  $k = 0,3$  mm für die Strömungsgeschwindigkeit  $v = 1$  m/s [4].

Ablesebeispiel:  
 Rauigkeit für freien Querschnitt  
 $k = 0,3$  mm;  $\Delta d = 10$  mm;  
 NW 300  $k_{sch} = 1,48$  mm  
 NW 200  $k_{sch} = 2,08$  mm

### Fehler bei der statistischen Verteilung des allgemeinen Verbrauchs

Die Jahresverbräuche in den Knoten eines Netzes dienen bei der gebräuchlichen Arbeitsweise als Gewichte zur Verteilung des durch eine Messung festgestellten Zuflusses: Man verteilt den Zufluß im Verhältnis der Jahresverbräuche. Dieses Verfahren ist, streng genommen, nur zulässig, wenn in jedem Knoten eine ausreichend große Zahl von Abnehmern zusammengezogen wird, d. h. für alle Knoten möglichst niedrige und gleiche Gleichzeitigkeitsfaktoren gelten. In Leitungen, die nur einen kleinen Kreis von Kunden versorgen, ist ein höherer oder niedrigerer Durchfluß, als nach der statistischen Verbrauchsverteilung zu erwarten wäre, wahrscheinlich.

Die übliche Verteilung des während einer Messung ermittelten Zuflusses auf die Knoten proportional den in langen Zeiträumen (Monaten) ermittelten Verbräuchen ist nur bedingt richtig, wenn die Zahl der Kunden/Knoten verhältnismäßig groß und etwa gleich ist. Sie ist sicher falsch, wenn diese Zahl unter 50 Kunden/Knoten fällt.

Beim Vergleich des berechneten mit dem durch Messungen belegten Druckzustand in der Vergleichsrechnung müssen deshalb mit wenigen Abnehmern belastete Knotenpunkte nach dem Gesetz der Wahrscheinlichkeit aus dem Rahmen fallen. Dies gilt ganz besonders für Knotenpunkte, die am Ende eines Verteilungsnetzes oder an Endleitungen eines vermaschten Netzes liegen.



In einem gut vermaschten Netz ist ein gegenseitiger Ausgleich von Fehlern in der Verbrauchsaufteilung möglich, falls die betreffenden Knotenpunkte benachbart und durch ausreichende Leitungsquerschnitte verbunden sind. Dieser Umstand ist die Ursache, weshalb oft mangelhafte Verbrauchsverteilungen ohne nachweisbaren Einfluß auf das Ergebnis einer Rohrnetzrechnung bleiben.

Das übliche Verfahren der Verbrauchsaufteilung führt bei Vergleichsrechnungen nur deshalb zu befriedigenden Ergebnissen, weil vermaschte Netze gegen Verbrauchsverschiebungen unempfindlich sind. Die Beobachtung, daß in nicht vermaschten Netzteilen gemessene und gerechnete Drücke nur sehr schlecht zur Übereinstimmung gebracht werden können, ist eine Folge der mangelhaften Verbrauchsverteilung.

#### Fehler bei Zuflußmessungen

Fehlerhafte Zuflußmessungen sind sehr schwer zu entdecken. Meist zeigt das Meßgerät bei technisch richtigem Einbau genau an. Bei beengten Raumverhältnissen ist es jedoch oft nicht möglich, die notwendigen Beruhigungsstrecken vor und hinter dem Zähler vorzusehen. Meßfehler sind dann unvermeidlich. Man sollte deshalb den Einbau dieser Geräte mit großer Sorgfalt vornehmen.

Die bisher besprochenen Fehlerquellen führten durchweg zu einer Erhöhung der scheinbaren Rauigkeit, mangelhaft gemessene Zuflüsse können die Rauigkeit sowohl positiv als auch negativ beeinflussen (Bild 6 und Bild 7).

Da falsche Zuflußmessungen die errechnete Rauigkeit sehr stark beeinflussen, können solche Fehler alle anderen Ungenauigkeiten überdecken.

#### Mängel der Berechnungsformeln

Die heute allgemein benützte Formel von Prandtl-Colebrook

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left( \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,71 d} \right)$$

erfaßt in Form der Reynoldsschen Zahl die inneren Reibungsverluste, in Form der Rauigkeit  $k$  die Reibungsverluste an der Rohrwand.

Der Wert des ersten Glieds

$$\frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \text{ wird über } \text{Re} = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

von der jeweiligen Strömungsgeschwindigkeit beeinflusst. Die Strömungsgeschwindigkeit ergibt sich erst während des Rechengangs und kann sich von Iteration zu Iteration ändern. Die Anwendung der vollständigen Gleichung erfordert deshalb einen verhältnismäßig hohen Rechenaufwand; meist rechnet man nur mit dem zweiten Glied

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \frac{3,71 d}{k}$$

Nachdem mit wachsender Geschwindigkeit das erste Glied immer kleiner wird, ist diese Vereinfachung bei überlasteten Wasserrohrnetzen manchmal gerechtfertigt.

Der bei vorgegebener Verbrauchsverteilung und gemessenen Drücken errechnete Wert für die scheinbare Rauigkeit  $k$  muß aber mit der vereinfachten Formel immer größer werden als nach der vollständigen

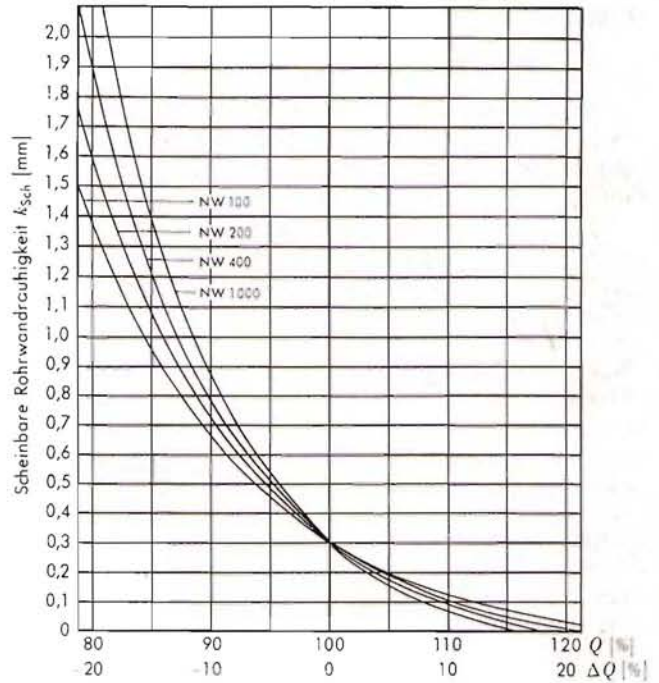


Bild 6. Scheinbare Rohrwandrauigkeit  $k_{sch}$  von Wasserrohren NW 100 bis NW 1000, wenn fehlerhafte Durchflüsse  $Q$  zugrunde gelegt werden, ausgehend von einer absoluten Rauigkeit  $k = 0,3 \text{ mm}$  für  $Q = 100\%$  bei der Strömungsgeschwindigkeit  $1 \text{ m/s}$  [4].

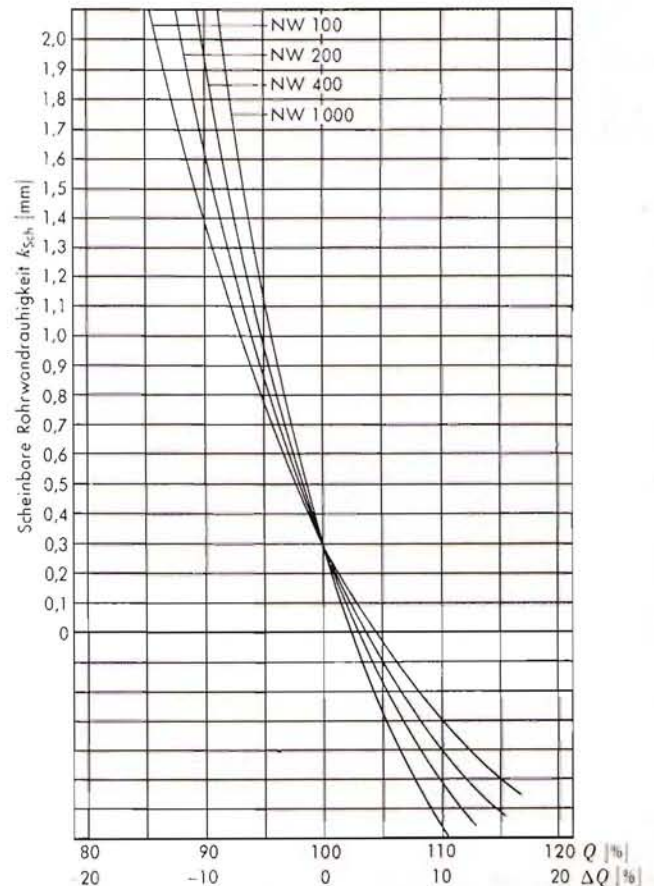


Bild 7. Scheinbare Rohrwandrauigkeit  $k_{sch}$  von Gasrohren NW 100 bis NW 1000, wenn fehlerhafte Durchflüsse  $Q$  zugrunde gelegt werden, ausgehend von einer absoluten Rauigkeit  $k = 0,3 \text{ mm}$  für  $Q = 100\%$  bei der Strömungsgeschwindigkeit  $1 \text{ m/s}$  [4].



digen Gleichung. Da das erste Glied dieser Gleichung bei Gas als Folge der großen Zähigkeit unter sonst gleichen Voraussetzungen wesentlich größer ist als bei Wasser, beeinflusst diese Vereinfachung die Berechnung von Gasleitungen sehr viel stärker. Deshalb ist in Anbetracht der möglichen großen Fehler der Mehraufwand beim Rechnen von Gasrohrnetzen zu vertreten.

### Form des Netzes

Wenn Messung und Rechnung nicht übereinstimmen, beginnt stets das Rätselraten, welche der vielen möglichen Fehlerquellen zu dieser Abweichung führt.

Schwierigkeiten treten auf, wenn die Verbrauchsverteilung an Endleitungen nicht zutrifft und wenn Aussagen über wenig belastete Leitungen gemacht werden sollen, die im Falle einer Umstellung hoch belastet werden müssen. Verstopfungen und Leitungsunterbrechungen in schwach belasteten Leitungen können mit dem üblichen Verfahren nicht festgestellt werden.

### Folgerungen und Verbesserungen

Fehler bei Druckmessungen lassen sich nur durch große Sorgfalt vermeiden. Einzelfehler fallen meist sofort auf.

Fehler bei der Eingabe der Längen und Rohrdurchmesser müssen in Kauf genommen werden, weil der Aufwand zur genauen Erfassung nicht zu rechtfertigen ist. Sie sind meist unbedenklich, da sie sich als gleichmäßige Erhöhung der Rauigkeit äußern.

Fehler in der Zuflußmessung werden selten bemerkt. Sie können zu große und zu kleine Rauigkeiten vortäuschen. Oft ist die errechnete Rauigkeit mehr eine Funktion dieses Meßfehlers als eine Funktion des wirklichen Netzzustandes.

Fehler aus der statistischen Verteilung des allgemeinen Verbrauchs und aufgrund der Form des Netzes sind nachteilig, weil sie Aussagen über Endleitungen fragwürdig und Aussagen über schwach durchflossene Ringleitungen unmöglich machen. Gerade für betriebliche Umstellungen sind aber diese Auskünfte besonders wichtig.

Aus den geschilderten Gründen wurde bei den Technischen Werken der Stadt Stuttgart für Gas- und Wasserrohrnetze ein anderes Verfahren zur Bestimmung der Rauigkeit entwickelt, das von in Zeiten geringen Verbrauchs gleichzeitig gemessenen Drücken, Zuflüssen und Entnahmen ausgeht. Die Messungen können weitgehend unabhängig von der Temperatur nahezu das ganze Jahr durchgeführt werden.

In den meisten Gas- und Wasserrohrnetzen sinkt der Verbrauch während einiger Tagesstunden und der Nachtstunden so stark ab, daß Druckverluste kaum mehr meßbar sind. Die Druckmeßgeräte zeigen annähernd den statischen Druck oder Ruhedruck an. Während dieses Zustands wird aus dem Netz an wenigen bekannten Stellen Gas oder Wasser entnommen und der entstehende Druckabfall in üblicher Weise aufgezeichnet. Gleichzeitig mißt man diese künstlich erzeugten Verbräuche und den Zufluß. Beide lassen sich so einstellen, daß jeder gewünschte Druckabfall im Netz auftritt. Durch Schließen oder Öffnen von Absperrorganen im Netz bzw. einzelner Entnahmestellen können sehr leicht verschiedene Betriebszustände erzeugt werden. Die passende Anordnung von Ent-

nahmen in sonst weniger belasteten Netzteilen erlaubt auch sichere Aussagen über am Rande der Netze liegende Leitungen, was bisher undenkbar war. Die Erfahrungen im Stuttgarter Rohrnetz haben gezeigt, daß es möglich ist, mit nur wenigen Standrohren den notwendigen Druckabfall hervorzurufen. An kühlen Tagen kann diese Messung ohne Bedenken während der Tagesstunden durchgeführt werden. Ein geringer vorhandener Haushaltverbrauch wird entsprechend der bisher üblichen Arbeitsweise über das Netz verteilt.

Dieses Verfahren bietet bei geringem zusätzlichem Kostenaufwand erhebliche Vorteile:

Eine wichtige Fehlerquelle wird ausgeschaltet, und der Zeitpunkt der Messung kann nahezu frei gewählt werden. Allerdings ist ein völliges Umdenken erforderlich. Bisher wurde in Zeiten hohen Verbrauchs gemessen, jetzt werden die viel häufigeren Zeiten möglichst geringen Verbrauchs ausgesucht. Bisher waren zusätzliche Entnahmen nicht üblich, jetzt bilden sie das Rückgrat der Messung. Bisher war es möglich, Ungenauigkeiten mit mangelhafter Verbrauchsaufteilung zu erklären, jetzt ist diese Fehlerquelle ausgeschaltet. Durch leicht mögliche Durchflußänderungen können in kurzer Zeit und ohne nennenswerten Aufwand verschiedene Betriebszustände gemessen werden. Die Aussagekraft einer Vergleichsrechnung läßt sich bei richtiger Wahl dieser Betriebszustände um ein Vielfaches steigern. Von besonderer Wichtigkeit ist, daß auch Aussagen über normalerweise schwach belastete Netzteile möglich sind, was bisher ausgeschlossen war. Bei der Messung in Zeiten sehr kleinen Verbrauchs muß die Summe aller Entnahmen etwa gleich der Summe aller Zuflüsse sein. Die oft mangelhafte Zuflußmessung läßt sich auf diesem Weg leicht prüfen.

### Literatur

- [1] A. Kottmann und H. Frasch, Druck- und Mengenmessung als Grundlage für elektronische Rohrnetzrechnungen, *gwf-gas/erdgas* 107 (1966), H. 45, S. 1269/1272
- [2] A. Kottmann, Die Berechnung von Wasserrohrnetzen auf elektronischen Rechenanlagen, Wasserfachliche Aussprachetagung des DVGW und VGW 1967 in Karlsruhe
- [3] A. Kottmann und K. Dutschka, Zur Genauigkeit von Druckmessungen für eine Rohrnetzrechnung auf elektronischen Datenverarbeitungsanlagen, *gwf-gas/erdgas* 111 (1970), H. 5, S. 250/255
- [4] A. Kottmann und P. Hofer, Überlegungen zur Definition der Rohrwandrauigkeit, *gwf-gas/erdgas* 111 (1970), H. 3, S. 113/122 und 112 (1971), H. 11, S. 534/539
- [5] P. Hofer, Der Einfluß von Einzelwiderständen auf die Rohrnetzrechnung, *gwf-gas/erdgas* 112 (1971), H. 11, S. 540/542
- [6] A. Kottmann, Ein Vergleich der Gleichzeitigkeitsfaktoren in der Wasser-, Gas- und Stromversorgung, *gwf-wasser/abwasser* 112 (1971), H. 12, S. 589/591
- [7] A. Kottmann, Ermittlung der Rauigkeit von Versorgungsnetzen auf der Grundlage kurzzeitig gemessener Entnahmen, *gwf-wasser/abwasser* 113 (1972), H. 6, S. 249/253
- [8] DVGW-Merkblatt GW 303, Berechnung von Rohrnetzen mit elektronischen Datenverarbeitungsanlagen, Mai 1970



# Lokalisierung von Leckstellen in Wasserrohrnetzen mittels Mengendurchflußmessungen

Von PETER UNGER

Leckstellen in Wasserrohrnetzen stellen für Wasserwerke nicht zahlende Abnehmer dar, die besonders dann sehr teuer werden können, wenn finanziell fixierte Vorhaltemengen aus Fremdbezügen durch erhöhte Wasserabgabe überschritten werden. Unkontrollierte Wasseraustritte verursachen ferner Druckabfälle, die zu Versorgungsschwierigkeiten führen können oder aber auch Einbrüche von Befestigungen im Rohrbereich mit teuren Folgeschäden. Aus den genannten Gründen ist die ständige Überwachung des Rohrnetzes und die schnelle Aufspürung von Leckstellen und ihre Beseitigung eine unumgängliche Notwendigkeit.

Die wohl einfachste Überwachung kann durch ständige Auswertung der in der Regel vorhandenen Schreibstreifen mit Aufzeichnungen der Abgabemengen aus Hochbehältern oder Übergabeschächten erfolgen. Zeigt sich auf diesen Unterlagen in verbrauchsarmen Zeiten (1.00 bis 3.00 Uhr) ein plötzlicher Anstieg der Abgabemengen, und sind die Abgaben in den genannten Zeiten unnatürlich konstant, muß in der Regel mit einer oder mehreren Leckstellen gerechnet werden. Das Problem besteht nunmehr in der schnellen Auffindung der Leckstellen. Abhörgeräte können dazu wirtschaftlich erst dann eingesetzt werden, wenn eine ungefähre Lokalisierung der Leckstelle vorhanden ist, da z. B. Fremdgeräusche (Verkehrslärm, Absturzschächte in der Kanalisation etc.) ein schnelles Vorgehen bei der Lecksuche genau so erschweren, wie extrem hohe Überdeckungen der Rohre.

In der bisher von hohen Wasserverlusten betroffenen Stadt Wetzlar (37 000 E) wurden deshalb Lokalisierungen von Wasserleckstellen durch bisher 25 Mengendurchflußmessungen in den verbrauchsarmen Nachtstunden vorgenommen. Über die 22. dieser Messungen wird im folgenden anhand einer Beschreibung der Versuchsdurchführung und -auswertung berichtet.

## 1. Vorarbeiten

### 1.1 Beobachtung der Abgabemengen

Das Versorgungsgebiet Wetzlar ist in eine Anzahl von Druckzonen unterteilt und wird von mehreren Hochbehältern und Übergabeschächten (Fremdbezug) gespeist. Zur Abgrenzung der Druckzonen sind Trennschieber eingebaut.

Bei der Beobachtung der Abgabemenge aus dem Hochbehälter Stoppelberg wurde in der verbrauchsarmen Nachtzeit zwischen 1.00 und 3.00 Uhr ein plötzlicher Zuwachs festgestellt, der nur durch eine Leckstelle zu erklären war. Wie aus Bild 1 und 2 ersichtlich, stieg die Zahl der Kontakte zwischen 1.00 und 3.00 Uhr von ca. 4 (Messung A) auf ca. 7 (Messung B) an, was einen zusätzlichen Verbrauch von ca. 72 m<sup>3</sup> in 2 Stunden bedeutete.

Der Verdacht auf eine oder mehrere Leckstellen bestätigte sich auch dadurch, daß im Bereich B die Zeit

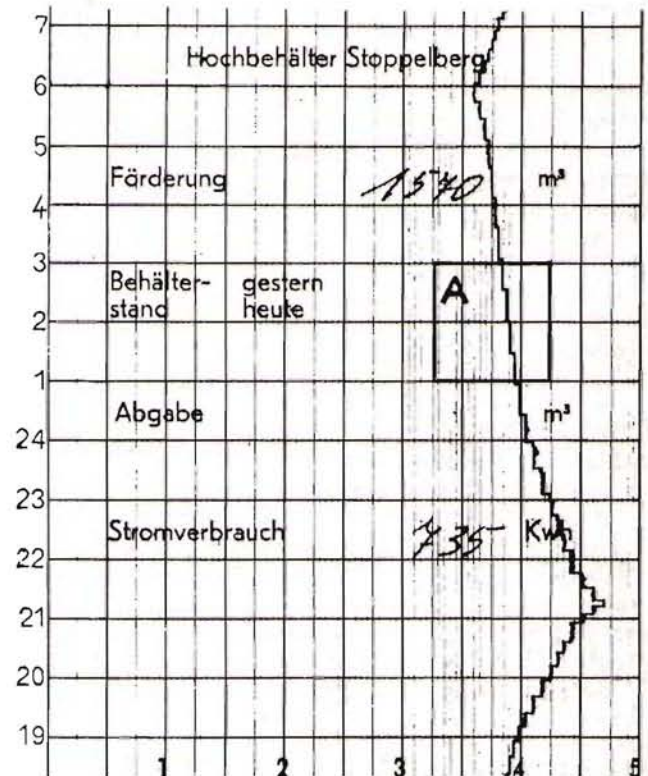


Bild 1: Hochbehälterabgabe vor Auftreten von Leckstellen

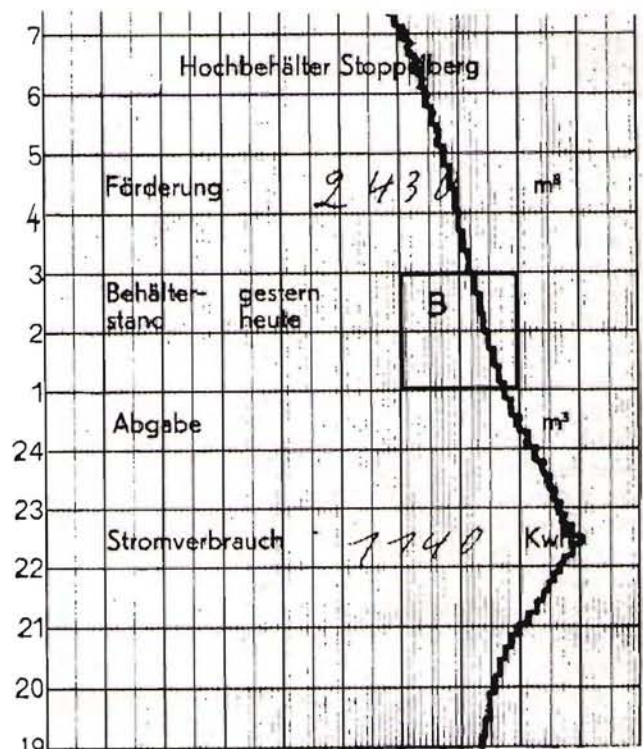


Bild 2: Hochbehälterabgabe mit Leckstellen im Netz



zwischen zwei Kontakten nahezu gleich blieb (was auf konstante Abnahme, wie sie durch Leckstellen verursacht wird, schließen läßt), während im Bereich A bis ca. 2.30 Uhr die Zeiten entsprechend der natürlichen Verbrauchsabnahme immer länger wurden und sich dann wieder verkürzten.

**1.2 Anfertigung von Planunterlagen für die Versuchsdurchführung**

Das Versorgungsgebiet des Hochbehälters wurde nunmehr entsprechend den Bestandsplänen des Wasserversorgungsnetzes in einzelne Abschnitte unterteilt, die sich gut voneinander abschließen ließen, ca. 4 bis 6 km Rohrleitungen beinhalteten und etwa von 2000 bis 4000 Einwohnern bewohnt wurden. Die Erfahrung hat gezeigt, daß diese Gebietsgrößen nachts in 1 bis 2,5 Stunden untersucht werden können.

Das für die 22. Messung vorgesehene Gebiet ist in Bild 3 dargestellt.

Innerhalb dieses Stadtteiles liegen 297 Hausanschlüsse, 36 Absperrschieber und folgende Leitungen:

500 m	NW 300
900 m	NW 250
1450 m	NW 150
1280 m	NW 100
400 m	NW 80

also insgesamt 4530 m. Die Zahl der Einwohner betrug ca. 2265.

Für die Versuchsdurchführung wurde ein schematischer unmaßstäblicher Plan gemäß Bild 4 angefertigt, der folgende Eintragungen enthält:

- Rohrnetz mit Nennweiten
- Schieber (beliebig nummeriert)
- Straßennamen
- Hydrant außerhalb und innerhalb des Meßgebietes
- Meßstelle

Für die nächtliche Messung wurden bereitgestellt: Neuer hygienisch einwandfreier Feuerwehrschauch mit eingebauter Wasseruhr, 2 Hydrantenstandrohre, Schlüssel zur Betätigung von Schiebern und Kappen sowie zur Öffnung von Kanaldeckeln, Blinkleuchten und Warnschilder, Handlampen, Funkwagen und Handsprechgerät. Die Gängigkeit der zur Abgrenzung des Gebietes vorhandenen Trennschieber (Tr) und der bei der Versuchsdurchführung zu betätigenden Schieber 3, 4, 31 und 35 wurde am Tag vor der Messung überprüft. Abnehmer, die auf ununterbrochene Wasserversorgung angewiesen sind (Krankenhäuser, Industriebetriebe), wurden auf kurzfristige Versorgungsunterbrechungen aufmerksam gemacht. Ferner

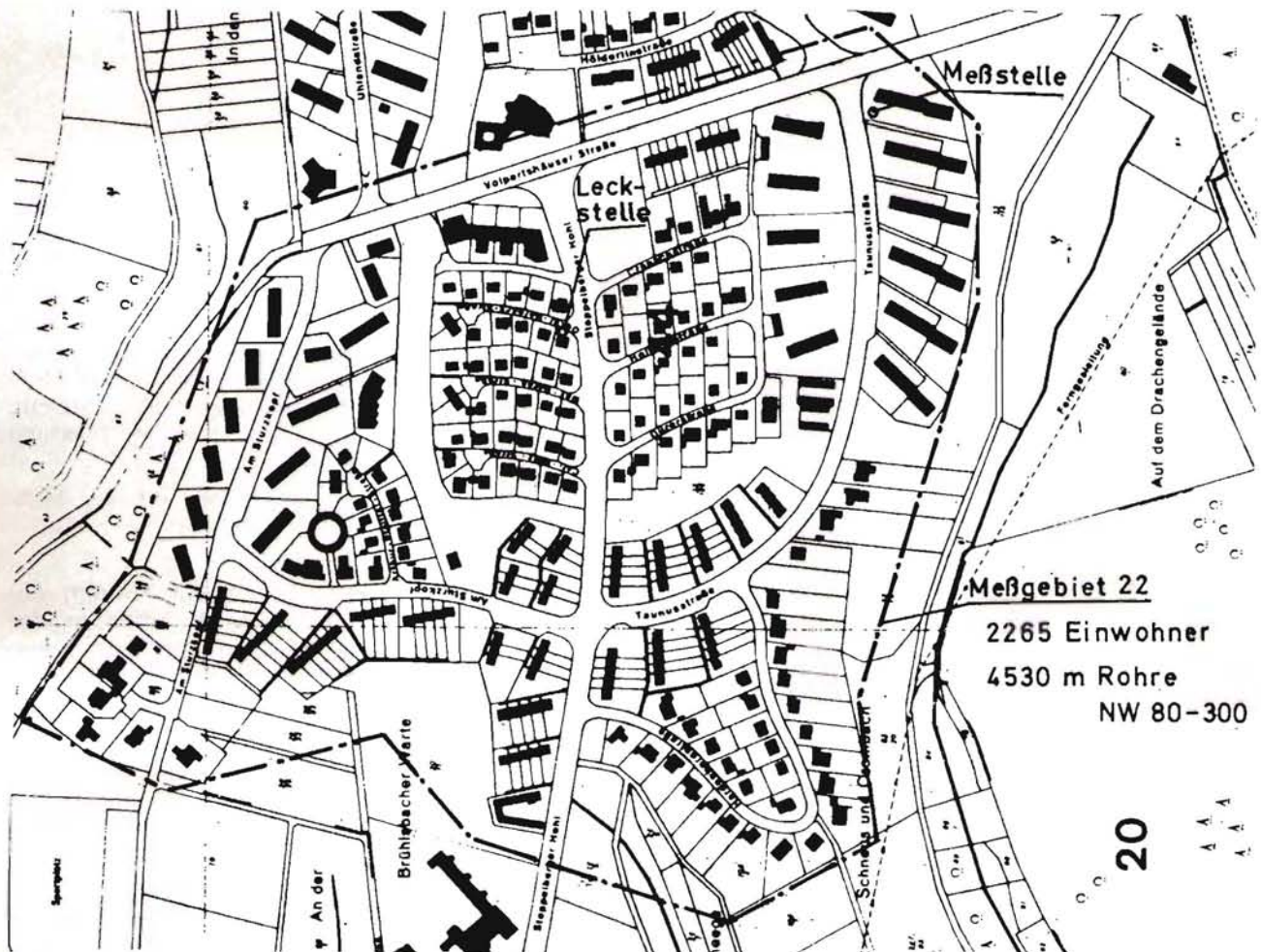


Bild 3: Gebiet der 22. Messung in Wetzlar



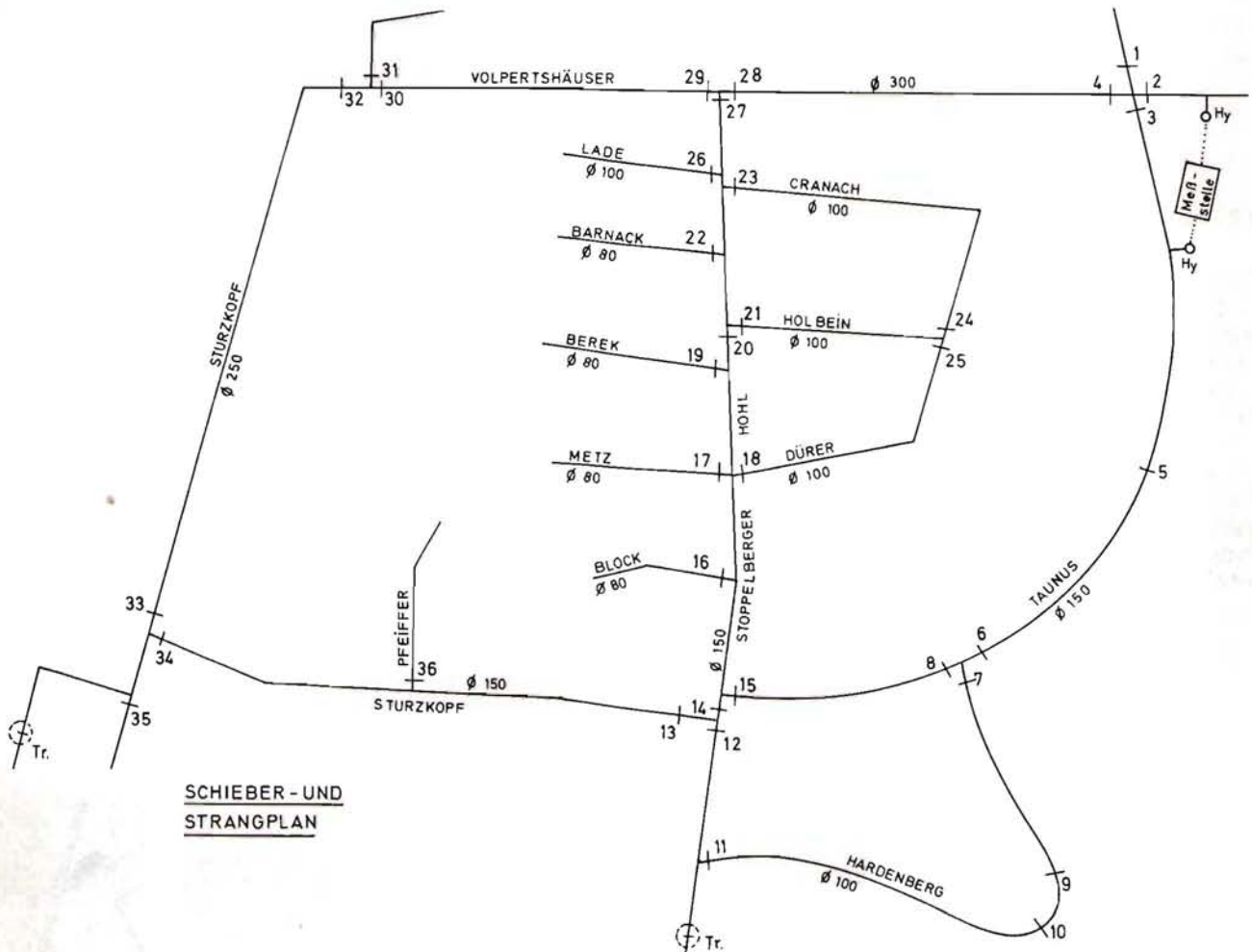


Bild 4: Schieber und Strangplan für die Versuchsdurchführung

wurde ein in Bild 5 dargestelltes Protokollformular angefertigt.

## 2. Versuchsdurchführung bis zur ungefähren Lokalisierung

Bei allen Messungen wird von der Tatsache ausgegangen, daß in der Zeit von 1.00 bis 3.00 Uhr normalerweise ein sehr geringer Verbrauch vorhanden ist. Die Erfahrung aus bisher 25 Messungen hat gezeigt, daß dieser Verbrauch je nach Gebietsgröße und Bebauungsart bei

**0,2 bis 1 l/Einwohner und Stunde**

liegt, wobei die geringeren Zahlen in reinen Wohngebieten mit Hochhäusern gemessen wurden. Darüber hinausgehender Verbrauch ist mit Sicherheit auf Sonderabnehmer (Füllung von Schwimmbädern, Industriebetriebe) oder Leckstellen zurückzuführen.

Für die Dauer der Messung wird das völlig abgeschieberte Meßgebiet über eine Schlauchleitung von einem außerhalb des Gebietes liegenden zu einem innerhalb gelegenen Hydranten (Hy) versorgt. Mittels der in dieser Schlauchleitung eingebauten Wasseruhr wird der Verbrauch in Zeitabschnitten von ca. 20 bis 30 Sekunden gemessen und auf l/E und Stunde

umgerechnet. Zeigt sich ein zu hoher Verbrauch, wird das Gebiet durch Abschieberung verkleinert, wobei Teilgebiete kurzfristig (2 bis 5 Minuten) ohne Versorgung sind. Die Abschieberung wird von der Meßstelle aus einem Einsatzwagen über Funk mitgeteilt, um die Absperrzeiten und die Dauer der Messung insgesamt niedrig zu halten.

Im Falle der 22. Messung gestaltete sich der Meßverlauf wie folgt (vgl. Protokoll, Bild 5):

### 1. 0.00 bis 1.00 Uhr

Einbau der Versorgungsleitung mit Meßuhr, Abschieberung des Gebietes durch Schließen der Schieber 3, 4, 31 und 35, Übergabe einer Kopie von Bild 4 an die Besatzung des Einsatzwagens. Messung des Gesamtverbrauches im Versuchsgebiet und Umrechnung auf l/Std. mit dem Ergebnis:

**10 990 l/Std.**

Vergleich mit normalerweise höchstens vorhandenem Verbrauch in Höhe von:

$1 \text{ l/E und Std.} \times 2265 \text{ E} = 2265 \text{ l/Std.}$

Demzufolge Annahme einer größeren Leckstelle mit einem Verlust von

**ca. 8,7 m<sup>3</sup>/h.**



# PROTOKOLL

Messung Nr: 22

Datum: 8./9. 6. 72

Einwohner: 2265

Druck: 4,5

Schieber	Messung																																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32			
1																																			
2																																			
3	•	•	•	•	•	•	•	•	•																										
4	•	•	•	•	•	•	•	•	•																										
5																																			
6																																			
7																																			
8																																			
9																																			
10																																			
11																																			
12																																			
13		X																																	
14				X																															
15				X	X																														
16																																			
17																																			
18																																			
19																																			
20							X																												
21								X																											
22									X																										
23										X																									
24																																			
25						X	X																												
26									X																										
27				X	X	X	X	X	X																										
28																																			
29	X	X	X	X																															
30																																			
31	•	•	•	•	•	•	•	•	•																										
32																																			
33																																			
34																																			
35	•	•	•	•	•	•	•	•	•																										
Uhrzeit	1 <sup>00</sup>	1 <sup>02</sup>	1 <sup>07</sup>	1 <sup>05</sup>	1 <sup>07</sup>	1 <sup>00</sup>	1 <sup>00</sup>	1 <sup>07</sup>	2 <sup>09</sup>	2 <sup>06</sup>																									
Verbrauch l / Std.	10990	10680	10850	1700	10900	1900	10750	10800	1850																										
Bemerkung	<i>Abgrenzung</i> <i>Kein L. 13-29</i> <i>L: 14-27 oder 29-4</i> <i>Kein L. 29-4</i> <i>Kein L. 14-20</i> <i>Kein L. 21u. 23-25</i> <i>Kein L. linker 26</i> <i>Lech linker 28!</i>																																		

Bild 5: Versuchsprotokoll



2. 1.12 bis 1.17 Uhr  
Abschieberung des Gebietes hinter 13 und 29. Keine nennenswerte Verbrauchsänderung, somit kein Leck in diesem Teilgebiet.
3. 1.25 Uhr  
Absperrung der Stränge 14 — 27 und 29 — 4, Verbrauch auf:  
1700 l/Std. < 2265 /Std.  
zurückgegangen; damit Leck innerhalb dieses Gebietes.
4. 1.37 bis 2.16 Uhr  
Mehrere Teilabschieberungen und Lokalisierung des Leckes nach insgesamt 9 Messungen und 75 Minuten reiner Meßzeit in der Barnackstraße hinter Schieber 22 auf einer Länge von ca. 80 m.
5. 2.16 bis 3.00 Uhr  
Abbau und Abfahrt der Versuchsvorrichtungen.

### 3. Genaue Lokalisierung der Leckstelle

Die in der Regel während des Versuches auf 50 bis 150 m lokalisierten Leckstellen können nunmehr relativ schnell durch Abhorchgeräte ermittelt werden. Die Versuche haben jedoch gezeigt, daß auch ohne Abhören eine weitere Eingrenzung der Leckstelle möglich ist, die im Falle der 22. Messung sogar auf einen Bereich von 5 m Länge stattgefunden hat.

Hierfür werden folgende Maßnahmen empfohlen:

1. Geräuschbeobachtung an Schiebern, Hydranten und Kappen
2. Abschiebern von Hausanschlüssen bei gleichzeitiger Beobachtung der Meßuhr
3. Öffnen der Kanaldeckel und Beobachtung des Abwasserablaufes von Haltung zu Haltung im Bereich der vermuteten Leckstelle, da bei größeren Leckstellen das Wasser oft einen Weg in den Kanal findet
4. Untersuchung der Zone über der Leitung hinsichtlich Setzungen der Befestigung oder besonders starkem Bewuchs bei unbefestigten Zonen

Bei unmittelbarem, von einem Schacht aus sichtbarem Eindringen von Wasser in einen Kanal muß die Schadensstelle nicht immer über der Eindringstelle liegen, da das Wasser oft zunächst am Kanal entlang läuft, bis eine undichte Stelle vorhanden ist oder entsteht.

### 4. Zusammenfassung und Wertung der Versuchsdurchführung

Durch nächtliche Verbrauchsmessungen und Vergleich der Mengen mit normalen Durchschnittswerten von

0,2 bis 1,0 l/Einwohner und Stunde können Leckstellen innerhalb von 2 bis 3 Stunden in engen Grenzen lokalisiert werden. Die in dieser Zeit untersuchbaren Gebiete können 4 bis 6 km Leitungslänge enthalten; in ihnen sollten nicht mehr als 4000 Einwohner angeschlossen sein. Die Unterbrechung der Versorgung beschränkt sich auf Zeiten von 2 bis 5 Minuten, deren Zulässigkeit im Falle vorhandener Sonderabnehmer (Krankenhäuser) jedoch zu prüfen ist. Ein erster Anhalt für das Vorhandensein einer Leckstelle ist aus den Aufzeichnungen der Gesamt- abgabe an Hochbehältern oder Übergabeschächten zu bekommen. Stehen, wie das bei kleinen Gemeinden der Fall ist, keine Schreibstreifen zur Verfügung, dann sollte der Wasserhauptzähler am Behälterausgang oder am Übergabeschacht in Abständen von 5 Minuten zwischen 2.00 und 3.00 Uhr abgelesen werden. Wird dann, umgerechnet auf die angeschlossenen Einwohner, ein zu hoher und zusätzlich in der Regel noch von Ablesung zu Ablesung konstanter Verbrauch festgestellt, ist mit hoher Sicherheit ein Leck vorhanden. Sollte kein Hauptwasserzähler vorhanden sein, kann auch durch einfache Messung des Wasserstandes im Hochbehälter (in oben genannten Abständen und Zeiten) und Umrechnung auf m<sup>3</sup> und Verbrauch/Stunde eine Voraussage getroffen werden. Im Falle der Stadt Wetzlar konnten bei 25 Messungen 11 größere Leckstellen lokalisiert werden, 5 davon ganz ohne Einsatz von Abhorchgeräten. Der Gesamtjahresverlust sank nach Beseitigung dieser Leckstellen um mehrere Prozent. Bedingt durch die geringeren Abgabemengen konnte die Überschreitung einer vertraglich festgelegten Vorhaltemenge gerade noch vermieden werden.

Im Jahr der Messungen belief sich der Gesamtbezug der Stadt Wetzlar auf ca. 3,4 Millionen m<sup>3</sup>. Wird davon ausgegangen, daß die Überprüfung mittels Durchflußmengenmessung im Mittel bei Ablesungen unter 1 l/Einwohner und Stunde abgebrochen wird, können überschläglich Abgaben von

$$1 \text{ l/E. Std.} \times 37\,000 \text{ E} \times 24 \text{ Std.} \times 365 \text{ Tage} = 324\,120 \text{ m}^3/\text{Jahr}$$

von den Messungen **nicht** erfaßt werden. Bezogen auf die Jahresbezugsmenge sind dies 9,5 %, die aber nicht als reine, mit den vorgeschlagenen Versuchen nicht nachweisbare Verluste angesehen werden können, da auch in den Meßzeiten zwischen 1.00 und 3.00 Uhr echter Verbrauch stattfindet.

## Verlegung duktiler Gußrohre in Steilhängen alpiner Täler

Von GUNTHER PLATZER

### Einleitung

Während über die Verwendung duktiler Gußrohre für Gas- und Wasserleitungen in dichtbesiedelten Gebieten des Flachlandes schon mehrfach in den FGR- Informationsheften berichtet wurde, gibt es bisher kaum Berichte über Gußrohrleitungen in alpinen Tälern. Der Hauptgrund dafür ist sicher der mengenmäßig bescheidene Anteil solcher Leitungen in den

dünn besiedelten Alpenländern gegenüber dem gewaltigen Umfang des Rohrnetzes der hochindustrialisierten Ballungszentren europäischer Tiefebene. So fehlen in den Alpentälern, abgesehen von den wenigen großen Städten wie z. B. Innsbruck, Gasleitungen, die jedoch in den Gebieten mit zahlreichen Großstädten größte Bedeutung besitzen. Ebenso selten sind Wasserversorgungsanlagen für zehntausende Anschluß-



nehmer mit einem Leitungsnetz von hunderten Kilometer Länge. Zweck dieses Berichtes soll daher sein, über die Verlegung von Wasserleitungen im Hochgebirge, unter besonderer Berücksichtigung Osttirols, zu informieren.

### Allgemeines

Der politische Bezirk Lienz, auch Osttirol genannt, ist mit 2020 km<sup>2</sup> Fläche und 45 600 Einwohnern nur dünn besiedelt (22 Einwohner je km<sup>2</sup>). Berücksichtigt man allerdings, daß in Osttirol, bedingt durch den hohen Gebirgsteil (mittlere Meereshöhe über 2100 m), nicht ganz 150 km<sup>2</sup> als Siedlungsraum zur Verfügung stehen, erreicht die Bevölkerungsdichte je km<sup>2</sup> den hohen Wert von 304. Wegen der verhältnismäßig großen mittleren jährlichen Niederschlagshöhe von 1457 mm entspringen oft schon in Siedlungsnähe zahlreiche Quellen, deren Höhenlage zur Wasserversorgung mit Eigendruck ausreicht. Keine einzige der 34 Gemeinden des Bezirkes ist daher ausschließlich auf künstliche Wasserhebung angewiesen. Nur fünf Orte benötigen Tiefbrunnen, und zwar in der Regel kurzfristig zur Abdeckung von Verbrauchsspitzen. Da genügend Quell- und Grundwasser in hygienisch einwandfreier Qualität zur Verfügung steht, ist eine Entkeimung, Chlorierung oder sonstige Wasseraufbereitung nirgends erforderlich.

### Probleme beim Bau von Wasserversorgungsanlagen in Alpentälern

Ist die Wasserbeschaffung im Vergleich zum Flachland in den Alpentälern eine verhältnismäßig einfach zu bewältigende Aufgabe, so gibt es beim Bau von Wasserversorgungsanlagen doch einige Probleme, auf die nun näher eingegangen werden soll.

Die Hauptschwierigkeit besteht darin, daß die meisten Anlageteile, vor allem Quellfassungen, Behälter und Zuleitungen, in einem oft schwer zugänglichen, felsigen und steilen Gelände errichtet werden müssen. Daher ist der Maschineneinsatz für Aushub-, Planierungs- und Transportarbeiten häufig erschwert oder gar nicht durchführbar. Außerdem fehlt an Ort und Stelle bei dem meistens felsigen oder steinigen Untergrund geeignetes Material in ausreichender Menge zum Einbetten der Rohre. Einbettmaterial muß daher entweder zeitraubend aus dem Aushubmaterial durch Sieben gewonnen oder mühsam und kostspielig herangeschafft werden. Zu berücksichtigen ist auch eine ausreichende Abstützung der Rohrleitungen in Steilstrecken, z. B. durch Betonfixpunkte, um eine Beschädigung der Rohre durch Abrutschen im Graben zu verhindern. Die Wahl einer geeigneten Rohrtrasse wird nicht selten durch rutschgefährdetes Gelände oder unverbaute Wildbäche erschwert.

Die Hochwasserkatastrophen in Osttirol in den Jahren 1965 und 1966 haben eindringlich bewiesen, wie gefährdet Wasserversorgungsanlagen im Gebirge durch extreme Naturereignisse sind. So wurden allein 1965 103 Wasserversorgungsanlagen für rund 10 % der Bevölkerung zerstört oder beschädigt. Nur eine sorgfältige Wahl der Rohrtrassen und eine überlegte Situierung der Behälter und Quellstuben, verbunden

mit der Verwendung möglichst widerstandsfähiger Rohre, kann soweit als möglich die Zerstörung oder Unterbrechung der Wasserversorgung vermeiden.

Nicht zu unterschätzen ist auch die Gefährdung der Rohrleitungen durch nicht fachgemäße Verlegung, da die Bewohner kleinerer Orte oder Gemeinden aus finanziellen Gründen gezwungen sind, möglichst alle Arbeiten selbst auszuführen.

### Wahl des optimalen Rohrmaterials

Um allen oben aufgezeigten Schwierigkeiten, die beim Bau einer Wasserleitung im Gebirge auftreten können, zu begegnen, sollte das verwendete Rohrmaterial zusätzlich zu den üblichen Eigenschaften wie ausreichende Berstfestigkeit, Dichtheit und Lebensdauer noch folgende Aufgaben erfüllen: geringes Gewicht zur Senkung der Transportkosten; widerstandsfähige Rohrwand, damit das Aushubmaterial ohne Aufbereitung zum Einbetten der Rohre brauchbar ist; schließlich Biegsamkeit und Bruchsicherheit, um Beschädigungen durch Erdbeben oder Freilegen bei Überschwemmungen zu vermeiden.

Aus dieser Aufzählung ist ersichtlich, daß es ein Rohr, welches allen diesen Ansprüchen in idealer Weise gerecht wird, nicht geben kann, schon gar nicht zu einem möglichst niedrigen Preis. Dem Projektanten bleibt es daher nicht erspart, alle berücksichtigungswürdigen Umstände abzuwägen und das für jede einzelne Leitung am besten geeignete Rohrmaterial auszuwählen. Dabei ist noch auf die Finanzkraft der Bauherren und auf die Bedeutung der geplanten Leitung Bedacht zu nehmen, vor allem im Hinblick auf die Folgen einer Unterbrechung dieser Leitung für die Anschlußnehmer.

Aus eigener Erfahrung kann der Verfasser feststellen, daß sich duktile Gußrohre auch unter schwierigsten Bedingungen im Gebirge bewährt haben und einen wesentlichen Fortschritt gegenüber den Graugußrohren bedeuten.

### Beispiele für die Verlegung duktiler Gußrohre in alpinen Steilhängen

Zunächst die Beschreibung einer typischen Wasserversorgungsanlage für eine aus Bergbauernhöfen bestehende Ortschaft an einem steilen Talhang. Eine solche Ortschaft ist der Weiler Eggen in der politischen Gemeinde Untertilliach unweit der Kärntner Landesgrenze im Osttiroler Teil des Lesachtals (Bild 1).

Eggen mit 76 Einwohnern besteht aus 15 Häusern, die von 1150 bis 1450 m Seehöhe am nördlichen Talhang auf einem Ausläufer der Lienzer Dolomiten liegen. Die weitverstreute Lage der zu versorgenden Objekte erforderte die verhältnismäßig große Länge von 1672 m für die Druckleitung, in die infolge des bedeutenden Höhenunterschiedes 3 Druckreduzierventile eingebaut werden mußten. Wegen des teilweise felsigen Untergrundes und der zeitraubenden Beschaffung von Einbettungsmaterial entschied sich die Gemeinde Untertilliach als Bauherrin der Anlage für duktile Gußrohre NW 80, ND 25 mit TYTON-Steckmuffe.



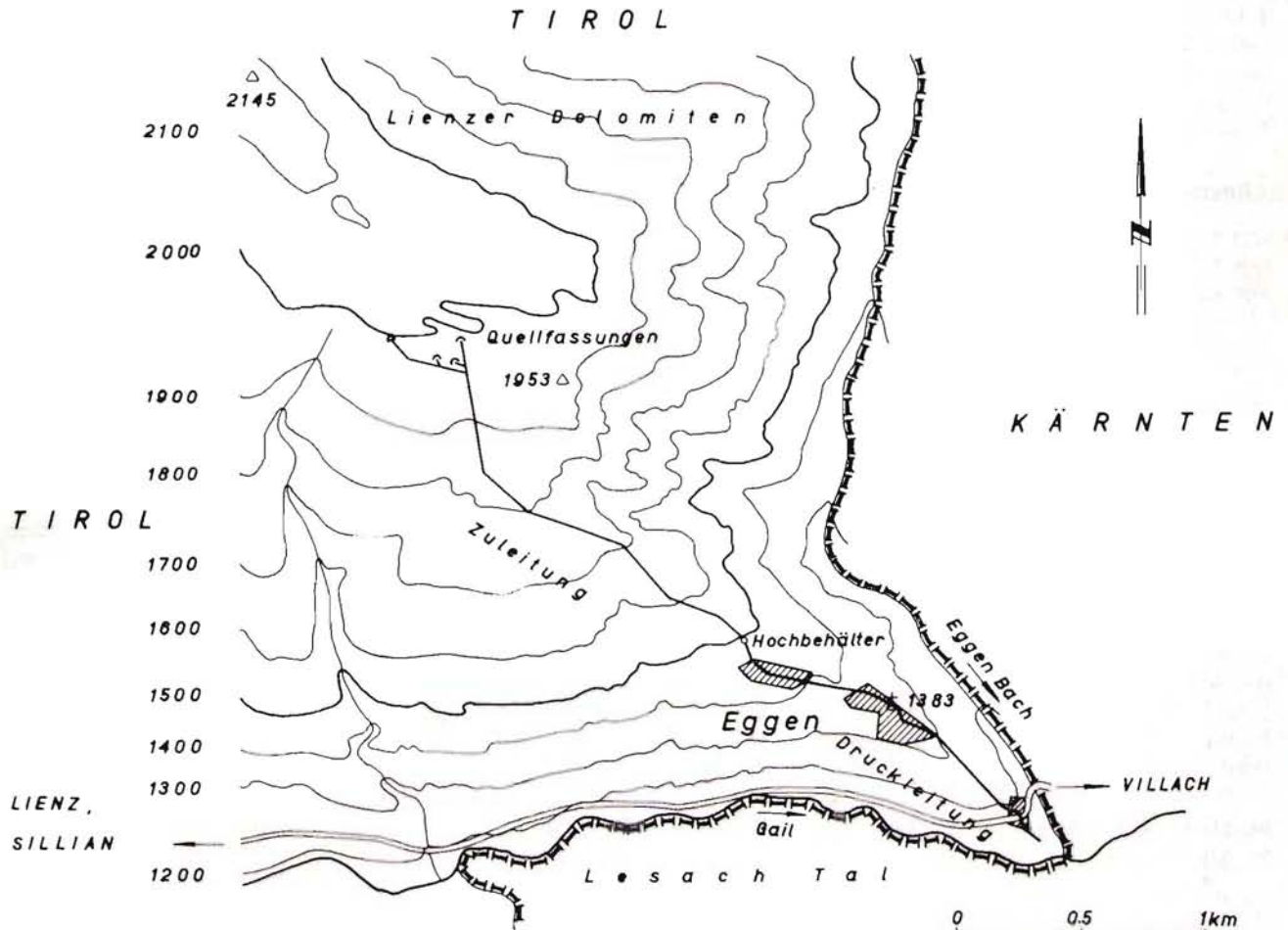


Bild 1: Übersichtsplan der Wasserversorgungsanlage Eggen, Gemeinde Untertilliach, Bezirk Lienz

Ein wichtiger Gesichtspunkt für die Wahl der duktilen Gußrohre bildete auch deren außerordentliche Widerstandsfähigkeit und Bruchsicherheit, da durch Starkniederschläge verursachte Erdrutsche die Druckleitung gefährden würden. Auch ein Rohrbruch könnte eine gefährliche Rutschung auslösen. Der zweikammerige Hochbehälter mit 150 m<sup>3</sup> Nutzinhalt wurde aus Stahlbeton in Silobauweise (Brillenbehälter) errichtet. Das Wasser der zwei gefassten Quellen, die in rund 2000 m Seehöhe entspringen, fließt in Kunststoffrohrleitungen NW 59 zum Hochbehälter. Die Verlegungstiefe der Zuleitungen beträgt mindestens 1,0 m, jener der Druckleitungen 1,50 m. Die duktile Gußrohrleitung erwies sich seit der Inbetriebnahme vor rund einem Jahr als vollkommen dicht.

Als zweites Beispiel sei die Erweiterung der Städtischen Wasserversorgungsanlage von Lienz erwähnt. Lienz mit 11 700 Einwohnern ist der Hauptort und die einzige Stadtgemeinde Osttirols. Um 1870 errichtete die Stadtverwaltung eine zentrale Wasserversorgungsanlage, gespeist von den sogenannten Schloßbergquellen, die in 1100 bis 1650 m Seehöhe am Nordhang des Hochsteins (2057 m), einem Ausläufer der Deferegger Alpen, entspringen (Bild 2).

Der steigende Wasserbedarf erforderte 1939 den Bau eines Tiefbrunnens, der bei zu geringer Quellschüttung, vor allem im Winter, die Einspeisung von Grundwasser in das Versorgungsnetz ermöglichte. Der Grundwasseranteil am jährlichen Wasserver-

brauch betrug 15 bis 35 %. Die zunehmende Gefährdung des Grundwassers trotz aller Schutzmaßnahmen veranlaßten die Stadtverwaltung, die Zuleitung weiterer Quellen zu erwägen, wobei auch die zu erwartende Senkung der Betriebskosten durch Verringerung der Pumpstunden als beachtenswerter Vorteil in Betracht kam. Als günstigste Möglichkeit erwies sich die Zuleitung von 40 Quellen, die am Südhang des Hochsteins in 1700 bis 2050 m Seehöhe, im Mittel sechs Kilometer vom derzeitigen Quellgebiet entfernt, entspringen. Die Schüttungsmessungen ergaben ein Minimum von rund 10 l/s und ein Jahresmittel von rund 35 l/s, was eine Verdoppelung der aus den Schloßbergquellen zur Verfügung stehenden Quellwassermenge versprach.

Das 1967 von Ziv.-Ing. Dipl.-Ing. Dr. Passer aus Innsbruck verfaßte Projekt umfaßt außer der Zuleitung oben beschriebener Quellen die Vergrößerung des Leitungsquerschnittes der bestehenden Zuleitung zum Hochbehälter von NW 125 auf NW 200 bis NW 250 und den Bau eines zusätzlichen Behälters von 1500 m<sup>3</sup> Nutzinhalt. Die im Juni 1969 begonnenen Bauarbeiten waren bis auf die Fertigstellungsarbeiten am Behälter im November 1971 abgeschlossen. Von der insgesamt 10 502 m langen Zuleitung bis zum Hochbehälter entfallen 7602 m vom letzten Quellsammelschacht bis zum Hochbehälter auf duktile Gußrohre ND 25 mit TYTON-Steckmuffe. Die verlegten Nennweiten betragen auf 1185 m NW 150, auf 6032 m



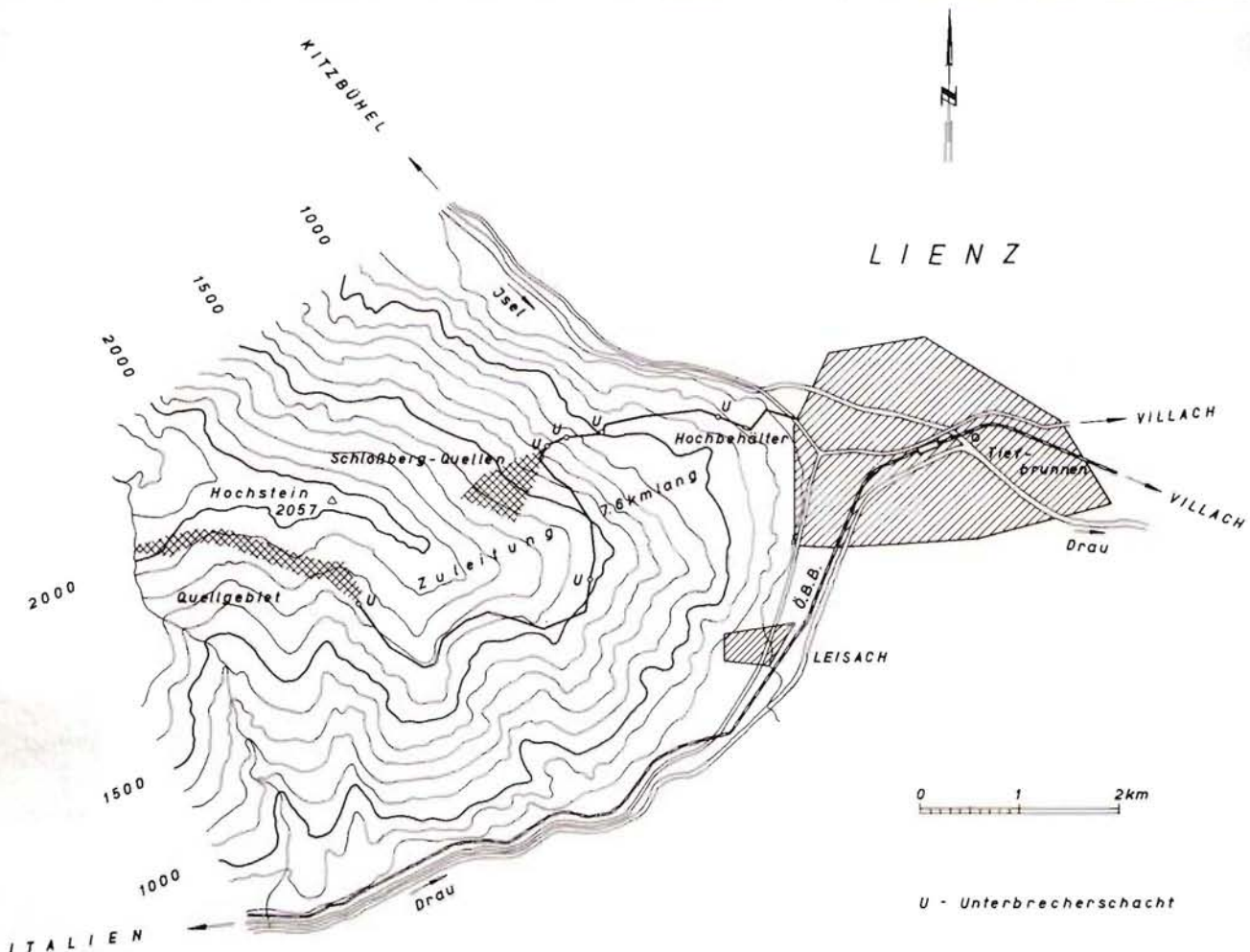


Bild 2: Übersichtsplan der Quellgebiete für die Wasserversorgungsanlage der Stadt Lienz

NW 200 und auf 385 m NW 250, die Verlegungstiefen sind 1,30 m für NW 150 sowie 1,50 m für NW 200 und NW 250. Trotz der höheren Kosten im Vergleich zu anderem Rohrmaterial entschloß sich der Gemeinderat von Lienz, aus folgenden Gründen für das wichtigste und längste Stück der Zuleitung duktile Gußrohre zu verwenden:

1. Die seit Jahrhunderten bestehende Verwendung von Gußrohren in großem Umfang in der ganzen Welt gewährleistet Betriebssicherheit auch nach vielen Jahrzehnten.
2. Die auf große Strecken gegebenen ungünstigen Untergrundverhältnisse wie Fels und Schutt erforderten ein möglichst widerstandsfähiges Rohr, da wegen der schwierigen Zufuhr nur an Ort und Stelle vorhandenes Einbettmaterial zur Verfügung stand.
3. Bei den in der Zuleitung auftretenden Durchflußmengen, die bis zu 130 l/s betragen, kann ein Rohrbruch an zahlreichen Stellen schwerste Schäden durch Erdbeben verursachen, weil die Leitung fast durchweg an Steilhängen bis zu 800 Höhenmeter über dem Talboden entlangführt. Da für alle durch die Leitung entstehenden Schäden die Stadtgemeinde aufzukommen hat, mußte daher die verlegte Rohrleitung möglichst bruchstabil sein.

Schon bis jetzt zeigte es sich, daß die duktilen Gußrohre die in sie gesetzten Erwartungen erfüllten.

Trotz größter Beanspruchung beim Transport und bei der Verlegung der Rohre waren weder bei den Druckproben noch seit der Inbetriebnahme im Jänner 1971 Undichtheiten oder gar Brüche zu verzeichnen.

### Zusammenfassung

Duktile Gußrohre in alpinen Steilhängen bieten trotz höherer Anschaffungs- und Transportkosten einige so wesentliche Vorteile, wie Bruchsicherheit und lange Lebensdauer, daß sie vor allem unter folgenden Voraussetzungen eingesetzt werden sollten:

1. Leitungen, deren Bruch nicht vorhersehbare schwere Schäden verursachen kann, wie in rutschgefährdeten Steilhängen oberhalb landwirtschaftlicher Nutzflächen, Siedlungen oder Verkehrswegen (Straßen, Bahnen).
2. Leitungen, die durch Hochwasser oder Erdbeben besonders gefährdet sind und deren auch nur kurzfristige Unterbrechung große wirtschaftliche Nachteile verursacht, z. B. Zu- und Versorgungsleitungen für wichtige Betriebe (Fremdenverkehr) oder zahlreiche Anschlußnehmer (Städte).
3. Leitungen, deren Verlegung in steilem, felsigem oder steinigem Gelände ohne feinkörniges Einbettmaterial erfolgen muß.
4. Leitungen, die voraussichtlich nicht mehr ausgetauscht oder stillgelegt werden und daher eine nicht vorhersehbare Lebensdauer aufweisen sollen.



# Bestimmung der Reibungszahl $\mu$ zwischen duktilen Gußrohren und verschiedenen Bodenarten

Von ADOLF WOLF

Im DVGW-Fachausschuß „Rohre und Rohrverbindungen aus Eisenwerkstoffen“ wurde das DVGW-Merkblatt GW 368 „Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Verbindungsteilen zur Sicherung nicht-längskraftschlüssiger Rohrverbindungen“ erarbeitet. In diesem Zusammenhang ergaben sich bei der Berechnung der zu sichernden Rohrlänge folgende Fragen:

1. Kann für sandige Böden die Reibungszahl  $\mu = 0,5$  und für lehmige Böden  $\mu = 0,25$  eingesetzt werden?
2. Kann bei der Berechnung die Reibung am oberen Rohrscheitel mit einbezogen werden?
3. Wie sind Überdeckungen von mehr als 1,5 m rechnerisch zu berücksichtigen?

Aufgrund dieser Fragen wurden von den Gußrohrherstellern Labor- und Praxisversuche durchgeführt, über die nachstehend berichtet wird.

## Versuchsbedingungen

Die **Laborversuche** wurden in einem Kasten mit folgenden lichten Abmessungen durchgeführt:

Länge: 1,68 m  
Breite: 0,80 m  
Höhe: 1,00 m

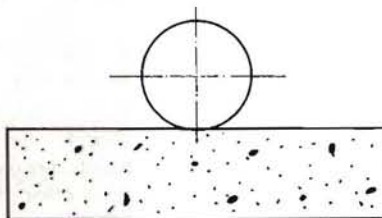
An den Kopfseiten des Kastens waren Aussparungen für die zu untersuchenden Rohre vorgesehen. Die Ausziehungskraft wurde hydraulisch aufgebracht. Die Untersuchungen wurden an Rohren NW 100 und NW 200 durchgeführt, wobei folgende Bettungsfälle unterschieden wurden (Bild 1):

**Bettungsfall 1:**

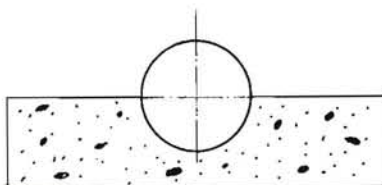
Das Rohr wird auf den gestampften Boden aufgelegt;

**Bettungsfall 2:**

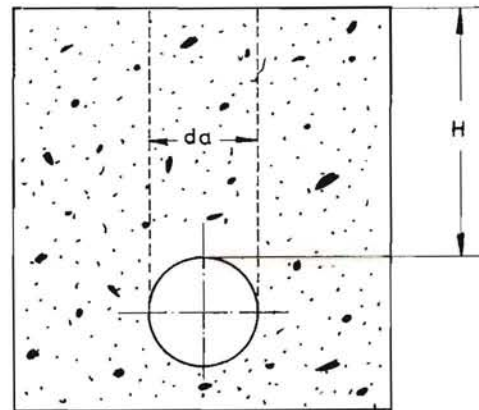
Das Rohr wird halb eingebettet;



Bettungsfall 1



Bettungsfall 2



Bettungsfall 3

**Bettungsfall 3:**

- a) Die Überdeckung über dem Rohr ist unverdichtet,
- b) Die Überdeckung über dem Rohr ist verdichtet.

Die Unterscheidung in diese drei Bettungsfälle wurde vorgenommen, um festzustellen, welchen Einfluß die Kreisform des Rohres auf die Reibungszahl  $\mu$  hat. Die **Praxisversuche** wurden an 4 m langen Rohren NW 200 und NW 400 durchgeführt. Die Zugkraft wurde axial unter Verwendung eines Kettenzuges aufgebracht und durch Zwischenschaltung eines Dynamometers gemessen.

## Bodenarten

Für die **Laborversuche** wurden die in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Bodenarten verwendet:

Bodenart	Wassergehalt %	Rüttelgewicht g/cm <sup>3</sup>	Schüttgewicht g/cm <sup>3</sup>	Ab-schlamm-bares %
Sand	11,3	1,83	0,97	12,5
Sand	8,0	1,65	0,97	6,0
Sand und Kieselsteine	4,9	1,97	1,37	8,0
Lehm	13,7	2,20	1,27	38,4

Bei den **Praxisversuchen** handelte es sich um einen feuchten, lehmig-sandigen Boden bzw. Mutterboden.

## Ermittlung der Reibungszahlen $\mu$

Für den Rohrbettungsfall 1 und 2 gilt:

$$\mu_1 = \frac{R}{G_R} \quad (1)$$

$R$  = Reibungswiderstand [kp]

$G_R$  = Rohrgewicht [kp]

Für den Bettungsfall 3 gilt die Formel:

$$\mu_2 = \frac{R}{2 G_B + G_R} \quad (2)$$



$G_B$  = Bodengewicht [kp]

Dabei ist:  $G_B = d_a \cdot L \cdot H \cdot \gamma$  [kp] (3)

$d_a$  = Rohraußendurchmesser [m]

$L$  = Überdeckungslänge [m]

$H$  = Überdeckungshöhe [m]

$\gamma$  = spez. Gewicht des Bodens [kp/m<sup>3</sup>]

Die Überdeckungshöhen im **Laborversuch** betragen: 16,5 cm, 36,5 cm, 57 cm und 72 cm

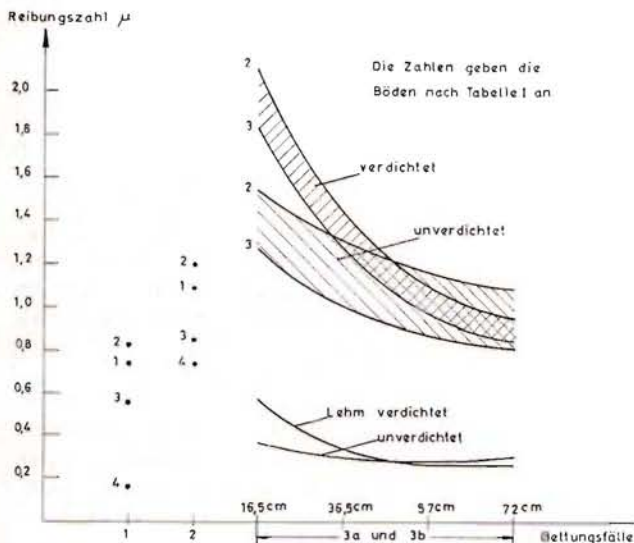
Im **Praxisversuch** lag die Überdeckungshöhe zwischen 0,5 und 1,1 m.

#### Anzahl der Laborversuche

Für die Bettungsfälle 1 und 2 wurden für jede Bodenart 9 Versuche und für den Bettungsfall 3 mit den vorgenannten Überdeckungshöhen je 5 Versuche je Bodenart durchgeführt.

#### Versuchsergebnisse

In Bild 2 sind die bei den **Laborversuchen** ermittelten Reibungszahlen  $\mu$  dargestellt:



Die Reibungszahlen für Sand liegen im Bettungsfall 1 zwischen  $\mu = 0,55$  und  $0,8$ . Im Bettungsfall 2 liegen die Reibungswerte um 50 % höher. In den Bettungsfällen 3a und 3b steigen bei geringer Überdeckung die Reibungszahlen fast auf das doppelte des Bettungsfalles 2 (Fall 3b) an.

Allgemein kann man sagen, daß im Fall 2 (gegenüber Bettungsfall 1) die Reibungszahlen um den Faktor  $\frac{\pi}{2}$  und im Fall 3b um den Faktor  $\pi$  ansteigen.

Mit steigender Überdeckungshöhe nehmen jedoch die Werte ab. Ursache hierfür ist die Gewölbebildung zwischen den Grabenwänden, die bei der Rechnung nicht berücksichtigt wurde. Es ist folglich möglich, aus den Versuchen die Abminderungsfaktoren dieser Böden zu ermitteln. Ein Vergleich mit den Abminderungsfaktoren nach Wetzorke [1] ergab, daß diese für den Fall 3a recht gut zutreffen, während für den Fall 3b die Abminderungsfaktoren nach Wetzorke zu niedrig liegen.

Die Versuche mit Lehm Böden ergaben für den Bettungsfall 1 den Wert von  $\mu = 0,16$ , für Fall 2  $\mu = 0,7$  und im Fall 3 lagen die niedrigsten Werte bei  $\mu = 0,27$ . Der hohe Wert im Bettungsfall 2 ist wohl darauf zurückzuführen, daß hier außer Reibung starke Adhäsionskräfte zwischen Rohr und Boden wirkten.

Die **Praxisversuche** ergaben für den lehmig-sandigen Boden Werte von  $\mu = 0,7$  bei 0,5 m Überdeckung und  $\mu = 0,5$  bei 1,0 m Überdeckung.

Bei Mutterboden ergaben sich Werte von  $\mu = 0,6$  bei  $H = 1,1$  m.

#### Schlußfolgerung

Als Schlußfolgerung aus diesen Versuchen kann man folgendes feststellen:

1. Die im DVGW-Merkblatt GW 368 angegebenen Werte von  $\mu = 0,5$  für Sandböden und  $\mu = 0,25$  für Lehm Böden sind nicht zu hoch angesetzt. Es wäre durchaus vertretbar, für Sand einen Wert von  $\mu = 0,6$  zuzulassen.
2. Bei der Berechnung der zu sichernden Längen kann die Reibung an der oberen Rohrhälfte berücksichtigt werden.
3. In dem DVGW-Merkblatt sollte bei der Berechnung der schubzusichernden Länge eine Überdeckungshöhe von mehr als 1,5 m unberücksichtigt bleiben, da andernfalls die Entlastung des Rohres durch Gewölbebildung zwischen den Grabenwänden beachtet werden müßte.

#### Literatur

- [1] M. Wetzorke,  
Über die Bruchsicherheit von Rohrleitungen in parallelwandigen Gräben  
Eigenverlag des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Hochschule Hannover (1960)

## Besondere Markierung der Flansche duktiler Formstücke

Von KARL STAHL

Bei der Ausführung der Rohrleitungen für die Wasserspiele im Schloßpark von Versailles kamen im Jahre 1668 erstmalig Flanschverbindungen im Rohrleitungsbau zur Anwendung. Man sah hierin vermutlich die beste Lösung, gußeiserne Rohre bis zu NW 500 gegen einen Innendruck von 15,5 bar (15,5 kp/cm<sup>2</sup>) abzudichten. Noch heute sind Teile dieser Rohrleitungen aus der Zeit Ludwig XIV. in Betrieb. Auch bei dem Bau der ersten „Hochdruckleitung“ aus gußeisernen Rohren NW 150, für einen Betriebsdruck von 43 bar (43 kp/cm<sup>2</sup>), die 1817 in Ilsank bei Berchtes-

gaden in Betrieb genommen wurde, entschied man sich für die Flanschverbindung. Die Ausführung in duktilem Gußeisen gestattet heute die Anwendung für wesentlich höhere Nenn drücke.

Das Verbinden von Rohrleitungsteilen mittels Flanschen ist daher als eine der ältesten, sichersten und unkompliziertesten Verlegearten im Rohrleitungsbau anzusehen. Jeder erfahrene Rohrleger weiß, worauf er bei der Montage zu achten hat, damit die Verbindungen einwandfrei dicht sind. So ist es für ihn zum Beispiel eine Selbstverständlichkeit, daß die Verbin-



Flanschbohrungen der ausgerichteten Rohrleitungsteile über Kreuz angezogen werden müssen, um einen gleichmäßigen Anpreßdruck auf die zwischen den Flanschen liegende Dichtung zu erzeugen. Es sollte ihm aber auch bekannt sein, daß die Zahl der

Flanschbohrungen in den DIN-Normen so festgelegt ist, daß sie sich immer durch vier teilen läßt und die Formstücke bei der Normalausführung immer so gebohrt werden, daß keine Bohrung in den Symmetrieachsen liegt. (Bild 1)

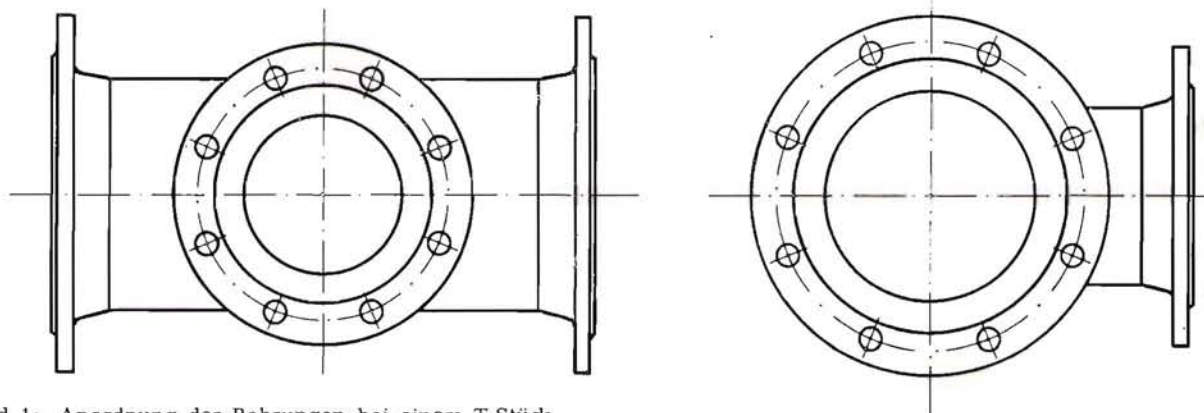


Bild 1: Anordnung der Bohrungen bei einem T-Stück

Die Bohrungen werden also so eingebracht, daß sie nie auf, sondern immer symmetrisch zu der waagerechten bzw. senkrechten Formstückachse stehen. Hierauf muß der Rohrleger auch bei der Montage sein besonderes Augenmerk richten, wenn er nicht Gefahr laufen will, unter Umständen einen Teil der montierten Strecke wieder demontieren zu müssen, weil plötzlich ein Abzweigstück, ein Bogen oder die Spindel einer Armatur von der vorgesehenen Richtung abweicht. Dies kann dann der Fall sein, wenn zuvor eine Reduzierung mit Hilfe eines Flansch-Übergangsstückes (FFR-Stück) vorgenommen wurde und der Rohrleger hierbei nicht darauf geachtet hat, daß bei

der Montage die Bohrungen **beider** Flansche, wie zuvor bereits gesagt, symmetrisch zu den beiden Hauptachsen stehen. Der Fehler macht sich besonders unangenehm bemerkbar, wenn im Anschluß an das falsch eingebaute FFR-Stück auf einer größeren Strecke zunächst nur Flanschrohre verlegt werden und erst ein dann hieran anschließendes Formstück oder eine Armatur diesen Einbaufehler erkennen läßt. Hohe Ausbaurkosten können die Folge sein.

Früher traten derartige Fehler höchst selten auf, weil die erfahrenen, gut ausgebildeten Rohrleger mit den Gegebenheiten bei Flanschen vertraut waren. Heute

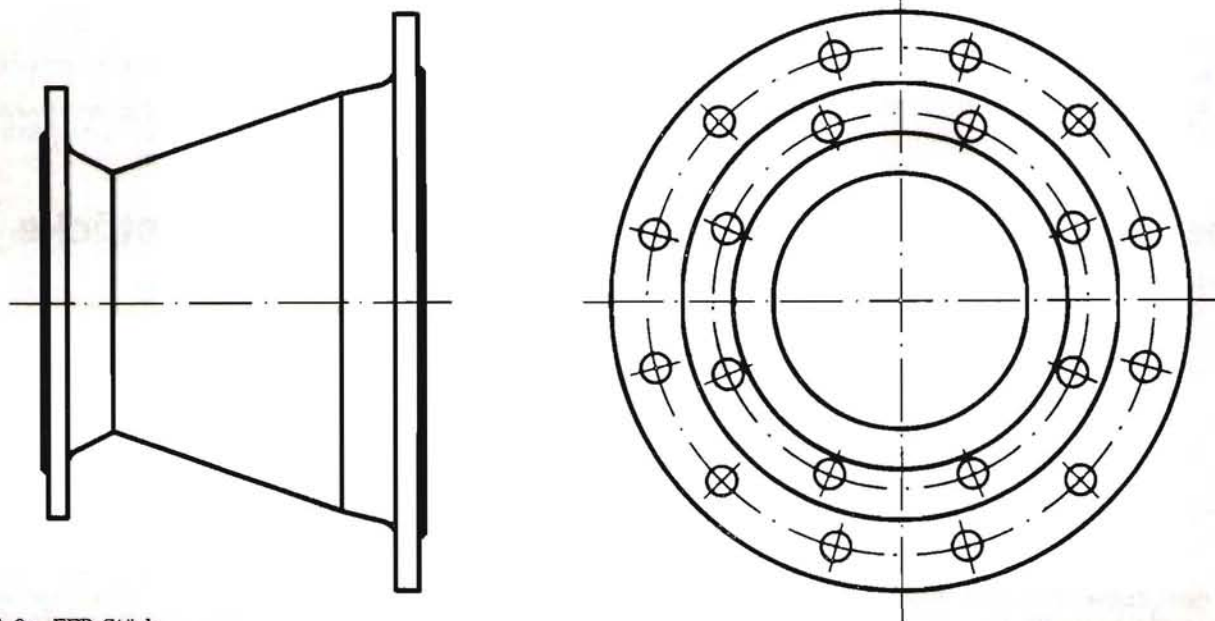


Bild 2: FFR-Stück



werden Verlege- und Montagearbeiten aber in zunehmendem Maße von angelernten Kräften ausgeführt, die bei dem Auftreten derartiger Situationen zunächst Beschwerde darüber führen, daß ein Formstück nicht richtig gebohrt ist.

Die FFR-Stücke (Bild 2) sind es also vor allem, die zu Verlegefehlern führen können. Dies ist bedingt durch die meist unterschiedliche Anzahl der Bohrungen in den beiden Flanschen, die der jeweiligen Nennweite entsprechen.

Bild 3 zeigt schematisch, wie bei unterschiedlicher Anzahl der Bohrungen diese bei den hintereinanderliegenden Flanschen der FFR-Stücke angeordnet sind. Die hier eingezeichneten Symmetrieachsen stellen gleichzeitig die waagerechten und senkrechten Verlegeebenen dar. Wenn der Rohrleger darauf achtet, daß die Montage immer so erfolgt, daß eine der **gemeinsamen** Symmetrieachsen **beider** Flansche mit der jeweiligen Verlegeebene übereinstimmt, können praktisch keine der bereits beschriebenen Montagefehler auftreten.

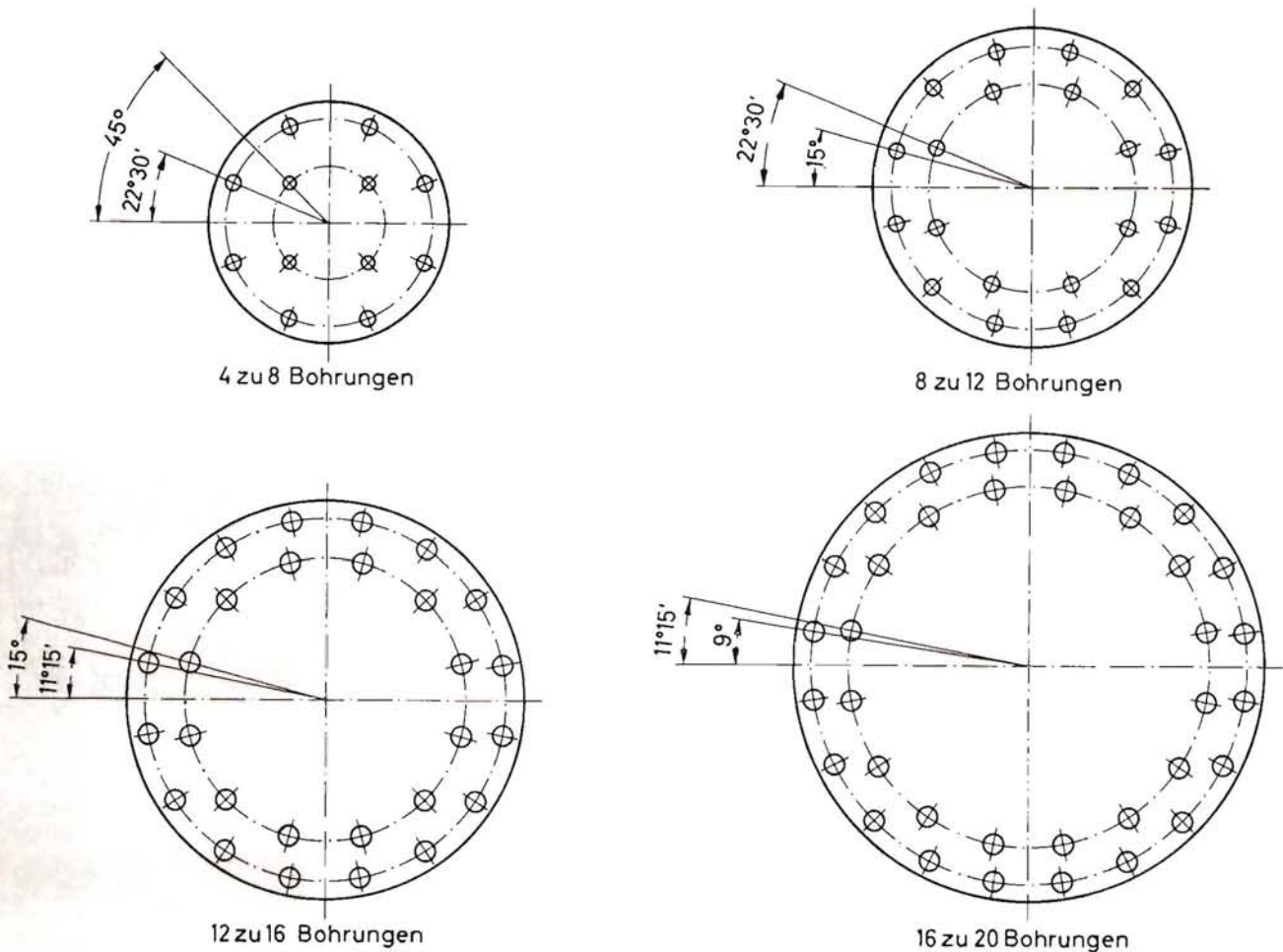


Bild 3: Lage der Bohrungen bei richtigem Einbau

Richtet sich der Rohrleger aber nur nach der Symmetrieachse **eines** der beiden Flansche, so kommen die Bohrungen des zweiten Flansches u. U. wie in Bild 4 dargestellt, asymmetrisch zu liegen. Je größer die Nennweiten und je kleiner die Durchmesserdifferenz der Flansche bei den Reduktionen wird, umso weniger ist die Lage der Bohrungen zueinander ohne die Zuhilfenahme eines Lotes oder einer Wasserwaage wahrnehmbar.

Um die aufgetretenen, unbegründeten Reklamationen zu vermeiden und dem Rohrleger die richtige Montage zu erleichtern, haben sich die der Fachgemein-

schaft Gußeiserne Rohre (FGR) angehörenden deutschen Gußrohrwerke entschlossen, alle Flanschformstücke so zu kennzeichnen, daß die gemeinsamen Symmetrieachsen der Flansche augenfällig werden. Wichtig erschien hierbei außerdem, daß die Markierungen dauerhaft sind. Man ist daher übereingekommen, die Flansche mit zwei eingegossenen gegenüberliegenden Kerben, wie sie bei dem FFR-Stück im Bild 5 dargestellt sind, zu versehen.

Bild 6 veranschaulicht eine der Möglichkeiten für die richtige und falsche Lage der Einbaumarkierung bei der Montage.



Nach einer Übergangszeit, die für die Modelländerungen und den Abbau der Läger bei den Werken und den Händlern erforderlich ist, werden nur noch mit der zusätzlichen Einbaumarkierung versehene Flanschformstücke zur Verfügung stehen.

Diese zusätzliche Kennzeichnung darf die Rohrleger nun aber nicht dazu veranlassen, wie man so sagt

„über den Daumen zu peilen“, dann hätte sie ihren Zweck wahrlich verfehlt. Denn wie bereits vorstehend gesagt, sind die Verdrehungsgrade bei großen Nennweiten und kleiner Lochzahldifferenz mit dem bloßen Auge kaum wahrnehmbar. (Bei 16 zu 20 Bohrungen kann die Abweichung z. B.  $2^{\circ} 15'$  betragen — Bild 3)

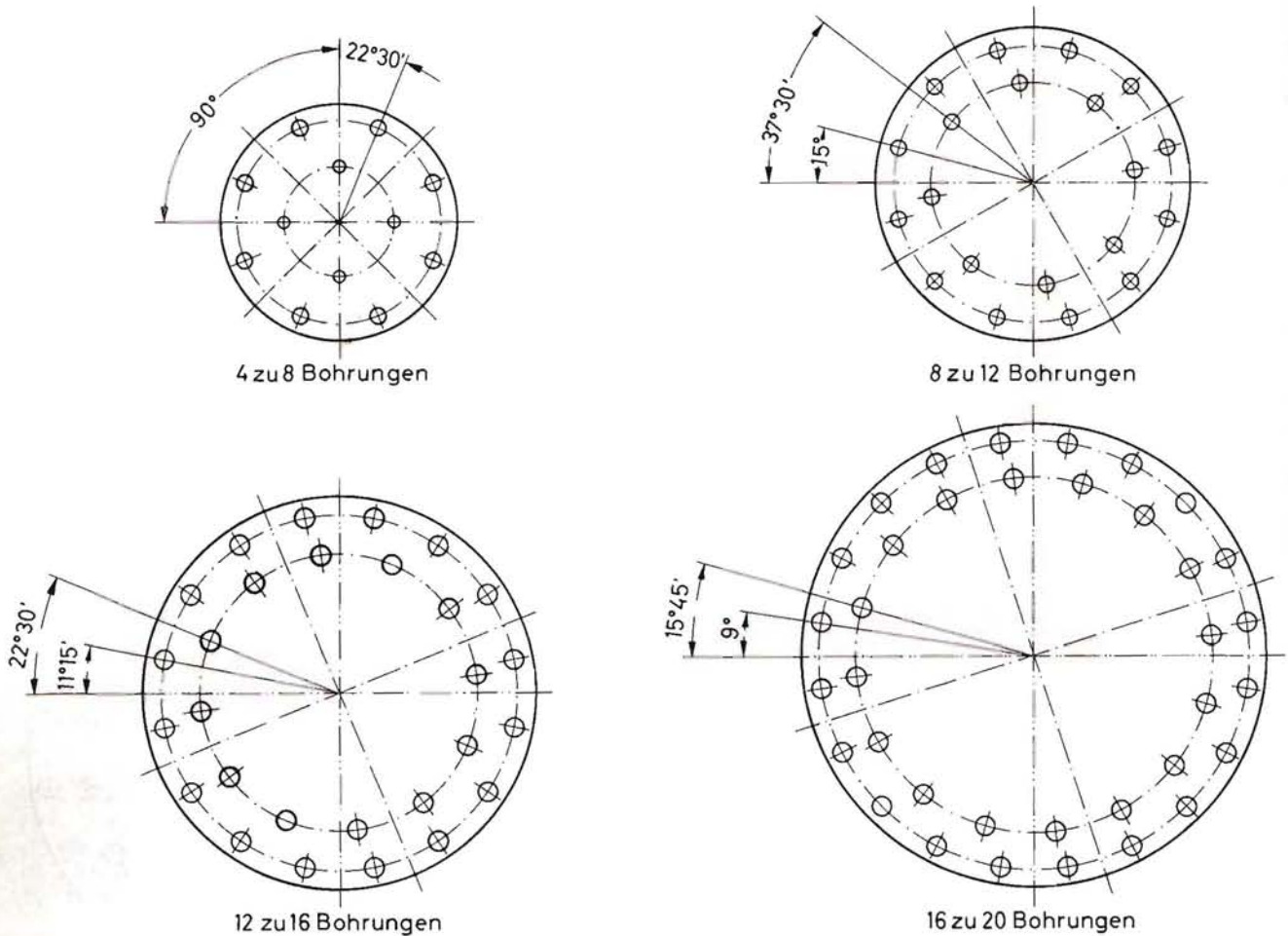


Bild 4: Lage der Bohrungen bei falschem Einbau

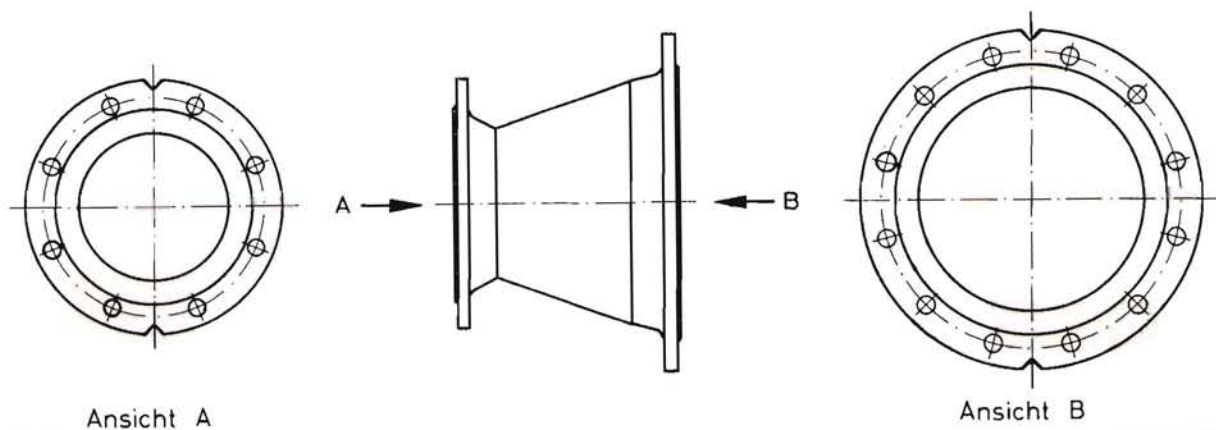


Bild 5: FFR-Stück mit Einbaumarkierung



Die keilförmige Form der Kerben soll vielmehr auch dazu dienen, das Einrichten in die senkrechte bzw. waagerechte Verlegeebene mittels Lot oder Wasserwaage zu erleichtern.

In diesem Zusammenhang muß hier auf die bestehenden Verlegeanleitungen hingewiesen werden, die nun eine Erweiterung bezüglich der vorstehend behandelten zusätzlichen Kennzeichnung erfahren.

### Zusammenfassung

Die Anwendung und Montage von Flanschrohrleitungen wird erörtert. Insbesondere wird auf vorkommende Verlegefehler bei der Montage von Flansch-Übergangsformstücken hingewiesen, die durch Beachtung der zusätzlich eingegossenen Markierungskernen vermieden werden können.

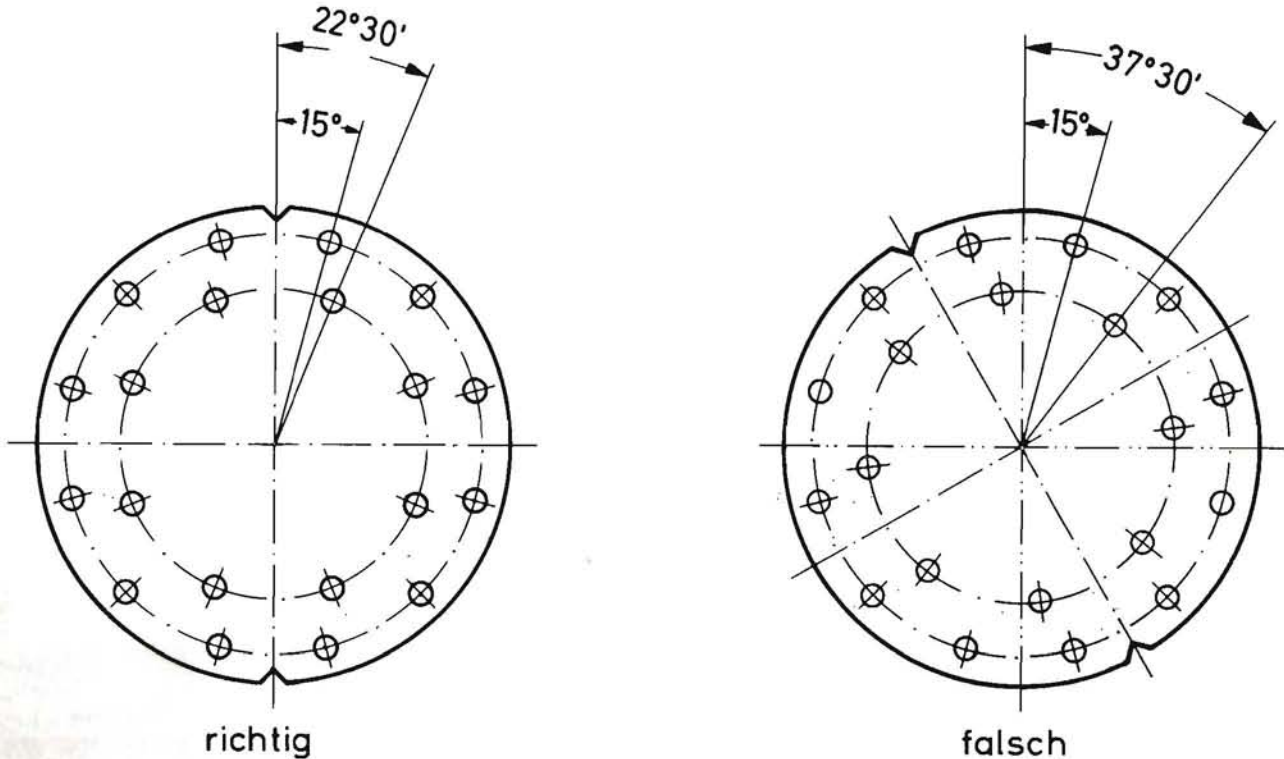


Bild 6: Beispiele für richtige und falsche Lage der Einbaumarkierung bei der Montage

## Verwendung von duktilen Gußrohren in Gasleitungen

Von NORBERT RAFFENBERG

*Es wird ein Überblick über den Einsatz von duktilen Gußrohren und Formstücken in Gasleitungen (Niederdruck-, Mitteldruck- und Hochdruck-Bereich) gegeben, und zwar unter besonderer Berücksichtigung der neuen Richtlinien für Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 461.*

### 1. Allgemeines

In den modernen Industriestaaten bilden Gasleitungen engvermaschte Netze großen Ausmaßes. Bau, Betrieb und Erhaltung dieser Rohrleitungen machen Milliardenbeträge erforderlich, so daß derartige Anlagen hohe Kapitalwerte darstellen.

Die Wirtschaftlichkeit der Gasleitungen hängt entscheidend von der Wahl eines widerstandsfähigen und vor allem auch dauerhaften Rohrwerkstoffes ab, denn die in der Regel erdverlegten Gasleitungen sind vielfältigen Beanspruchungen von innen und von außen ausgesetzt. Einmal ist es der zur Fortleitung des Fördermediums erforderliche Innendruck, auch Betriebsdruck genannt. Zum anderen wirken von

außen vor allem die Erd- und Verkehrslasten — verbunden mit beachtlichen Bodenbewegungen und Erschütterungen — auf die Leitungen ein. Zu diesen meist kombiniert auftretenden inneren und äußeren Belastungen, die statischer und dynamischer Natur sein können, kommen noch korrosive Beanspruchungen vom umgebenden Erdreich und eventuell auch vom Gas hinzu, gegebenenfalls auch noch Auswirkungen von Temperaturschwankungen.

Erdverlegte Gasleitungen müssen vom Rohrwerkstoff her genügende Sicherheitsreserven haben, da sie einer laufenden Nachprüfung praktisch entzogen sind. Bekanntlich ist es nicht nur sehr schwierig, auftretende Schäden zu erkennen und aufzufinden, son-



dem auch sehr kostspielig, sie zu beheben. Neben den eigentlichen Reparaturkosten der Rohrleitung müßten im Schadensfalle wesentlich höhere Kosten für das Aufreißen und Instandsetzen der modernen Stadtstraßen und für das Umleiten des starken Verkehrs aufgebracht werden.

Beim Bau einer Gasleitung sollte daher grundsätzlich beachtet werden, daß nicht der augenblickliche Anschaffungspreis, sondern einzig und allein die Wirtschaftlichkeit des Rohrnetzes auf lange Sicht entscheidend ist.

## 2. Die besonderen Eigenschaften duktiler Gußrohre

Die duktilen, d. h. verformungsfähigen Gußrohre werden in Europa bereits seit etwa 1951 und in der Bundesrepublik seit 1956 hergestellt. Gemäß den Technischen Lieferbedingungen der DIN 28600 beträgt für duktile Gußrohre die Zugfestigkeit mindestens  $400 \text{ N/mm}^2$  ( $40 \text{ kp/mm}^2$ ) und die Streckgrenze mindestens  $300 \text{ N/mm}^2$  ( $30 \text{ kp/mm}^2$ ). Neben der hohen Zugfestigkeit ist für das duktile Gußrohr vor allem auch die beachtliche Verformungsfähigkeit charakteristisch; gemäß Norm beträgt die Bruchdehnung der duktilen Schleudergußrohre mindestens 10 %.

Mit diesen Werkstoffkennwerten verbinden duktile Gußrohre gute mechanische Eigenschaften, wie größtmögliche Bruchsicherheit und Verformbarkeit, mit der seit altersher dem Gußeisen eigenen guten Korrosionsbeständigkeit. Sie bieten damit hohe Sicherheiten gegen Beanspruchungen durch größtmögliche Innendrucke und widerstehen darüber hinaus vom Werkstoff her praktisch allen auftretenden Erd- und Verkehrslasten mit den daraus resultierenden Scheiteldruck- und Biegebeanspruchungen; die Widerstandsfähigkeit gegen Biegebeanspruchungen wird dabei durch die beweglichen gummigedichteten Muffenverbindungen noch beträchtlich erhöht. Letztlich — was aber nicht minder bedeutungsvoll ist — bieten duktile Gußrohre einen hohen Korrosionswiderstand bei Angriffen von seiten des Erdreiches oder auch des Gases. Dies ist bedingt durch ihre chemische Zusammensetzung und die damit zusammenhängende Fähigkeit, schwer lösliche und gut haftende Korrosionsdeckschichten zu bilden. Das gute Korrosionsverhalten der duktilen Gußrohre ist durch zahlreiche Laborversuche und umfangreiche in Frankreich seit 1951 und in der Bundesrepublik seit 1963 laufende Korrosionsfeldversuche in aggressiven Böden praktisch bestätigt worden [1].

Durch die Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des Gußeisens und durch die dem neuesten Stand der Technik angepaßten gummigedichteten Rohrverbindungen — mit dem Strukturwandel in der Gaswirtschaft mit wechselnden Gasarten, höheren Drücken und den damit verbundenen erhöhten Sicherheitserfordernissen haben die Gußrohrwerke Spezial-Dichtringe mit größerer chemischer Beständigkeit entwickelt — sind optimale Voraussetzungen für den Einsatz duktiler Gußrohre in der Gasversorgung geschaffen worden. Dies haben eingehende Untersuchungen mit Gummidichtringen in Versuchs-Gasleitungen und im Labor eindeutig erwiesen [2].

## 3. Bisheriger Einsatz duktiler Gußrohre in Gasleitungen

Duktile Gußrohre werden nach den bestehenden Normen und Richtlinien sowohl im Niederdruck- und Mitteldruck-Bereich als auch im Hochdruck-Bereich eingesetzt.

Gemäß den seit August 1968 gültigen Normen DIN 28600 und DIN 28610 sind duktile Gußrohre mit Schraubmuffen, Stopfbuchsenmuffen und TYTON®-Muffen von NW 80 bis NW 1200 ohne Einschränkungen für Gasleitungen bis zu einem Betriebsdruck von 1 bar ( $1 \text{ kp/cm}^2$ ), also im **Niederdruck- und Mitteldruck-Bereich** — Niederdruck:  $\leq 100 \text{ mbar}$  ( $\leq 1000 \text{ mm WS}$ ); Mitteldruck:  $> 100 \text{ mbar}$  bis  $\leq 1 \text{ bar}$  ( $> 1000 \text{ mm WS}$  bis  $\leq 10000 \text{ mm WS}$ ) — zugelassen. In diesem Druckbereich sind in der Bundesrepublik — soweit es der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (FGR) bekanntgeworden ist — bis Ende 1972 schon rund 3500 km Gasleitungen aus duktilen Gußrohren mit Schraubmuffen und TYTON-Muffen verlegt worden. Dabei handelte es sich im wesentlichen um Rohre NW 80 bis NW 500.

Gemäß dem seit Januar 1972 gültigen DVGW-Arbeitsblatt G 461 sind duktile Gußrohre mit Schraubmuffen, Stopfbuchsenmuffen und TYTON-Muffen auch für Gasleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 bar ( $1 \text{ kp/cm}^2$ ) bis 16 bar ( $16 \text{ kp/cm}^2$ ), also im **Hochdruck-Bereich**, zugelassen, und zwar im Nennweitenbereich von NW 80 bis NW 600. In diesem Druckbereich sind in der Bundesrepublik — soweit es der FGR bekanntgeworden ist — bis Ende 1972 schon rund 300 km Gasleitungen aus duktilen Gußrohren verlegt worden, davon über die Hälfte mit Schraubmuffen und TYTON-Muffen. Dabei handelte es sich im wesentlichen ebenfalls (wie im Niederdruck- und Mitteldruck-Bereich) um Rohre NW 80 bis NW 500.

## 4. Die besonderen Anforderungen an Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen

In den Bestimmungen der neuen Richtlinien gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 461 werden insbesondere herstellungs-, werkstoff-, prüf-, planungs- und bautechnische Anforderungen und Bedingungen geregelt, die für den Bau von Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen von Wichtigkeit sind. Für Niederdruck- und Mitteldruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen sind nach wie vor die Richtlinien der DIN 19630 maßgebend. Verwiesen sei in diesem Zusammenhang auch noch auf das DVGW-Arbeitsblatt G 460 für Gasleitungen mit einem Betriebsdruck über 50 mbar ( $500 \text{ mm WS}$ ) bis 3 bar ( $3 \text{ kp/cm}^2$ ) in industriellen und gewerblichen Anlagen.

Wegen der besonderen Bedeutung der neuen Gas-hochdruck-Richtlinien, die das im Jahre 1957 für Hochdruck-Gasleitungen aus Grauguß herausgegebene DVGW-Arbeitsblatt G 461 abgelöst haben, sollen im folgenden die wichtigsten neuen Bestimmungen und Anforderungen näher erläutert werden.

### 4.1 Rohre

Die Rohre NW 80 bis NW 600 sind ausschließlich aus duktilem Gußeisen nach DIN 28600 im Schleudergießverfahren herzustellen, und zwar mit Nennwanddicken nach DIN 28610. Diese Schleudergußrohre kön-



nen ohne gesonderte Berechnung in bezug auf Innendruck und äußere Belastung verwendet werden, da die genormten Rohr-Wanddicken praktisch alle Belastungsfälle und Einflußgrößen, wie sie bei Leitungen mit einem Betriebsdruck bis 16 bar (16 kp/cm<sup>2</sup>) auftreten können, berücksichtigen. Sie erfüllen damit auch alle sicherheitstechnischen Erfordernisse. Dies haben ausführliche Berechnungen eindeutig erwiesen [3].

Bei der Festlegung der Rohr-Wanddicken in DIN 28610 wurde der nach einem Gutachten der MPA-Stuttgart [4] geforderte Sicherheitswert  $S = 2,3$  in keinem Falle unterschritten. Die effektiven Sicherheitsbeiwerte der duktilen Gußrohre (gerechnet gegen die Streckgrenze) liegen bei dem maximal zulässigen Betriebsdruck von 16 bar (16 kp/cm<sup>2</sup>) in jedem Falle über  $S = 4,0$ .

Zusätzlich zu den in DIN 28600 getroffenen Festlegungen, die grundsätzlich von allen duktilen Gußrohren (auch für Gasniederdruck und Gasmitteldruck) einzuhalten sind, müssen die für Gashochdruck bestimmten Rohre noch folgende Bedingungen erfüllen:

a) **Festigkeitseigenschaften**

Bei Rohren bis NW 600 muß je Behandlungseinheit ein Ringfaltversuch an einem  $30 \pm 5$  mm breiten Rohrabchnitt mit unbearbeiteten Rohroberflächen durchgeführt werden; dabei soll die Bruchverformung mindestens 3 % betragen.

b) **Dichtheitsprüfung**

Alle Rohre sind im Herstellerwerk über die in DIN 28600, Abschnitt 6.3, festgelegte Wasserdruckprüfung hinaus zusätzlich noch einer Dichtheitsprüfung mit Luft zu unterziehen, und zwar mit einem Prüfdruck von 2 bar (2 kp/cm<sup>2</sup>). Die Prüfung mit Luft ist unter gleichzeitigem Abseifen mit einem leicht schäumenden Prüfmittel oder durch Eintauchen in Wasser durchzuführen, wobei sich keine Undichtheiten zeigen dürfen.

c) **Beschaffenheit**

Die Rohre sind insbesondere auf Nadellöcher („pinholes“) hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit für Gas zu überprüfen. Nadellöcher dürfen nicht tiefer sein als  $\frac{1}{3}$  der in DIN 28610 festgelegten Wanddicken.

d) **Kennzeichnung**

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

e) **Abnahme**

Über die Ergebnisse der Prüfungen ist ein Abnahmeprüfzeugnis B nach DIN 50049 auszustellen.

#### 4.2 Formstücke

Die zugehörigen Formstücke bis NW 600 sind ausschließlich aus duktilem Gußeisen nach DIN 28600 im Sandgußverfahren herzustellen und müssen den Maßnormen DIN 28622 ff. entsprechen. Im Anhang der DVGW-Richtlinien sind die betreffenden Maßnormen für duktile Formstücke DIN 28622 bis DIN 28648 im einzelnen aufgeführt.

Die Wanddicken der genormten Formstücke sind so festgelegt worden, daß die effektiven Sicherheitsbeiwerte der Formstücke (gerechnet gegen die Berst-

festigkeit) bei dem maximal zulässigen Betriebsdruck von 16 bar (16 kp/cm<sup>2</sup>) praktisch denen der Rohre entsprechen.

Zusätzlich zu den Festlegungen in DIN 28600, die grundsätzlich von allen duktilen Formstücken (auch für Gasniederdruck und Gasmitteldruck) einzuhalten sind, müssen die für Gashochdruck bestimmten Formstücke noch folgende Bedingungen erfüllen:

a) **Dichtheitsprüfung**

Alle Formstücke sind im Herstellerwerk über die in DIN 28600, Abschnitt 6.3, festgelegte Wasserdruckprüfung hinaus zusätzlich noch einer Dichtheitsprüfung mit Luft zu unterziehen, und zwar mit einem Prüfdruck von höchstens 2 bar (2 kp/cm<sup>2</sup>). Die Prüfung mit Luft ist — wie bei den Rohren — unter gleichzeitigem Abseifen mit einem leicht schäumenden Prüfmittel oder durch Eintauchen in Wasser durchzuführen, wobei sich keine Undichtheiten zeigen dürfen.

b) **Kennzeichnung**

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

c) **Abnahme**

Über die Ergebnisse der Prüfungen ist ein Abnahmeprüfzeugnis B nach DIN 50049 auszustellen.

#### 4.3 Kondensatsammler

Für den Werkstoff, die Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Abnahme der Kondensatsammler gelten praktisch die gleichen Bestimmungen wie für die Formstücke aus duktilem Gußeisen.

Die Abmessungen der Kondensatsammler müssen im übrigen der Maßnorm DIN 28649<sup>1)</sup> entsprechen. Die effektiven Sicherheitsbeiwerte der genormten Kondensatsammler bewegen sich ebenfalls — wie die der duktilen Formstücke — bei dem maximal zulässigen Betriebsdruck von 16 bar (16 kp/cm<sup>2</sup>) in der Größenordnung der Rohre. Ausführungen, bei denen Gewindeverbindungen eine abdichtende Funktion haben, sind unzulässig.

#### 4.4 Schutzüberzüge

Alle Rohre und Formstücke sind gemäß DIN 28600 mit einem gut haftenden Schutzüberzug zu versehen. Werden darüber hinaus Spezialüberzüge gewünscht, so bedürfen diese einer besonderen Vereinbarung.

Nachstehend sollen einige nähere Angaben zum Thema „Schutzüberzüge für Gasleitungen aus duktilen Gußrohren“ gebracht werden.

Zunächst einmal sei ganz allgemein darauf hingewiesen, daß in der Gußrohreindustrie größtenteils Rohrschutzüberzüge auf Teerpechbasis Verwendung finden. Diese Überzüge besitzen eine

- a) gute Haftfestigkeit auf dem Metalluntergrund,
- b) geringe Wasseraufnahme,
- c) zufriedenstellende Korrosionsschutzwirkung einschließlich Resistenz gegen schwach saure und alkalische Einflüsse,
- d) gute mikrobiologische Beständigkeit.

<sup>1)</sup> z. Z. Entwurf



Neben den Schutzüberzügen auf Teerpechbasis sind auch Bitumenlacke für zusätzliche Anstriche auf der Rohraußenseite im Einsatz, wobei die Materialien im Hinblick auf die Verträglichkeit mit dem Teeruntergrund besonders ausgesucht werden.

Die Qualitätseigenschaften der Rohrschutzüberzüge und Rohmassen auf bituminöser Grundlage sind im DVGW-Arbeitsblatt GW 6 im einzelnen festgelegt.

#### 4.4.1 Schutzüberzüge für die Rohraußenseite

Gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 5 stehen für den Außenschutz duktiler Gußrohre für den Gastransport 3 Schutzklassen von bituminösen Überzügen zur Verfügung, wobei sich die jeweilige Auswahl nach den korrosionschemischen Eigenschaften richtet.

Aufgrund ihres guten Korrosionsverhaltens erhalten duktile Gußrohre in 80 bis 90 % der Fälle lediglich ca. 0,07 mm dünne Teerüberzüge der Schutzklasse 1. Diese Überzüge werden entweder durch Tauchen der Rohre in heißflüssige Teermassen (Klasse GA 1.1) oder durch Aufspritzen bzw. Aufstreichen kalter Teerlacke (Klasse GA 1.2) aufgebracht. Die verwendeten Tauchmassen sind keine Rohteere, sondern sogenannte präparierte Teere, die aus Steinkohlenteerpech oder Sonderpechen und hoch siedenden Lösungsmittelfractionen synthetisch zusammengesetzt werden. Zur Erzielung einer guten Haftfestigkeit und Vermeidung einer Abschreckwirkung durch die kalte Rohrwand werden beim Tauchverfahren die Rohre entweder vorgewärmt oder verbleiben im Bad bis zur Annahme der Badtemperatur.

Sofern die Bodenverhältnisse ziemlich aggressiv sind, können verstärkte Überzüge der Klasse GA 2.1 mit Gesamtschichtdicken von 0,10 bis 0,15 mm zur Anwendung kommen (Schutzklasse 2). Am gebräuchlichsten ist ein ein- oder mehrmaliger Kaltanstrich mit ungefülltem oder auch gefülltem Bitumen- bzw. Teerlack auf den dünnen Teerüberzug der Klasse GA 1.1 bzw. GA 1.2. Hierdurch wird die Dichtheit des Überzugs weiter erhöht, und es werden bei entsprechender Materialauswahl auch die physikalischen Eigenschaften des Gesamtüberzugs verbessert.

In stark aggressiven Böden, wie z. B. Moor- und Marschböden, ist das Aufbringen eines dicken Korrosionsschutzüberzugs der Schutzklasse 3 zu empfehlen. Meist wird hierfür eine ca. 3 mm starke Schicht aus gefülltem Steinkohlenteer-Sonderpech (Klasse GA 3) verwendet. Als Füllstoffe kommen hierbei nur Mineralstoffe infrage, die nicht quellen und auch keine sonstigen nachteiligen Wirkungen auf die Wasseraufnahme der Massen ausüben. Die aus Sonderpechen hergestellten Beschichtungsmassen besitzen ausreichende Druckfestigkeit, um den Flächenpressungen des Erdbodens standzuhalten, und bei sachgemäßer Verarbeitung eine gute Standfestigkeit. Die Pechmassen werden in heißflüssigem Zustand auf die etwa handwarmen Rohre aufgetragen und anschließend geglättet. Als haftvermittelnde Schicht dient der übliche Tauchteer- bzw. Teerlacküberzug der Klasse GA 1.1 bzw. GA 1.2. Derartige Rohrüberzüge müssen ihrem Verwendungszweck entsprechend porenfrei sein, um Korrosionsangriffe mit Sicherheit auszu-

schließen; sie werden in Deutschland seit etwa 2 Jahrzehnten für besondere Rohrschutzzwecke mit Erfolg eingesetzt.

In neuerer Zeit gelangt eine aus USA stammende Sonderschutzmethode aus dem Kunststoffgebiet in steigendem Maße zum Einsatz. Sie besteht darin, daß über die geteerten Rohre an der Baustelle vor dem Absenken in den Rohrgraben eine Polyäthylen-Schlauchfolie gezogen wird. Die Folie besitzt eine Dicke von 0,20 bis 0,25 mm. Sie wird abschnittsweise in Längen von ca. 6 bis 7 m auf der Rohroberfläche nach dem Überstreifen glatt gezogen und an den Enden überlappend mit selbstklebendem Polyäthylenband festgeklebt. Die Aufgabe der Polyäthylen-Schlauchfolie besteht darin, den unmittelbaren Kontakt zwischen der Rohraußenfläche und dem aggressiven Boden zu verhindern [5].

#### 4.4.2 Schutzüberzüge für die Rohrinneenseite

Duktile Gußrohre erhalten für den Transport von Brenngasen in den allermeisten Fällen einen Tauchteerüberzug der Klasse GI 1 gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 5. Der Überzug entspricht dem Tauchteerüberzug der Klasse GA 1.1 für die Rohraußenseite.

Im Schrifttum wird verschiedentlich darüber berichtet, daß Bitumenüberzüge von Gaskondensaten aufgelöst werden. Dieser Vorgang tritt bei Teerüberzügen nach den vorliegenden Erfahrungen nicht ein. Zurückzuführen ist die höhere Beständigkeit der Tauchteerüberzüge darauf, daß das Material mit keinem der üblichen organischen Lösungsmittel restlos aufgelöst werden kann, es bleiben je nach Lösungsmittelcharakter immer 25 bis 75 % ungelöste Anteile zurück.

Die Frage der Beständigkeit von Tauchteerüberzügen ist auch speziell bei einer kondensatführenden Hochdruck-Erdölgas-Versuchsleitung untersucht worden, wobei das Kondensat vorzugsweise aus Benzinkohlenwasserstoffen bestand. Der Überzug war nach siebenjähriger Betriebszeit nicht in Mitleidenschaft gezogen und zeigte keine Quellerscheinungen.

### 4.5 Verbindungen

In den DVGW-Richtlinien wird unterschieden nach Muffenverbindungen, Flanschverbindungen und anderen Arten von Verbindungen.

#### 4.5.1 Muffenverbindungen

Nach den Richtlinien kommen als Muffenverbindungen die Schraubmuffen-, Stopfbuchsenmuffen- und TYTON®-Verbindung in Frage. Dabei sind für die Dichtringe Materialqualitäten zu verwenden, die für alle Brenngasarten der öffentlichen Gasversorgung gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 260 geeignet sind. In dem Arbeitsblatt G 461 wird besonders herausgestellt, daß die Lieferbedingungen, Prüf- und Gütevorschriften für Dichtringe den Bestimmungen der DIN 3535 Blatt 3<sup>1)</sup> entsprechen müssen und daß hierüber eine Werksbescheinigung nach DIN 50049 auszustellen ist.



Nachstehend sollen noch einige erläuternde Ausführungen zum Thema „**Dichtringe für bewegliche Muffenverbindungen in Gasleitungen aus Gußrohren**“ gebracht werden.

Zunächst einmal sei darauf hingewiesen, daß die Erfahrungen mit gummigedichteten Muffenverbindungen bei erdverlegten Gasleitungen aus Gußrohren bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurückreichen [6], [7]. Bereits die ersten, in Gasleitungen eingesetzten Gummiringe haben ihre Bewährung über viele Jahrzehnte Betriebszeit bewiesen. So sind bis heute schon viele tausend Kilometer gummigedichteter Gußrohrleitungen für Gas unter Verwendung von Naturkautschuk-Dichtringen verlegt worden, wobei die Erfahrungen mit diesen Leitungen durchaus positiv sind.

In Anbetracht des Strukturwandels in der Gaswirtschaft mit wechselnden Gasarten (Erd-, Erdöl- und Raffineriegas), höheren Drücken und der heute mit Recht gestellten erhöhten Anforderungen an die Sicherheit von Gasleitungen haben die deutschen Gußrohrwerke Spezial-Dichtringe mit größerer chemischer Beständigkeit entwickelt. Bei diesen Dichtringen ist — bedingt durch die großen Fortschritte in der Gummitechnologie — die Haltbarkeit wesentlich erhöht worden [2].

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

Für die Schraubmuffen- und Stopfbuchsenmuffen-Verbindung wurde der **Perbunan-Ring** entwickelt. Er wird aus Akrylkautschuk, einem Mischpolymerisat aus Butadien mit Akrylnitril, hergestellt. Diese Kautschukmischung ist auf gute Quellfestigkeit gegenüber Kohlenwasserstoffen bei gleichzeitigem Vorhandensein der für die Dichtfunktion des Ringes erforderlichen elastischen Eigenschaften abgestimmt.

Für die TYTON-Verbindung wurde ein **Vorsatz-Ring** entwickelt, der den TYTON-Ring aus Naturkautschuk daran hindert, unter der Einwirkung von Quellmitteln in den Muffenspalt einzudringen [8].

Für die Qualität der Dichtringe sind deren Härte, Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Elastizität, Alterungsbeständigkeit, Frostbeständigkeit und chemische Beständigkeit von besonderer Bedeutung. Für diese Eigenschaften sind in DIN 3535 Blatt 3<sup>1)</sup> bestimmte Grenzwerte festgelegt, deren Einhaltung streng überwacht wird, um die für die Betriebssicherheit einer Leitung erforderliche gute Dichtringqualität sicherzustellen.

Aufgrund der heute allgemein und mit Recht gestellten erhöhten Anforderungen an die Dichtheit und Sicherheit von Gasleitungen werden neuerdings z. B. bei der Montage von Schraubmuffen-Verbindungen Gleitringe mit eingebaut. Der Gleitring wird zwischen

Dichtring und Schraubring angeordnet; er erleichtert das Anziehen des Schraubringes und damit das Herstellen der Verbindung.

#### 4.5.2 Flanschverbindungen

Bei den Flanschverbindungen, deren Flansche — falls nichts anderes vereinbart wird — mit ebenen gedrehten Dichtleisten zu versehen sind, müssen die Flansche und Dichtungswerkstoffe gegenüber den auftretenden Kräften und natürlich auch gegenüber den Gasen haltbar sein. Für die Eigenschaften der Flanschdichtungen sind ebenfalls in DIN 3535 Blatt 3<sup>1)</sup> bestimmte Anforderungen festgelegt.

#### 4.5.3 Andere Arten von Verbindungen

Andere Arten von Verbindungen sind zulässig, soweit durch Betriebserfahrung oder Versuche nachgewiesen ist, daß die gewählte Verbindung allen Anforderungen hinsichtlich Festigkeit und Dichtheit genügt. Für die verwendeten Dichtringe gilt dann sinngemäß wiederum die Norm DIN 3535 Blatt 3<sup>1)</sup>.

### 5. Planung und Bau von Hochdruck-Gasleitungen aus duktilem Gußeisen

Die Bestimmungen des DVGW-Arbeitsblattes G 461 für die technische Planung und Überwachung des Bauvorhabens, für die Zulassung von Baufirmen, für die Planung und Trassierung der Hochdruck-Gasleitung aus duktilem Gußeisen sowie für die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen entsprechen im wesentlichen den Richtlinien für Hochdruck-Gasleitungen aus Stahlrohren (DIN 2470). Diese DVGW-Bestimmungen für duktile Hochdruck-Gasleitungen gehen den Rohrverlegungsrichtlinien der DIN 19630 vor.

Auf folgendes sei in diesem Zusammenhang besonders hingewiesen:

Wenn bei einem Abstand der Hochdruck-Leitung von weniger als 20 m zu Gebäuden **Riechrohre** zur Anwendung kommen, so sind sie bei einer duktilen Gußrohrleitung über den Rohrverbindungen einzubauen.

**Sondermaßnahmen** sind zu berücksichtigen, wenn Geländebewegungen (z. B. durch Bergbaueinflüsse) zu erwarten sind. So ist beispielsweise in Zusammenarbeit mit den Bergbautreibenden zu prüfen, ob die achsiale Beweglichkeit und Abwinkelbarkeit der vorgesehenen Muffenverbindungen ausreichen.

Für die **Leitungsverlegung** gelten grundsätzlich auch hier (wie im Niederdruck- und Mitteldruck-Bereich) die Richtlinien der DIN 19630.

Das **Herstellen der Verbindungen** erfolgt im allgemeinen im Graben, wobei an den Verbindungsstellen entsprechende Vertiefungen in der Grabensohle oder Kopflöcher vorzusehen sind. Es wird besonders darauf hingewiesen, daß beim Herstellen der Verbindungen die Verlegeanleitungen der Rohrhersteller zu beachten sind.

Da die im Abschnitt 4.5.1 genannten Gußrohr-Muffenverbindungen in der Regel nicht längskraftschlüs-



sig sind, müssen Formstücke (z. B. Bogen, Abzweige, Endstopfen) und Schieber durch geeignete Verankerungen (z. B. Betonwiderlager) mit einer **Schubsicherung** versehen werden, um ein Auseinanderziehen der Leitung bei den erforderlichen Prüfdrücken zu verhindern. Für die Bemessung der Betonwiderlager ist das DVGW-Merkblatt GW 310 maßgebend.

## 6. Dichtheitsprüfung der verlegten

### Hochdruck-Gasleitung aus duktilem Gußeisen

Gemäß den Richtlinien des DVGW-Arbeitsblattes G 461 ist jede Hochdruck-Gasleitung aus duktilem Gußeisen (für die Dichtheitsprüfung duktiler Niederdruck- und Mitteldruck-Gasleitungen gilt DIN 19630) vor der Inbetriebnahme — zusammenhängend oder abschnittsweise — einer Dichtheitsprüfung mit Luft oder inertem Gas bei einem Prüfdruck in Höhe des Betriebsdruckes + 2 bar (+ 2 kp/cm<sup>2</sup>) oder in Höhe von maximal 18 bar (18 kp/cm<sup>2</sup>) zu unterziehen. Die Dichtheitsprüfung ist in Anwesenheit eines unabhängigen Sachverständigen durchzuführen.

Vor der Dichtheitsprüfung mit Luft sind nach Möglichkeit die Verbindungen bei einem Prüfdruck bis maximal 6 bar (6 kp/cm<sup>2</sup>) unter gleichzeitigem Abpinseln mit einem leicht schäumenden Mittel zu prüfen. Bei Leitungen von weniger als 200 m Länge ist auch eine Prüfung durch Abpinseln der unter Prüfdruck stehenden Verbindungen zulässig. In Ausnahmefällen (z. B. kleine Umlegungen, kurze Anschlüsse, Einbinden von Leitungen) kann die Leitung mit Betriebsgas unter dem jeweiligen Betriebsdruck geprüft werden. Bei diesen Prüfungen sind dann besondere Sicherheitsvorkehrungen zu treffen.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 461 statt der in der Regel üblichen Dichtheitsprüfung mit Luft oder inertem Gas auch eine Dichtheitsprüfung mit Wasser bei einem Prüfdruck in Höhe des 1,3fachen Betriebsdruckes zulässig ist.

Über das Ergebnis der durchgeführten Dichtheitsprüfung stellt der unabhängige Sachverständige Prüfbescheinigungen aus mit der Bestätigung, daß gegen die Inbetriebnahme der Leitung mit dem zulässigen Betriebsdruck aufgrund der durchgeführten Prüfung keine Bedenken bestehen.

## 7. Inbetriebnahme der Hochdruck-Gasleitung aus duktilem Gußeisen

Die Leitung darf erst dann in Betrieb genommen werden, wenn die Dichtheitsprüfung gemäß Abschnitt 6 abgeschlossen ist. Die Inbetriebnahme der Hochdruck-Gasleitung aus duktilem Gußeisen hat im übrigen nach den Bestimmungen des DVGW-Arbeitsblattes G 466/II zu erfolgen.

## 8. Zusammenfassung

Die Wirtschaftlichkeit von Gasleitungen hängt entscheidend von der Wahl eines widerstandsfähigen und vor allem auch dauerhaften Rohrwerkstoffes ab. Bekanntlich ist nicht der augenblickliche Anschaffungspreis, sondern einzig und allein die Wirtschaftlichkeit des Rohrnetzes auf lange Sicht von ausschlaggebender Bedeutung.

Duktile Gußrohre mit ihren hohen Festigkeiten, ihrem beachtlichen Verformungsvermögen und der

dem Gußeisen eigenen guten Korrosionsbeständigkeit sowie mit ihren dem neuesten Stand der Technik angepaßten gummigedichteten Verbindungen erfüllen praktisch alle Voraussetzungen für den Einsatz in der Gasversorgung, sowohl im Niederdruck-Bereich (bis 100 mbar) und Mitteldruck-Bereich (über 100 mbar bis 1 bar) als auch im Hochdruck-Bereich (über 1 bar bis 16 bar), ferner auch zur Fortleitung aller Brenngasarten der öffentlichen Gasversorgung gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 260.

Bis Ende 1972 sind allein in der Bundesrepublik rund 3500 km Niederdruck- und Mitteldruck-Gasleitungen sowie rund 300 km Hochdruck-Gasleitungen aus duktilen Gußrohren NW 80 bis NW 500 — vor allem mit Schraubmuffen und TYTON-Muffen — verlegt worden.

Die besonderen herstellungs-, werkstoff-, prüf-, planungs- und bautechnischen Bestimmungen für Hochdruck-Gasleitungen aus duktilen Gußrohren und Formstücken, die im neuen DVGW-Arbeitsblatt G 461, Ausgabe Januar 1972, im einzelnen festgelegt sind, tragen den heute mit Recht gestellten erhöhten Anforderungen an die Sicherheit von Gasleitungen voll und ganz Rechnung. Die effektiven Sicherheitsbeiwerte der duktilen Gußrohre und Formstücke — gerechnet gegen die Streckgrenze bzw. Berstfestigkeit — liegen bei dem für Gasleitungen aus duktilem Gußeisen maximal zulässigen Betriebsdruck von 16 bar praktisch in jedem Falle über  $S = 4.0$ . Gasleitungen aus duktilem Gußeisen erfüllen damit — unter Berücksichtigung der möglichen Belastungsfälle und Einflußgrößen — praktisch alle sicherheitstechnischen Erfordernisse.

## Literatur

- [1] W.-D. Gras und W. Wolf, Neuere Untersuchungsergebnisse über das Korrosionsverhalten von Rohren aus duktilem Gußeisen, FGR-Informationen für das Gas- und Wasserfach Nr. 5 (1970), Seite 25 bis 32
- [2] W. Wolf, Einsatz von Gummidichtringen in Gasleitungen aus Gußrohren, gwf-gas/erdgas 111 (1970) Heft 8, Seite 427 bis 436
- [3] Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre, Festigkeitsberechnung von duktilen Gußrohren, Gußrohr-Handbuch II (1969), Seite 164 bis 189
- [4] K. Wellinger und H. Gaßmann, Die Berechnung duktiler Schleudergußrohre, Techn.-wiss. Ber. MPA-Stuttgart (1965), Heft 65-01
- [5] W. Wolf und W.-D. Gras, Verwendung von Polyäthylen-Schlauchfolie für den Korrosionsschutz gußeiserner Druckrohre in Sonderfällen, FGR-Informationen für das Gas- und Wasserfach Nr. 6 (1971), Seite 28 bis 34
- [6] K. Wagenführer, Kautschuk als Werkstoff für die Dichtung von gußeisernen Muffendruckrohren für Gas- und Wasserleitungen, GWF Nr. 16 (1936), Seite 249 bis 252
- [7] M. Kootz, Muffen-Rohrverbindungen mit Kautschuk-Rolldichtung, GWF Nr. 37 (1936), Seite 677/678
- [8] H. Nöh und T. Metz, Entwicklung und Anwendung der Poly-TYTON®-Verbindung, FGR-Informationen für das Gas- und Wasserfach Nr. 6 (1971), Seite 23 bis 28



---

Aus der Reihe:

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

sind wegen der großen Nachfrage die Hefte 1 bis 4 leider vergriffen. Lediglich bei Nachbestellungen der Ausgaben 5, 6 und 7 können wir noch Ihre Wünsche erfüllen.

Eine neue Reihe – herausgegeben ebenfalls von der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre – trägt den Titel: **GUSS für GAS – Informationen – Meinungen – Reportagen**. Sie ist vorzugsweise für den Gasfachmann gestaltet und soll sowohl informieren als auch unterhalten. Auch hiervon stellen wir Ihnen auf Wunsch gern Exemplare zur Verfügung.

Für alle Bestellungen benutzen Sie bitte das nachstehende Bestellformular.

---

### **Bestellschein**

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

Bitte senden Sie mir kostenlos von

Heft 5 \_\_\_\_\_ Exemplare

Heft 6 \_\_\_\_\_ Exemplare

Heft 7 \_\_\_\_\_ Exemplare

Heft 8 \_\_\_\_\_ Exemplare

Guß für Gas, Heft 1 \_\_\_\_\_ Exemplare

Guß für Gas, Heft 2 \_\_\_\_\_ Exemplare

Name: \_\_\_\_\_

Anschrift: \_\_\_\_\_

bitte in Druckbuchstaben)

Unsere Anschrift:

**Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre · 5 Köln 1, Postfach 1601 76**











# Duktile Gußrohre: zukunftsichere Leitungen für Wasser und Gas



Duktile Gußrohre sind seit Jahren auf einem beispiellosen Siegeszug. Im Zeitalter der Raumfahrt bieten sie für Gas- und Wassernetze den modernen Stand der Rohrleitungstechnik. Weil sie sicher sind. Sicher für die Zukunft. Schnell und wirtschaftlich verlegbar, elastisch, gegen Korrosion gefeit. Ein Rohr, das dem Verantwortlichen die Verantwortung leicht macht.

**fgr**

FACHGEMEINSCHAFT GUSSEISERNE ROHRE  
5 Köln 1 Postfach 160176 Tel. 72 04 64