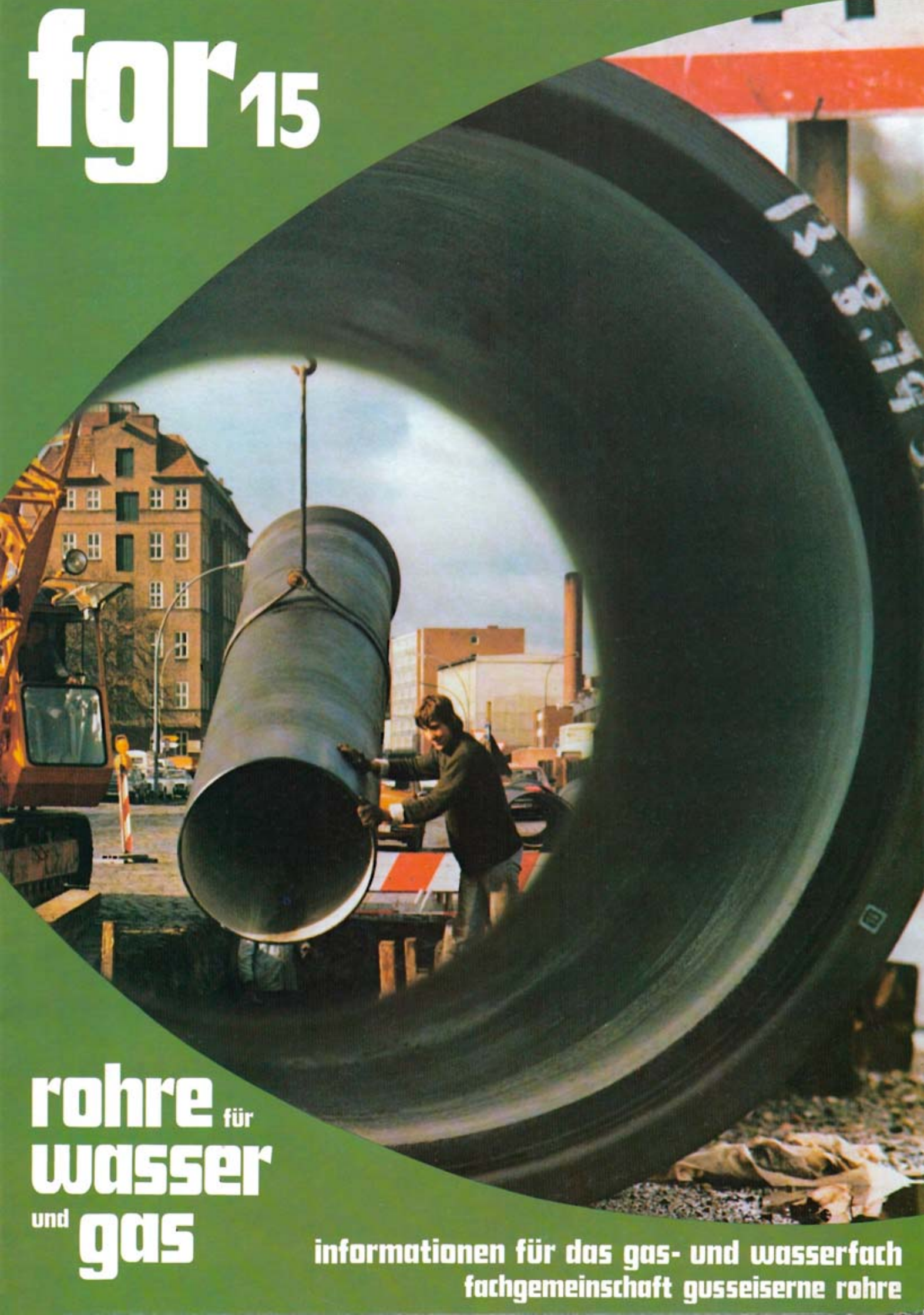


fgr¹⁵



rohre für
wasser
und **gas**

informationen für das gas- und wasserfach
fachgemeinschaft gusseiserne rohre

ROHRE für
WASSER und
GAS

fgr 15

Fachgemeinschaft
Gußeiserne Rohre

15 Informationen für das
Gas- und Wasserfach

Inhalt

<p>Qualitätssicherung bei Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen Dr.-Ing. Kurt Reeh Ing. (grad.) Manfred Ziegler</p>	<p>Seite 5</p>	<p>Mit Korrosionsschutz durch die Elbmarsch Ing. (grad.) Rolf Bielecki</p>	<p>Seite 30</p>
<p>Stand der Überarbeitung von DIN 28600 und DIN 28610 Dipl.-Ing. Norbert Raffenberg</p>	<p>Seite 17</p>	<p>Abwasserleitung am Ammersee – Einsatz duktiler Gußrohre auf Pfählen im Uferbereich Bauing. Horst Kindler</p>	<p>Seite 38</p>
<p>Neuere Entwicklung für den Außenschutz erdverlegter duktiler Gußrohre Dr. Dipl.-Physiker Gerhard Heim</p>	<p>Seite 20</p>	<p>Langfristige Planung sichert den Wasserbedarf über die Jahrhundertwende Dipl.-Volkswirt Heinz Zöller</p>	<p>Seite 42</p>
<p>Der Ringfalt- bzw. Faltversuch bei duktilen Schleuder- gußrohren Dipl.-Ing. Wilfried Lüßmann Ing. (grad.) Manfred Ziegler</p>	<p>Seite 23</p>	<p>Verbundleitungen und Verbundsysteme für die Trinkwassernotversorgung nach dem Wasserversicherungsgesetz Dipl.-Ing. Wolfram Such Ing. (grad.) Wilfried Hampel</p>	<p>Seite 46</p>
<p>Vorschläge zur Ausbildung und Prüfung von Schweißaufsichtspersonen und Schweißern für das Schweißen an Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen Ing. (grad.) Heinrich Köstermann</p>	<p>Seite 27</p>		

Qualitätssicherung bei Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen

Von Kurt Reeh und Manfred Ziegler

1. Was versteht man unter Qualität?

Nach der Definition der DGQ (Deutsche Gesellschaft für Qualität) [1] „ist Qualität diejenige Beschaffenheit, die eine Ware oder eine Dienstleistung zur Erfüllung vorgegebener Forderungen geeignet macht.“

Die vorgegebenen Forderungen ergeben sich im allgemeinen aus dem Verwendungszweck. Sie werden in Normen, Vorschriften, Zeichnungen usw. festgelegt.

In der Bundesrepublik Deutschland gelten für Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen folgende Normen:

- DIN 28600 Technische Lieferbedingungen
- DIN 28601 Teil 1 bis 3 Schraubmuffen-Verbindung
- DIN 28602 Teil 1 bis 3 Stopfbuchsenmuffen-Verbindung
- DIN 28603 Steckmuffen-Verbindung
- DIN 28604 bis DIN 28607 Flansche PN 10 bis PN 40
- DIN 28610 Druckrohre mit Schraubmuffen, Stopfbuchsenmuffen und TY-TON®-Muffen
- DIN 28614 Druckrohre mit angegossenen Flanschen
- DIN 28615 Druckrohre mit nicht angegossenen Flanschen
- DIN 28617 Dichtringe, Anforderungen und Prüfung
- DIN 28622 bis DIN 28648 Formstücke

Für die Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Entwässerungskanäle und -leitungen gelten die Normen:

- DIN 19690 Technische Lieferbedingungen
- DIN 19691 Rohre mit Steckmuffen
- DIN 19692 Teil 1 und 2 Formstücke

2. Qualitätssicherung im Wandel der Zeiten

Die Qualitätssicherung von handwerklichen und industriellen Erzeugnissen kann in Deutschland auf eine lange Tradition zurückblicken.

So heißt es zum Beispiel sinngemäß in heutiger Sprache in einer Bestimmung für das Handwerk der Leineweber zu Bamberg aus dem Jahre 1311 [2]:

„Außerdem sollen die 4 Meister (Vorsteher der Zunft) schwören, daß sie getreulich die Arbeit und die Erzeugnisse ihrer Handwerksgenossen prüfen wollen, ob sie ihre Arbeit ordentlich ausführen und ihre Produkte dem An-

spruch genügen, allen Leuten, armen wie reichen, mit der Arbeit des Handwerks gleichermaßen gerecht und ordentlich zu dienen und niemandem zu schaden.“

Mit Beginn der industriellen Serienfertigung überwachten spezielle Kontrolleure die Qualität der Erzeugnisse. Es entstanden Kontrollabteilungen, die unabhängig von der Fertigung waren, die sich als Vertreter des Kunden im Werk betrachteten.

Heute ist allgemein anerkannt, daß es zur Erzeugung von Qualität nicht genügt, eine gut funktionierende Endkontrolle zu haben. Qualität muß vielmehr geplant, produziert, gesteuert und kontrolliert werden. Das ganze wird unter dem Begriff „Qualitätssicherung“ zusammengefaßt, der von der DGQ wie folgt definiert wird:

„Unter Qualitätssicherung versteht man alle organisatorischen und technischen Aktivitäten zur Sicherung des Konzepts und der Ausführungsqualität unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit.“

Die Qualitätssicherung umfaßt alle Unternehmensbereiche von der Entwicklung und Planung über den Einkauf, die Produktion bis zur Endkontrolle und zum Verkauf. In diesen Regelkreis gehört nicht zuletzt der Verbraucher.

Bild 1 zeigt die Aufgaben des Qualitätswesens bei der Qualitätssicherung [3]. Dabei ist zu beachten, daß je nach Produkt und betrieblichen Gegebenheiten Abweichungen von diesem Schema möglich bzw. notwendig sind.

Auch bei gußeisernen Rohren und Formstücken führten die technischen Fortschritte, weltweiter Wettbewerb auch mit anderen Rohrwerkstoffen sowie steigende For-

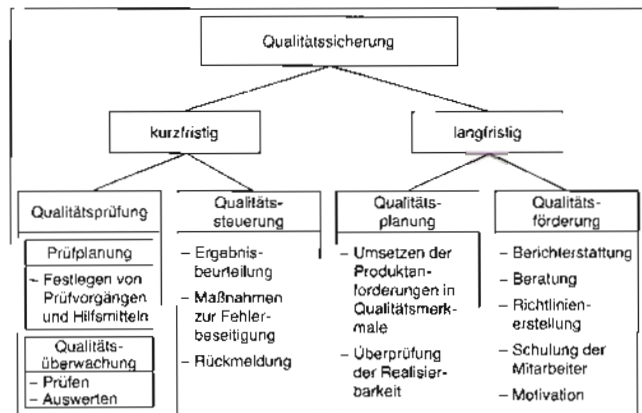


Bild 1: Aufgaben des Qualitätswesens

fgr 15

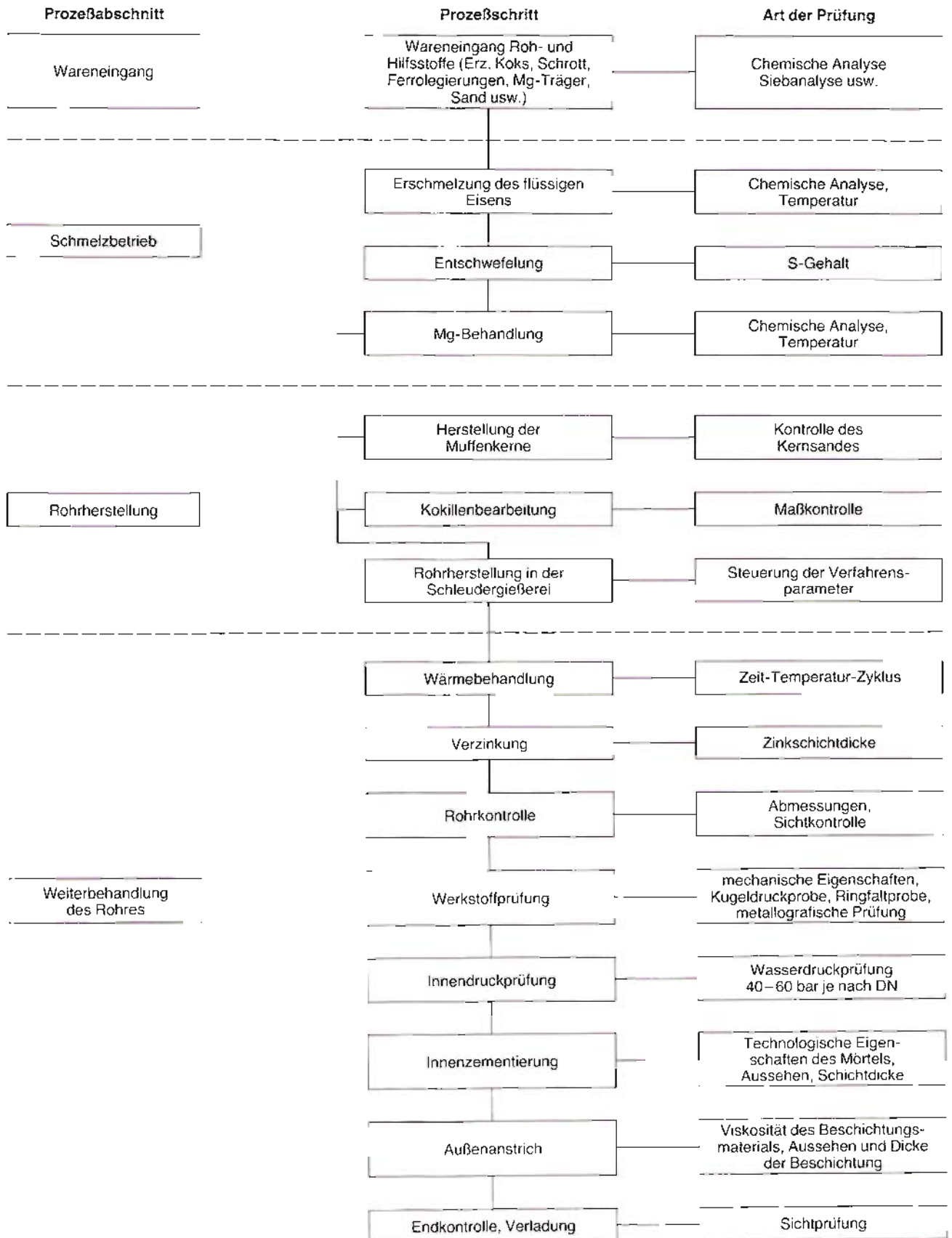


Bild 2 Ablaufdiagramm für die Herstellung und Prüfung von Schleudergußrohren aus duktilem Gußeisen

derungen des Marktes zu einer ständigen Anpassung der Qualitätssicherung an die fortschreitende Entwicklung. Genannt seien hier die Einführung des Schleudergusses in den zwanziger Jahren, die serienmäßige Einführung der gummigedichteten Verbindung und der dadurch notwendigen engeren Verbindungstoleranzen in den dreißiger Jahren, die Einführung des duktilen Gußeisens Ende der fünfziger Jahre, danach die serienmäßige Zementmörtelauskleidung und die Einführung neuer schubgesicherter Verbindungen.

Derzeit steht eine Neufassung der DIN 28600 Technische Lieferbedingungen an.

Mögen sich auch die Anforderungen und Prüfungen im Laufe der Jahre gewandelt haben, das Ziel der Qualitätssicherung ist das gleiche geblieben:

Die Qualität von für den Markt bestimmten Produkten soll auf einem vorgegebenen Niveau sichergestellt werden.

3. Die Qualitätssicherung bei Rohren aus duktilem Gußeisen

3.1. Herstellung [4]

Bild 2 zeigt das Ablaufdiagramm für die Herstellung von Druckrohren aus duktilem Gußeisen. Es läßt sich in 4 Prozeßabschnitte aufgliedern:

- Wareneingang
- Erschmelzung und Behandlung des flüssigen Eisens
- Rohrerstellung
- Weiterbehandlung des geschleuderten Rohres.

Vor allem der 2. Abschnitt — die Erschmelzung und Behandlung des flüssigen Eisens — stellt bei duktilem Gußeisen hohe Anforderungen an die Reinheit und Gleichmäßigkeit der Rohstoffe, die Überwachung der Schmelzführung, die Einhaltung der chemischen Zusammensetzung und die Impftechnik.

Dazu ist in den chemischen Laboratorien der Einsatz von Analysenautomaten erforderlich (Bild 3), um in kürzester Zeit für mehrere Elemente gleichzeitig die Gehalte angeben zu können.

Bei der eigentlichen Rohrerstellung muß das besondere Erstarrungs- und Schwindungsverhalten des duktilen Gußeisens berücksichtigt werden.



Bild 3: Automatisches Spektrometer

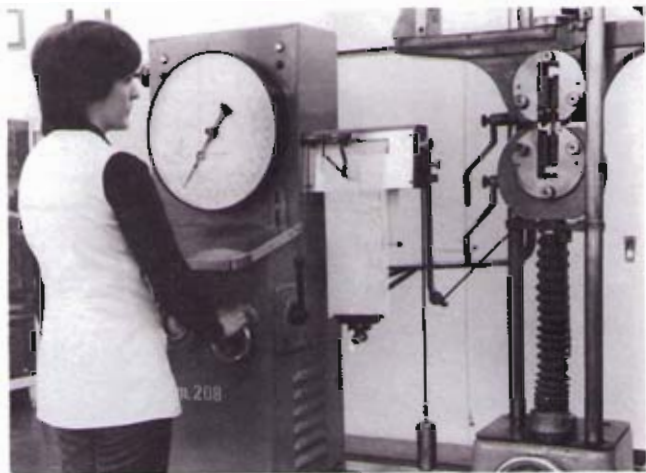


Bild 4: Zugversuch

Das Ziel der Wärmebehandlung ist, den Rohren ein weitgehend ferritisches Gefüge entsprechend den Anforderungen der DIN 28600 zu geben. Der dazu erforderliche Zeit-Temperatur-Verlauf im Glühofen wird automatisch gesteuert und ist der chemischen Zusammensetzung der Rohre angepaßt. Erforderlich ist eine Hochtemperaturglühung bei Temperaturen über 850° C zum Zerfall des Eisenkarbids (Fe_3C) mit nachfolgender langsamer Abkühlung im Temperaturbereich zwischen 800 und 700° C bzw. einem Halten bei Temperaturen um 720° C zur Ferritisierung.

3.2. Kontrolle der geglühten Rohre

Für die Kontrolle der geglühten Rohre gelten folgende Kriterien:

- Einhaltung der Werkstoffkennwerte
- Maßhaltigkeit
- Fehlerfreiheit
- Dichtheit

3.2.1. Werkstoffkennwerte

Die in DIN 28600 und DIN 19690 enthaltenen Werte für die mechanischen Eigenschaften der Rohre aus duktilem Gußeisen sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1

am bearbeiteten Rundstab	Rohre nach	
	DIN 28600	DIN 19690
Zugfestigkeit $\sigma_{\text{N/mm}^2}$	400	400
0,2-%-Dehngrenze $\sigma_{\text{N/mm}^2}$	300	300
Bruchdehnung ϵ %	10	7
Brinellhärte $H_{\text{HB 5/750}}$	230	250

Bei Druckrohren nach DIN 28600 können Einzelwerte zwischen 7 und 10 % Bruchdehnung an Probestäben unter 5 mm zugelassen werden. In diesem Fall muß der metallographisch ermittelte Ferritanteil mindestens 75 % betragen.



Bild 5: Gefügeuntersuchung

Der Nachweis der mechanischen Eigenschaften wird an Rundproben nach DIN 50125 geführt (Bild 4), die bei Rohren aus der Rohrwand herausgearbeitet werden.

Zu diesem Zweck werden Ringschnitte vom Einsteckende einzelner Rohre entnommen, von denen im Bedarfsfall auch Proben für die metallographische Beurteilung entnommen werden können (Bild 5).

Nach DIN 28600 kann auf Vereinbarung bei Schleuder- gußrohren bis DN 400 zur Überprüfung des Verformungsverhaltens ein Ringfaltversuch an 30 ± 5 mm breiten Rohrabschnitten durchgeführt werden. Im DVGW-Arbeitsblatt G 461 [5] ist bei Rohren für Gasleitungen von mehr als 1 bar bis 16 bar der Ringfaltversuch verbindlich vorgeschrieben. Die Bruchverformung soll mindestens 3% betragen.

Der Ringfaltversuch wird neben der Kugeldruckprobe auch zur laufenden betrieblichen Schnellkontrolle der Duktilität eingesetzt (Bilder 6 und 7).



Bild 7: Ausmessen der Ringfaltprobe

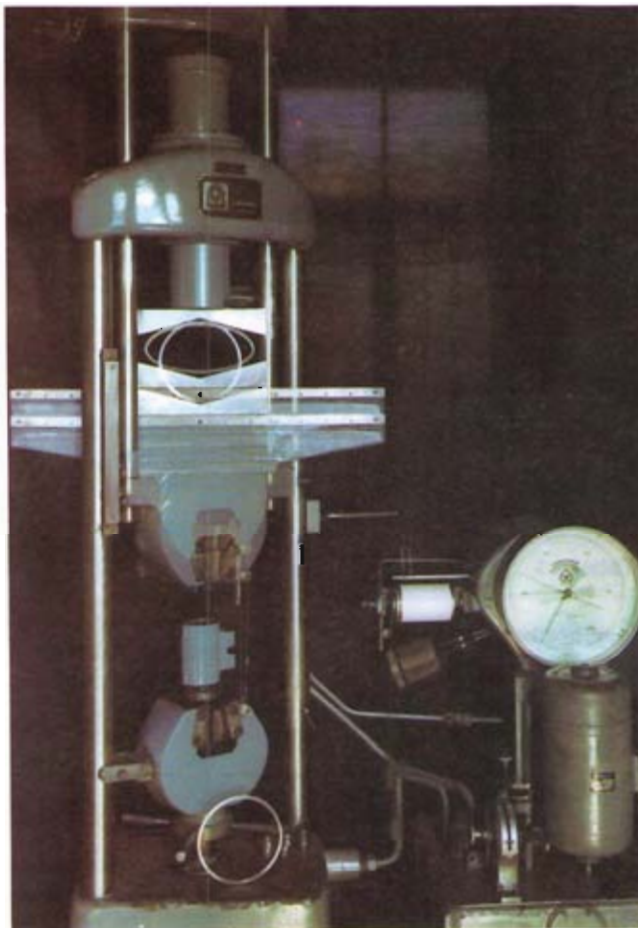


Bild 6: Ringfaltversuch

3.2.2. Maßhaltigkeit

Durch regelmäßige Kontrollen der metallischen Drehformen (Kokillen) und der Kernbüchsen wird sichergestellt, daß durch Abnutzung dieser Teile keine Maßabweichungen der Rohre verursacht werden.

An den geglähten Rohren werden Muffen- und Spitzenden mit Grenzlehren überprüft, die Wanddicke mit sogenannten Schnellastern gemessen (Bild 8). Teile, die außerhalb der Toleranz liegen, werden nachgearbeitet oder ausgeschieden. Die Gewichtskontrolle erfolgt entweder sofort nach dem Gießen oder am geglähten Rohr.

3.2.3. Fehlerfreiheit und Dichtheit

Alle Rohre werden einer eingehenden visuellen Kontrolle auf äußere und innere Fehler unterzogen. Fehlerhafte Rohre werden nachgearbeitet, wenn sichergestellt ist,



Bild 8: Wanddickenmessung

daß dadurch die Gebrauchseigenschaften und Qualitätsanforderungen nicht nachteilig beeinflusst werden, oder sie werden verworfen.

Bei der Innendruckprüfung mit Wasser werden die Prüfdrücke der Tabelle 2 angewendet.

Tabelle 2: Prüfdrücke für Rohre aus duktilem Gußeisen

Schleudergußrohre der DN	Prüfdrücke in bar nach	
	DIN 28600	DIN 19690
bis 300	60	
> 300–600	50	10
> 600	40	

Undichte Rohre werden ausgeschieden bzw. bei Fehlern im Bereich des Einsteckendes gekürzt.

Rohre für Gasleitungen von mehr als 1 bar bis 16 bar werden nach G 461 zusätzlich einer Dichtheitsprüfung mit Luft in Höhe von 2 bar oder einer Wasserinnendruckprüfung mit erhöhtem Prüfdruck unterzogen.

3.3. Beschichtungen

3.3.1. Zementmörtelauskleidung

Rohre für Wasser- und Entwässerungsleitungen erhalten im allgemeinen eine Zementmörtelauskleidung, diese erfolgt im Schleuderverfahren.

Die Anforderungen an die Auskleidung sowie deren Prüfung sind im DVGW-Arbeitsblatt W 342 [6] niedergelegt.

Regelmäßige Kontrollen der Ausgangsstoffe, des Frischmörtels und der fertigen Auskleidung garantieren eine gleichbleibende Qualität.

Die vorgeschriebenen Schichtdicken sind aus Tabelle 3 zu ersehen.

Tabelle 3: Schichtdicken in mm für die Zementmörtelauskleidung von Gußrohren nach DVGW-Arbeitsblatt W 342

DN	Nominal	Mindestmittelwert	Mindesteinzelwert	Höchstmittelwert
≤ 300	3	2,5	1,5	7
350–600	5	4,5	2,5	9
700–1200	6	5,5	3,0	11
> 1200	9	8,0	4,0	15

3.3.2. Außenbeschichtung

Neben der üblichen Beschichtung, bei der verzinkte Rohre einen bituminösen Überzug erhalten, werden Umhüllungen mit Polyäthylen bzw. Faserzementmörtel hergestellt.

Für alle Beschichtungen gilt, daß sowohl die Rohstoffe als auch der fertige Schutzüberzug laufenden Qualitätskontrollen unterworfen sind.

3.4. Kennzeichnung

Jedes Rohr wird mit dem Zeichen des Herstellers, der Nennweite und dem Herstellungsjahr versehen. Diese Kennzeichnung kann auf der Muffenstirnseite oder im Innern der Muffe an einer Stelle, wo die Funktion der Muffe nicht gestört wird, erfolgen.

Zur Kennzeichnung des Werkstoffes „duktiler Gußeisen“ werden in die Muffenstirnfläche 3 parallele, etwa 3 mm tiefe, kerbförmige Vertiefungen eingegossen.

Zur Unterscheidung der Wanddickenklassen kann zusätzlich eine farbliche Kennzeichnung auf der Muffenstirnseite erfolgen.

Außerdem erhalten Rohre für Gasleitungen nach G 461 zusätzlich einen ca 5 cm breiten gelben Farbring hinter der Muffe.

Auch die Kennzeichnung stellt letzten Endes eine Qualitätssicherungsmaßnahme dar. Sie soll sicherstellen, daß nur Rohre eingebaut werden, die für den betreffenden Zweck geeignet und vorgesehen sind.

4. Die Qualitätssicherung von Formstücken aus duktilem Gußeisen

4.1. Herstellung [7]

Bild 9 zeigt das Ablaufdiagramm für die Herstellung von Formstücken aus duktilem Gußeisen. Die Aufteilung entspricht der bei der Herstellung von Rohren aus duktilem Gußeisen.

Vergleicht man die beiden Verfahrensabläufe, so sind die Prozeßabschnitte Wareneingang und Schmelzbetrieb — abgesehen von Details in der chemischen Zusammensetzung und der Impf- und Behandlungstechnik — praktisch identisch.

Wesentliche Unterschiede bestehen dagegen in den Prozeßabschnitten Herstellung und Weiterverarbeitung.

Die Herstellung von Formstücken erfolgt heute vorzugsweise auf automatischen Formanlagen (Bild 10).

Bedingt durch Größe, Stückzahl, Typenvielfalt, Komplexiertheit der Stücke kommen unterschiedliche Formverfahren zur Anwendung. So z. B. Kleinserien auf Rüttelformmaschinen oder komplizierte bzw. große Einzelstücke im Handformverfahren. Die dabei verwendeten Form-

fgr 15

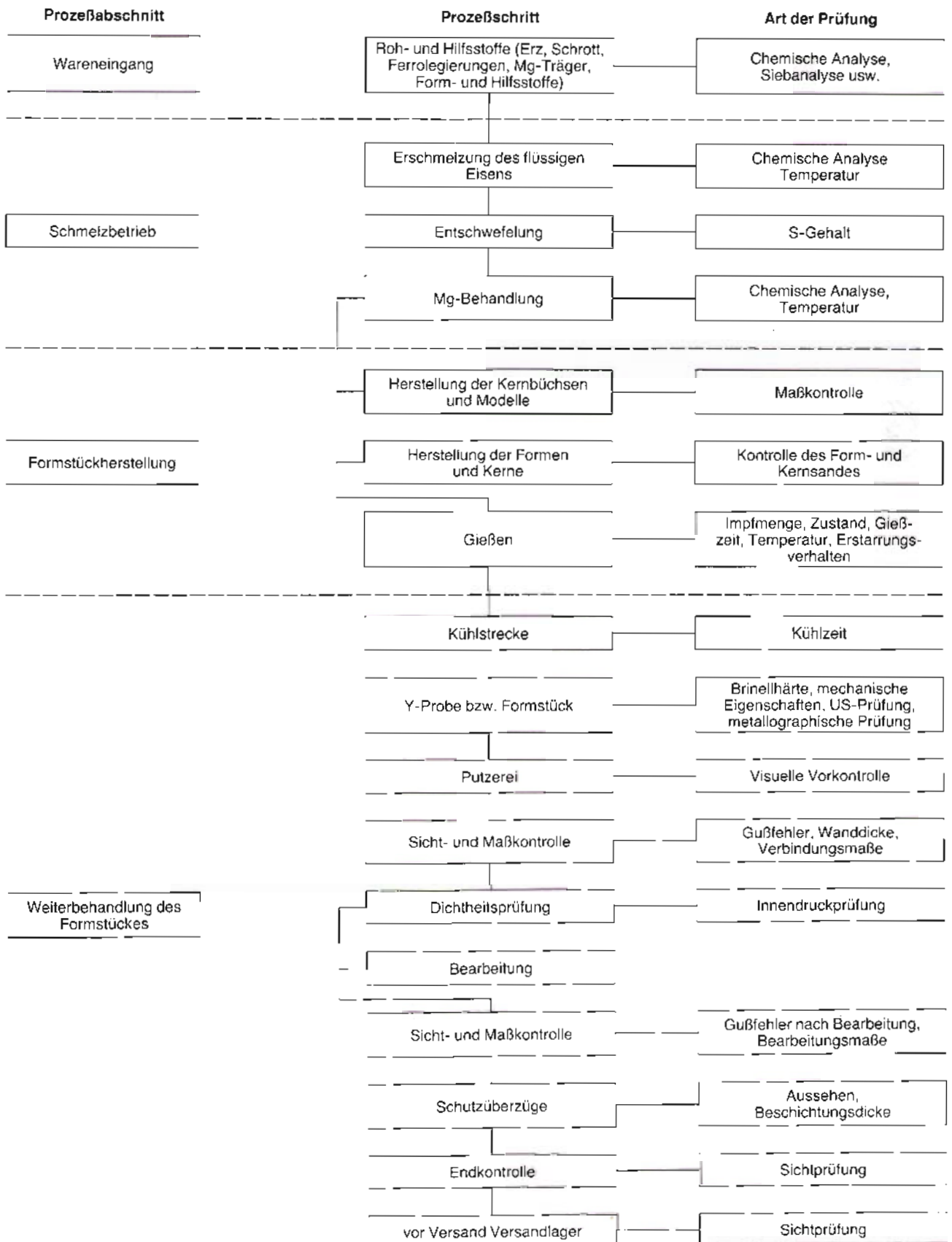


Bild 9: Ablaufdiagramm für die Herstellung und Prüfung von Formstücken aus duktilem Gußeisen



Bild 10: Formanlage zur Herstellung von Formstücken
stoffe sind dem Herstellungsverfahren angepaßt. Die gleichbleibende Qualität der Abgüsse wird u. a. durch eine regelmäßige Kontrolle der Form- und Hilfsstoffe gesichert (Bild 11).

Bei Formstücken mit Flanschen müssen die Dichtleisten (Bild 12) und die Schraubenlöcher (Bild 13) bearbeitet werden.

Eine Wärmebehandlung der Formstücke ist meist nicht erforderlich, da diese durch das Sandgußverfahren wesentlich langsamer abkühlen als in metallischen Drehformen geschleuderte Rohre.

4.2. Kontrolle der Formstücke

Es gelten die gleichen Kriterien wie bei den Rohren, nämlich

- Einhaltung der Werkstoffkennwerte
- Maßhaltigkeit
- Fehlerfreiheit
- Dichtheit



Bild 11: Formstofflaboratorium



Bild 12: Bearbeitung der Dichtleisten eines T-Stückes



Bild 13: Einbringen der Schraubenlöcher unter Verwendung einer Bohrschablone

4.2.1. Werkstoffkennwerte

Die in DIN 28600 und DIN 19690 für Formstücke festgelegten Werkstoffkennwerte können aus Tabelle 4 entnommen werden. Die Unterschiede zu den Schleudergußrohren ergeben sich aus den verschiedenen Herstellungsbedingungen.

Der Nachweis der mechanischen Eigenschaften erfolgt an Rundzugproben nach DIN 50125, die aus getrennt

fgr 15

Tabelle 4:

am bearbeiteten Rundstab		Formstücke
Zugfestigkeit	≥ N/mm ²	400
0,2-%-Dehngrenze	≥ N/mm ²	300
Bruchdehnung	≥ %	5
Brinellhärte	≤ HB 5/750	250

gegossenen U- oder Y-Proben nach DIN 1693 oder aus Formstücken herausgearbeitet werden.

Die Härte kann auch am Formstück selbst gemessen werden.

Zur Schnellkontrolle der Duktilität kann mittels Ultraschall die Schallgeschwindigkeit am getrennt gegossenen Probestab oder am Formstück selbst gemessen werden [8] (Bild 14).

4.2.2. Maßhaltigkeit

Die Modelle und Kernbüchsen werden regelmäßig kontrolliert und erforderlichenfalls korrigiert oder ersetzt, um davon verursachte Maßabweichungen auszuschalten.

Verbindungsmaße (Bild 15) und Wanddicken werden wie bei Rohren geprüft und behandelt.

Durch Einsatz von Automaten und Bohrschablonen bei der Formstückbearbeitung sowie abschließende Kontrolle der Bearbeitungsmaße (Bild 16) ist die Einhaltung der Toleranzen sichergestellt. Auf besonderen Wunsch ist es möglich, z. B. Flanschpaßstücke mit kleinster Längenabweichung von ± 1 mm zu fertigen.

4.2.3. Fehlerfreiheit und Dichtigkeit

Alle Formstücke werden einer eingehenden visuellen Fehlerkontrolle unterzogen. Fehlerhafte Teile werden

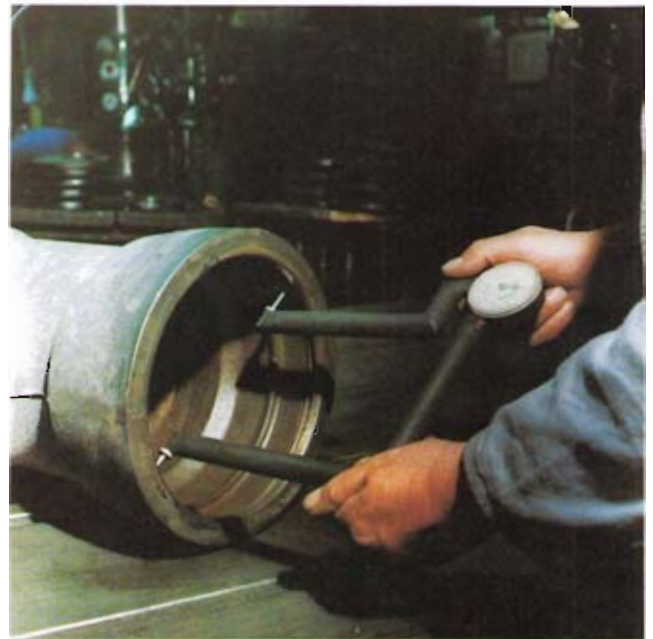


Bild 15: Verbindungsmaße



Bild 16: Prüfen der Winkelabweichung von Schraubenlöchern mit Grenzlehren



Bild 14: Duktilitätskontrolle am Formstück

nachgearbeitet, wenn sichergestellt ist, daß dadurch die Gebrauchseigenschaften und Qualitätsanforderungen nicht nachteilig beeinflusst werden, oder sie werden verworfen.

Nach DIN 28600 wird bei Formstücken die Innendruckprüfung mit Wasser von mindestens 1,5-fachem Nenn- druck, nach DIN 19690 bei Formstücken bis DN 600 mit 10 bar, durchgeführt (Bild 17).



Bild 17: Dichtheitsprüfung eines Abzweigstückes

Für Formstücke ab PN 16 und für alle Formstücke ab DN 600 kann die Dichtheitsprüfung mit Wasser nach Vereinbarung durch ein anderes anerkanntes Prüfverfahren ersetzt werden. Ein solches Prüfverfahren kann z. B. eine Dichtheitsprüfung mit Luft oder ein zerstörungsfreies Prüfverfahren sein.

Bei Formstücken für Gasleitungen bis DN 600 von mehr als 1 bar bis 16 bar erfolgt nach G 461 eine zusätzliche werkseitige Luftdruckprüfung von höchstens 2 bar.

4.3. Beschichtung

Im allgemeinen erhalten Formstücke eine Beschichtung auf bituminöser Basis entsprechend DVGW-Arbeitsblatt



Bild 18: Zerstörungsfreie Schichtdickenmessung bei einem mit Zement-Kunststoffmörtel ausgekleideten Formstück

GW 5 [9]. Die Prüfung erfolgt nach DVGW-Arbeitsblatt GW 6 [10]. Daneben können auf Wunsch auch Formstücke innen mit einem Zement-Kunststoff-Mörtel (ICOMENT-Mörtel) ausgekleidet werden. Rohmaterialien und Schichtdicken werden regelmäßigen Kontrollen unterworfen (Bild 18).

4.4. Kennzeichnung

Anstelle des eigenen Herstellungszeichens ist bei den Formstücken das Zeichen FGR (Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre) eingeführt worden (Bild 19). Die übrige Kennzeichnung entspricht DIN 28600 bzw. den Formstücknormen.

Das FGR-Zeichen hat sich in kurzer Zeit zu einer Art Qualitätszeichen entwickelt. Formstücke aus duktilem Gußeisen mit diesem Zeichen sind normgerecht und von hoher Qualität.

5. Die Qualitätssicherung von Zubehör für Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen

In einer Rohrleitung sind Rohre und Formstücke die wichtigsten Komponenten. Zu ihrem Zusammenbau sind jedoch eine Reihe von Zubehörteilen erforderlich. Der Grundsatz, daß das schwächste Glied die Festigkeit einer Kette bestimmt, gilt uneingeschränkt für eine Rohrleitung.

Das Qualitätssicherungsprogramm der deutschen Gußrohrhersteller schließt daher sämtliche Zubehörteile mit ein.

Zu diesen Zubehörteilen gehören Dichtringe, Schrauben, Schubsicherungsteile usw. Sie werden entweder selbst gefertigt oder bei spezialisierten Firmen zugekauft.

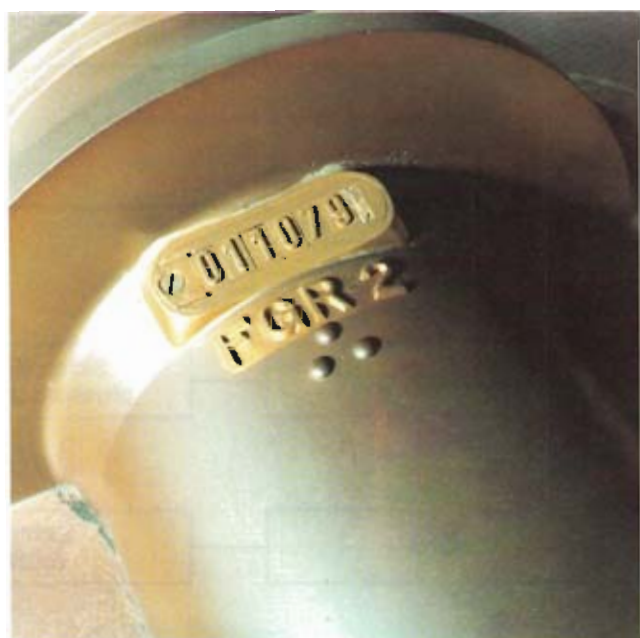


Bild 19: FGR-Zeichen mit Herstellungsdatum

fgr 15

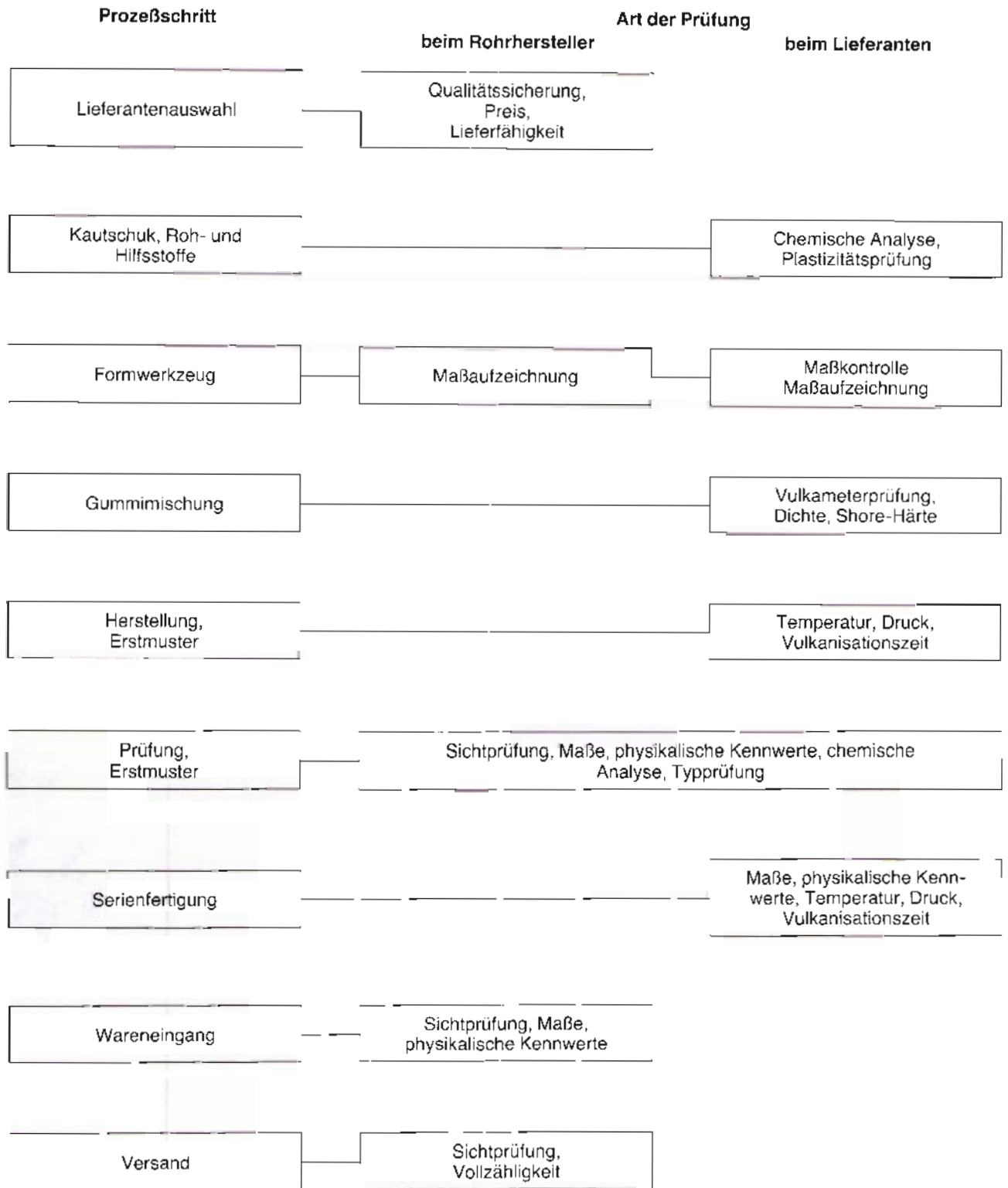


Bild 20: Ablaufdiagramm für die Herstellung und Prüfung von Muffendichtringen für Verbindungen von Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen

Die Auswahl der Zulieferer erfolgt unter den Kriterien:

- Qualität
- Preis
- Lieferfähigkeit.

Wie die Qualitätssicherung für solche Zubehörteile abläuft, soll am Beispiel der Dichtringe dargestellt werden.

5.1. Herstellung der Dichtringe

Bild 20 zeigt das Ablaufdiagramm, in dem getrennt nach Lieferant und Gußrohrhersteller die einzelnen Prüfungen aufgelistet sind.

Der Hersteller der Gummidichtungen überwacht die Rohstoffe, die nach bestimmten Rezepturen in großen Knetern homogenisiert werden. Die anfangs plastische Gummimischung wird nach vorhergehender Prüfung zur weiteren Verarbeitung freigegeben. Bei der Vulkanisation erfolgt durch Druck und Temperatur die Formgebung und Vernetzung zu den elastischen Dichtringen.

Der Aufbau eines TYTON®-Dichtringes ist aus Bild 21 zu ersehen.

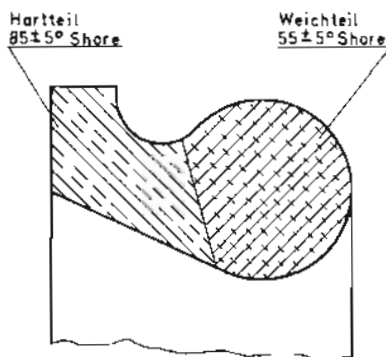


Bild 21: Querschnitt durch einen TYTON-Dichtring

5.2. Kontrolle der Dichtringe

Auch die Kontrolle der Dichtringe erfolgt nach den Kriterien

- Einhaltung der Werkstoffkennwerte
- Maßhaltigkeit
- Fehlerfreiheit.

5.2.1. Werkstoffkennwerte

Die stoffspezifischen Eigenschaften und deren Prüfung sind in folgenden Normen festgelegt:

- DIN 28617
Dichtringe für Druckrohre und Formstücke aus Gußeisen für Wasserleitungen
- DIN 3535 Blatt 3
Dichtungen aus Elastomeren für Gasversorgungs- und Gasfernleitungen
- DIN 4060 Teil 1
Dichtringe aus Elastomeren für Rohrverbindungen in Entwässerungskanälen und -leitungen.

Der Nachweis erfolgt an Normplatten, -stäben und -probekörpern oder an den Dichtringen selbst.

5.2.2. Maßhaltigkeit

Die Maße der Dichtringe sind in den eingangs bereits erwähnten Normen DIN 28601 und DIN 28602 bzw. für TYTON®-Dichtringe in werksinternen Zeichnungen festgelegt.

5.3. Erstmuster- und Typprüfung

Das Freigabeverfahren für Dichtringe unterteilt sich in folgende Schritte:

- a) Erstmusterprüfung durch den Dichtringhersteller
- b) Gegenprüfung durch den Rohrhersteller
- c) Bei Dichtringen, die in der Gasversorgung eingesetzt werden sollen, Einreichung zur Typprüfung durch den Dichtringhersteller bei einer anerkannten Prüfstelle
- d) Kennzeichnung des Formwerkzeuges mit dem DIN- bzw. DIN-DVGW-Zeichen nach Erteilung des Prüfzeichens.

5.4. Kennzeichnung

Zwecks einwandfreier Identifizierung erhält jeder Dichtring folgende Kennzeichen:

- a) Herstellerkennzeichen
- b) Verbindungsart
- c) Rohrnennweite
- d) Form- und Nestnummer
- e) Endziffer des Herstellungsjahres und Kennziffer des Quartals
- f) DIN- bzw. DIN-DVGW-Zeichen.

Damit werden die Forderungen der unter 5.2.1. genannten DIN-Normen erfüllt.

5.5. Wareneingang und Lieferantenbeurteilung

Jeder Lieferung werden nach Eingang vom Rohrhersteller Stichproben entnommen und beprobt. Nach positiver Beurteilung erfolgt die Freigabe, bei negativer Beurteilung wird die Lieferung zurückgewiesen.

Die Prüfungsergebnisse werden getrennt nach Hersteller und Dichtringtyp statistisch ausgewertet. Sie dienen den Abteilungen Einkauf und Qualitätssicherung zur Lieferantenbeurteilung.

5.6. Lagerung

Nur sachgemäße Lagerung gewährleistet, daß die durch die Qualitätssicherung abgesicherten Eigenschaften langfristig erhalten bleiben. Die Richtlinien für die Lagerung sind in DIN 7716 festgelegt und werden von Herstellern und Lieferanten strikt eingehalten.

6. Qualitätssicherung und Kunde

In Abschnitt 2. wurde bereits darauf hingewiesen, daß in den Regelkreis der Qualitätssicherung nicht zuletzt der Verbraucher gehört.

Er soll mit dem Produkt zufrieden sein, schließlich wird es für ihn auf seinen Wunsch produziert.

Die Definition der DGQ für den Begriff „Qualität“ steht am Anfang dieser Ausführungen.

In einer Erläuterung zu dieser Definition heißt es weiter:

„Die Qualität wird bestimmt durch die Qualität des Konzepts und durch die Ausführungsqualität, bei industriellen Erzeugnissen durch die Entwurfsqualität und durch die Fertigungsqualität.“

Um die Entwurfsqualität zu sichern, wird in vielen Fällen schon bei der Rohrleitungsplanung der Rohrhersteller hinzugezogen, vor allem beim Export in Entwicklungsländer.

Die Rohrhersteller veranstalten auch Informationstagungen für Planungsbüros und Rohrleger.

Ergeben sich Probleme bei der Rohrverlegung, weil es sich z. B. um ein schwieriges Gelände handelt, oder weil der Rohrleger keine Erfahrung mit Schubsicherungen, großen Nennweiten, dem Schweißen von duktilem Gußeisen usw. hat, steht der Technische Außendienst mit Rat und Tat bereit.

Nicht zuletzt sollen die FGR-Informationen für das Gas- und Wasserfach dem Verbraucher Hinweise für die Planung und Ausführung von Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen geben und so dazu beitragen, daß diese Leitungen „auf Dauer sicher“ sind.

Literatur

- [1] DGQ 4
„Begriffe und Formelzeichen im Bereich der Qualitätssicherung“
DGQ Nr. 4, 2. Auflage, 1974
- [2] Lerner, F.
„Qualitätskontrolle der Zunftzeit“
Qualität und Zuverlässigkeit 18 (1973), Heft 6,
S. 155—158
- [3] Fischer, U.
„Aufbau- und Ablauforganisation des Qualitätswe-
sens“
VDI-Zeitung 120 (1978), S. 451—502, Mai (II)
- [4] Schneider, W. D.
„Herstellung von Rohren DN 80 bis DN 900 aus
duktilen Gußeisen“
3R international 15, Heft 10/11 (1976), S. 603—608
- [5] DVGW-Arbeitsblatt G 461, Jan. 1972
Richtlinien für den Bau von Gasleitungen von mehr
als 1 bar bis 16 bar aus Druckrohren und Formstük-
ken aus duktilem Gußeisen
- [6] DVGW-Arbeitsblatt W 342, Dez. 1978
Werkseitig hergestellte Zementmörtel-
auskleidungen für Guß- und Stahlrohre — Anforderungen und
Prüfungen, Einsatzbereiche
- [7] Stockhaus, R.
„Herstellung von Formstücken aus duktilem Gußei-
sen“
3R international 15, Heft 10/11 (1976), S. 608—612
- [8] Kipka, S., Krause, H., Anhofer, T.
„Zerstörungsfreie Ermittlung der Graphit-
ausbildung bei Gußeisen mit Kugelgraphit und Anwen-
dungsmöglichkeiten zur betrieblichen Qualitäts-
überwachung“
Gießereitechnik 21 (1975), Heft 2, S. 46—48
- [9] DVGW-Arbeitsblatt GW 5, April 1971
Aufbau und Anwendungsbereich bituminöser Be-
schichtungen von Guß- und Stahlrohren
- [10] DVGW-Arbeitsblatt GW 6, Nov. 1969
Umhüllungen und Auskleidungen auf bituminöser
Grundlage für Guß- und Stahlrohre, Anforderungen
und Prüfverfahren

Stand der Überarbeitung von DIN 28600 und DIN 28610

Von Norbert Raffenberg

Im August 1968 sind die für den Gußrohr-Bereich wichtigen Normen

DIN 28600 Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen; Technische Lieferbedingungen

DIN 28610 Druckrohre aus duktilem Gußeisen mit Schraubmuffen, Stopfbuchsenmuffen und TYTON®-Muffen für Gas- und Wasserleitungen; Maße

als Weißdrucke, d. h. als verbindliche Normen, herausgegeben worden. Sie gelten in dieser Fassung heute noch. Es hat zwar das DIN Deutsches Institut für Normung e. V. in der Zwischenzeit von diesen beiden Normen neue Ausgaben August 1977 herausgegeben, der sachliche Inhalt ist dabei aber nicht geändert worden. In den beiden Neuausgaben ist gegenüber der Ausgabe August 1968 lediglich eine Umstellung auf die durch das „Gesetz über Einheiten im Meßwesen“ vom 2. Juli 1969 festgesetzten Einheiten vorgenommen worden; so wurde z. B. kp/cm^2 in bar und kp/mm^2 in N/mm^2 geändert.

Ziffer 3.1 der DIN 28600 besagt, daß die Rohre entsprechend den Maßnormen (gemeint ist DIN 28610) in einer Wanddickenklasse hergestellt werden, und zwar in Abhängigkeit von der Nennweite nach den Formeln

$$s = 5,8 + 0,003 \text{ DN} \quad \text{für DN 80 bis DN 125} \quad (1)$$

$$s = 5 + 0,01 \text{ DN} \quad \text{für DN 150 bis DN 1200} \quad (2)$$

wobei auf besondere Vereinbarung Rohre auch — unter Beibehaltung des Rohraußendurchmessers — mit größeren oder kleineren Wanddicken, die auf der vorgenannten Wanddickenklasse aufbauen, gefertigt werden können.

Die Formel (2) entspricht im übrigen der in der internationalen Norm ISO 2531 [1] festgelegten Formel

$$s = K (0,5 + 0,001 \text{ DN}), \quad (3)$$

und zwar für einen Wert von $K = 10$; man spricht daher auch hier von Rohren der Klasse K 10.

Im Mai 1976 wurden die deutschen Gußrohrwerke vom DVGW-Fachausschuß „Rohre und Rohrverbindungen in der Wasserverteilung“ gebeten, forciert an die Überarbeitung der beiden Druckrohr-Normen DIN 28600 und DIN 28610 heranzugehen, und zwar vor allem im Hinblick auf die zunehmende Lieferung von duktilen Gußrohren der Klasse K 9, d. h. von Rohren mit kleineren Wanddicken als Klasse K 10. Die Rohre mit Wanddicken der Klasse K 9 werden — basierend auf der international festgelegten Formel (3) — mit einem Wert von $K = 9$ nach der Formel

$$s = 4,5 + 0,009 \text{ DN} \quad (4)$$

gefertigt.

Dem Wunsch des DVGW-Fachausschusses entsprechend wurde im Rahmen des Technischen Ausschusses (TA) der Gußrohrwerke ein Arbeitskreis „DIN 28600/28610“ gebildet, der sich im Laufe der Überarbeitung der beiden Normen mit folgenden Themen befaßte:

- Arten der Verbindungen
- Zugfeste Muffenverbindungen
- Wanddicken der Rohre
- Statische Berechnung der Rohre
- Schweißen von duktilem Gußeisen
- Zulässige Maß- und Gewichtsabweichungen
- Werkstoffkennwerte
- Schutzüberzüge
- Faltversuche an Rohrstücken
- Dichtheitsprüfungen

Der TA-Arbeitskreis befaßte sich also mit Themen, die im Zuge der Weiterentwicklung der duktilen Gußrohre sowie ihrer Verbindungs-, Schutz- und Prüftechnik aufgekommen waren.

Anfang 1977 konnte der im Rahmen des DVGW-Fachausschusses „Rohre und Rohrverbindungen in der Wasserverteilung“ gegründete DVGW-Arbeitskreis „Duktile Gußrohre“ mit der Beratung erster neuer Normvorlagen zu DIN 28600 und DIN 28610, die von den Gußrohrwerken erarbeitet worden waren, beginnen. In mehreren Sitzungen dieses DVGW-Arbeitskreises wurden alle wichtigen technischen Fragen und Probleme eingehend erörtert.

Aus den Beratungen resultierten eine neue Vorlage Oktober 1978 zu DIN 28600 sowie neue Vorlagen November 1978 zu DIN 28610 Teil 1 und Teil 2.

Auf Veranlassung des DVGW-Arbeitskreises „Duktile Gußrohre“ wurde ein ad-hoc-Arbeitskreis „Außenschutz duktiler Gußrohre“ gegründet. Dieser ad hoc-Arbeitskreis hat im September 1979 mit der Beratung erster FGR-Vorlagen über die Polyäthylen (PE)- und Faserzementmörtel (FZM)-Umhüllung sowie über den Zink-Überzug duktiler Gußrohre begonnen. In mehreren Sitzungen dieses ad hoc-Arbeitskreises konnten bis Anfang November 1979 neue Vorlagen über die PE-Umhüllung und über den Zink-Überzug verabschiedet und den maßgebenden DVGW-Fachausschüssen zur weiteren Beratung zur Verfügung gestellt werden; die Vorlage über die FZM-Umhüllung befindet sich noch in Bearbeitung.

Der DVGW-Fachausschuß „Außenkorrosion“ hat noch im November mit der Beratung der Vorlagen über die PE-Umhüllung und über den Zink-Überzug begonnen und dabei u. a. grundsätzlich festgelegt, daß für die verschiedenen Außenschutzarten duktiler Gußrohre besondere Normen geschaffen werden sollen, und zwar in der Reihe DIN 30674 Teil 1 ff.

Der DVGW-Fachausschuß „Rohre und Rohrverbindungen in der Wasserverteilung“, von dem — wie bereits erwähnt — die deutschen Gußrohrwerke im Mai 1976 um die Überarbeitung der Normen DIN 28600 und DIN 28610 gebeten wurden, hat Ende November die im DVGW-Arbeitskreis „Duktile Gußrohre“ erstellten Vorlagen zu DIN 28600 (vom Oktober 1978) sowie DIN 28610 Teil 1 und Teil 2 (vom November 1978) beraten und mit einigen Änderungen verabschiedet.

Nachstehend soll nun auf die wichtigsten neuen Festlegungen in diesen DIN-Vorlagen — Stand Ende November 1979 — etwas näher eingegangen werden, und zwar zunächst auf die Vorlage zu DIN 28600.

Vorlage zu DIN 28600 über „Technische Lieferbedingungen für Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen“

Die in der neuen Vorlage zu DIN 28600 festgelegten Technischen Lieferbedingungen gliedern sich — wie in der z. Z. noch gültigen Normausgabe — nach wie vor in folgende Hauptabschnitte:

1. Geltungsbereich
2. Arten der Verbindungen
3. Wanddicken der Rohre und Formstücke
4. Kennzeichnung
5. Anforderungen
6. Prüfung
7. Bescheinigungen über Prüfung und Abnahme

Unter 1. **Geltungsbereich** wird nun deutlich unterschieden nach „Druckrohren aus Schleuderguß“ und „Formstücken aus Sandguß“ mit dem Hinweis, daß diese Rohre und Formstücke für folgende Leitungen bestimmt sind:

- für Wasserleitungen sowie für Gasleitungen bis DN 600 mit einem Betriebsüberdruck bis 4 bar;
- für Gasleitungen bis DN 600 mit Betriebsüberdrücken von mehr als 4 bar bis 16 bar.

Die Aufteilung im Gasbereich nach Drücken „bis 4 bar“ und „über 4 bis 16 bar“ entspricht den inzwischen in den maßgebenden DVGW-Ausschüssen getroffenen Festlegungen für neue Druckbereiche in der Gasversorgung.

Im Abschnitt 2. **Arten der Verbindungen** erfolgen eindeutige Hinweise auf die seit März 1976 für duktile Gußrohre und Formstücke genormten Muffenverbindungen, und zwar für die:

- Schraubmuffen-Verbindung nach DIN 28601
- Stopfbuchsenmuffen-Verbindung nach DIN 28602
- Steckmuffen-Verbindung nach DIN 28603

Darüber hinaus wird auf die Möglichkeit hingewiesen, daß auf besondere Vereinbarung hin Rohre und Formstücke auch mit anderen beweglichen Verbindungen, mit zugfesten Muffenverbindungen oder mit zusätzlichen Einrichtungen für zugfeste Verbindungen geliefert werden können.

Im Abschnitt 3. **Wanddicken der Rohre und Formstücke** finden für Muffenrohre neben den Wanddicken der Klasse K 10 nunmehr auch Wanddicken der Klassen K 9 und K 8, also gegenüber der Klasse K 10 verringerte Wanddicken, Berücksichtigung, und zwar basierend auf der bereits genannten internationalen Formel (3). Als untere Begrenzung der Nennwanddicken gilt dabei jetzt 6 mm.

Aufgeführt wird ferner eine Wanddicken-Bemessungsformel nach dem Innendruck p , die unter Berücksichtigung eines Gutachtens der Staatl. MPA Stuttgart [2] aufgestellt wurde, und zwar

$$s = 2,8 + \frac{p \cdot d_1}{2610 + p} + 0,001 \text{ DN.} \quad (5)$$

Darüber hinaus ist noch vermerkt, daß bei nicht üblicher Bettung bzw. bei Abweichung der äußeren Belastung (Erd- und Verkehrslast) von den in DIN 28610 Teil 1 bzw. Teil 2 angegebenen Werten eine statische Berechnung nach den Regeln der Technik durchzuführen ist.

Bezüglich der Wanddicken für Formstücke wird auf die seit November 1970 vorliegenden Maßnormen DIN 28622 ff. verwiesen.

Unter 4. **Kennzeichnung** ist — neben einer besonderen Kennzeichnung der unterschiedlichen Wanddickenklassen — noch aufgenommen worden, daß jedes für Gasleitungen über 4 bis 16 bar bestimmte Rohr und Formstück zusätzlich mit einem ca. 5 cm breiten, gelben Farbring hinter einer Muffe oder einem Flansch gekennzeichnet wird, um eine eindeutige Markierung dieser für Hochdruckgasleitungen bestimmten Bauteile zu haben.

Der umfangreiche Abschnitt 5 **Anforderungen** beinhaltet nach wie vor die Unterabschnitte 5.1 bis 5.8 der z. Z. gültigen DIN 28600. Zusätzlich gibt es jedoch im wesentlichen folgende neue Festlegungen:

Unter 5.1 **Beschaffenheit der Rohre und Formstücke** wird gefordert, daß durch Schweißen hergestellte Sonderformstücke die Anforderungen an die Beschaffenheit, die an gegossene Formstücke gestellt sind, erfüllen müssen.

Unter 5.7.2 **Festigkeitseigenschaften** wird zwingend vorgeschrieben, daß bei Schleudergußrohren die Bruchverformung im Kaltversuch mindestens 3% betragen muß.

Unter einer neuen Ziffer 5.7.4 **Sonstige Festigkeitseigenschaften** sind aufgrund von Versuchen, die im Rahmen der DVGW-Studie über erdverlegte Trinkwasserleitungen [3] durchgeführt worden waren, für duktile Gußrohre folgende Festigkeiten festgelegt worden:

- Berstfestigkeit mindestens 300 N/mm²
- Scheiteldruckfestigkeit mindestens 550 N/mm²
- Längsbiegefestigkeit mindestens 420 N/mm²

Die Ziffer 5.8 **Schutzüberzug** wird grundlegend neu konzipiert und nach „Innenschutz“ sowie „Außenschutz“ unterteilt.

Gemäß Ziffer 5.8.1 **Innenschutz** erhalten Rohre für Wasserleitungen in der Regel eine Zementmörtel-Auskleidung nach DVGW-Arbeitsblatt W 342 [4].

Unter Ziffer 5.8.2 **Außenschutz** wird herausgestellt, daß die Rohre werkseitig folgenden Außenschutz erhalten:

- Polyäthylen-Umhüllung nach DIN 30674 Teil 1¹⁾
- Faserzementmörtel-Umhüllung nach DIN 30674 Teil 2¹⁾
- Zink-Überzug nach DIN 30674 Teil 3¹⁾
- Bituminöser Überzug nach DIN 30674 Teil 4¹⁾

¹⁾ Die Normen DIN 30674 Teil 1 bis Teil 4 sind in Vorbereitung.

Während die beiden erstgenannten Umhüllungen für alle Bodenarten nach DVGW-Arbeitsblatt GW 9 [5] eingesetzt werden können, sind die jeweiligen Anwendungsbereiche der beiden letztgenannten Überzüge dem DVGW-Arbeitsblatt GW 5 [6], das sich in Überarbeitung befindet, zu entnehmen. Über die Entwicklung der Polyäthylen- und Faserzementmörtel-Umhüllung duktiler Gußrohre wird an anderer Stelle in dieser FGR-Informationsschrift berichtet.

Der ebenfalls umfangreiche Abschnitt 6. **Prüfung** beinhaltet nach wie vor die Unterabschnitte 6.1 bis 6.4 der z. Z. gültigen DIN-Ausgabe. Zusätzlich ist im wesentlichen folgendes neu festgelegt worden:

Unter Ziffer 6.1 **Prüfung der Beschaffenheit, Abmessungen und Gewichte** werden für die Bereiche „Wasserleitungen sowie Gasleitungen bis 4 bar“ und „Gasleitungen über 4 bis 16 bar“ differenzierte Prüfvorschriften gegeben.

Unter der neuen Ziffer 6.2.5 **Faltversuch** wird dahingehend differenziert, daß der Faltversuch bei Schleudergußrohren bis DN 300 in Anlehnung an DIN 50136 an einem Ring, bei Schleudergußrohren über DN 300 an einem Ringsegment von 250 mm Sehnenlänge durchgeführt wird; an anderer Stelle dieser FGR-Informationsschrift wird ausführlich über diese Thematik berichtet.

Unter Ziffer 6.3.1 wird für Schleudergußrohre über DN 1200 als Prüfdruck bei den Dichtheitsprüfungen im Werk 30 bar gefordert; ferner sollen die Rohre für Hochdruckgasleitungen (Betriebsdrücke über 4 bis 16 bar) künftig mit einem erhöhten Wasserinnendruck (70 bar bis DN 300; 60 bar über DN 300 bis DN 600) und einer verlängerten Prüfdauer geprüft werden.

Gemäß Ziffer 6.3.2 sind die Formstücke für den Gashochdruckbereich einer Dichtheitsprüfung mit Luft mit einem Prüfdruck von 2 bar zu unterziehen.

Unter Ziffer 6.4 **Abnahme** wird gefordert, daß Rohre und Formstücke für den Gashochdruckbereich in jedem Falle mit Ablieferungsprüfung geliefert werden.

Im Abschnitt 7. **Bescheinigungen über Prüfung und Abnahme** wird den neuen Festlegungen in DIN 50049 [7] Rechnung getragen; ferner wird festgelegt, daß für den Gashochdruckbereich die Ergebnisse der Prüfungen durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1B nach DIN 50049 zu bescheinigen sind.

Entsprechend den Neufestlegungen zu DIN 28600 werden sich auch zu DIN 28610 — der eigentlichen Rohrnorm — Änderungen ergeben; hierauf soll nun etwas näher eingegangen werden.

Vorlagen zu DIN 28610 über „Maße, Gewichte und Anwendungsbereiche für Druckrohre aus duktilem Gußeisen“

Die neue DIN 28610 soll sich in zwei Teile gliedern, und zwar in

DIN 28610 Teil 1 über Druckrohre für Gasleitungen bis 4 bar und Wasserleitungen mit Zementmörtelauskleidung

DIN 28610 Teil 2 über Druckrohre für Gasleitungen über 4 bis 16 bar.

Die Vorlage zu **DIN 28610 Teil 1** beinhaltet drei Tabellen mit Angaben über Maße, Gewichte und Anwendungsbereiche, und zwar:

- eine **Tafel 1** für Rohre der Klasse K 10 in den Nennweiten von DN 80 bis DN 1000;
- eine **Tafel 2** für Rohre der Klasse K 9 in den Nennweiten von DN 80 bis DN 2000;
- eine **Tafel 3** für Rohre der Klasse K 8 in den Nennweiten von DN 80 bis DN 2000.

Den einzelnen Nennweiten sind je nach Wanddickenklasse jeweils die zulässigen Nenndrucke für Wasser (von PN 16 bis PN 40) sowie die möglichen Überdeckungshöhen (von 0,6 bis 10 m) und Verkehrslasten (bis SLW 60) zugeordnet.

Die Vorlage zu **DIN 28610 Teil 2** beinhaltet lediglich eine Tafel, und zwar für Rohre der Klasse K 9 in den Nennweiten von DN 80 bis DN 600, für Gasbetriebsdrücke über 4 bis 16 bar sowie für zugehörige mögliche Überdeckungshöhen von 0,6 bis 8 m und Verkehrslasten bis SLW 60.

Schlußbemerkung

Nach Beendigung der Beratungen in den zuständigen DVGW-Gremien werden die dort erarbeiteten Vorlagen zu DIN 28600 sowie zu DIN 28610 Teil 1 und Teil 2 von der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre beim DIN Deutsches Institut für Normung e. V. eingereicht werden. Sodann können die erforderlichen offiziellen Normungsarbeiten im zuständigen Arbeitsausschuß FR 5 „Gußeiserne Druckrohre und Formstücke“ beginnen mit dem Ziel, noch im Laufe des Jahres 1980 zu neuen DIN-Entwürfen (Gelbdrucken) zu kommen.

Literatur

- [1] International Standard ISO 2531
Ductile iron pipes, fittings and accessories für pressure pipe-lines
2. Ausgabe 1979
- [2] Wellinger, K. und Gaßmann, H.
Die Berechnung duktiler Schleudergußrohre
Techn.-wiss. Berichte der Staatl. MPA Stuttgart
(1965), Heft 65-01
- [3] DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.
Studie über erdverlegte Trinkwasserleitungen aus verschiedenen Werkstoffen
Bericht II (1971), Anlage 2 und 3
- [4] DVGW-Arbeitsblatt W 342
Werkseitig hergestellte Zementmörtelauskleidungen für Guß- und Stahlrohre — Anforderungen und Prüfungen, Einsatzbereiche
Ausgabe Dezember 1978
- [5] DVGW-Arbeitsblatt GW 9
Merkblatt für die Beurteilung der Korrosionsgefährdung von Eisen und Stahl im Erdboden
Ausgabe August 1971
- [6] DVGW-Arbeitsblatt GW 5
Aufbau und Anwendungsbereich bituminöser Beschichtungen von Guß- und Stahlrohren
Ausgabe April 1971
- [7] DIN 50049
Bescheinigungen über Werkstoffprüfungen
Ausgabe Juli 1972

Neuere Entwicklung für den Außenschutz erdverlegter duktiler Gußrohre

Von Gerhard Heim

1. Einführung

In jüngster Zeit werden in Fachkreisen die Fragen des Außenschutzes von erdverlegten duktilen Gußrohren lebhaft diskutiert. Im Vordergrund dieser Diskussion steht die Entwicklung von Rohrumhüllungen, die universell — d. h. ohne vorherige Bodenuntersuchung — eingesetzt werden können. W. Wolf [1] hat in einem Überblick über die bisher verwendeten Umhüllungen dieser Art berichtet. In einem mit „Sonstige Überzüge“ überschriebenen Kapitel hat er die Entwicklung neuerer Umhüllungen angedeutet. In Fortführung dieser Andeutung sollen einige Gesichtspunkte dieser Entwicklung behandelt werden.

2. Gesichtspunkte für die Auswahl geeigneter Rohrumhüllungen

Nach der Sprachregelung in der Korrosionstechnik werden Umhüllungen im allgemeinen den passiven Schutzmaßnahmen zugerechnet. Durch Umhüllung der Rohre mit geeignetem Werkstoff wird die zu schützende Oberfläche von dem angreifenden Medium getrennt. Von dieser Feststellung ausgehend müssen die Umhüllungen einige Anforderungen erfüllen:

- Das angreifende Medium — hier also der aggressive Boden — darf die Umhüllung nicht zerstörend angreifen.
- Die Trennung des aggressiven Bodens von der Rohroberfläche muß so wirksam sein, daß ein Langzeitschutz gewährleistet ist. Eine absolut wirkende Trennung ist bei großtechnischen Objekten nicht möglich, aber auch nicht erforderlich.

Über die genannten Anforderungen hinaus müssen die Umhüllungen mechanisch sehr widerstandsfähig sein. Von den vielfältigen mechanischen Beanspruchungen sind in erster Linie die Schlag- und Druckbeanspruchungen relevant. Wenn die Umhüllung durch Schlag oder Druck beschädigt wird, entsteht eine Fehlstelle, an der die Rohroberfläche freiliegt. Diese Fehlstellen sind somit dem Angriff des aggressiven Bodens ausgesetzt. In diesem Falle spricht man sinngemäß von einer Eigenkorrosion der freien Fehlstellenfläche. Andererseits kann z. B. in den Fällen, in denen eine elektrisch leitende Verbindung zwischen einer Rohrleitung und der Armierung einer im Erdreich befindlichen Stahlbetonplatte besteht, eine elektrochemische Elementbildung auftreten. In diesen Fällen wird — durch Makroelementbildung bedingt — zuzüglich zur Eigenkorrosion ein örtlich starker Korrosionsangriff an den Fehlstellenflächen erfolgen [2].

Unter diesen Aspekten ist es nur zu verständlich, daß — neben einer optimalen Korrosionsschutzwirkung — die

mechanische Widerstandsfähigkeit der Umhüllung bei der neueren Entwicklung besondere Beachtung gefunden hat. Das Ziel besteht darin, die Zahl und Größe der Fehlstellen auf ein äußerst geringes Maß zu reduzieren, um ein Optimum an Korrosionsschutzwirkung zu erreichen.

Betrachtet man die bisher angewendeten Umhüllungen auf bituminöser Grundlage, so kann man feststellen, daß — im Hinblick auf die mechanische Beständigkeit — die 3 mm dicken Teerpechumhüllungen gegenüber den nur 70 µm dicken bituminösen Überzügen mechanisch beständiger sind. Nach den Angaben des Schrifttums [3] wurden mit den 3 mm dicken Umhüllungen selbst in stark aggressiven Böden gute Erfahrungen gesammelt. Da aber bei hochsommerlichen Temperaturen die schon vor der Verlegung erkennbare Fehlstellenrate infolge zu geringer Widerstandsfähigkeit zu hoch und der daraus resultierende mehr oder weniger große Ausbesserungsaufwand sehr hinderlich war, wurde die wesentlich widerstandsfähigere Polyäthylen-Umhüllung für duktile Gußrohre entwickelt.

Die PE-Umhüllung für duktile Gußrohre stellt eine Richtung der neueren Entwicklung dar, die durch die Verwendung eines durchaus bekannten Umhüllungswerkstoffes gekennzeichnet ist.

Eine andere Entwicklungsrichtung ist in der Verwendung von glasfaserverstärktem Zement- bzw. Zementmörtel (im folgenden kurz FZ bzw. FZM genannt) für die Rohrumhüllung zu sehen. Dieser Werkstoff ist ebenfalls gut bekannt, er ist aber im Hinblick auf die Verwendung als Außenschutz für erdverlegte Rohrleitungen neuartig.

Im folgenden sollen einige Aspekte beider Umhüllungsarten getrennt besprochen werden.

3. Polyäthylen-Umhüllung (PE-Umhüllung)

In dem bereits erwähnten Schrifttum [3] wird die PE-Umhüllung eingehend beschrieben, so daß hierauf Bezug genommen werden kann. Bei der Auswahl des Beschichtungsverfahrens mußte das Pulveraufschmelzverfahren ausscheiden. Die PE-Umhüllung wird nach dem Extrusionsverfahren unter Verwendung eines Kunststoff-Mittelhartklebers aufgebracht. Die Qualität dieser Umhüllung entspricht — bis auf eine gußrohrspezifische Abweichung bei der Schälfestigkeit — den Anforderungen der DIN 30670 [5].

Die in Tabelle 1 zusammengestellten Werte für den Eindruckwiderstand geben Aufschluß über die durch die PE-Umhüllung erreichte Verbesserung gegenüber der Teerpechumhüllung. Bei normalen Temperaturen von 20° C ergibt sich für die PE-Umhüllung selbst bei einer 40fach

Tabelle 1

Art der Rohr- umhüllung	Eindringtiefe nach [3] in mm bei Temperaturen von		Maximale Schlagarbeit in Nm ohne elektrische Durchschläge bei 100 Schlägen und 23° C ²⁾
	20° C	60° C	
Teerpech 3 mm nach [3]	Druck 0,25 N/mm ²		3,5
	0,4	>3,0 ¹⁾	
Hochdruck-PE 3 mm nach [3]	Druck 10 N/mm ²		25,0
	0,1	0,3	

¹⁾ Hier ist die Eindringtiefe größer als die Schichtdicke

²⁾ J. Weidelt, Thyssen Schalker Verein: Unveröffentlichte Untersuchungen

höheren Druckbelastung eine um den Faktor 4 geringere Eindringtiefe als für die Teerpechumhüllung. Bei höheren Temperaturen, die bei der Freilagierung von Rohren durchaus vorkommen können, ist die Eindringtiefe für die PE-Umhüllung immer noch sehr gering. Auf die Praxis übertragen bedeutet dies u. a., daß die bei der Teerpechumhüllung auftretenden zahlreichen Eindruck- bzw. Fehlstellen bei der PE-Umhüllung vollkommen vermieden werden.

Zur Beurteilung der Schlagbeständigkeit können die in Tabelle 1 angegebenen Werte für die maximale Schlagarbeit herangezogen werden. Bei dieser Untersuchung wurde für die Teerpech- und die PE-Umhüllung die Schlagarbeit ermittelt, bei der bei insgesamt 100 Schlägen keine elektrischen Durchschläge mit 25 kV auftreten. Aus den Werten ergibt sich eine um den Faktor 7 höhere Schlagbeständigkeit der PE-Umhüllung gegenüber der Teerpechumhüllung. In Ergänzung zu diesen Angaben sei auf die in [6] aufgeführten Werte der bei Schlagbeanspruchung auftretenden Fehlstellengröße (abgeplatzten Umhüllungsfläche) hingewiesen. Auch hier zeigt sich die hohe Schlagbeständigkeit der PE-Umhüllung.

Die praktischen Erfahrungen haben gezeigt, daß eine gute Haftung der PE-Umhüllung während der Lagerung, des Transportes und der Verlegung notwendig ist [4]. Prüftechnisch wird bei der PE-Umhüllung die Schälfestigkeit ermittelt, die als Maß für die Haftung anzusprechen ist.

Bei den in [3] beschriebenen Schälfestigkeits-Prüfungen nach dem Verfahren II [5] hat sich — zunächst etwas überraschend — eine vergleichsweise bessere Haftung der PE-Umhüllung auf ungestrahlten Gußoberflächen als auf gestrahlten Flächen ergeben. Eine Schälfestigkeit von 20 N pro cm PE-Streifenbreite wird bei ungestrahlten Flächen, d. h. bei Flächen mit werksüblicher Glühhaut, von 100 % der untersuchten Rohre erfüllt, während dies im Falle der gestrahlten Flächen nur bei etwa 75 % der Rohre gegeben ist. Nach eigenen Erfahrungen müßte man in der Praxis mit einer Schälfestigkeit von 20 N pro cm Streifenbreite gut zurecht kommen. Eine endgültige Beurteilung wird anhand der zukünftigen praktischen Erfahrungen möglich sein.

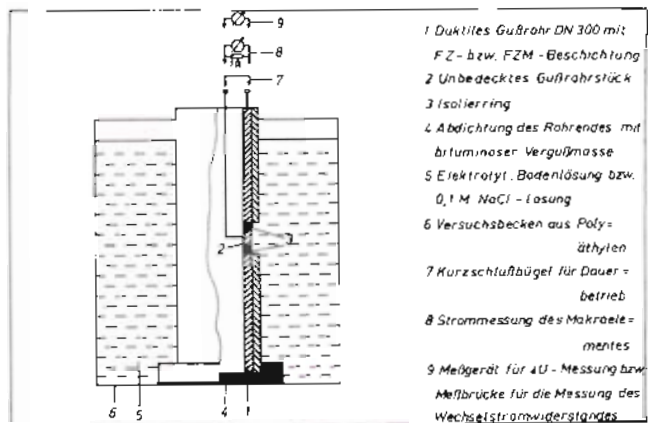
4. FZ- bzw. FZM-Umhüllung

Bei dieser Umhüllung wird in der ersten Version ein anorganischer Werkstoff verwendet, der charakteristi-

sche Unterschiede zu den bisher fast ausschließlich verwendeten organischen Umhüllungswerkstoffen aufweist. Im Schrifttum [7] sind die Anfangsphasen dieser Entwicklung beschrieben.

Die bekannte hohe mechanische Festigkeit zementgebundener Werkstoffe war zweifellos ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Wahl dieses Umhüllungswerkstoffes. Dieses Verhalten konnte bei den in [7] beschriebenen Versuchen bestätigt werden.

Nach eigenen Erfahrungen mit FZ- bzw. FZM-umhüllten Rohren treten in diesen Schichten, die durch Glasfasereinlage mechanisch verstärkt sind, nur bei außergewöhnlich hohen Schlag- oder Druckbeanspruchungen Fehlstellen in der Umhüllung auf. Da somit Fehlstellen nicht ganz ausgeschlossen werden können, stellt sich die Frage, inwieweit durch Makroelementbildung verstärkte örtliche Korrosionsangriffe — zusätzlich zu den Korrosionsangriffen infolge Eigenkorrosion — an den Fehlstellen auftreten können. Grundsätzlich muß mit dieser Möglichkeit gerechnet werden, da die mit FZ bzw. FZM bedeckte Eisenoberfläche infolge der alkalischen Reaktion des Mörtels eine großflächige Kathode darstellt. Kleine Fehlstellenflächen sind die Anoden im Makroelement, die stark angegriffen werden. In einer eingehenden Untersuchungsreihe [8], in der u. a. auch die Makroelementbildung studiert wurde, konnte die beschriebene Elementbildung nachgewiesen werden.



Nach der in Bild 1 dargestellten Versuchsanordnung wurden die Größe und der zeitliche Verlauf der Makroelementströme gemessen. Die anodische Auflösungsstromdichte i des Makroelementes kann nach einer Näherungsformel [9] abgeschätzt werden.

$$i = \frac{\Delta U}{r_k} \cdot \frac{F_k}{F_A} \quad (1)$$

Hierbei bedeuten:

- ΔU Potentialdifferenz zwischen Kathode und Anode
- r_k kathodischer Polarisationswiderstand
- F_k kathodisch wirksame Fläche (mit FZ bzw. FZM bedeckte Fläche)
- F_A anodische Fläche (= Fehlstellenfläche)

Bei dem einjährigen Makroelement-Versuch mit einer FZ-Umhüllung (mittlere Schichtdicke 2,2 mm) in einer

1/10 M NaCl-Lösung ergaben sich ΔU -Werte im Durchschnitt von $20 \cdot 10^{-3}$ V. Der relativ geringe ΔU -Wert erklärt sich aus der Tatsache, daß die FZ-Schicht praktisch vollkommen durchkarbonatisiert war. Durch Besprühen der nach Versuchsende ausgebauten FZ-Schicht mit einer alkalischen Phenolphthalein-Lösung konnte nur ein sehr dünner, nicht zusammenhängender alkalisch reagierender Film auf der Gußrohroberfläche nachgewiesen werden. Die Karbonatisierung wurde nicht verhindert, da hier keine Versiegelung aufgetragen worden war.

Für den r_k -Wert kann man — wie sich unter Heranziehung weiterer Versuchsergebnisse ergibt — rund $3 \cdot 10^6 \Omega \text{ cm}^2$ ansetzen. Setzt man diese Werte zusammen mit den Flächenwerten $F_k = 10^4 \text{ cm}^2$ und $F_A = 1 \text{ cm}^2$ in Gleichung (1) ein, so ergibt $i \approx 70 \mu\text{A cm}^{-2}$. Unter Berücksichtigung der Äquivalenz von Stromdichte und Materialabtrag ($1 \mu\text{A cm}^{-2} \triangleq 12 \mu\text{m a}^{-1}$) kann die mittlere Eindringrate [10] w zu $0,84 \text{ mm a}^{-1}$ abgeschätzt werden. Aus den Strom-Zeit-Kurven ergab sich ein örtlicher Eisenabtrag von $0,65 \text{ mm a}^{-1}$, so daß in Anbetracht der Meßwertstreuungen eine befriedigende Übereinstimmung festgestellt werden kann.

An diesem Beispiel ist klar geworden, daß durch Makroelementbildung örtliche Korrosionsangriffe an Fehlstellen auftreten können, die innerhalb kurzer Zeiten zu Rohrwanddurchbrüchen führen. Im Rahmen der genannten Untersuchungen ergaben sich Hinweise dafür, daß man durch Versiegelung der Mörtel-Umhüllungen die geschilderte Makroelementbildung praktisch verhindern kann. Im wesentlichen kommt es darauf an, den Sauerstoffzutritt zu den mit Mörtel bedeckten Flächen soweit wie möglich zu hemmen. Versiegelungen mit organischen Werkstoffen sind hierzu in der Lage. Die wirksame kathodische Fläche F_k wird somit annähernd null, d. h. die anodische Stromdichte geht auf vernachlässigbar geringe Werte zurück (siehe Gleichung (1)).

Es konnte nachgewiesen werden, daß durch Versiegelung mit bituminösen Schichten die Chloridaufnahme durch den Mörtel stark gehemmt wird [8]. Weiterhin hat sich bei Versuchen mit kalkaggressiver Kohlensäure ein günstiger Abschirmeffekt der Versiegelung ergeben. Bei nicht versiegelten Mörtelschichten war ein deutlicher Angriff durch kalkaggressive Kohlensäure festzustellen, während bei versiegelten Schichten kein Angriff auftrat. Im gleichen Sinne wurde durch eine Versiegelung die Karbonatisierung des Mörtels verhindert.

5. Ausblick

In den vorstehenden Ausführungen wurden einige korrosionschemisch bedeutsame Aspekte von zwei neueren Rohrumhüllungen für erdverlegte duktile Gußrohre behandelt. Die an sich zunächst verständliche Frage nach einem direkten Vergleich beider Umhüllungsarten ist nicht möglich. Der Grund ist in der Verwendung sehr unterschiedlicher Beschichtungsstoffe zu sehen. Es läßt sich aber schon jetzt mit Sicherheit sagen, daß beide Umhüllungen im Hinblick auf die mechanische Festigkeit gegenüber sämtlichen bisher angewendeten Umhüllungen eine erhebliche Verbesserung darstellen. Sie erfüllen

damit die für die Rohrleitungspraxis erforderliche mechanische Widerstandsfähigkeit. Ob bzw. inwieweit sich beide Umhüllungen in diesem Punkte unterscheiden, kann endgültig nur durch praktische Erfahrungen entschieden werden. Die beiden Umhüllungen ergänzen die Palette der Außenumhüllungen für stark aggressive Böden in hervorragendem Maße. Die im Entwurfsstadium befindlichen Normblätter für beide Umhüllungen werden ganz sicher zur Absicherung einer konstanten guten Umhüllungsqualität dienlich sein.

Schrifttum

- [1] Wolf, W.
Korrosionsverhalten und Korrosionsschutz duktiler Gußrohre
Informationsschrift Nr. 13 der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (1978), S. 21/28
- [2] Heim, G.
Korrosionsschäden an erdverlegten Stahl- und Gußrohrleitungen
3 R international 18 (1979) Heft 8/9, S. 535/540
- [3] Gras, W. D., Rammelsberg, J. und Weidelt, J.
Duktile Gußrohre mit Polyäthylen-Umhüllungen
gwf-wasser/abwasser 120 (1979) Heft 10, S. 468/475
- [4] v. Baeckmann, W. und Schwenk, W.
Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes
Verlag Chemie, 3. Auflage (erscheint demnächst)
- [5] DIN 30670
Polyäthylen-Umhüllung von Stahlrohren und -formstücken
Entwurf April 1979
- [6] v. Baeckmann, W. und Heim, G.
Neuere Gesichtspunkte beim Korrosionsschutz von erdverlegten Rohrleitungen und Behältern
Werkstoffe und Korrosion, 24 (1973), S. 477/486
- [7] Kottmann, A.
Erfahrungen bei der Herstellung und Verlegung von Rohren mit Rohrumhüllungen aus Zementmörtel
DVGW-Schriftenreihe Gas Nr. 25, Gasfachliche Aussprachetagung Augsburg 1979, S. 214/237
- [8] Heim, G.
Untersuchung von fasermarmierten Zement- und Zementmörtel-Umhüllungen als Außenschutz für erdverlegte duktile Gußrohre
DVGW-Schriftenreihe Gas Nr. 25, Gasfachliche Aussprachetagung Augsburg 1979, S. 199/213
- [9] Schwenk, W.
Korrosionsgefährdung und Schutzmaßnahmen bei Elementbildung zwischen erdverlegten Rohren und Behältern aus unterschiedlichen Metallen
gwf-gas/erdgas 113 (1972) H. 11, S. 546/550
- [10] DIN 50905 Blatt 3
Chemische Korrosionsuntersuchungen, Korrosionsgrößen bei ungleichmäßiger Korrosion ohne zusätzliche mechanische Beanspruchung
Januar 1975

Der Ringfalt- bzw. Faltversuch bei duktilen Schleudergußrohren

Von Wilfried Lüßmann und Manfred Ziegler

Einleitung

Der Ringfaltversuch kann nach DIN 28600 [1] auf Vereinbarung bei Schleudergußrohren bis DN 400 zur Überprüfung des Verformungsverhaltens bzw. der Duktilität des Werkstoffes durchgeführt werden. Im DVGW-Arbeitsblatt G 461 [2] ist der Ringfaltversuch für Rohre bis DN 600 verbindlich vorgeschrieben, wobei als Mindestbruchverformung ein Wert von 3% gefordert wird. Weitere Angaben über die Versuchsdurchführung bzw. -auswertung sowie über die erzielbare Meßgenauigkeit sind der Veröffentlichung von Loitzenbauer [3] zu entnehmen.

Zweck des Versuches ist die Überprüfung der Verformbarkeit des Rohres bzw. des Rohrabschnittes als Bauteil unter Berücksichtigung der Oberflächenbeschaffenheit sowie der geometrischen Form.

Aufgrund der positiven Erfahrungen, die bis heute mit diesem Prüfverfahren gemacht wurden, sowie der relativ einfachen Handhabung der Versuchsvorbereitung und -durchführung ist vom DVGW der Wunsch geäußert worden, bei der in Vorbereitung befindlichen Neufassung der DIN 28600 den Ringfaltversuch als verbindlichen Test bei der Überwachung der Duktilität für den gesamten Nennweitenbereich vorzusehen. Dies hat die Gußrohrhersteller veranlaßt, die bereits vorliegenden Prüfergebnisse von Rohren bis DN 600 kritisch auszuwerten und in einem Versuchsprogramm Rohre mit größeren Nennweiten gezielt zu untersuchen.

Versuchsdurchführung

Die prinzipielle Versuchsanordnung des Ringfaltversuches ist Bild 1 zu entnehmen, wobei drei unterschiedliche Verformungssituationen dargestellt sind.

Für den Versuch wird ein 30 ± 5 mm breiter Ring aus dem Rohr entnommen und kontinuierlich soweit deformiert, bis er entweder in 6-12-Uhr-Lage oder 3-9-Uhr-Lage bricht bzw. ein erster Anriß wahrnehmbar wird.

Bei Rohren größerer Nennweite — derzeit werden Schleudergußrohre bis DN 1600 hergestellt — hat die beschriebene Versuchsanordnung den Nachteil, daß zum Verformen der Ringe überdimensional große Pressen erforderlich wären, die einen außerordentlich schwierigen Arbeitsablauf notwendig machen würden.

Aufgrund der geschilderten Schwierigkeiten wurden Überlegungen dahingehend angestellt, mit einer verein-

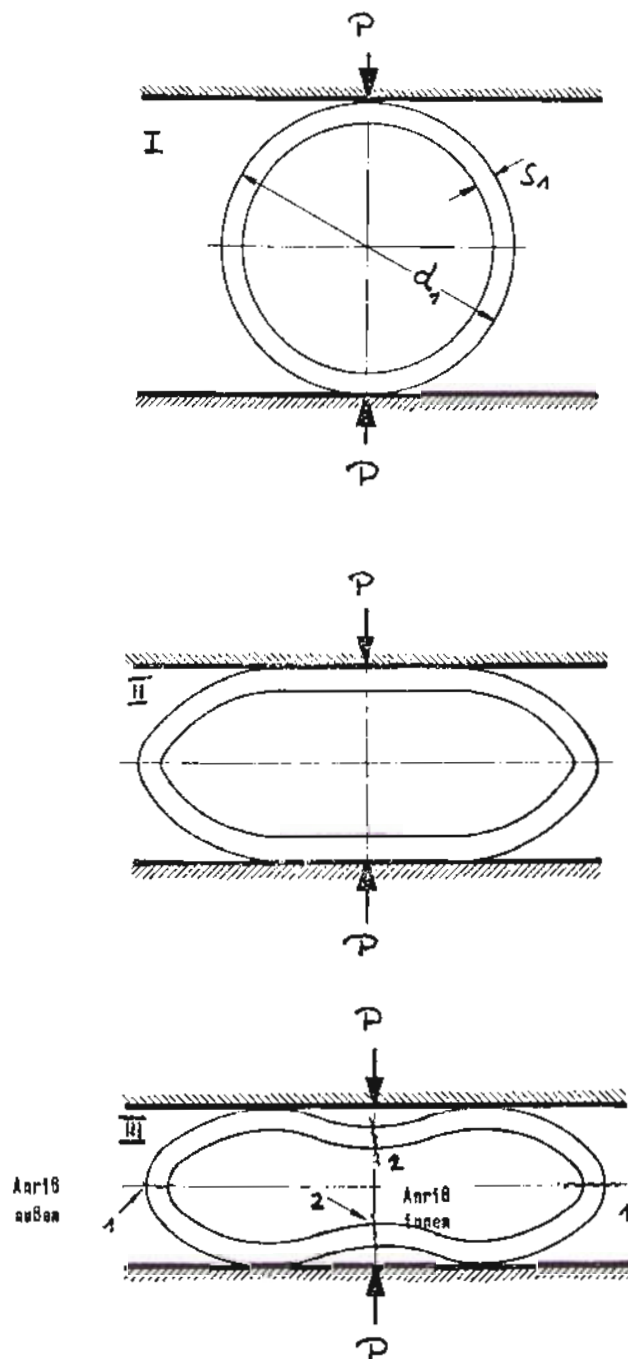


Bild 1: Schematische Darstellung des Ringfaltversuches
 I. Belastungsbeginn
 II. mittlere Verformung
 III. große Verformung

fig 15

fachten Versuchsanordnung und -durchführung — ohne eine prinzipielle Änderung des Versuches selbst — die gleichen Aussagen zu ermöglichen. Diese Überlegungen haben zu der im Bild 2 dargestellten Versuchsanordnung geführt. Anstelle eines geschlossenen Ringes wird ein Ringsegment mit der gleichen Probenbreite von 30 ± 5 mm und einer Sehnenlänge von 250 mm bis zum Bruch bzw. ersten Anriß verformt.

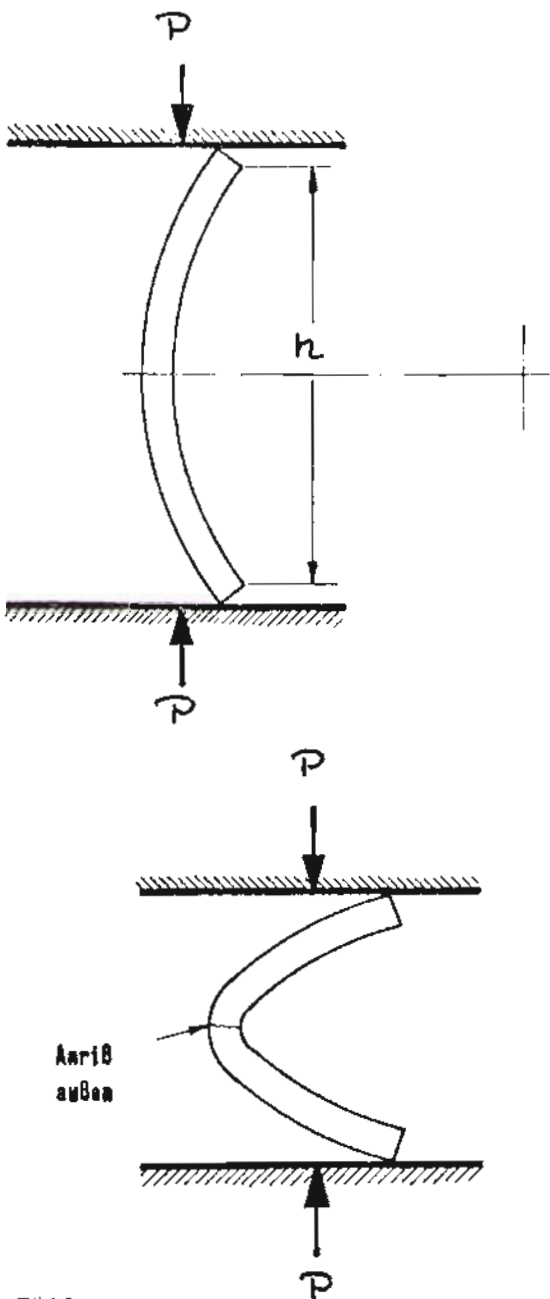


Bild 2

Versuchsauswertung

Die Überprüfung der entsprechend DIN 28600 [1] nachzuweisenden Werkstoffkennwerte erfolgt im Zugversuch in Anlehnung an DIN 50146, wobei die Zugfestigkeit, Bruchdehnung und gegebenenfalls auch Streckgrenze

des Werkstoffes zu ermitteln sind. Im Regelfall werden hierzu Rundstäbe nach DIN 50125 aus Rohrsegmenten herausgearbeitet. Hierbei ist bei der laufenden Fertigungsüberwachung die Probenanzahl bzw. die Prüfhäufigkeit so groß zu wählen, daß ein statistisch ausreichend gesichertes Ergebnis dokumentiert werden kann.

Bei Abnahmen durch den Besteller oder in dessen Auftrag ist der Nachweis der mechanisch-technologischen Eigenschaften an Abschnitten von Schleudergußrohren vorzunehmen, wobei die Größe der Prüfeinheit in Abhängigkeit von der Nennweite festgelegt ist.

Entsprechend der vorgesehenen Neufassung von DIN 28600 — hierüber wird an anderer Stelle dieses FGR-Informationshftes berichtet — kann bei Rohren für Wasserleitungen sowie für Gasleitungen bis DN 600 mit einem Betriebsdruck bis 4 bar ein Teil der Prüfungen an bearbeiteten Rundproben zur Ermittlung der Zugfestigkeit bzw. Bruchdehnung durch Kaltversuche ersetzt werden. Ferner ist bei Rohren für Gasleitungen bis DN 600 mit Betriebsdrücken von mehr als 4 bar bis 16 bar ein Kaltversuch je Behandlungseinheit vorzusehen, wobei hierunter jeweils die Eisenmenge in der Gießpfanne zu verstehen ist, bei der durch eine Magnesiumbehandlung die Ausbildung des Graphits in Kugelform erfolgt.

Die Neufassung der DIN 28600 sieht im übrigen folgendes vor:

Der Kaltversuch wird an einem Rohrabschnitt mit planparallelen Schnittflächen und unbearbeiteten Rohroberflächen durchgeführt, wobei die Kanten gebrochen werden können. Als Maß für die Verformbarkeit dient der Krümmungsradius der Außenfaser an der Stelle des Bruches. Die Bestimmung des Krümmungsradius erfolgt auf einer Sehnenlänge $2c$ von 30 mm entweder direkt mittels Radiusschablone oder indirekt über Messung der Bogenhöhe durch eine geeignete Meßuhr — siehe Bild 3.

Zwischen dem Krümmungsradius ϱ und der Bogenhöhe f besteht hierbei nachfolgend abgeleiteter mathematischer Zusammenhang (1), siehe auch Bild 3:

$$\begin{aligned} \varrho^2 &= c^2 + (\varrho - f)^2 \\ \varrho^2 &= c^2 + \varrho^2 - 2\varrho f + f^2 \\ 0 &= c^2 + f^2 - 2\varrho f \\ \varrho &= \frac{f^2 + c^2}{2f} \end{aligned} \quad (1)$$

Voraussetzung hierfür ist, daß die Sehne AB so klein ist, daß die Krümmung im Bogensegment AB als konstant angenommen werden kann.

Für eine optimale Meßgenauigkeit von f ist hierbei anzustreben, daß zum einen die Sehne AB so gewählt wird, daß der Bogen AB einem Kreisbogen angepaßt werden kann, zum anderen aber der Einfluß der Oberflächenstruktur auf die Meßgenauigkeit von f vernachlässigbar ist.

Aufgrund umfangreicher Erfahrungen hat sich hierbei ein Wert von $2c = 30$ mm Sehnenlänge AB als günstig erwiesen. Bei negativen Krümmungsradien — dies entspricht negativen Bogenhöhen bei Brüchen in 6- bzw. 12-Uhr-Lage — bleibt die abgeleitete Gleichung ebenfalls gültig

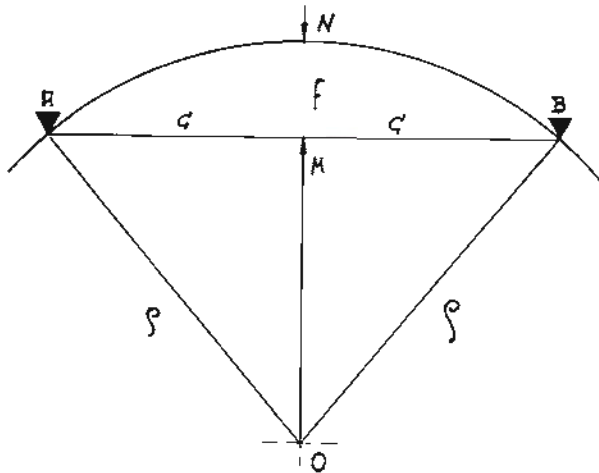


Bild 3: Bestimmung von f durch Messen von 2c an den Stellen A und B

und ϱ ist mit negativem Vorzeichen in die Rechnung zu übernehmen.

Für duktile Schleudergußrohre bis DN 300 wird der Versuch in Anlehnung an DIN 50136 an einem Ring durchgeführt, wobei die Bruchverformung ϵ in % nach folgenden Gleichungen (2) und (3) berechnet wird:

a) Riß in 3- bzw. 9-Uhr-Lage

$$\epsilon = \frac{100 \cdot s}{d_1} \cdot \frac{d_1 - 2\varrho}{2\varrho - s} \quad (2)$$

b) Riß in 6- bzw. 12-Uhr-Lage

$$\epsilon = \frac{100 \cdot s}{d_1 - 2s} \cdot \frac{2\varrho - d_1}{2\varrho - s} \quad (3)$$

Für den Sonderfall $f = 0$ entsprechend $\varrho \rightarrow \infty$ gilt:

$$\epsilon_{\infty} = \frac{100 \cdot s}{d_1 - 2s}$$

Hierbei bedeuten:

- s = Wanddicke, gemessen an der Bruchstelle in mm
- d_1 = Rohraußendurchmesser, gemessen vor dem Versuch in mm
- ϱ = Krümmungsradius in mm

Bei Schleudergußrohren größer DN 300 soll der Faltversuch an einem Ringsegment (anstelle eines Rohrringes) mit einer Sehnenlänge von $h = 250$ mm durchgeführt werden — siehe Bild 2. Die Bruchverformung ϵ in % wird nach Gleichung (2) berechnet.

Für die betriebliche Praxis hat es sich als zweckmäßig erwiesen, zur Messung der Bogenhöhe f eine einfache Meßanordnung mit Uhr und zwei Auflagerschneiden zu verwenden — siehe Bild 4. Hiermit können sowohl bei Ringsegmenten als auch bei Ringproben die Bogenhöhen f von Betriebsproben überprüft werden.

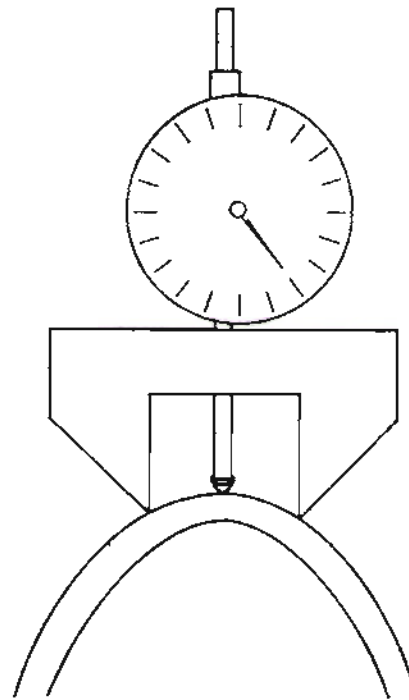


Bild 4: Messung der Bogenhöhe f

Der Ringfaltversuch kann auch rein qualitativ ausgewertet werden. Zur vereinfachten Versuchsauswertung haben sich hierbei Diagramme bewährt, die in Abhängigkeit der Parameter — Nennweite, Wanddicke und konstante Sehnenlänge — durch Ablesen der Bogenhöhe f eine direkte Entscheidung bezüglich der geforderten Mindest-Randfaserdehnung gestatten — siehe Bild 5 a und 5 b.

Bei Nichterfüllung der geforderten Kennwerte ist eine Wiederholungsprüfung mit zwei Ringabschnitten des gleichen Rohres erforderlich, die beide die Bedingungen erfüllen müssen.

V Versuchsergebnisse

Wie bereits anfangs erwähnt, liegen bei der Gußrohrindustrie bereits seit längerer Zeit umfangreiche Versuchsergebnisse hinsichtlich des Ringfaltversuches mit geschlossenen Ringen vor. Um die Vergleichbarkeit mit dem Faltversuch an Ringsegmenten zu überprüfen, wurden bei allen vier deutschen Gußrohrwerken Vergleichsversuche im Nennweitenbereich von DN 80 bis DN 1000 gefahren und gemeinsam ausgewertet.

Die Ergebnisse der Randfaserbruchdehnungen aus beiden Versuchsreihen sind in Bild 6 und 7 dargestellt, wobei die Unterschreitungswahrscheinlichkeit von 1% als Funktion der Nennweiten aufgetragen wurde.

Wie man sieht, liegen die Ergebnisse beim Faltversuch etwas höher als beim Ringfaltversuch. Dies dürfte vor allem auf die theoretisch zwei- bis viermal größere Zahl der möglichen Bruchstellen je nach Nennweite bei der Ringfaltprobe zurückzuführen sein.

fgr 15

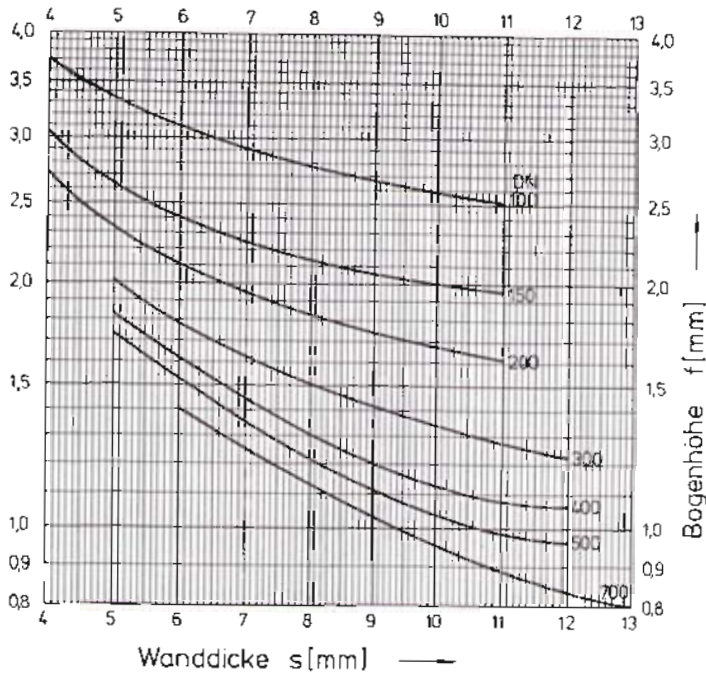


Bild 5a: Bruch in der 3-9-Uhr-Lage, außen
Kurven für 3% Mindestdehnung in Abhängigkeit von der Nennweite DN, der Wanddicke s und der Bogenhöhe f
Sehnenlänge $2c = \text{konstant} = 30 \text{ mm}$

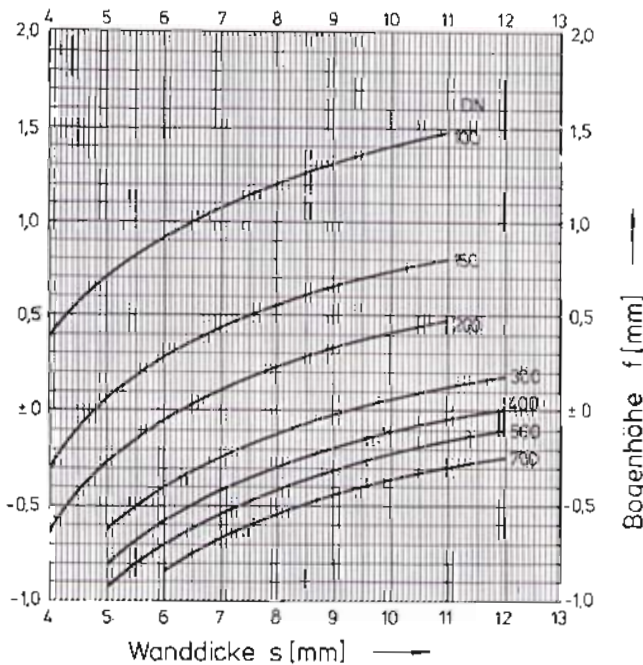


Bild 5b: Anriß in der 6-12-Uhr-Lage, innen
Kurven für 3% Mindestdehnung in Abhängigkeit von der Nennweite DN, der Wanddicke s und der Bogenhöhe f
Sehnenlänge $2c = \text{konstant} = 30 \text{ mm}$

Zusammenfassung

Abschließend bleibt festzustellen, daß der Ringfalt- bzw. Faltestrich eine ausgezeichnete Möglichkeit darstellen, sowohl in der täglichen Produktionsüberwachung als auch bei Fremdabnahmen die Werkstoffqualität der duk-

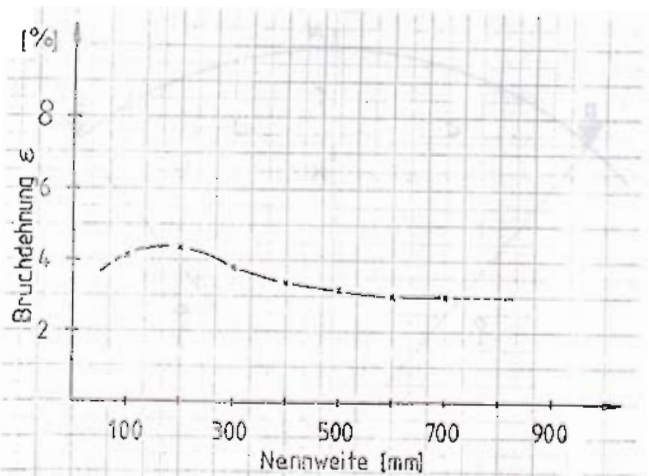


Bild 6:

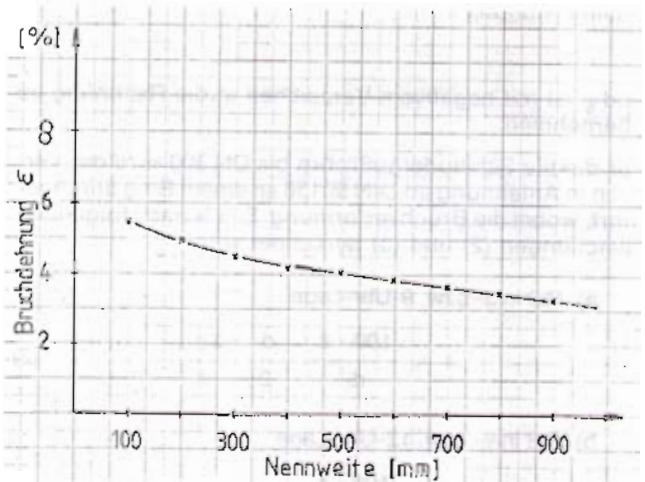


Bild 7:

tilen Schleudergußrohre mit verhältnismäßig einfachen Mitteln reproduzierbar und gesichert zu überprüfen. Die geforderte Randfaserdehnung von $\epsilon \geq 3\%$ erscheint hierbei als eine realistische Mindestkenngröße im Vergleich zur Bruchdehnung an gedrehten Probestäben entsprechend DIN 28600 gewählt worden zu sein.

Literatur

- [1] DIN 28600
Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen
Ausgabe August 1977
- [2] DVGW-Arbeitsblatt G 461
Richtlinien für den Bau von Gasleitungen mit einem Betriebsdruck von mehr als 1 bar bis 16 bar aus Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen
Ausgabe Januar 1972
- [3] Loitzenbauer, H.
Beitrag zur Frage der Ermittlung der Verformbarkeit von Druckrohren aus duktilem Gußeisen
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 3 (1968), S. 21–24

Vorschläge zur Ausbildung und Prüfung von Schweißaufsichtspersonen und Schweißern für das Schweißen an Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen

Von Heinrich Köstermann

1. Grundlagen

Aufgrund der bisher durchgeführten Untersuchungen, sowohl in der Praxis als auch im Laboratorium, lassen sich folgende Fakten festhalten:

- Es ist grundsätzlich möglich, duktilen Gußeisen zu schweißen.
- Für das hier zur Diskussion stehende „Schweißen an Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen“ hat sich das Lichtbogenhandschweißen mit Nickel-Eisen-Stabelektroden als vorteilhaft erwiesen.
- Seit ca. 1970 sind sehr viele Schweißungen an Gußrohren in Wasser- und Gasleitungen hergestellt worden.
- Bei den Schweißungen handelte es sich im wesentlichen um Kehlnähte, anfangs vereinzelt auch um HV-Nähte (halbe V-Nähte).
- Überwiegendes Anwendungsgebiet ist das Anschweißen von Hausanschlußstutzen und größeren Abgängen, aber auch das Anschweißen von Flanschen und Mauerflanschen ist üblich.
- An Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen werden nicht nur Bauteile aus duktilem Gußeisen, sondern auch Bauteile aus Stahl (z. B. Stutzen, Nippel, Mauerflansche) angeschweißt.

An dieser Stelle sei erwähnt, daß allein im Bereich eines größeren Versorgungsunternehmens in der Zeit von 1972 bis heute ca. 15 000 Hausanschlußstutzen in den Größen 1 1/2" bis 3" angeschweißt worden sind.

Aufgrund dieser Zahlen ist einsichtig, daß das Stadium des Versuchens und Findens von geeigneten Möglichkeiten zum Schweißen von duktilem Gußeisen längst vorbei ist, und daß in dem speziellen Fall des Anschweißens von Hausanschlußstutzen die verantwortlichen Schweißaufsichtspersonen nach der Möglichkeit einer allgemein gültigen Sicherung der Güte von Schweißverbindungen im Bereich „Duktilen Gußeisen“ rufen.

Hintergründe für diese Maßnahmen sind im wesentlichen folgende:

- Die verantwortliche Schweißaufsichtsperson will vor allem belegbar nachweisen können, daß sowohl die Schweißaufsichtsperson als auch der Schweißer die nötigen praktischen und theoretischen Kenntnisse haben, um sachgerechte, den Anforderungen entsprechende Schweißnähte ausführen zu können.
- Für Subunternehmer gibt es derzeit keine Möglichkeit, ihren Auftraggebern einen abgesicherten Nachweis über die Möglichkeiten des eigenen Betriebes zur

derartigen Fertigung vorzulegen. Daher ist das Schweißen an duktilen Gußrohren bisher fast ausschließlich von den großen Versorgungsunternehmen selbst durchgeführt worden.

- Bei Neueinstellungen (z. B. von Schweißern) erleichtert ein Nachweis bezüglich der Ausbildung und Qualifikation der in Frage kommenden Personen die Entscheidung.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß eine Sicherung der Güte von Schweißarbeiten neben den geeigneten Werkstätten mit Einrichtung und Maschinen auch qualifizierte

- Schweißaufsichtspersonen und
- Schweißer

erfordert.

Beide müssen ausgebildet und geprüft sein, wenn sie ihre Qualifikation allgemeingültig nachweisen wollen.

2. Ausbildung und Prüfung von Schweißaufsichtspersonen

Neben der zwingend notwendigen Handfertigkeit des Schweißers ist gerade im Bereich des Schweißens von duktilem Gußeisen ein umfangreiches fachtheoretisches Wissen und die Berücksichtigung der daraus für das Schweißen entstehenden Forderungen von eminenter Wichtigkeit.

Bezüglich der Ausbildung und Prüfung einer solchen Schweißaufsichtsperson ist ein Vorschlag von Pahl [1] aufzugreifen, der diese Problematik allerdings aus der allgemeinen Sicht des Gußeisenschweißens behandelt (siehe Bild 1).

Für den speziellen Bereich des Einsatzgebietes „Gas- und Wasserleitungen aus duktilem Gußeisen“ wird die Schweißaufsichtsperson in der Regel aus dem Bereich der Schweißfachingenieure (SFI), Schweißtechniker (ST) bzw. Schweißfachmänner (SFM) kommen, da von den betreffenden Firmen auch Stahlrohrleitungen, Behälter usw. verarbeitet werden. Zusätzlich zu ihrem vorhandenen Fachwissen müssen diese Zusatzkenntnisse in den Bereichen

- I Gußeisenwerkstoffe
 - III Schweißen von Gußeisenwerkstoffen
- vermittelt bekommen.

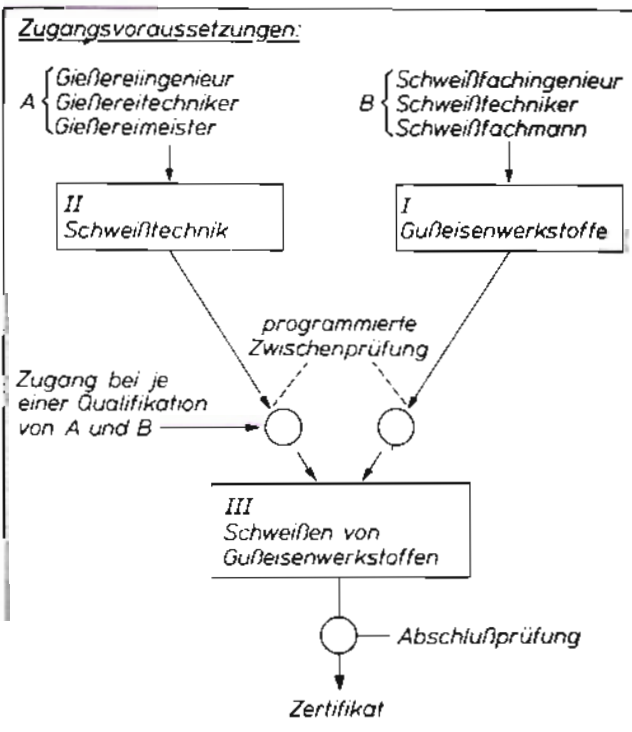
Im Bereich III sind die wesentlichen Gebiete

- Schweißverfahren und Technologie
- Schweißzusatz- und -hilfsstoffe
- Schweißnahtvorbereitung

- Ausführung der Schweißarbeiten
 - Schweißnahtprüfung und Fehlerbeurteilung
- speziell auf die Gußeisenwerkstoffe abgestimmt zu behandeln.

Feinziele und damit Lehrgangsdauer sind in Vorbereitung. Hier muß ein zwischen den Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalten (SLVen), dem Verein Deutscher Gießereifachleute (VDG) und den Anwendern abgestimmter Entwurf der Ausbildungsinhalte recht bald verabschiedet werden.

Insgesamt zeichnet sich ein Sonderlehrgang für Schweißaufsichtspersonen für das „Schweißen von Gußeisen“ ähnlich der Ausbildung für DIN 4099 „Schweißen an Betonstahl“ oder der Zusatzausbildung SFI-Aluminium ab.



Zugangsvoraussetzungen, Lehrgangs- Aufbau und -Ziel für die Ausbildung von Schweißaufsichtskräften "Gußeisenwerkstoffe" (Planung DVS)

3. Ausbildung und Prüfung von Schweißern

Die Ausbildung der Schweißer für Arbeiten an duktilen Gußrohren erfolgte bisher im wesentlichen bei den Anwendern selbst oder bei den Gußrohrherstellern.

Das Prüfen der Schweißer wurde — wenn überhaupt — an individuell festgelegten Prüfstücken mit ebenfalls jeweils festgelegten Prüfkriterien vorgenommen.

Weder für die Ausbildung noch für die Prüfung gibt es also bisher Durchführungsrichtlinien. Dem mittlerweile großen Einsatz muß aber durch Einführung einer allgemeinen Prüfrichtlinie Rechnung getragen werden.

Aus dieser Erkenntnis heraus hat ein Gremium, bestehend aus Mitarbeitern der

- Gußrohrhersteller
- Versorgungsunternehmen
- Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalten
- Rohrleitungsbauunternehmen,

in einem ad hoc-Arbeitskreis dieses Problem aufgenommen und Entwürfe von Arbeitsblättern zum Thema „Schweißen an Rohren und Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen für die Gas- und Wasserversorgung“ erarbeitet.

Dabei handelt es sich um die Entwürfe

FGR 55 Blatt 1 „Allgemeine Anleitung“

FGR 55 Blatt 2 „Anschweißen von Stützen und Abgängen“

FGR 55 Blatt 3 „Aufschweißen von Mauerflanschen“

FGR 55 Blatt 4 „Aufschweißen von Stahlteilen“

und den Entwurf

FGR 57 „Prüfung von Schweißern“.

Diese Entwürfe sollen in ihrer endgültigen Form als DVS-Richtlinien oder -Merkblätter erscheinen und nach Bewährung evtl. später als Norm eingeführt werden.

Der Entwurf FGR 57 „Schweißen an Rohren und Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen für die Gas- und Wasserversorgung — Prüfung von Schweißern“ lehnt sich allgemein an die bewährte DIN 8560 „Prüfung von Stahlschweißern“ an.

Es sind natürlich die notwendigen Belange des Gußeisenschweißens berücksichtigt worden. So ist im wesentlichen vorgesehen, die Prüfung in einen praktischen und fachkundlichen Teil zu gliedern, wobei als Eingangsvoraussetzung zur Prüfung eine entsprechende Schulung, z. B. durch die SLVen, gefordert wird.

3.1 Fachkundliche Prüfung

Im fachkundlichen Teil der Prüfung sind Kenntnisse über das Schweißverhalten von duktilem Gußeisen sowie allgemeine Grundkenntnisse über den Werkstoff „duktiler Gußeisen“ nachzuweisen. Ebenso sind Kenntnisse über die praktischen Arbeitsregeln nachzuweisen.

Die Fragestellung soll die folgenden Sachgebiete einschließen:

- Verhüten von Unfällen und Brandschäden (UVV, VBG 15) [2]
- Handhaben der Schweißgeräte und -maschinen
- Sachgemäßes Vorbereiten der Werkstücke zum Schweißen
- Vermeiden und Beseitigen von Fehlern beim Herstellen der Schweißnähte
- Einfluß von Lichtbogenlänge, Stromstärke, Schlackenföhrung, Blaswirkung und Polung
- Verarbeitungsregeln für duktiler Gußeisen und Nickel-Eisen-Elektroden
- Bedeutung der genormten Schweißzeichen und -sinnbilder des Arbeitsbereiches.

3.2 Praktische Prüfung

An der Festlegung des Prüfstückes, des Prüfumfanges und der Prüfkriterien wird derzeit intensiv gearbeitet. Hier kann nur berichtet werden, daß aus der Situation heraus — es kann auf keine allgemein verwertbaren Basisuntersuchungen zurückgegriffen werden — derzeit die systematische Untersuchung von 180 Schweißproben läuft und allererste aufschlußreiche Erkenntnisse, z. B. bezüglich Abgrenzung der Schweißparameter und Entstehung von Unternahrissen vorliegen.

Die Auswertung des Zwischenergebnisses aus dieser Probenreihe hat weitere Untersuchungen nach sich gezogen, so daß über die endgültige Form des Prüfstückes derzeit noch nicht berichtet werden kann.

Es ist allen Beteiligten besonders wichtig, daß mit dieser Richtlinie nicht nur den Forderungen der Praxis möglichst schnell Rechnung getragen wird, sondern daß darüber hinaus die dort getroffenen Festlegungen (wie z. B. Prüfstücke und die daran zu knüpfenden Anforderungen) sinnvoll sind, keine unnötige Verkomplizierung bringen und auch technisch abgesichert sind.

Es ist deshalb notwendig, daß möglichst viele Untersuchungsergebnisse mit in die Festlegung der Prüfkriterien eingehen. Die Bitte des Arbeitskreises richtet sich an die Stellen, die noch unveröffentlichte Untersuchungen vorliegen haben, diese zur ergänzenden Auswertung zur Verfügung zu stellen, damit eine Prüfrichtlinie aus der Praxis für die Praxis entsteht.

4. Zusammenfassung

Es wurden für den Bereich des Schweißens an duktilen Gußrohren

a) die Grundlagen zur Forderung von Gütesicherungsmaßnahmen,

b) Vorschläge für die Ausbildung und Prüfung von Schweißaufsichtspersonen sowie

c) Vorschläge für die Ausbildung und Prüfung von Schweißern

beschrieben.

Nur eine sinnvolle Ausbildung und Prüfung von Schweißaufsichtspersonen und Schweißern kann Basis dafür sein, daß das Ziel einer Sicherung der Güte von Schweißverbindungen im Bereich „Duktiles Gußeisen“ im Sinne der Hersteller, Überwacher und Verbraucher ohne zu großen laufenden Kosten- und Zeitaufwand vorgenommen werden kann. Damit ist das weitere Problem der laufenden Überwachung von Schweißarbeiten angesprochen. Je besser jedoch die Basis — also Ausbildung und Wissensstand — ist, desto geringer kann die Überwachung sein. Letztlich steht die Herstellung aller Produkte unter dem Motto: „Qualität kann man nicht erprüfen — Qualität muß man erzeugen.“

Schrifttum

- [1] Pahl, E.
Schweißen von Eisen — Kohlenstoff — Gußwerkstoffen
DVS-Berichte 50, S. 119—125
Schweißen und Schneiden 1978 Fortschritt und Qualität
- [2] Unfallverhütungsvorschrift
„Schweißen, Schneiden und verwandte Arbeitsverfahren“
Carl Heymanns Verlag KG, Köln

Mit Korrosionsschutz durch die Elbmarsch

Von Rolf Bielecki

Nach fast 100 Jahren örtlicher Abwasserbeseitigung stellten Baufirmen des Hamburger Siedlbaues durch eine rd. 2 km lange Druckrohrleitung DN 1000 den Anschluß des Bergedorfer Siedlernetzes an die Zuführungssiele zum Hauptklärwerk Köhlbrandhöft her.

Die Freie und Hansestadt Hamburg (FHH) ergänzt z. Z. ihr vor rd. 140 Jahren vom englischen Ingenieur William Lindley begonnenes und heute schon fast 4 500 km langes Siedlernetz durch den Bau von großen überregionalen Transportleitungen, sog. **Sammlern**. Haupt- und Nebensammler werden ein zentral zu steuerndes System bilden, in welchem das Abwasser aus den Hamburger Stadtteilen Harburg und Wilhelmsburg und aus nördlich der Elbe gelegenen Stadt- und Stadtrandgebieten — unter Umgehung des alten, stark überlasteten innerstädtischen Mischwassersiedlernetzes — direkt den zur Elbe hin entwässernden Großklärwerken Köhlbrandhöft und Stellingner Moor sowie später auch Dradenau zufließt.

Der vorliegende Bericht befaßt sich mit dem Bau des **Nebensammlers Bergedorf Ost** (NBO), der nach seiner Inbetriebnahme im Jahre 1980 das Abwasser aus dem Bergedorfer Raum — einschl. der hier angrenzenden außerhamburgischen Stadtrandgemeinden — zum rd. 9 km langen Nebensammler Bergedorf West transportiert. Von hier fließt das Abwasser zunächst über ein Pumpwerk und später im Freigefälle den Sammlern Ost und Wilhelmsburg und damit dem Klärwerk Köhlbrandhöft zu. Ziel dieser Maßnahme ist eine durchgreifende Sanierung der heutigen abwassertechnischen Situation im Raum Bergedorf. Die örtlichen, meist „nur wenig durchströmten“ Gewässer, insbesondere der Schleusen-graben, die bis jetzt als Vorfluter für das biologisch geklärte Abwasser, aber auch für die Überläufe des Mischwasser-Siedlernetzes in Bergedorf dienen, werden zukünftig entlastet. Aus abwassertechnischen Gründen ausgesprochene bauliche Restriktionen können aufgehoben werden.

Der NBO ist eine 1 945 m lange **Druckrohrleitung DN 1000** mit einem Pumpwerk auf dem vorhandenen Klärwerk Bergedorf. Die Druckrohrleitung verbindet diesen zentralen Abwassersammelpunkt des Raumes Bergedorf am Curslacker Neuer Deich mit dem Hoch- und Endpunkt des Nebensammlers Bergedorf West DN 2000 (und 2600) in der Straße Oberer Landweg. Von hier fließt das Abwasser durch das neue Sammlersystem rd. 22 km im freien Gefälle bis hin zum Großklärwerk Köhlbrandhöft. Das auf dem Klärwerk Bergedorf vorhandene Pumpwerk mit einer Förderleistung von 350 l/s wird entsprechend den neuen Erfordernissen umgebaut und die Kläranlage stillgelegt. — Fischzüchter interessieren sich bereits heute für die

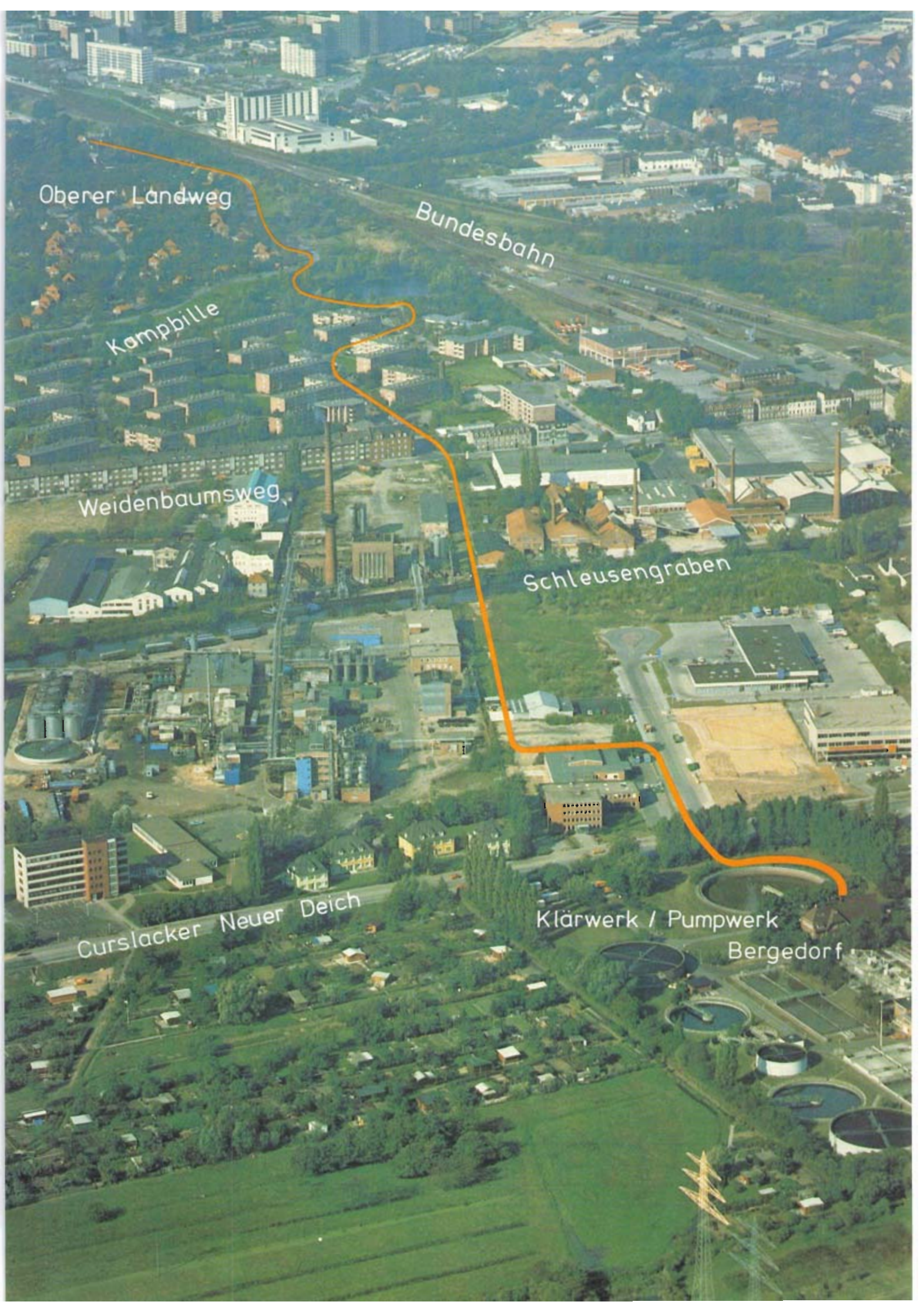
von der Stadtentwässerung nicht mehr benötigten Klärbecken. —

Die Bewältigung der Bauaufgabe — Herstellung einer rd. 2 km langen Pipeline DN 1000 — mit Lösung aller technischen Details und Wahl der Baustoffe stellte ein komplexes taktisches Problem dar, das nur in Zusammenarbeit zwischen der technischen Verwaltung der FHH und der Bauwirtschaft unter intensiver Einschaltung der Rohrindustrie optimal gelöst werden konnte. Für die Aufstellung des ausschreibungsreifen Bauentwurfes wurde von der FHH ein Ingenieurbüro eingeschaltet. Vorgegeben war die Ausführung des NBO als Druckrohrleitung, da die topographischen Gegebenheiten der flachen Elbmarsch eine weitere Verlängerung des ohnehin schon langen Freigefälle-Vorflutweges nicht mehr zuließen. Die **Trassierung** der Druckrohrleitung hatte sich weitgehend nach den örtlichen Gegebenheiten, den Straßen- und Grundstücksverhältnissen, zu richten.

Im Bild 1 stellt sich die eingezeichnete Trassenführung nur infolge der perspektivischen Verzeichnung durch die schräge Aufnahmeposition des Luftbildes als „Schlangelinie“ dar; in Wirklichkeit ist die tatsächliche Trasse gestreckter und nur rd. 11 % länger als die ideale Trasse, die Luftlinie.

Bei der Entwurfsbearbeitung wurde angestrebt, die Druckrohrleitung über dem Grundwasserspiegel so flach wie möglich, mindestens frostfrei, nämlich mit 0,80 m **Erdüberdeckung** zu verlegen. Das war jedoch nur im Bereich des Klärwerkes und in einem Teil der Straße Wehrdeich möglich. In den übrigen Bereichen wurde die Tiefenlage bestimmt durch zu unterfahrende oder in paralleler Lage in ungünstiger Tiefe liegende, kostspielig umzubauende Ver- und Entsorgungsleitungen mit Hausanschlüssen, z. B. in den Straßen Curslacker Neuer Deich, Lehfeld, Weidenbaumsweg, Wiesnerring und Wehrdeich, durch die geplanten Gewässersohlen des Schleusengrabens und der Kampbille sowie durch die Notwendigkeit, im westlichen Teil der Straße Wehrdeich eine Druckentwässerungsleitung DN 100 bzw. ein Schmutzwassersiel DN 250 über der Druckrohrleitung anzuordnen. Die Erdüberdeckung der Druckrohrleitung

Bild 1: Trassenführung



Oberer Landweg

Bundesbahn

Kampbille

Weidenbaumsweg

Schleusengraben

Curslacker Neuer Deich

Klärwerk / Pumpwerk

Bergedorf

variiert daher entsprechend dem dargestellten Längenschnitt auf Bild 2 zwischen min. 0,80 m und max. 5,50 m. Zur Feststellung der **Baugrundverhältnisse** sind entlang der geplanten Leitungsstrasse 27 Aufschlußbohrungen niedergebracht worden, aus denen auch Grundwasserproben entnommen wurden. Da außerdem diverse Altbohrungen von benachbarten baulichen Maßnahmen vorhanden waren, standen für die Beurteilung des Baugrundes mindestens alle 80 bis 100 m Baugrundaufschlüsse zur Verfügung. Danach befinden sich in der Gründungssohle der Druckrohrleitung festgelagerte Fein- und Mittelsande — oft durchzogen von Kleistreifen — aber auch steife und weiche Kleischichten unter und neben der Leitung. Torfschichten wurden lediglich unmittelbar neben der Kampbille im Bereich der Leitungszone erbohrt. Die Grundwasserstände liegen im Mittel auf $\pm 0,00$ m NN, die Leitungszonen damit teilweise im Grundwasser. Es sind insgesamt 22 Grundwasserproben entnommen und untersucht worden. Dabei wurde größtenteils schwache bis starke, in einem Falle aber auch sehr starke Aggressivität festgestellt, die im wesentlichen durch den hohen Gehalt an kalkaggressiver Kohlensäure (CO_2) und Sulfat (SO_4), bei einigen Proben zusätzlich durch Ammoniak (NH_3) verursacht wird.

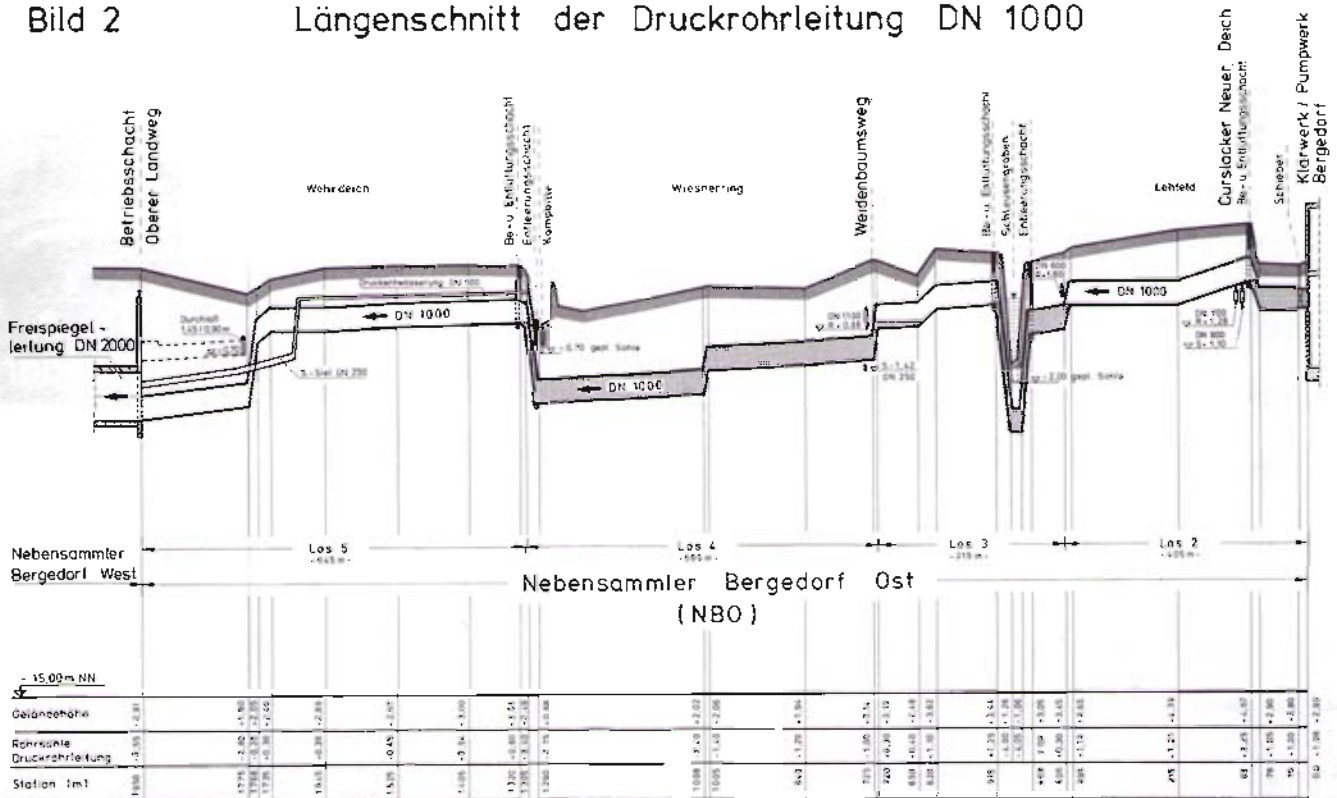
Untersuchungen ergaben, daß bei einer Druckrohrleitung, z. B. aus Stahl oder duktilem Guß, ein **Kathodenschutz** selbst bei der teilweise nahegelegenen elektrifizierten Bahnlinie nur dann auszuführen war, wenn die in steinfreiem Sand zu verlegende, außen zu isolierende Leitung nicht in regelmäßigen Abständen, z. B. durch Gummiringe in Rohrverbindungen, unterbrochen wird.

Die Druckrohrleitung tritt mit der Sohlenordinate + 1,08 m NN aus dem Pumpwerk Bergedorf aus, erreicht ihren

Höchstpunkt mit + 2,25 m NN nach etwa 80 m hinter dem Pumpwerk und mündet mit - 3,55 m NN sohlengleich in den Nebensammler Bergedorf West ein. Diese Höhenverhältnisse haben zur Folge, daß die 1 945 m lange Druckrohrleitung DN 1000 mit einem Gesamt-Fassungsvermögen von rd. 1 550 m³ in Pumpspausen auf mehr als die Hälfte ihrer Gesamtlänge leerlaufen kann. Es war daher für einen ersten längeren Zeitraum mit intermittierendem Pumpbetrieb zu berücksichtigen, daß über den Stoffwechsel aerober Schwefelbakterien an den Innenwänden dieser Strecken ein **Schwefelsäureangriff** möglich ist. Die Schwefelsäure entsteht hierbei durch eine mikrobiologisch-chemische Oxydation von Schwefelverbindungen in der feucht-warmen Luft der leerlaufenden Leitungstrecken unter Sauerstoffzutritt. Die in Pumpspausen in der Druckrohrleitung verbleibenden rd. 600 m³ Abwasser (siehe schraffierte Streckenabschnitte auf Bild 2) haben in den Nachtstunden eine max. Aufenthaltszeit von etwa einer Stunde.

In den Ausschreibungsunterlagen wurde weiterhin festgelegt, daß die Druckrohrleitung für einen **Nennndruck** PN 6 auszulegen ist. Der **Prüddruck** bei der Abnahme der Leitung sollte 0,4 N/mm² (4 kp/cm²) betragen. Dieser Wert sollte auch für die Bemessung der Krümmersicherungen maßgebend sein, an den Tiefpunkten der Druckrohrleitung wurden als Entleerungsmöglichkeiten Beta-Ovalschieber DN 200 für PN 10 mit innenliegendem Spindelgewinde und mit einem Kupplungsstück DN 100 zum Anschluß eines A-Schlauches sowie an den Hochpunkten Be- und Entlüftungsventile für PN 10 vorgesehen. Diese **Einrichtungen**, immer zusammen mit einer Reinigungsöffnung DN 600, befinden sich in entsprechend konstruierten Schächten. Weitere erdverlegte Reinigungsöffnungen wurden an Knickpunkten der Leitung

Bild 2 Längenschnitt der Druckrohrleitung DN 1000



und etwa in Abständen von 120 m angeordnet. Der Be- und Entlüftungsschacht am Curslacker Neuer Deich wurde so ausgelegt, daß hier später bei Bedarf eine Sauerstoff-Begasungsanlage eingebaut werden kann.

Dem vorhandenen Pumpwerk auf dem Klärwerk Bergedorf sind ein Sandfang und ein Rechen vorgeschaltet, die beide zunächst in Betrieb bleiben. Das Pumpwerk soll nach dem Umbau möglichst so betrieben werden, daß eine Wassermenge von min. 600 l/s bei einer Fließgeschwindigkeit in der Druckrohrleitung von 0,76 m/s transportiert wird. Werden gleichzeitig alle zu installierenden 5 Einschaufelradpumpen eingeschaltet, beträgt die maximale **Förderleistung des umgebauten Pumpwerkes** 1300 l/s bei einer Fließgeschwindigkeit von 1,65 m/s in der Druckrohrleitung. Die für diesen Maximalbetrieb erforderlichen Abwassermengen können bereits heute, z.B. zum Spülen der Druckrohrleitung, durch einen größeren Aufstau in den Zulaufleitungen und im Pumpbrunnen bereitgestellt werden. Nach heutigen Vorausberechnungen wird der Abwasseranfall am Pumpwerk Bergedorf ansteigen, und zwar bis zum Jahre 2000 auf ca. 1000 l/s und bis zum Jahre 1080 auf ca. 1800 l/s. Um die letztgenannte Abwassermenge fördern zu können, muß später ein neues Pumpwerk gebaut werden. Die Druckrohrleitung kann eine solche Wassermenge noch bei vertretbarem Energieaufwand bewältigen.

Die Ausschreibung der Bauarbeiten — untergliedert in 4 Baulose — erfolgte als **Ideenwettbewerb** mit dem Angebot der Lieferung aller Baumaterialien vom Auftragnehmer (keine Materialbeistellung). Dies geschah, um einerseits den Bietern die Möglichkeit zu geben, für die konstruktive Lösung und die Bauablaufplanung neu entwickelte, rationelle Fertigungsmethoden, ihre technischen Erfahrungen und Kenntnisse sowie die Erfordernisse der Bauausführung optimal anbieten zu können, und andererseits

eine eindeutige Gewährleistungsregelung (5 Jahre) zu erhalten. Die Ausschreibungsunterlagen bestanden aus rd. 100 Seiten Vorbemerkungen und 32 Blatt Zeichnungen. In den Vorbemerkungen waren entsprechend der Firmenstruktur der meist mittelständischen Bieter sehr weitgehend detaillierte Rahmenbedingungen festgelegt, die die Firmen bei ihren Angeboten und bei der von ihnen anzufertigenden Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis zu beachten hatten. Es war den Bietern für ihre Angebote freigestellt, welche Bauverfahren und -materialien sie zur Herstellung der Druckrohrleitung DN 1000 im Rahmen der Ausschreibungsbedingungen wählten. Im übrigen waren ihnen durch die Inanspruchnahme von vorwiegend stadteigenen Bauflächen und durch die vielen vorhandenen Versorgungsleitungen Trasse, Tiefenlage und Gefälle der herzustellenden Rohrleitung sowie Lage und Konstruktion der Kontrollschächte und Sonderbauwerke durch Entwurfszeichnungen und Darstellungen technischer Details vorgegeben. In den Rahmenbedingungen der Ausschreibung wurde besonders darauf hingewiesen, daß die Druckrohrleitung intermittierend und zeitweise auf Teilstrecken nur mit Teilfüllung betrieben wird oder streckenweise ganz leerlaufen kann, was die Entwicklung von hochaggressiven Siededämpfen und Kondensatbildungen begünstigt. Es waren besondere Maßnahmen anzubieten und zu beschreiben, die den Schutz des gewählten Rohrmaterials und des Betons der Bauwerke an den Außen- und Innenflächen berücksichtigen und garantieren. Den Bietern war es im übrigen freigestellt, sämtliche oder auch nur einzelne Lose anzubieten, oder Alternativvorschläge bzw. von den Rahmenbedingungen abweichende Sonderangebote einzureichen.

Zum Einreichtermin gingen von 4 Einzelfirmen und 2 Bietergemeinschaften insgesamt 35 Angebote ein, davon 14 Hauptangebote, 20 Alternativvorschläge sowie ein Sonderangebot. Von einigen Bietern wurden noch weitere Varianten im Rohrmaterial und Preisnachlässe für den Fall der Vergabe mehrerer Lose an einen Bieter angegeben. Die Auflistung des preislichen **Ausschreibungsergebnisses** zeigte an der großen Bandbreite der Angebotssummen, die — bei Betrachtung der einzelnen Lose — bis zu rd. 130% betrug, daß die Bieter den Schwierigkeitsgrad der Baumaßnahme sehr unterschiedlich bewertet haben. Das gleiche zeigte sich an den angebotenen Bauzeiten, die ähnliche Differenzen aufwiesen, wobei verständlicherweise durchweg mit steigendem Angebotspreis auch die Bauzeit anstieg.

Als Rohrmaterial für die Druckrohrleitung wurde mit annähernd gleicher Häufigkeit duktiles Gußeisen (15 x) und Spannbeton (14 x), gefolgt von Stahlbeton (7 x) angeboten. Zwei weitere Angebote, die sich jedoch nur auf eine 190 m lange Teilstrecke bezogen, beinhalteten Asbestzementrohre bzw. Polyäthylen-Hartrohre. Für die Innen- und Außenisolierung sahen die Angebote verschiedene Kunstharzbeschichtungen und für die Innenisolierung von Betonrohren auch teilweise PVC-Folien vor. Als Bauverfahren hatten die Bieter überwiegend teils verbaute, teils geböschte Baugruben mit offener oder Vakuumwasserhaltung vorgeschlagen, jedoch auch Spundwandbaugruben mit Unterwasserbeton- oder Injektionssohlen zur Vermeidung von Grundwasserabsenkungen sowie für eine Teilstrecke den Mini-Tunnel. Nur letzterer konnte hier aus preislichen Gründen nicht in Auftrag gegeben werden. Die Vielfalt der eingereichten

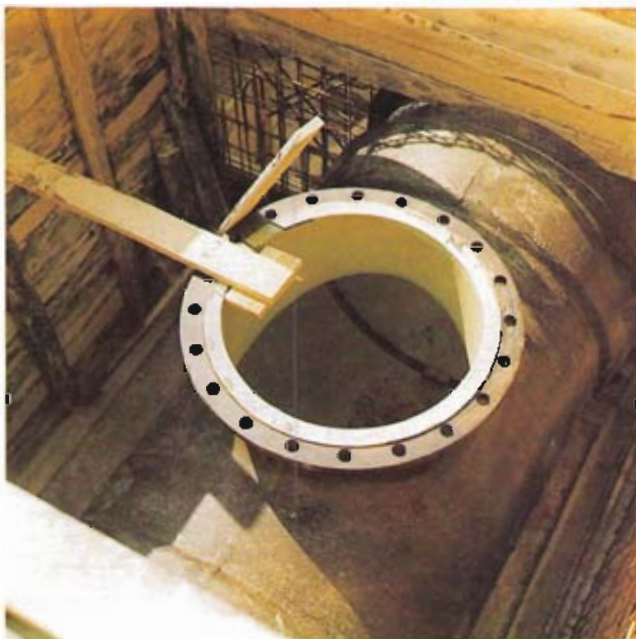


Bild 3: Einbau eines MMA-Stückes aus duktilem Gußeisen als Reinigungsöffnung in einem Be- und Entlüftungsschacht



Bild 4: Übergang Spannbeton-/duktile Gußrohre mit einem EU-Stück

Angebote hatte eine intensive Vergabephase zur Folge, in der mit allen in die engere Wahl einbezogenen Bietern Verhandlungen über technische Details ihrer Angebote geführt wurden. Zur ordnungsgemäßen Durchführbarkeit der angebotenen Bauverfahren waren dabei kleinere Änderungen erforderlich.

In **Auftrag** gegeben wurden für die Lose 2, 3 und 5, Strecken mit wechselnden Bodenverhältnissen und aggressivem Grundwasser, 1360 m Leitung DN 1000 in Druckrohren aus duktilem Gußeisen nach DIN 28 600 mit 15 mm Wandstärke und TYTON-Muffe. Für den Korrosionsschutz waren diese Rohre aus wasserdichtem Material innen mit einer Beschichtung und außen mit einem besonderen Überzug zu versehen. Im Los 4, in dem die Rohrleitung normalerweise mit Abwasser gefüllt ist, wurde die Ausführung in unisolierten Spannbetonrohren, System Sentab, in Auftrag gegeben. Da die duktilen Gußrohre und auch die Spannbetonrohre einschließlich aller Formstücke einen Nenndruck von PN 10 und damit auch eine erhöhte Leistungskapazität der Druckrohrleitung zulassen, wurde abweichend von der Ausschreibung der Prüfdruck, der auch für die Bemessung der teilweise aus Stahlbeton B 25 hergestellten Krümmersicherungen maßgebend ist, auf 0,7 N/mm² erhöht. Die Ausbildung der Rohraufleger der duktilen Gußrohre DN 1000 erfolgte in Anpassung an die wechselnden Bodenverhältnisse und Auflasten unterschiedlich. Auf einem Teil der Baustrecke mußte aufgrund extrem schlechter Bodenverhältnisse (Aufschüttung, Schuttkippe) Bodenaustausch unterhalb der Rohrsohle durch Beton B 5 vorgenommen werden,

auf anderen Teilstrecken mit Weichschichten im Bereich der Leitungszone wurde bis 30 cm über dem Rohrscheitel die Baugrube mit Bodenmörtel (70 kg Zement/m³ Boden) verfüllt. Bei Verfüllung mit Sand ist dieser bis zu 20 cm unter Rohrsohle steinfrei.

Beim NBO wurden damit erstmalig in Deutschland bei einer Abwasserdruckrohrleitung die Innenwandflächen der aus duktilem Gußeisen bestehenden Rohre und Formstücke mit einer lösungsmittelfreien **Epoxidharzbeschichtung** in einer Schichtdicke von mindestens 600 µm über den Spitzen der gestrahlten gußeisernen Oberfläche versehen. Die Muffeninnenflächen und die vom Transportmedium berührten Außenseiten des Einsteckendes der Rohre werden dabei ebenfalls beschichtet. Die Schichtdicke beträgt hier ca. 400 µm. Die Forderungen, die an einen solchen inneren Korrosionsschutz gestellt werden, sind z. B.:

- Beständigkeit gegen Säuren und Laugen,
- Beständigkeit gegen Lösungsmittel,
- Beständigkeit gegen Bakterien,
- Sichere Haftung auf dem Untergrund, Gasdichtheit, mechanische Beständigkeit und Elastizität,
- Lösungsmittelfreiheit zur Vermeidung von osmotischen Drücken,
- Applizierbarkeit in hohen Schichtdicken.

Die Beständigkeit des Beschichtungsmaterials gegen hohe Salzkonzentrationen des Abwassers, gegen Laugen und Säuren, insbesondere Schwefelsäure, wurde durch mehrjährige Versuche in synthetischem Abwasser nachgewiesen, ebenso die Beständigkeit gegen Lösungsmittel und Bakterien. Bei der Gitterschnittprüfung über die Haftfähigkeit wurde mindestens der Wert Gt1 nach DIN 53 151, Ausgabe Dezember 1970, erreicht. Die Be-



Bild 5: Spritzen der Beschichtung in das sich drehende Rohr

schichtung ist bei der vorhandenen Schichtdicke von 600 bis 800 μm porenfrei bei einer Prüfspannung von 5 kV. Der spezifische Beschichtungswiderstand beträgt mehr als $10^8 \Omega \cdot \text{m}^2$. Zur mechanischen Beständigkeit ist festzustellen, daß die Eindringtiefe bei einer Stempelfläche von $2,5 \text{ mm}^2$, einer Belastung von 10 N/mm^2 und einer Temperatur von 90° C nach 24 h weniger als 0,1 mm beträgt. Die Schlagfestigkeit wurde durch Fallprüfungen ermittelt. Bei 10 Nm Schlagarbeit, einer Fallhöhe von 1 m und einer Temperatur von 23° C war die Auftreffstelle porenfrei. Hierbei erfolgte die Porenprüfung mit der vorstehend angegebenen Hochspannung von 5 kV.

Vor der Aufbringung der Innenbeschichtung werden die Rohrinnenflächen der duktilen Gußrohre mittels Stahlstrahlen entsprechend dem Reinheitsgrad Sa 2 1/2 der DIN 55 928, Ausgabe Januar 1977 (SA 2,5 der schwedischen Norm SIS 05 59 00), vorbereitet. Um die für das luftlose Spritzverfahren erforderliche Sprühviskosität zu erhalten, wird der flüssige Kunststoff zunächst auf ca. 70° C erhitzt. Sodann werden Stammkomponente und der dazugehörige Härter in der vorgeschriebenen Dosie-



Bild 7: Abladen korrosionsgeschützter Rohre aus duktilem Gußeisen



Bild 6: Isolierung einer zugfesten Rohrverbindung des Dükers DN1000 mit einer mehrschichtigen Kunststoffbinde

rung mittels einer Heiß-Airless-Zweikomponenten-Spritzanlage der Sprühpistole zugeführt. Die Mischung der beiden Komponenten — „Stamm“ und „Härter“ — erfolgt wegen der sehr kurzen Reaktionszeit des erwärmten Epoxidharzes unmittelbar vor der Sprühpistole. Um in der Grenzschicht zwischen Epoxidharzmaterial und der Rohrinnenwandung keine Kondensatbildung zu erhalten (abhängig vom jeweiligen Taupunkt), wurden die Rohre durch Beflammen von außen auf die Temperatur des Epoxidharzes gebracht. Zur Sicherstellung der Porenfreiheit der in einem Arbeitsgang hergestellten Beschichtung wird nach deren Aushärtung die Beschichtungsfläche mit einem Hochspannungsprüfgerät „abgefunkt“, und es werden vereinzelt vorhandene Poren nachgebessert.

Erst nach Aufbringung der Innenisolierung mit Beflammen der Rohre von außen kann der äußere Rohrschutz — in diesem Falle ein **Synoplastüberzug** — hergestellt werden. Dieser wurde beim NBO wegen der starken Aggres-

sivität des Baugrundes notwendig. Der Synoplast ist ein mit Mikroasbest gefülltes Teersonderpech, das durch Modifikation eine für dieses Material breite Spreizung des Bereiches zwischen Erweichungspunkt und Brechpunkt erhalten hat. Der Erweichungspunkt beträgt $75\text{—}80^\circ \text{ C}$ und der Brechpunkt -6° C . Das Material wird wie der Innenschutz werkseitig im erwärmten Zustand flüssig auf die sich drehenden Rohre aufgetragen. Die Schichtdicke beträgt 3 mm. Bei der Beschichtung bleiben die Muffenvorderkante und das Einsteckende frei von der Synoplastumhüllung. Beim Verlegen der Rohre werden nach Herstellung der Muffenverbindung diese durch Auflegen und Aufspachteln warm zu verarbeitender Bitumen- bzw. Kunststoffbinden geschützt und somit der Korrosions-



Bild 8: Aufbau der Schleusengraben-Düker DN 500 und DN 1000 in einem Montagegerüst

schutzmantel geschlossen. Seit Anfang 1979 stellt das Lieferwerk für Gußrohre einen neu entwickelten Schutzüberzug aus PE her, der Vorteile beim Transport, bei der Lagerung und Verlegung aufweist.

Eine **Ausbesserung der Schutzüberzüge**, insbesondere der Epoxidharzbeschichtung, auf der Baustelle ist aufwendig. Bereits beim Transport zur Baustelle müssen daher das Spitzende jedes Rohres mit Schaumstoff abgepolstert und die Rohre auf ausgekehrten Holzbalken aufgelagert werden. Für das Abladen, Zwischenlagern, Verstrecken und Verlegen der Rohre und Formstücke im Rohrgraben sowie für die Ausbesserung von beschädigten Isolierungen gibt es vom Lieferwerk aufgestellte Vorschriften bzw. Arbeitsanleitungen, und es werden örtliche Einweisungen vorgenommen. So dürfen z. B. die Rohre nur mit mindestens 200 mm breiten Gurten abgeladen werden. Bei der Verlegung muß die Einstecktiefe exakt mittig zwischen zwei Markierungsstrichen am Rohrspitzende liegen. Vor einer Ausbesserung der Schutzisolierung muß der Rohruntergrund sorgfältig vorbehandelt werden, und es dürfen z. B. Witterungseinflüsse sich nicht nachteilig auf die Ausbesserungsarbeiten auswirken können.



Bild 9: Absenken des Dükers DN 1000 in eine Baggergrube

Für den Korrosionsschutz bleibt noch zu erwähnen, daß alle **Schrauben** z. B. bei den Rohrreinigungskästen und für alle anderen Flansche aus V4A-Stahl bestehen.

Besondere Beachtung müssen die Baufirmen der Bestellung der isolierten Rohre beim Lieferwerk schenken. Die normalen Rohrlängen variieren fertigungsbedingt zwischen 5,50 m und 6,00 m. Nach Auftragsvergabe ist es unbedingt notwendig, zunächst einen nach örtlichem Aufmaß aufgestellten und nach Koordinaten eingerechneten **Absteckplan** zu erstellen und möglichst erst die gefertigten Rohr- und Paßlängen sowie Formstücke und Generalrohre (Doppelspitzendrohre) diesem Plan zuzu-

ordnen, um die notwendigen Schnitte und aufwendigen Nachisolierungen so gering wie möglich zu halten. Das Öffnen der Baugrube sollte hierauf zeitlich abgestimmt werden.

Beim Bau des Druckrohrleitungsdükers DN 1000 durch den Schleusenkanal wurde auch der Düker eines Schmutzwassersieles DN 500 aus duktilem Gußeisen mit eingebaut. Zur Verminderung von aufwendigen Betonfundamenten, vor allem an den sog. Luftbögen, wurden bei beiden **Dükern** die bekannten längskraftschlüssigen TYTON-Verbindungen eingesetzt. Bei dieser Verbindung werden die auftretenden Axialkräfte einzeln abgefangen. Die Kräfte werden von der Muffe über eine Vorsatzkammer auf einen Haltering übertragen, der seinerseits seine Kräfte auf eine am Spitzende aufgebrachte Schweißbraupe weitergibt. Die Düker wurden für das Einheben auf Land aufgebaut und hier einer Druckprobe unterzogen.

Danach wurden die einzelnen Verbindungen der Rohrlängen über eine Rahmenkonstruktion mit Zugstangen an Traversen befestigt und die beiden je 40 m langen Rohrstränge einzeln mit einem Autokran mit ca. 30 m Ausladung in die vorbereiteten Dükergräben abgesenkt. Das zur Druckprobe benutzte Wasser wurde beim Düker DN 1000 zur Gewichtsverminderung ausgepumpt und der Strang mit dem Absenken wieder geflutet, um ein Aufschwimmen zu verhindern.



Bild 10: Duktile Gußrohre DN 1000 mit Epoxidharzbeschichtung innen und Synoplastüberzug außen

Zusammenfassend möchte ich auf folgendes hinweisen: Abwasserdruckrohrleitungen werden für einen Betriebszeitraum von mind. 50 Jahren gebaut. Im Rahmen des zur Zeit von der Stadtentwässerung Hamburg betriebenen und vom Bundesminister für Forschung und Technologie unterstützten Forschungsprojektes zur Untersuchung der Entstehung von Korrosion in Abwasserleitungen wird zu gegebener Zeit zu beurteilen sein, ob zukünftig auch unter Berücksichtigung der Veränderung des Abwassers

duktiler Gußrohre, die mit Mörtel unter Verwendung von Sonderzementen ausgekleidet sind, noch im bisherigen Umfang verwendet werden können, aber ob vielmehr häufiger z. B. hochwertige Kunststoffauskleidungen zur Anwendung kommen sollten. Der höhere Preis solcher Auskleidungen kann bei der notwendigen langen Lebensdauer von kommunalen Entwässerungseinrichtungen nicht entscheidend sein. Für eine **Wirtschaftlichkeitsbetrachtung** ist zu berücksichtigen, daß im allgemeinen die Kosten der Baugrube wesentlich höher sind als die Materialkosten der Leitung. Mit groben Zahlen gesehen ist die Druckrohrleitung DN 1000 des NBO ein rd. 10 Mio. DM-Objekt. Davon entfallen auf die Baugrube rd. 70 % und 30 % auf die Rohre (einschl. Verlegung, Druckprüfung und aller Isolierungen). Die ausgeführten hochwertigen Innen- und Außenisolierungen haben hier den Baupreis des mit duktilen Gußrohren hergestellten Teiles der Leitung von 4 360,— DM/m (ohne Isolierung) um 380,— DM/m auf 4 740,— DM/m (mit Isolierung), also um rd. 8 % erhöht. Die Eigenschaften des duktilen Gußrohres im Hinblick auf mechanische Beanspruchungen sind mit der Biegezugfestigkeit von mindestens 300 N/mm², der Längsbiegezugfestigkeit von mindestens 400 N/mm² und der Scheiteldruckfestigkeit von mindestens 550 N/mm² auch für höchste Verkehrsbelastungen, so z. B. unter Eisenbahnen oder Straßen mit schwerem Verkehr, selbst bei geringer Erdüberdeckung der Leitung, ausreichend. Es ist daher sinnvoll und lohnend, sich auch künftig mit der Weiterentwicklung dieses Rohres und seiner Beständigkeit gegen steigende korrosive Angriffe zu befassen. Hierzu wünsche ich allen Beteiligten **GLÜCK AUF!**

Am Bau der Druckrohrleitung DN 1 000 des Nebensammlers Bergedorf Ost waren beteiligt:

Ingenieurbüro

Wilhelmer, Hamburg

Baufirmen

Baumann & Burmeister, Hamburg
Echterhoff, Osnabrück
Franck, Hamburg
Geisler, Hamburg
Schanze, Hamburg
Witt, I. C., Hamburg

Korrosionsschutz innen

Blome, Herne / Sigma Coatings, Mülheim

Bauherr

Freie und Hansestadt Hamburg — Baubehörde
Amt für Ingenieurwesen III,
Stadtentwässerung

Schrifttum

Dintelmann, O.: Duktile Gußrohre für Abwasserdruckleitungen
Gras, W.-D./Weidelt, J.: Vorschriften für die Behandlung von duktilen Druckrohren mit Isolierungen
Thöne, H.: Sonderschutzmaßnahmen zur Auskleidung duktiler Gußrohre
Wolf, A./Imhof, E.: Schubsicherungen für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen

Fotos

Baumann & Burmeister (6, 8)
Blome (5)
Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (3, 7, 10)
Haase (9)
Schanze (4)
Schulze—Alex (Luftbild 1 — freigegeben 2501-79)

Anschrift des Verfassers

Oberbaurat Ingenieur (grad.) Rolf Bielecki,
Baubehörde Hamburg, Stadtentwässerung,
Stadthausbrücke 12, 2000 Hamburg 36

Abwasserleitung am Ammersee – Einsatz duktiler Gußrohre auf Pfählen im Uferbereich

Von Horst Kindler

Die starke Besiedelung der oberbayerischen Seeuferzonen in den letzten Jahrzehnten führte zwangsläufig zu einer verstärkten Verschmutzung der Seen.

Damit ist ihr Wert als Naherholungsraum für die Ballungsgebiete der Großstädte München und Augsburg erheblich vermindert.

Zur Erhaltung der Wassergüte, die für die Erholungssuchenden genau so wichtig ist wie für Flora und Fauna, ist eine Reduzierung der Schadstoffbelastung erforderlich.

Da dieses Problem nur durch den Bau von Kanalisationen und Kläranlagen gelöst werden kann, wurden in jüngster Zeit zunehmend solche Anlagen errichtet.

Planung

Am Ostufer des Ammersees ist der Zweckverband zur Abwasserbeseitigung Ammersee Ost für diese Aufgaben zuständig. Bild 1 zeigt den See und die Uferbereiche kartographisch.

1978 wurde mit dem Bau eines Schmutzwasserkanals (Mischsystem) DN 400 für 62 l/s südlich vom Gemeindegebiet Herrsching nach Wartaweil begonnen. Dieser Kanal soll die Abwässer der langgestreckten Ansiedlung im Uferbereich von Wartaweil sowie der später noch anzuschließenden Orte Fischen und Pähl aufnehmen.

Für den Trassenverlauf standen 3 Möglichkeiten zur Wahl:

- direkt am Seeufer
- in den Seeufergrundstücken der Anlieger
- in der Staatsstraße, die in einer Entfernung bis zu 400 m am Uferhang verläuft.

Aus wirtschaftlichen und juristischen Gründen wählte man die Trasse unmittelbar am Seeufer, das sich im Besitz des Freistaates Bayern befindet.

Bodenuntersuchungen ergaben, daß auf einer Länge von 1 800 m Beckenablagerungen und Seetone von zum Teil breiiger Konsistenz, also nicht tragfähige Böden, vorliegen.

Bei weiteren 2 000 m stellte man Schmelzwassersande, Kiese und Geschiebemergel mit ausreichender Tragfähigkeit fest: Hier war die Wahl des Rohrwerkstoffes unproblematisch, so daß überwiegend kaufmännische Gesichtspunkte den Ausschlag gaben.

Für den nicht tragfähigen Bereich waren dagegen umfangreiche technische Überlegungen notwendig.



Bild 1

Diese führten zu dem Ergebnis, daß ein Grabenaushub bis auf tragfähigen Boden nicht vertretbar war und eine Pfahlgründung vorgesehen werden mußte.

Bei dieser Bauweise wirken durch Erd- und Verkehrslasten zwischen den Pfählen Biegekräfte auf das Rohr ein, deren Größe mit steigendem Auflageabstand linear zunimmt. Es galt also, die Frage zu klären, inwieweit die Rohre diese Kräfte selbst aufnehmen können oder ob eine Entlastung durch eine brückenartige Konstruktion notwendig ist.

Entsprechende Festigkeitsberechnungen bei nichtmetallischen Rohren führten zu einem kostenmäßig nicht vertretbaren geringen Pfahlabstand. Hier käme also nur die Bauweise mit Brücke in Frage.

Diese Gegebenheiten führten zu der Überlegung, duktile Gußrohre zu verwenden.

Duktile Gußrohre DN 400 bieten eine hohe Sicherheit gegenüber den auftretenden Kräften und ermöglichen einen wirtschaftlichen Pfahlabstand, der ihrer Baulänge von 6 m entspricht.

Für die statische Berechnung wurden folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- Auflageabstand 6 m
- Boden ohne Tragfähigkeit
- Überdeckung mind. 1,0 m, max. 3,0 m
- Bodendichte $\gamma = 2,2 \text{ Mp/m}^3$
- SLW 30
- Vollständige Wasserfüllung des Rohres

Bild 2



Bild 3

Die ermittelte Längsbiegespannung von $10\,424 \text{ Mp/m}^2$ liegt bei einem σ_{zul} -Wert von $16\,000 \text{ Mp/m}^2$ im absolut sicheren Bereich.

Die Berechnung der Ringbiegespannung erfolgte zuerst für Linienauflage mit $0,4 \text{ m}$ Auflagelänge auf den Pfahlköpfen. Da der so ermittelte Wert die zulässige Spannung beträchtlich überschritt, wählte man eine Auflage in Halbschalen, wodurch auch hier die Belastung $10\,000 \text{ Mp/m}^2$ unterschritt.

Anstelle der Halbschalen wurden bei der Bauausführung Betonschwellen mit Keilbeton verwendet.

Aufgrund dieser Ermittlungen fiel die Entscheidung zugunsten des Einsatzes duktiler Gußrohre nach DIN 19690 und DIN 19691 ohne Betonbrücken.

Für die Pfahlgründung wählte man Holzpfähle von 20 bis 30 cm Durchmesser. Diese wurden in 6 m Abständen

Bild 4



fgr 15

paarweise eingerammt und mit im Graben betonierten Stahlbetonschwellen für die Auflage der Rohre versehen.

Bauausführung

Da sich im Seeuferbereich wertvoller Schilfbestand befand, stellte die Aufsichtsbehörde nur einen 8 m breiten Baustreifen zur Verfügung. Nach der Trassenfreilegung und Rodung wurde ein 60 cm starker und 8 m breiter Kiesdamm geschüttet, der erstens als Baustraße bei dem sehr weichen und nicht tragfähigen Untergrund diente und zweitens über dem mittleren Hochwasserbereich des Ammersees lag, um auch bis zu diesem Wasserstand die Bauarbeiten ungehindert fortführen zu können.

Bild 2 zeigt den Kiesdamm und den Kanalgraben mit seinem Verbau aus Stahlverbaukasten.

Die Rammtiefe der Holzpfähle betrug je nach Bodenbeschaffenheit 3 bis 8 m. Sie verfügten danach über eine ausreichende Belastbarkeit, die die TU München nach entsprechenden Untersuchungen bescheinigt hat. Nach dem Rammen wurden die Pfähle so abgelängt, daß die Betonschwellen nach Bild 2 höhengerecht gefertigt werden konnten.

Bild 5

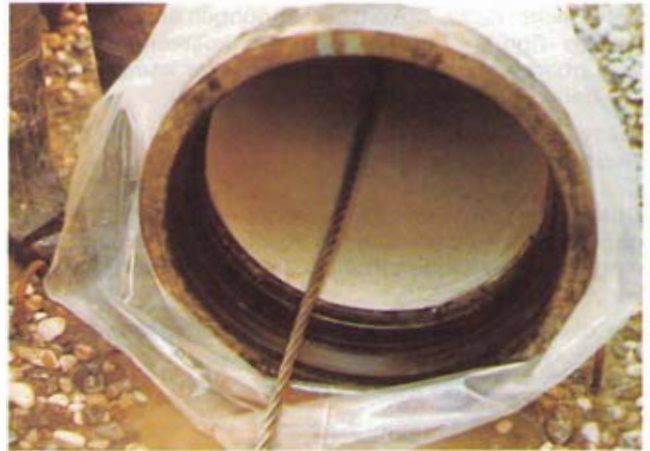


Bild 6

Bild 3 zeigt die Pfähle nach dem Rammen, Bild 4 nach dem Ablängen und der Einschaltung der Betonschwellen.

Alle 60 m dienten je 3 Pfähle zur Aufnahme von Revisionschächten.

Bild 7



Auf der Grabensohle war der Einbau einer Schotter-schicht von 15 bis 20 cm Stärke für die geringe Wasser-haltung und als Sauberkeitsschicht für die Rohrverle-gung notwendig.

Jetzt erfolgte die Verlegung der Rohre von Schacht zu Schacht. Gegen die hohe Aggressivität des Uferschlamm-es wurden die Rohre zusätzlich zur Verzinkung mit einer PE-Schlauchfolie überzogen, die Bild 5 nach ord-nungsgemäßem Aufziehen zeigt.

Die Rohre wurden mit einem Kanalbaulaser im vorgese-henen Gefälle 1 : 500 ausgerichtet. Zur genauen Fixie-rung unterteilte man Muffen und Spitzenden auf den Betonschwellen bzw. in den Durchbrüchen der Schacht-ringe, die man als verlorene äußere Schalung für die Revisionsschächte verwendete.

Solche Schachtringe sind auf den Bildern 2 und 5 zu erkennen.

Die Montage der Tytonverbindungen konnte trotz der durch den Verbau beeengten Grabenbedingungen da-durch sehr vereinfacht werden, daß man bei der geraden Linienführung von Schacht zu Schacht ein Drahtseil durch die Rohre führte, wie es Bild 6 zeigt.

Das Seil wurde an einem Kantholz vor der Muffenstirn des jeweils zu verlegenden Rohres befestigt und dessen

Spitzende dann mit einem Hubzug, der bei Beginn der Verlegung im Schacht installiert worden war, in die Muffe gezogen. Abschließend brachte man auf den Schwellen den Keilbeton auf.

Zum Verfüllen des Grabens verwendete man bis 20 cm über Rohrscheitel feinen Riesel zum Schutz der PE-Folie und des Rohres, darüber Aushubmaterial.

Für den Anschluß an duktile Gußrohre nach DIN 19691 ist normalerweise das Anschweißen von Stutzen unter 45° an der Baustelle vorgesehen. Im vorliegenden Fall wur-den die Anschlußstutzen bereits werksseitig ange-schweißt. Bild 7 zeigt ein Rohr mit Stutzen DN 150 bei der Verlegung.

Dichtheitsprüfung

Obschon duktile Gußrohre nach DIN 19690 und DIN 19691 für Abwasser bis 6 bar zugelassen sind, erfolgte die Druckprüfung dieser Freispiegelleitung nur nach DIN 4033 mit 5 m Wassersäule. Die Prüfung brachte keine Beanstandung.

Wirtschaftliche und rechtliche Gründe können gegeben-falls zu schwierigen Rohrtrassen führen. Im vorlie-genden Fall konnten durch die technischen Möglichkei-ten des duktilen Gußrohres derartige Schwierigkeiten mit geringem Kostenaufwand gelöst werden.

Langfristige Planung sichert den Wasserbedarf über die Jahrhundertwende

Von Heinz Zöller

1. Wasser aus dem Kylltal für den Großraum Trier

Die Stadt Trier und die Verbandsgemeinde Schweich haben im Rahmen langfristiger Planungen beschlossen, gemeinsam ein Grundwasserwerk im unteren Kylltal zu errichten. Damit soll die Versorgung im Großraum Trier wesentlich verbessert und die Deckung des in Haushalt und Industrie steigenden Wasserbedarfs bis über das Jahr 2000 hinaus sichergestellt werden.

Die Grundwasservorkommen des Kylltals werden in einem mehrstufigen Ausbauprogramm erschlossen. Im Endausbau ist eine Wasserwerksleistung von 50 000 m³/Tag geplant. Diese Wassermenge soll durch etwa 30 neue Tiefbrunnen gewonnen werden. Zusätzlich können sechs bereits bestehende Brunnen an das neue Gewinnungssystem angeschlossen werden. Brunnen-sammel- und Rohwasserleitungen transportieren das Wasser zur Aufbereitungsanlage in der Nähe von Trier-Ehrang. Die geplante Endkapazität dieser Anlage beträgt 2 500 m³/Stunde und der dazugehörige Reinwasserbehälter faßt 10 000 m³. Vom Behälter führen Versorgungsleitungen zur Stadt Trier und zur Verbandsgemeinde Schweich. Darüber hinaus können die Gewinnungsanlagen des Wasserwerkes Trier-Land in das neue überregionale Projekt einbezogen werden. So werden auch die Voraussetzungen für ein Verbundsystem geschaffen und damit ein bedeutender Beitrag für die sichere Versorgung des Großraumes Trier mit gutem Trinkwasser geleistet.

2. Hohe Investitionen für den Ausbau der optimalen Wasserversorgung

Die Investitionen für dieses Gesamtprojekt werden auf fast 83 Mio. DM prognostiziert. Das ist das bisher größte Vorhaben in der Wasserversorgung des Großraums Trier. Diese hohen Investitionen müssen durchgeführt werden, damit die in der Vergangenheit infolge des erhöhten Wasserverbrauchs zeitweilig schon kritische Versorgungssituation endgültig verbessert werden kann. Diese Verbrauchssteigerung ist im wesentlichen auf die Zunahme der Einwohnerzahl und auf das überdurchschnittliche Wachstum der Industrie im Trierer Raum zurückzuführen. Die Industrie profitierte hier vom Strukturwandel der Region und vom Ausbau der Infrastruktur. Zum einen standen ihr durch den Rückgang der Landwirtschaft genügend Arbeitskräfte zur Verfügung, zum anderen schaffte vor allem die Moselkanalisierung günstige Voraussetzungen für die Ansiedlung neuer Betriebe. Dabei fiel der Hauptanteil auf Unternehmen der Investitionsgüterindustrie. Dann folgt die Verbrauchsgüterindustrie und danach mit Abstand die Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie sowie die Nahrungs- und Genussmittelindustrie. Diese Unternehmen sind deutlich mittelstän-

disch geprägt, d. h. die kleinen und mittleren Betriebe überwiegen.

Gegenwärtig beträgt der Trinkwasserbedarf in der Stadt Trier schon etwa 9 Mio. m³/Jahr und in der Verbandsgemeinde Schweich etwa 1 Mio. m³/Jahr. Trier wird durch die Riveris-Talsperre und das im Moseltal liegende Wasserwerk Kenn versorgt. In ungünstigen Trockenperioden garantiert die Riveris-Talsperre jedoch nur eine Wassermenge von 4,7 Mio. m³/Jahr und das Wasserwerk Kenn 2,8 Mio. m³/Jahr. Diese verfügbaren 7,5 Mio. m³/Jahr können also in Trockenzeiten den derzeitigen Bedarf nicht decken. Zum anderen wird das Wasserwerk Kenn

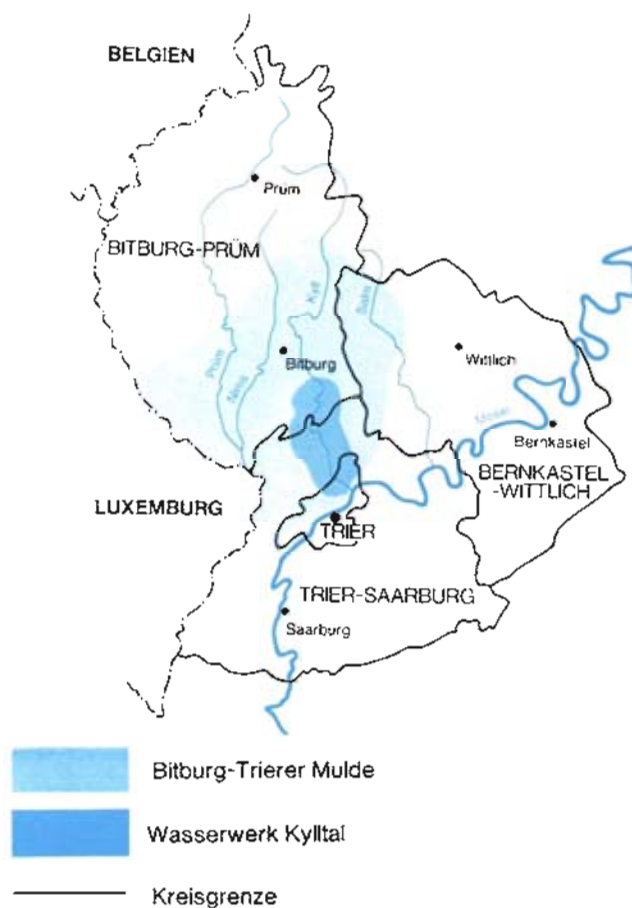


Bild 1: Grundwasservorkommen im unteren Kylltal und in der Bitburg-Trierer Mulde

auf Dauer nicht mehr in Betrieb bleiben können, weil die Wasserqualität infolge des Moselausbaus stark beeinträchtigt ist.

In der Verbandsgemeinde Schweich müssen die Versorgungsverhältnisse ebenfalls kurzfristig verbessert werden. Die vorhandenen Einzelwasserversorgungsanlagen reichen nicht mehr aus, den künftigen Bedarf zu decken. Zudem ist die Wasserqualität unbefriedigend. Das ist auf ungünstige Standorte der Gewinnungsanlagen im Weinberggelände und im Moselvorland zurückzuführen. Die in der Trinkwasserverordnung festgesetzten Grenzwerte (z. B. für Nitrat) werden teilweise überschritten, und auch im Hinblick auf die Keimzahl ist das Wasser nicht einwandfrei. Neue Grundwasservorkommen können aber im Gebiet der Verbandsgemeinde Schweich nicht erschlossen werden. Schließlich können zur Versorgung der Stadt Trier auch weder die Riveris-Talsperre aufgestockt noch eine zweite Trinkwassertalsperre im Misselbachbereich oder im oberen Ruwertal gebaut werden. Dagegen sprechen wirtschaftliche Gründe. Außerdem darf die Wasserversorgung für die Großregion Trier nicht ausschließlich aus Oberflächenwasser erfolgen. Deshalb bot sich die großräumige Erschließung der Grundwasservorkommen im Tal der Kyll an (Bild 1).

Schon 1972 wurde die Lahmeyer Ingenieur GmbH, Frankfurt/Main, gemeinsam von der Stadt Trier und dem Landkreis Trier-Saarburg beauftragt, einen Vorentwurf für ein Projekt „Wasserwerk Kylltal“ zu erstellen. Er wurde ein Jahr später vorgelegt. Noch 1973 erhielt das Büro Lahmeyer den Auftrag zur Erstellung eines Genehmigungsentwurfs „Wasserwerk Kylltal“. Im Jahre 1976 wurde die erste Teilgenehmigung der Bezirksregierung und 1977 die Gesamtgenehmigung zur Durchführung des Projektes erteilt. Mitte 1976 übernahm die Verbandsgemeinde Schweich die bis dahin von der Stadt Trier und dem Landkreis Trier-Saarburg gemeinsam veranlaßten Arbeiten für ihren Versorgungsbereich in eigener Regie. Ziel der Verbandsgemeinde war, die Wassergewinnung im Kylltal zusammen mit der Stadt Trier in Form eines Zweckverbandes durchzuführen. Dieser „Zweckverband Wasserwerk Kylltal“ wurde am 1. Januar 1978 gegründet. Seit Juli 1978 sind die Stadtwerke Trier durch entsprechenden Vertrag mit der Betriebsführung des Zweckverbandes beauftragt.

3. Stufenweise Verwirklichung dieses Großprojekts

Die Gesamtbaumaßnahme wird entsprechend dem Bedarfszuwachs in zwei Ausbaustufen verwirklicht (Bild 2). Beide Stufen sind wiederum in mehrere Bauabschnitte unterteilt.

Die erste Ausbaustufe umfaßt den rd. 13 km langen südlichen Abschnitt des Gewinnungssystems zwischen Trier-Ehrang und dem Brunnenfeld Daufenbach. Diese Stufe beinhaltet drei Bauabschnitte.

Im Zuge des ersten Bauabschnitts werden

- 13 Brunnen mit einer Gesamtleistung von rd. 15 000 m³/Tag erschlossen,
- rd. 21 500 m Druckrohre DN 200 bis DN 800 verlegt und
- ein Wasserbehälter mit 10 000 m³ Fassungsvermögen gebaut.

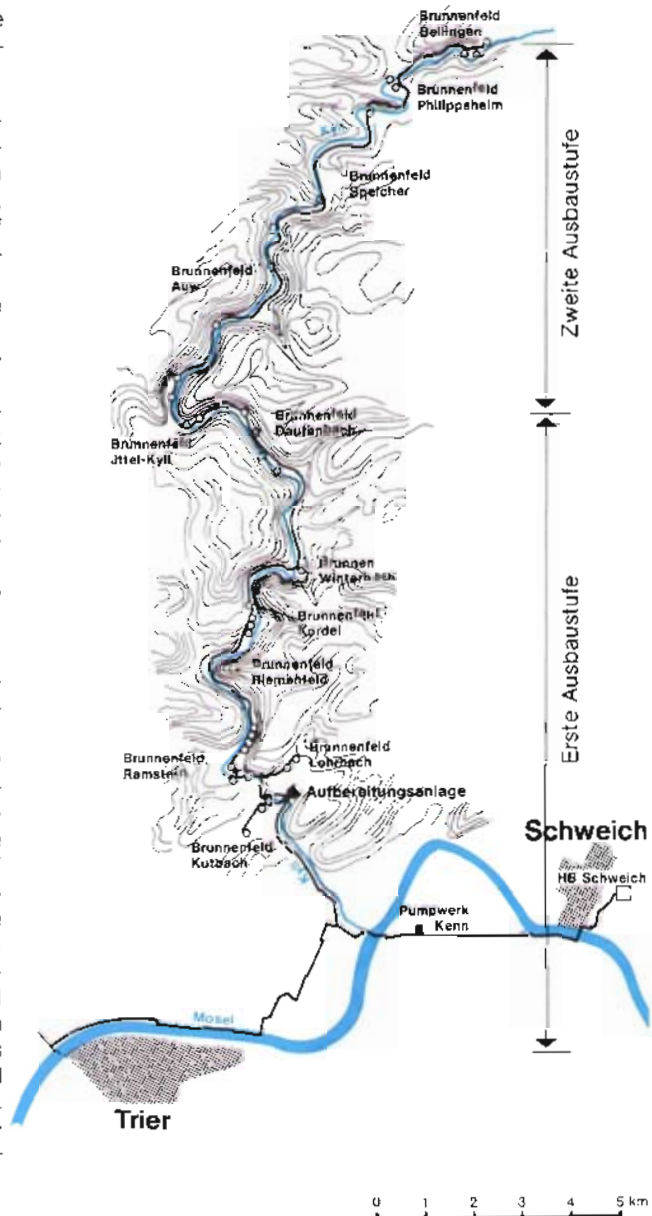


Bild 2: Übersichtsplan des Zweckverbandes Wasserwerk Kylltal

Die Brunnenstandorte sind in den Bereichen Kutbach, Zackfeld, Lohrbach, Ramstein und Riemenfeld. Von hier führen rd. 5 300 m Brunnensammel- und Rohwasserleitungen zu dem Wasserbehälter bei Trier-Ehrang rd. 60 m über der Kyll. Der Behälter ist übrigens statisch so bemessen, daß auf seiner Decke die Aufbereitungsanlage erstellt werden kann. Anschließend geht das Rohrnetz mit rd. 16 200 m Reinwasserleitungen weiter zur Stadt Trier und zur Verbandsgemeinde Schweich.

Der Wasserbehälter hat zwei Kammern mit jeweils 5 000 m³. Dieses Zwei-Kammer-System bietet den Vorteil, Wartungsarbeiten durchführen zu können, ohne die Versorgung unterbrechen zu müssen. Die Höhe des Wasserspiegels im Behälter beträgt 193,13 ü. NN und korrespon-

diert mit der Wasserspiegelhöhe im bestehenden Hauptbehälter Petrisberg des Versorgungsnetzes der Stadt Trier. Dadurch sind Druckhöhe, Tagesausgleich und höhere Versorgungssicherheit gewährleistet.

Bauabschnitt 1 wurde 1976 begonnen und nach nur 2jähriger Bauzeit Mitte 1978 in Betrieb genommen. Hierfür wurden knapp 30 Mio. DM investiert.

Im zweiten Bauabschnitt der ersten Ausbaustufe wird die Aufbereitungsanlage mit einer Anfangskapazität von 1 250 m³/Stunde errichtet. Mit den Arbeiten wurde im zweiten Halbjahr 1979 begonnen. Die Anlage wird voraussichtlich Ende 1982 fertiggestellt sein. Die Investitionen dafür werden sich auf fast 11 Mio. DM belaufen.

Bei der Auslegung dieser Anlage hat man folgende Beschaffenheit des Rohwassers bei Betrieb aller Brunnen zugrunde gelegt:

pH-Wert	7 bis 8
Gesamthärte	12° dH
Karbonathärte	11° dH
Eisen	3 mg/l
Mangan	0,3 mg/l
Ammonium	0,1 mg/l
Nitrat	< 20 mg/l
Nitrit	< 1 mg/l
KMnO ₄ -Verbrauch	6 mg/l

Dabei sind folgende verfahrenstechnische Schritte zur Aufbereitung vorgesehen:

- Das Grundwasser wird über Profilbahnen zum Sauerstoffeintrag und zur Kohlensäureausgasung belüftet.

- Chemikalien werden dosiert beigegeben. Kaliumpermanganat dient als Oxydationsmittel zur Entmanganung und Eisenchlorsulfat als Flockungsmittel zur Ausflockung von Trübstoffen.
- Das Wasser wird gefiltert. Dabei findet die Entmanganung und Enteisung statt.
- In einer Mischstrecke wird das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht durch Beigabe von Natronlauge eingestellt.
- Für das aufbereitete und teilenthärtete Wasser ist eine Sicherheitschlorung mit Chlordioxid vorgesehen.

Schließlich sollen dann im dritten Bauabschnitt der ersten Ausbaustufe weitere 9 Brunnen bei Daufenbach mit einer Gesamttagesleistung von rd. 10 000 m³ erschlossen und die Rohwasserleitung bis hinter die Ortschaft Daufenbach verlängert werden. Dafür müssen rd. 9 000 m Druckrohre DN 600 und DN 700 verlegt werden. Die gesamten Investitionen dieses Bauabschnittes werden voraussichtlich über 14 Mio. DM betragen. Der Plan sieht den Arbeitsbeginn für 1982 vor. Nach dem erwarteten Abschluß der Arbeiten im Jahre 1984 wird das Wasserversorgungswerk Kylltal in der ersten Ausbaustufe mit einer Kapazität von etwa 25 000 m³/Tag fertiggestellt sein. Die damit zur Verfügung stehende Wassermenge reicht nach den Prognosen über die zukünftige Bedarfentwicklung in Haushalt und Industrie etwa bis zum Jahr 2000. Dann muß die zweite Ausbaustufe verwirklicht werden.

Die zweite Ausbaustufe umfaßt den ebenfalls rd. 13 km langen nördlichen Abschnitt des Gewinnungssystems zwischen Daufenbach und Beilingen. In dieser Stufe ist eine Verdoppelung der Kapazität der Aufbereitungsanlage auf 2 500 m³/Stunde durch Erschließung von weiteren 10 bis 15 Brunnen geplant. Damit stehen dann den Verbrauchern im Großraum Trier täglich insgesamt 50 000 m³ Wasser zur Verfügung.

Alle Brunnenstandorte wurden sorgfältig nach hydrologischen und geophysikalischen Kriterien festgelegt und als Wasserschutzgebiete gesichert. Die technische Ausrüstung der Brunnen ist einheitlich. Der Durchmesser der Bohrlöcher beträgt 800 mm, der der Brunnenfilter 400 mm. Bei einer Bohrtiefe zwischen 50 und 110 m wird mit einer mittleren Entnahmemenge je Brunnen von ca. 80 m³/Stunde gerechnet. Zur Förderung werden Unterwassermotor-Pumpen eingebaut.

4. Transportleitungen aus duktilen Gußrohren

Bei der Wahl des Rohwerkstoffes für die erste Ausbaustufe fiel die Entscheidung nach sorgfältigen Beratungen und aufgrund der Ausschreibungsergebnisse zugunsten von Rohren aus duktilem Gußeisen mit Zementmörtel-Auskleidung. Dazu werden auch Formstücke aus duktilem Gußeisen verwendet.

Die Brunnen werden über Sammelleitungen DN 200 und DN 300 an die Rohwasserleitungen DN 700 und DN 800 angeschlossen. Diese transportieren das Wasser zum Behälter bzw. zur Aufbereitungsanlage. Von dort führt eine Reinwasserleitung DN 800 in die Versorgungsgebiete. Kurz vor der Mosel teilt sich die Leitung nach Trier und nach Schweich. Der erste Strang DN 800 erreicht in Trier-Biewer das Stadtnetz und wird von hier mit der Nennweite DN 700 zu der Anschlußstelle an der Kaiser-Wilhelm-Brücke weitergeführt. Der zweite Strang zur Versorgung der Verbandsgemeinde Schweich hat bis zum Pumpwerk

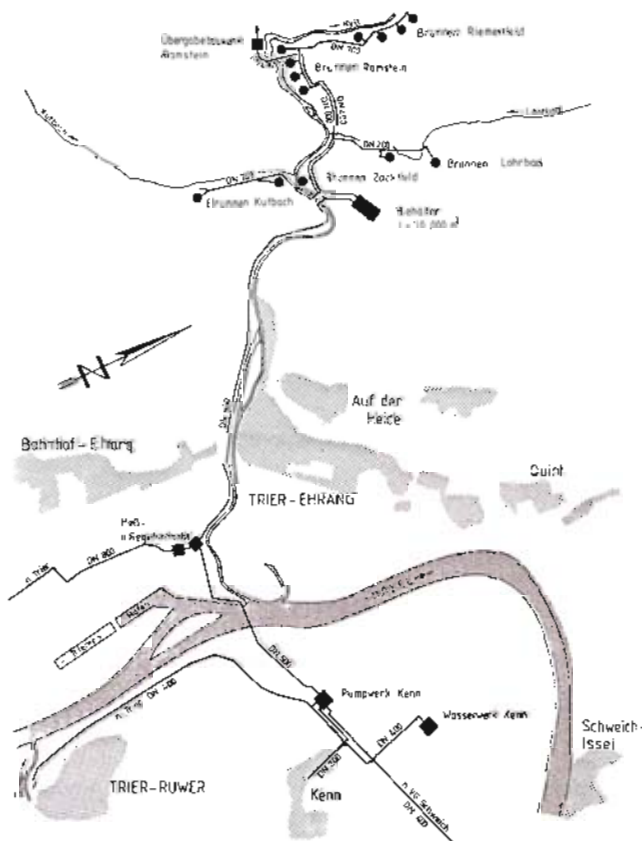


Bild 3: Rohrnetzplan der Brunnensammel-, Rohwasser- und Reinwasserleitungen

Kenn einen Durchmesser von DN 500. Im Anschluß wird jeweils über eine Leitung DN 400 in den Behälter Kenn und in den Behälter Schweich eingespeist (Bild 3).

Der Rohrhersteller hat entlang der Leitungstrasse Bodenwiderstandsmessungen durchgeführt und Bodenproben analysiert. Danach sind im Bereich Riemenfeld bis zum Kylldüker wechselhafte Ton-, Lehm- und Sandböden mit an- und absteigendem Grundwasserspiegel anzutreffen. Bei Zackfeld werden die Rohre in tonigem Torfboden verlegt. In diesen aggressiven Böden sind die duktilen Gußrohre zusätzlich durch PE-Schlauchfolie geschützt. Die im weiteren Trassenverlauf bis zum Bahnübergang Ehrang entnommenen Bodenproben zeigen rotbraune Sandstein- und sandige Lehm Böden. Sie haben Bewertungsziffern von +1, -1, -3 und -4 nach DVGW-Arbeitsblatt GW 9. Diese Böden sind nicht oder nur schwach aggressiv. Ein Sonderschutz ist somit hier nicht erforderlich. Von Ehrang bis zum Moseldüker verläuft die Trasse in einem wechselhaften Kiessand- und moorigen Tonboden. Diese Böden sind aggressiv. Deshalb erhielten die Gußrohre einen zusätzlichen Schutz durch PE-Schlauchfolie. Von Ehrang in Richtung Trier liegt die Leitung teilweise parallel zu einer kathodisch geschützten Gas-Hochdruckleitung. Hier sind die Rohre zur Verhinderung von Streustromkorrosionen ebenfalls mit PE-Folie umhüllt (Bild 4).

Planung und Bau der Rohrleitungen wurden durch das enge, stark gewundene Kylltal, durch Steilhänge und durch zahlreiche Sonder- und Kreuzungsbauwerke erschwert. Beim Leitungsbau waren zunächst zwei Kylldüker DN 400 und DN 800 von je 30 m Länge auszuführen. Darüber hinaus kreuzt die Leitung zum Behälter Schweich an zwei Stellen die Mosel. Sie wurde in der Flußsohle als Düker verlegt. Beide Moseldüker haben eine Länge von je 180 m. Der erste Düker bei Ehrang-Kenn wurde in 3 x DN 400 ausgeführt (Bild 5). Der zweite Düker bei Schweich besteht aus drei Reinwasserleitungen DN 300. Die Steckmuffen-Verbindungen der duktilen Gußrohre sind in beiden Dükern längskraftschlüssig ausgeführt. Ebenso sind auch an Steilhängen duktile Gußrohre mit längskraftschlüssigen Steckmuffen-Verbindungen, System TYS, eingebaut (Bild 6).



Bild 4: Verlegung der duktilen Gußrohre mit Laser-Gerät



Bild 5: Der Strang links wird zuerst eingezogen, der Strang rechts später angeflanscht und mitgezogen



Bild 6: Zu- und Ablaufleitungen DN 800 zum Hochbehälter bzw. zur Aufbereitungsanlage

Weitere Sonderbauwerke waren für Straßen- und Eisenbahnkreuzungen erforderlich. Hohe Anforderungen wurden an die Überquerung eines Tunnelportals der Deutschen Bundesbahn gestellt. Hier mußten Maßnahmen zur Hangsicherung ausgeführt und ein Mantelrohr DN 1200 mit 180 m Länge eingebaut werden, um Tunnelschäden bei möglichem Wasseraustritt vermeiden zu können.

An allen Hoch- und Tiefpunkten enthält die Leitung Be- und Entlüftungs- bzw. Entleerungseinrichtungen. Alle notwendigen Stutzen wurden an die duktilen Gußrohre angeschweißt. Dadurch konnten erhebliche Kosten eingespart werden. Schließlich sind auch in Abständen von einigen Kilometern Absperrvorrichtungen eingebaut. Sie dienen als Regel- und Sicherheitsorgane. Mit ihnen kann die Zentrale bei Störungen Teilabschnitte der Leitung durch Fernbedienung absperren.

Verbundleitungen und Verbundsysteme für die Trinkwassernotversorgung nach dem Wassersicherstellungsgesetz

Von Wolfram Such und Wilfried Hampel

Einleitung

Die Sicherstellung der Wasserversorgung für die Bevölkerung der Bundesrepublik in Friedenszeiten ist Aufgabe der Kommunen. Von den hiermit betrauten Versorgungsunternehmen sind in den letzten Jahren, teilweise mit erheblicher finanzieller Unterstützung durch Bund und Länder vor allem in ländlichen Räumen und zur Erfüllung überregionaler Aufgaben, große Anstrengungen unternommen worden, um auch unter extremen Bedingungen eine jederzeit nach Menge und Güte ausreichende Trinkwasserversorgung zu garantieren. Nach Erhebungen des Bundesverbandes der Deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e.V. (BGW) haben die jährlichen Investitionen in der öffentlichen Trinkwasserversorgung inzwischen ei-

nen Umfang von nahezu 2 Mrd. DM erreicht (Bild 1) [1]. Hierbei erfordern die Aufwendungen für die Erweiterung und Sanierung der Rohrnetze mit über 60 % den größten Anteil. Dank dieser im wesentlichen auch der Zukunftssicherung dienenden Leistungen sind selbst während der langandauernden Trockenperiode des Jahres 1976, in der die Anlagen der Wasserversorgung höchsten Beanspruchungen ausgesetzt waren, keine größeren Versorgungsengpässe aufgetreten. Trotz des auf diesem Gebiet der Daseinsfürsorge erreichten hohen Entwicklungsstandes verlangen die Sicherung der Trinkwasserversorgung in Gegenwart und Zukunft nach Menge sowie Güte weiterhin besondere Aufmerksamkeit, große Anstrengungen und hohe Aufwendungen.

Wassersicherstellung im Verteidigungsfall

Für die Sicherstellung der lebensnotwendigen Trinkwasserversorgung im Verteidigungsfall als Teil der zivilen Verteidigung ist nach Artikel 73 des Grundgesetzes der Bund zuständig. Mit dem Wassersicherstellungsgesetz vom 24. 8. 1965 (WasSG) und den hierzu ergänzend erlassenen Rechtsverordnungen sowie Verwaltungsvorschriften sind speziell die Trinkwasser-Notversorgung im Verteidigungsfall betreffende Regelungen geschaffen worden [2 bis 5]. Das Wassersicherstellungsgesetz gehört neben Arbeits-, Ernährungs-, Verkehrs- und Wirtschaftssicherstellungsgesetz zum sogenannten Notstandspaket. Von den anderen genannten Vorsorgegesetzen, die im wesentlichen Rahmenbestimmungen enthalten und noch der Ausfüllung bedürfen, unterscheidet sich das Wassersicherstellungsgesetz dadurch, daß es konkrete Einzelregelungen betrifft und in fast allen wesentlichen Punkten bereits in Friedenszeiten anwendbar ist. Die Planung und Ausführung von Maßnahmen nach dem Wassersicherstellungsgesetz erfolgen im Auftrag und auf Kosten des Bundes durch die Länder einschließlich der Gemeinden und Gemeindeverbände (§ 16 WasSG). Die Länder unterliegen insoweit gemäß Artikel 85 des Grundgesetzes den Weisungen des für den Vollzug des Gesetzes zuständigen Bundesministers des Innern. Zuständige Behörden der Länder sind gemäß § 26 WasSG die oberen Wasserbehörden (Regierungspräsidenten), und wo diese nicht bestehen, die für die Wasserwirtschaft und das Wasserrecht zuständigen obersten Landesbehörden (Ministerien bzw. in den Stadtstaaten z. B. die Senatoren für das Bauwesen). Die Planung der Vorsorgemaßnahmen erfolgt nach § 4 WasSG durch die Landkreise und kreisfreien Städte. Die zuständige Behörde bestimmt nach Beauftragung der obersten Landesbehörde durch den Bundesminister des Innern den Leistungspflichtigen — das sind z. B. Gemeinden, Landkreise oder andere Inhaber von Wasserversorgungsanlagen

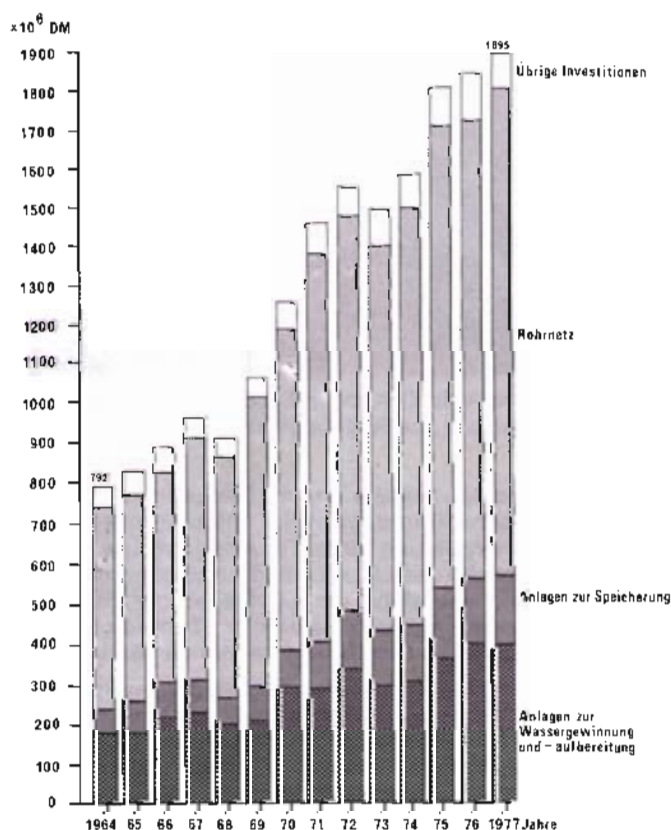


Bild 1: Wachstum der Investitionen in der öffentlichen Wasserversorgung [1]

— zur Durchführung von Maßnahmen nach dem Wasserversicherungsgesetz durch Erlaß eines mit Rechtsmittelbelehrung versehenen Verpflichtungsbescheides.

Schwerpunktprogramm zur Trinkwasser-Notversorgung

Der Katalog nach § 1 Wasserversicherungsgesetz umfaßt die in Bild 2 zusammengefaßten wasserwirtschaftlichen Aufgaben, zu deren Erfüllung im Verteidigungsfall die erforderlichen Maßnahmen zu treffen sind. Nach den seinerzeit angestellten Erhebungen waren zur Erfüllung aller im Aufgabenkatalog nach § 1 WasSG notwendigen Maßnahmen Gesamtkosten in Höhe von rund 3,58 Mrd. DM notwendig, von denen der Bund rund 2,8 Mrd. DM zu tragen hat. Die beschränkte Finanzlage des Bundes und die Bedingung des § 1 Abs. 2 WasSG, wonach sich die nach dem Gesetz zu treffenden Maßnahmen im Rahmen der verfügbaren Haushaltsmittel halten müssen und auf das unerläßliche Maß zu beschränken sind, führten bisher nahezu ausschließlich zur Verwirklichung von Vorsorgemaßnahmen für den lebensnotwendigen Bedarf an Trinkwasser im Sinne von § 1 Abs. 1 Nr. 1 WasSG. Aufgrund des in einer wasserwirtschaftlichen Vorsorgeplanung entwickelten Schwerpunktprogramms „Trinkwasser-Notversorgung aus Brunnen und Quelfassungen“ zur Deckung des lebensnotwendigen Bedarfs an Trinkwasser wurden zunächst in Großstädten und Ballungsgebieten (Verdichtungsraumen) gemäß Dringlichkeitsstufen I bis III nach einem mit den Bundesländern abgestimmten „Regionalen Prioritätenprogramm“ neben dem Umbau und der Erhaltung bestehender Einzelbrunnen vorrangig von der zentralen Wasserversorgung unabhängige Brunnen zur Trinkwasser-Notversorgung errichtet. Die als Bild 3 wiedergegebene Neufassung der Prioritätenkarte nach dem Stand vom 15. 12. 1977 zeigt die Räume der Bundesrepublik, auf welche sich vorrangig die Durchführung von Vorsorgemaßnahmen nach dem Wasserversicherungsgesetz erstreckt. Sie umfassen die Arbeits- und Wohngebiete von rund 38,7 Mio. Einwohnern, das sind etwa 62 % der Gesamtbevölkerung der Bundesrepublik. Die Trinkwasser-Notbrunnen werden für den lebensnotwendigen Trinkwasserbedarf von 15 l je Person und Tag (einschl. des nicht zu trennenden Bedarfs für das lebensnotwendige Kleingewerbe) nach der Ersten Wasserversicherungsverordnung bemessen, der jeweils für das Planungsgebiet zu ermitteln ist (3; 5). In der Zweiten Wasserversicherungsverordnung sind die an Bauweise und Baustoffe von Trinkwasser-Notbrunnen und Quelfassungen unter zivilschutztaktischen Gesichtspunkten zu stellenden besonderen Anforderungen sowie die für spezielle Lastfälle zu führenden Festigkeitsnachweise festgelegt [4]. Die im Wasserversicherungsgesetz, den Rechtsverordnungen sowie der Verwaltungsvorschrift [2 bis 5] entwickelten Grundlagen und Anforderungen haben ihren Niederschlag gefunden in den vom Bundesministerium des Innern herausgegebenen Regelentwürfen für die Planung, den Bau, Betrieb und die Wartung von Trinkwasser-Notbrunnen mit verschiedenen, insbesondere auch von Elektroenergie unabhängigen Fördereinrichtungen [6]. Danach werden Trinkwasser-Notbrunnen innerhalb der Wohngebiete städtischer Ballungs- und Verdichtungsraume so angeordnet, daß bei einer beispielhaft angenommenen Brunnenleistung von 6 m³/h und einer Betriebszeit von 15 Stunden/Tag jeweils rd. 6 000 Personen, die im Bereich eines zumutbaren Versorgungsweges (Kreis um den Brunnenstandort mit einem Halbmesser von zwischen ca. 500 bis 2 000 m, in der

Aufgabenkatalog

nach § 1 des Wasserversicherungsgesetzes

1. Deckung des lebensnotwendigen Bedarfs an Trinkwasser
2. Versorgung mit Betriebswasser im unentbehrlichen Umfang
3. Deckung des Bedarfs an Löschwasser
4. Ableitung und Behandlung des Abwassers zur Abwendung gesundheitlicher Gefahren
5. Aufstauung und Ablassen des Wassers in Stauanlagen sowie das Füllen und Entleeren von Speicheranlagen zum Schutze gegen Überflutung
6. Entwässerung von besiedelten Gebieten mit künstlicher Vorflut im unentbehrlichen Umfang

Bild 2: Aufgabenkatalog nach § 1 des Wasserversicherungsgesetzes

Regel 750 m) ansässig sind, bei Ausfall der zentralen Trinkwasserversorgung mit der lebensnotwendigen Trinkwassermenge von 15 l je Person und Tag versorgt werden können. Mit den seit 1968 im Rahmen des laufenden Schwerpunktprogramms „Trinkwasser-Notversorgung aus Brunnen und Quelfassungen“ nach dem Stand vom 31. 12. 1977 mit Gesamtkosten in Höhe von rund 101,5 Mio. DM bisher errichteten insgesamt 2 434 netzunabhängigen Trinkwasser-Notbrunnen könnte — unter Einschluß der bereits vor 1968 in Berlin-West vorhandenen handbetriebenen sogenannten „Berliner Straßenbrunnen“ — für rund 13,8 Mio. Einwohner, das sind etwa 22,5 % der Gesamtbevölkerung der Bundesrepublik, der lebensnotwendige Trinkwasserbedarf im Sinne des Wasserversicherungsgesetzes bereitgestellt werden.

Trinkwasser-Notversorgung durch Verbund

Nicht überall lassen die Untergrundverhältnisse und örtlichen Bedingungen den Bau netzunabhängiger Einzelbrunnen zur Trinkwasser-Notversorgung nach dem Wasserversicherungsgesetz zu. Häufig stehen geeignete Grundwasservorkommen nicht zur Verfügung oder sind nur mit unverhältnismäßig großen Aufwendungen sowie nicht zu vertretendem Risiko für die Trinkwasser-Notversorgung nutzbar zu machen. Deshalb sieht die für die Planung von Vorsorgemaßnahmen maßgebende Verwaltungsvorschrift eine Prüfung vor, inwieweit der Trink-, Betriebs- und Löschwasserbedarf im Verteidigungsfall auch unter Einbeziehung von friedensmäßig genutzten Anlagen der zentralen Trinkwasserversorgung sichergestellt werden kann [5]. Hierzu bietet sich bei Beeinträchtigung oder vollständigem Ausfall der Wassergewinnung für ein Versorgungsgebiet eine Trinkwasser-Notversorgung durch Bezug aus benachbarten, noch betriebsfähigen Wasserversorgungsanlagen anderer Träger über Verbundleitungen bzw. Verbundsysteme an. Die Voraussetzungen hierfür bilden, daß die zentralen Was-

PRIORITÄTENKARTE

für die Durchführung von Vorsorgemaßnahmen
nach dem Wasserversicherungsgesetz

Stand: 15. Dezember 1977

1:3 000 000

■ Priorität I ▨ Priorität II ▩ Priorität III

Stand der Bienen: 1. 1. 1977

Nachträge in Niedersachsen:

1. 8. 1971

Regierungsbeschluss: 1. 2. 1979

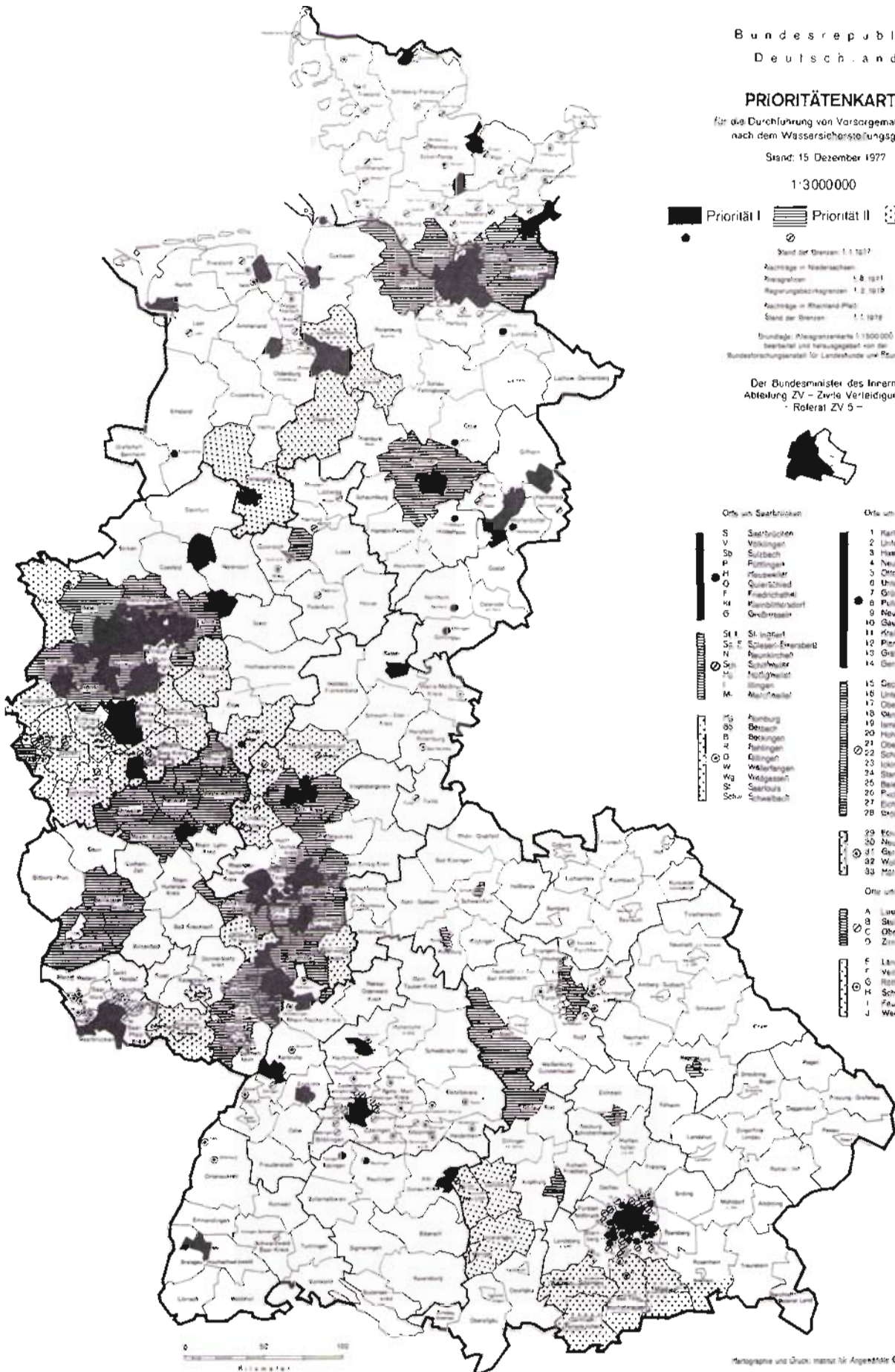
Nachträge in Rheinland-Pfalz:

Stand der Bienen: 1. 1. 1978

Grundlage: Pflegeplankarte 1:100 000

berarbeitet und herausgegeben von der
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Raumordnung

Der Bundesminister des Innern
Abteilung ZV - Zivilverteidigung
Referat ZV 5 -



Orts- und Saarbrücken

- S Saarbrücken
- V Völklingen
- Sp Sülzbach
- P Pödingen
- H Hoesweiler
- Q Querscheid
- F Frieschheim
- K4 Kleinmorsdorf
- G Gundersbach
- St I St. Ingbert
- Sp 2 Spiesen-Elversberg
- N Neunkirchen
- Sp Neuhäuser
- H Hütten
- I Illingen
- M Merzig
- g Gillingen
- Sp Spöck
- B Beckingen
- r Rellingen
- D Dillingen
- w Wäldertal
- Wg Wildgesäß
- Sp Saarbus
- Schw Schwalbach

Orts um München

- 1 Hainfeld
- 2 Unterföhring
- 3 Haar
- 4 Neuburg
- 5 Otterbrunn
- 6 Unterhaching
- 7 Grünwald
- 8 Pullach
- 9 Neuend
- 10 Garching
- 11 Krilling
- 12 Planegg
- 13 Grödening
- 14 Dornburg
- 15 Garching
- 16 Unterschleißheim
- 17 Oberschleißheim
- 18 München
- 19 Ismaning
- 20 Hohenbrunn
- 21 Oberhaching
- 22 Schäftlarn
- 23 Ising
- 24 Starnberg
- 25 Badtölz
- 26 Puchheim
- 27 Eichenack
- 28 Oberbayern
- 29 Eichenack
- 30 Neudorf
- 31 Garschlag
- 32 Walfratshausen
- 33 Mairching

Orts um Nürnberg

- A Lauf a. d. Pegnitz
- B Stein
- C Oberasbach
- D Zennort
- E Langenreith
- F Weiden
- G Reihensbach a. d. Pegnitz
- H Schwab
- I Feucht
- J Weiden

Bild 3: Prioritätenkarte für die Durchführung von Vorsorgemaßnahmen nach dem Wasserversicherungsgesetz, Stand: 15. 12. 1977

serverteilungsnetze oder zumindest Teile derselben noch intakt sind, die notwendigen Verbundleitungen zu benachbarten lieferbereiten Versorgungsunternehmen nach zivilschutztaktischen Gesichtspunkten geplant und ausgeführt sowie in den Ortsverteilungsnetzen entsprechende Vorbereitungen für eine Verbundwasserversorgung getroffen worden sind. Unter diesen Bedingungen können die zweifellos bedeutsamen Vorteile einer aufrechterhaltenen zentralen Wasserversorgung gegenüber einer Einzelversorgung genutzt werden [7]. Mit diesem Ziel sind schon frühzeitig vom hierfür zuständigen Referat Zivilverteidigung beim Bundesministerium des Innern Überlegungen angestellt, Planungen in Auftrag gegeben sowie bis Ende 1977 insgesamt 15, allerdings kurze Verbundleitungen mit Kosten von rund 2,56 Mio. DM finanziert worden. Die Sicherstellung der Trinkwasser-Notversorgung durch Förderung bzw. Finanzierung von Verbundleitungen und Verbundsystemen liegt dem von der Bundesregierung 1977 zur wachstums- und umweltpolitischen sowie infrastrukturellen Vorsorge eingeleiteten Zukunftsinvestitionsprogramm zugrunde. Für ein Teilprogramm Wasser „Notversorgung und großräumiger Ausgleich“ im Rahmen des Wassersicherstellungsgesetzes sind unabhängig von den bisher im Bundeshaushalt zur Vorbereitung und Durchführung wasserwirtschaftlicher Vorsorgemaßnahmen für den Verteidigungsfall ausgewiesenen Beträgen in einem Sondertitel für 1977 5,0 Mio. DM, 1978 50 Mio. DM sowie 1979 45 Mio. DM, insgesamt also 100 Mio. DM, bereitgestellt und inzwischen auch zum größten Teil geleistet worden. Neben der Errichtung weiterer 128 vom Netz der zentralen Wasserversorgung unabhängiger Trinkwasser-Notbrunnen vornehmlich in Großstädten und mit diesen eng verflochtenen Siedlungsgebieten bilden der Bau von Verbundleitungen und die Herstellung von Verbundsystemen den Schwerpunkt des Investitionsprogramms.

Verbund in der Versorgungswirtschaft

Unter Verbund versteht man allgemein bei Transportsystemen das Zusammenschließen einzelner Stränge bzw. Netze von Transportwegen. Durch einen Verbund werden zwischen den verschiedenen Netzen Verbindungen und Übergänge geschaffen, die es ermöglichen, das Transportgut in den nunmehr miteinander verknüpften Systemen zu befördern und aus diesen abzugeben. Der Gedanke des Verbundes ist in der Versorgungstechnik nicht neu. Er hat seine bisher höchste Entwicklungsstufe in der Elektrizitätswirtschaft erreicht.

Erst später entwickelte sich auch der Verbund auf dem Gebiet der Gasversorgung. Das europäische Gasverbundnetz zwischen den großen Versorgungsunternehmen trat seinen Siegeszug mit Erschließung der Erdgasvorkommen in Nordholland und der Nordsee sowie mit dem Abschluß umfangreicher Verträge über Gaslieferungen aus Osteuropa an.

Verbundwasserversorgung

Der Verbund in der Wasserversorgung gewinnt erst in jüngster Zeit zunehmend an Bedeutung. Die auf diesem Gebiet der Daseinsfürsorge herrschenden besonderen Bedingungen waren dem Verbundgedanken nicht gerade förderlich: Wasser besitzt nun einmal eine große Masse, und sein Transport erfordert zwangsläufig aufwendige Rohrleitungen und höhere Förderkosten. Das starke Lösungsvermögen von Wasser führt zu den verschiedenar-

tigsten Beimengungen und damit zu unterschiedlichen Eigenschaften, die Austausch und Mischung beeinträchtigen oder sogar ausschließen können. Letztlich ist jedoch entscheidend: Wasser ist im Vergleich zu den anderen zu transportierenden Energieträgern zumindest bei uns noch zu billig! Dazu ist und war falsch verstandenes Beharren auf Eigenständigkeit in der Versorgung, also die viel kritisierte Kirchturmpolitik, manchmal ein Hemmschuh für den Verbund in der Wasserversorgung.

Nach der Begriffsbestimmung handelt es sich bei einer „Verbundwasserversorgung um mehrere zentrale Wasserversorgungen, deren technische Anlagen miteinander verbunden sind.“ [8]

Ziele des Verbundes in der Versorgungswirtschaft und speziell in der Wasserversorgung sind,

- einen regionalen bzw. überregionalen Bedarfsausgleich zwischen dichtbesiedelten und stark industrialisierten Gebieten mit Wassermangel sowie solchen mit Wasserüberschuß, allerdings unter Berücksichtigung der Entwicklungsmöglichkeiten der wasserabgebenden Räume, herzustellen (Wassermengenausgleich),
- damit für die Abnehmer ein Höchstmaß an Sicherheit in der Versorgung zu gewährleisten, die sich sowohl auf Wassermenge als auch Wassergüte bezieht, und Ausfälle bei Schäden, Störungen und notwendigen Umbauarbeiten in den Versorgungsnetzen ausschließt, sowie gleichzeitig zu einer möglichst rationalen Nutzung und in wirtschaftlicher Beziehung zu einem optimalen Betrieb der verfügbaren Wasservorkommen und Versorgungsanlagen führt.

Wasserverbund erfüllt demnach weitgehend die Forderungen nach Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit in der öffentlichen Wasserversorgung. Er kann und darf allerdings nicht als Alternative zum Schutz unserer Grund- und Oberflächengewässer vor weiterer Verunreinigung gesehen werden [9].

Arten des Wasserverbundes

Je nach Größe der in den Verbund einbezogenen Versorgungsgebiete und Umfang des Wassertransportes unterscheidet man großräumigen bzw. kleinräumigen Verbund. Nach den Erfordernissen kann der Verbund nur in einer Richtung, also einseitig, oder in beiden Richtungen, also in Form von wechselseitigem Verbund, betrieben werden.

Nach Dauer und Zeitpunkt des Verbundes werden unterschieden:

- Betriebsverbund (Dauerverbund) und
- Notverbund.

Charakteristisch für den Betriebsverbund ist, daß die technischen Einrichtungen für den Verbund ständig betrieben werden. Das gilt für die Verbundleitungen mit den dazugehörigen Übergabeeinrichtungen, sowie die Wassergewinnungs- und Aufbereitungsanlagen, Pumpwerke für die Druckerhöhung, Wasserbehälter usw., die zusammen ein Verbundsystem bilden.

Im Gegensatz zum Betriebsverbund werden beim Notverbund die miteinander im Verbund stehenden Anlagen nicht regelmäßig, sondern je nach Erfordernissen nur sporadisch betrieben. Sie dienen dazu, bei Ausfall oder

Störungen in einzelnen Anlagen und/oder bei extremen Betriebszuständen bzw. Belastungen (z. B. in Zeiten von Spitzenbedarf) Wasser überzuleiten.

Verbundprogramm „Notversorgung und großräumiger Ausgleich“

Der Sicherstellung der Trinkwasser-Notversorgung im Verteidigungsfall dient in der Regel ein Notverbund. Dieser kann unter bestimmten örtlichen und geohydrologischen Bedingungen sowie unter Berücksichtigung zivilschutztaktischer Gesichtspunkte eine Alternative zum Bau netzunabhängiger Trinkwasser-Notbrunnen bilden. Die friedensmäßige Wasserversorgung ist jedoch im Hinblick auf die künftige Deckung des Wasserbedarfes nach Menge und Güte sowie aus Gründen der Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit in wachsendem Maße auf einen ständigen Betriebsverbund angewiesen. So können Betriebs- und Notverbund vielfach nicht isoliert voneinander betrachtet werden. Häufig zwingen hygienische, versorgungstechnische sowie auch wirtschaftliche Gründe die für den Verbund errichteten Anlagen laufend zur Versorgung in Friedenszeiten zu nutzen, womit sie zugleich auch kurzfristig, also ohne längere Vorbereitungsmaßnahmen und Umstellungen, beim Eintritt von Notständen, in Katastrophenfällen sowie im Verteidigungsfall, verfügbar sind. Die Bundesregierung hat diesen für die Sicherstellung der lebensnotwendigen Trinkwasserversorgung bei Katastrophen und Notständen in Friedenszeiten ausschlaggebenden Gesichtspunkten Rechnung getragen, die bereits in § 8 WasSG Eingang gefunden haben. Zur Zweckbestimmung der im Programm Wasser „Notversorgung und großräumiger Ausgleich“ ausgewiesenen Mittel zum Bau von Verbundleitungen und zur Herstellung von Verbundsystemen im Rahmen wasserwirtschaftlicher Vorsorgemaßnahmen für den Verteidigungsfall heißt es im Bundeshaushalt:

„Die Maßnahmen beruhen auf dem Wassersicherstellungsgesetz und dienen der lebensnotwendigen Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser, Betriebswasser sowie Löschwasser im Verteidigungsfall. Im Vordergrund steht der Aufbau einer Trinkwasser-Notversorgung. Das Programm bezieht sich . . . auch auf die Herstellung eines Versorgungsausgleiches durch Verbundleitungen. Die Planung erfolgt unter zivilschutztaktischen Gesichtspunkten.

Hiernach werden in erster Linie Ballungsgebiete versorgt. Die für den Verteidigungsfall vorgesehenen Anlagen und Einrichtungen stehen auch der Wasserversorgung im Frieden zur Verfügung . . .“

Bei der Auswahl der von den Bundesländern zur Übernahme in das Zukunftsinvestitionsprogramm vorgeschlagenen Maßnahmen wurde den effektivsten und wirtschaftlichsten Objekten Vorrang eingeräumt. Neben den zur Sicherstellung der Trinkwasser-Notversorgung in Ballungsgebieten durchzuführenden Maßnahmen fand auch der zusätzliche Trinkwasserbedarf in anderen Räumen Berücksichtigung, der durch mögliche Verlagerung größerer Personengruppen in Spannungszeiten und im Verteidigungsfall eintreten kann. Die Einrichtungen zum Verbund sind neben den vorhandenen Anlagen sowie den unabhängig von Verteidigungszwecken zu treffenden Maßnahmen erforderlich, da sonst die Versorgung der Bevölkerung in Frage gestellt ist.

Die in das Programm einbezogenen Maßnahmen sind häufig Bestandteil der zur friedensmäßigen Sicherstellung der Wasserversorgung auf Betreiben der Länder und von Fern- und Gruppenwasserversorgungen, Wasserbeschaffungs- und anderen Wasserverbänden sowie gemeindlichen und städtischen Versorgungsunternehmen entwickelten Verbundplanungen oder fügen sich in diese ein. Das wird im folgenden an Beispielen demonstriert.

Die Maßnahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms erstrecken sich auf den Bau von Verbundleitungen zwischen verschiedenen Gemeinden bzw. Städten oder zwischen eigenständigen Wasserverbänden, gegebenenfalls auch innerhalb deren Versorgungsgebieten, um im Bedarfsfall Trinkwasser aus einem Versorgungsgebiet in ein anderes liefern zu können, wo solches nicht in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Hierzu gehört auch die Wasserzuführung über Verbundleitungen aus grundwasserreichen Gebieten in Ballungsgebiete, in denen auf diese Weise eine Trinkwasser-Notversorgung sichergestellt werden kann.

Nach der in Tabelle 1 gegebenen Übersicht sind in 8 Bundesländern (ohne die Stadtstaaten) insgesamt 64 Maßnahmen für den Bau von Verbundleitungen bzw. Verbundsystemen in Auftrag gegeben bzw. inzwischen bereits fertiggestellt worden. Sie umfassen Verbundlei-

Tabelle 1: Übersicht der Maßnahmen im Rahmen des Teilprogramms Wasser „Notversorgung und großräumiger Ausgleich“ in 8 Bundesländern

Bundesland	Auftragsvolumen Mio DM	Trinkwasser-Notbrunnen Stück	Zahl	Gesamtlänge m	Verbundleitungen und -systeme											zu versorgende Einwohner
					100 m	125 m	150 m	200 m	Rohrleitungsnennweite DN							
					250 m	300 m	350 m	400 m	500 m	600 m	700 m					
Baden-Württemberg	9,00	—	8	40 810	3 300	—	3 700	12 700	—	2 350	14 400	—	—	4 360	—	474 000
Bayern	16,93	36	6	30 730	—	—	2 770	—	—	2 150	—	8 600	9 650	—	7 560	788 000
Hessen	22,00	—	12	66 520	2 500	3 300	34 500	—	13 170	7 050	—	600	—	—	5 400	1 295 000
Niedersachsen	21,995	—	13	127 885	—	—	12 740	32 785	31 200	29 260	—	12 900	—	9 000	—	769 000
Nordrhein-Westfalen	14,00	48	14	61 845	—	1 600	5 800	28 855	15 100	6 850	—	3 600	—	40	—	1 916 000
Rheinland-Pfalz	5,10	8	4	18 830	—	—	—	—	8 600	8 830	1 400	—	—	—	—	385 000
Saarland	7,945	35	5	14 930	—	—	—	2 700	—	12 230	—	—	—	—	—	389 000
Schleswig-Holstein	3,00	1	4	27 100	—	—	12 900	—	4 200	10 000	—	—	—	—	—	210 000
Summe	99,97	128	64	388 650	5 800	4 900	72 410	77 040	72 270	78 720	15 800	25 700	9 650	13 400	12 960	6 226 000

tungen in Längen von wenigen 100 m bis zu etwa 16 km, insgesamt rund 389 km Rohrleitungen in Nennweiten von DN 100 bis DN 700 mit einem Gesamtauftragsvolumen von 99,97 Mio. DM.

Über die im Rahmen des Programms errichteten Verbundleitungen bzw. Verbundsysteme können weitere rund 6,23 Mio. Einwohner, das sind knapp 10% der Gesamtbevölkerung der Bundesrepublik, mit lebensnotwendigem Trinkwasser versorgt werden.

Bei der Dimensionierung der Verbundleitungen wurde unter Berücksichtigung der jeweiligen Struktur der Versorgungsgebiete mit — gegenüber dem beim Bau von Trinkwasser-Notbrunnen einzusetzenden lebensnotwendigen Trinkwasserbedarf von 15l je Person und Tag — erhöhten spezifischen Bedarfszahlen von bis zu 100l gerechnet. Hierin sind sowohl der lebensnotwendige Bedarf an Trinkwasser für die Bevölkerung als auch der Bedarf an Betriebswasser im unentbehrlichen Umfang sowie an Löschwasser nach dem Wassersicherstellungsgesetz eingeschlossen. Der zugrunde gelegte Wasserbedarf berücksichtigt weiterhin mögliche Wasserverluste infolge von Rohrbrüchen sowie bei der Wasserverteilung. Vom Bundesministerium des Innern werden keine Einwendungen erhoben, wenn beim Bau von Verbundleitungen aufgrund friedensmäßiger Erwägungen anstelle des nach zivilschutztaktischen Gesichtspunkten ermittelten Rohrleitungsdurchmessers ein größerer Querschnitt gewählt wird. Die hierdurch entstehenden höheren Kosten sind vom Leistungspflichtigen zu übernehmen, während

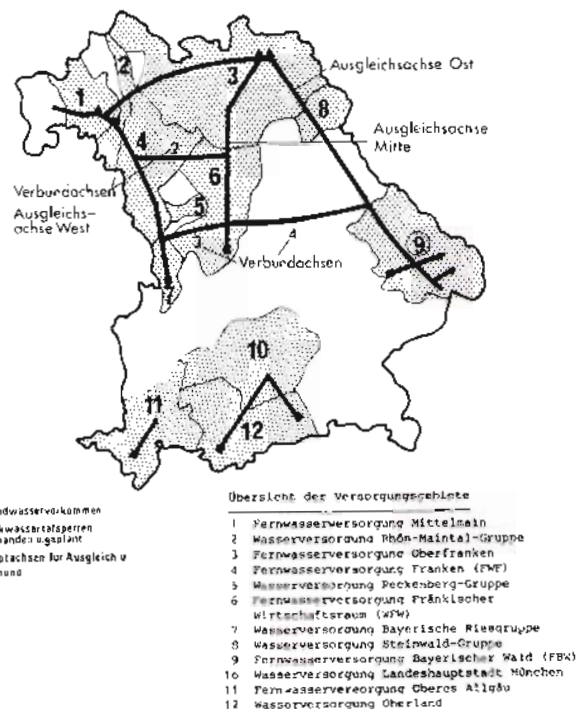


Bild 5: Fernwasserversorgungen und überregionaler Wasserverbund in Bayern

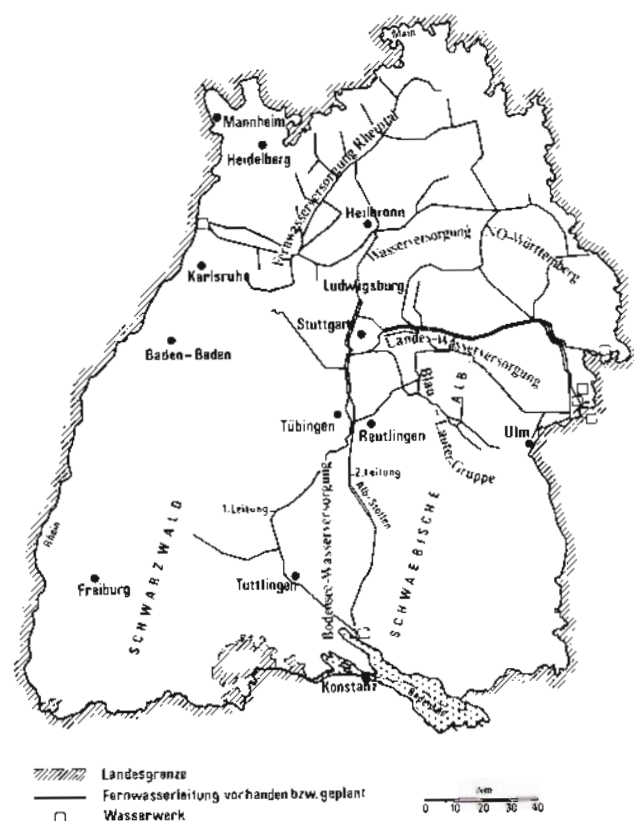


Bild 4: Verbund zwischen den Fernwasserversorgungen in Baden-Württemberg

der Bund die nach zivilschutztaktischen Gesichtspunkten notwendigen Aufwendungen trägt.

Beispiele für Verbundmaßnahmen

Im Rahmen des Programms für Zukunftsinvestitionen wurden u. a. finanziert bzw. gefördert der Bau von Verbundleitungen bzw. Verbundsystemen zwischen

- Fernwasserversorgungsunternehmen mit überregionalen Versorgungsaufgaben, wie z. B. zwischen den Zweckverbänden Bodensee-Wasserversorgung und Landeswasserversorgung in Baden-Württemberg (Bild 4), den Fernwasserversorgungen Franken und Fränkischer Wirtschaftsraum in Bayern (Bild 5), innerhalb des Gebietes von Fernwasserversorgungsunternehmen, z. B. im Bereich der Fernwasserversorgungen Oberes Allgäu und Bayerischer Wald (Bild 6).
- Fernwasserversorgungsunternehmen und von diesen beziehenden Gruppenwasserwerken sowie Wasserbeschaffungsverbänden, wie z. B. Verbund zwischen dem Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung und dem Raum Herrenberg-Gäu in Baden-Württemberg (Bild 4), der Fernwasserversorgung Oberfranken und der Drosendorfer Gruppe in Bayern (Bild 5), dem Fernwasserversorgungssystem der Harzwasserwerke des Landes Niedersachsen und den Stadtwerken Peine-Salgitter sowie dem Wasserbeschaffungsverband Innerstetal-Ambergau (Bild 7).
- städtischen Wasserversorgungen und mit den städtischen Kernzonen eng verzahnten Umlandgemeinden, wie z. B. zwischen der Stadt Heidelberg und der Ge-



Bild 6: Fernwasserversorgung Bayerischer Wald

meinde Dossenheim in Baden-Württemberg, der Hansestadt Bremen und der Stadt Achim/Niedersachsen, wodurch zugleich ein Verbund mit dem Fernwasserversorgungssystem der Harzwasserwerke des Landes Niedersachsen hergestellt wird (Bild 7), den Stadtwerken Bielefeld und den Gemeinden Leopoldshöhe sowie Steinhagen, den Stadtwerken Detmold und Augustdorf in Nordrhein-Westfalen (Bild 9).

- städtischen Versorgungsnetzen, wie z. B. dem Zweckverband Stadt und Kreis Offenbach und der Stadt Mülheim/Main in Hessen, der zur Versorgung des Raumes Duderstadt im Zonenrandgebiet von Südostniedersachsen teilweise von Wasserlieferungen aus der DDR angewiesenen Eichsfelder Energie- und



Bild 7: Fernwasserleitungen der Harzwasserwerke des Landes Niedersachsen

Wasserversorgungs-GmbH (EEW) im Zusammenhang mit Erschließung der Rhumequelle als neues Wasservorkommen und dem Verbund mit den Stadtwerken Bad Lauterberg sowie Herzberg/Südharz (Bild 8), den Stadtwerken Düsseldorf, Duisburg, Ratingen und Wuppertal (Bild 10), den Stadtwerken Bielefeld, Herford und Salzuflen in Nordrhein-Westfalen (Bild 9), den Städten Homburg und Zweibrücken im Saarland,

- städtischen Versorgungsunternehmen und das Umland versorgenden Kreiswasserwerken sowie Wasserverbänden, wie z. B. der Stadt Hilpoltstein und den Zweckverbänden Brunnbach-Gruppe, Jahrdorfer und Morsdorfer-Gruppe in Bayern, zwischen dem im Rhein-Main-Ballungsraum gebildeten Umlandverband Frankfurt und dem Wasserverband Kinzig, der Stadt Bad Hersfeld sowie der Stadt Eschwege und dem Meißner Verbandswasserwerk im hessischen Zonenrandgebiet, dem Wasserverband Mittelhessi-

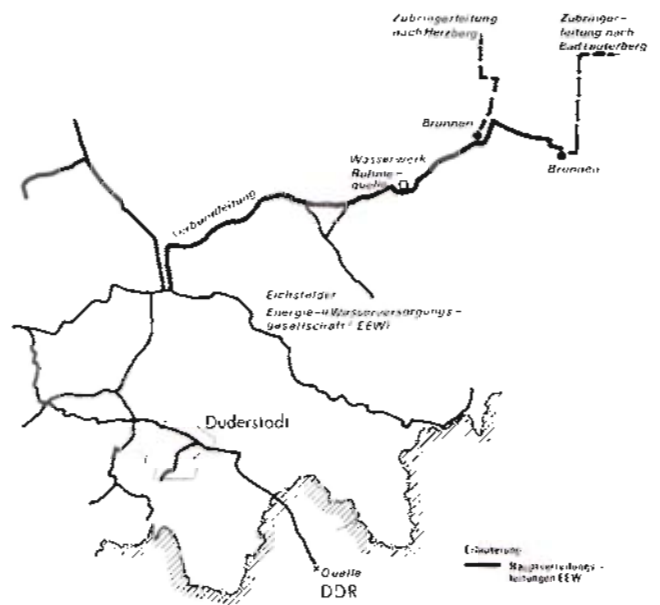


Bild 8: Trinkwasserverbund im südostniedersächsischen Zonenrandgebiet

sche Wasserwerke und den Riedwerken sowie der Stadt Gladenbach, dem Zweckverband für die Wasserversorgung von Stadt und Kreis Offenbach sowie dem Zweckverband Gruppenwasserwerk Dieburg in Hessen, den Stadtwerken Bielefeld und dem Wasserbeschaffungsverband Kreis Herford-West (Bild 9),

- den Stadtwerken sowie dem Kreiswasserwerk Viersen in Nordrhein-Westfalen, zwischen den Städten Ludwigshafen und Speyer sowie der Pfälzischen Mittelrhein-Gruppe in Schifferstadt/Rheinland-Pfalz, der Stadt Neunkirchen und dem Zweckverband Ottweiler in Wiebelskirchen im Saarland,
- städtischen Versorgungsgebieten und speziell zur Trinkwasser-Notversorgung erschlossenen Wasservorkommen, wie z. B. von Gießen und der Grube Königberg in Hessen,

- bisher noch getrennten gemeindlichen, städtischen, in Wasserverbänden oder auf Kreisebene zusammenfassenden Versorgungsgebieten, womit zugleich Möglichkeiten geschaffen werden, gefährdete Bereiche und Punkte im Wasserverteilungssystem zu umgehen, bei Ausfall gefährdeter Wasserwerke aus benachbarten vorhandenen und in Grundwasserüberschußgebieten noch zu errichtenden Gewinnungsanlagen Trinkwasser zu beziehen oder zu liefern, wie z. B. im Werra-Meißner-Kreis/Hessen, in den Landkreisen Celle, Fallingb., Holzminden, Osnabrück, Uelzen und im Gebiet des Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverbandes in Niedersachsen, den Landkreisen Borken und Wesel/Nordrhein-Westfalen, im Nahe-Rhein-Selz-Gebiet/Regierungsbezirk Rhein-Hessen-Pfalz, im Stadtverband Saarbrücken und der Kreisstadt Merzig/Saarland.
- Wasserbeschaffungsverbänden, wie z. B. eine Verbundleitung zwischen den Zweckverbänden Südliches Markgräfler Land und Hohlebach-Kandertal in Baden-Württemberg, den Wasserverbänden Usingen-West und Tenne, den Wasserbeschaffungsverbänden Treene, Nord und Drei Harden in Schleswig-Holstein.

Die im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms errichteten Verbundleitungen und Verbundsysteme bedeuten einen weiteren Schritt zur Sicherstellung der Trinkwasser-Notversorgung im Katastrophen- und Verteidigungsfall. Sie dienen zugleich regional zur Verbesserung der friedensmäßigen Wasserversorgung. Die der Versor-

gung größerer Gebiete dienenden Verbundleitungen stehen mit den Zielen der Landesplanung in Einklang und fügen sich in die übergreifenden Planungen der einzelnen Bundesländer zur künftigen Sicherstellung der Wasserversorgung ein.

Verbundwasserversorgung in Baden-Württemberg

Baden-Württemberg bietet besonders markante Beispiele für frühzeitige zielgerichtete wasserwirtschaftliche Planungen in großen Räumen. Drei Fernwasserversorgungsunternehmen, nämlich die Zweckverbände Bodensee-Wasserversorgung, Landeswasserversorgung und Fernwasserversorgung Rheintal, liefern über miteinander verknüpfte Transportsysteme aus leistungsfähigen Wasservorkommen bis in den Neckarraum und die Landeshauptstadt Stuttgart als besonderer Bevölkerungs- und Industrieschwerpunkt (Bild 4). Die 3 Unternehmen und weitere etwa 300 Gruppenwasserwerke, von denen eine Reihe bis zu je 50 Gemeinden als Mitglieder zählen und teilweise Trinkwasser aus den Fernwasserleitungssystemen übernehmen, versorgen heute über 99 % der Bevölkerung Baden-Württembergs.

Wasserverbund in Bayern

Der für Bayern im Aufbau begriffene großräumige Wasserverbund soll die wasserwirtschaftlichen Gegensätze zwischen dem unter Wassermangel leidenden, dicht besiedelten sowie industriell stärker genutzten Maingebiet im Norden des Landes und dem wasserreichen Donau-

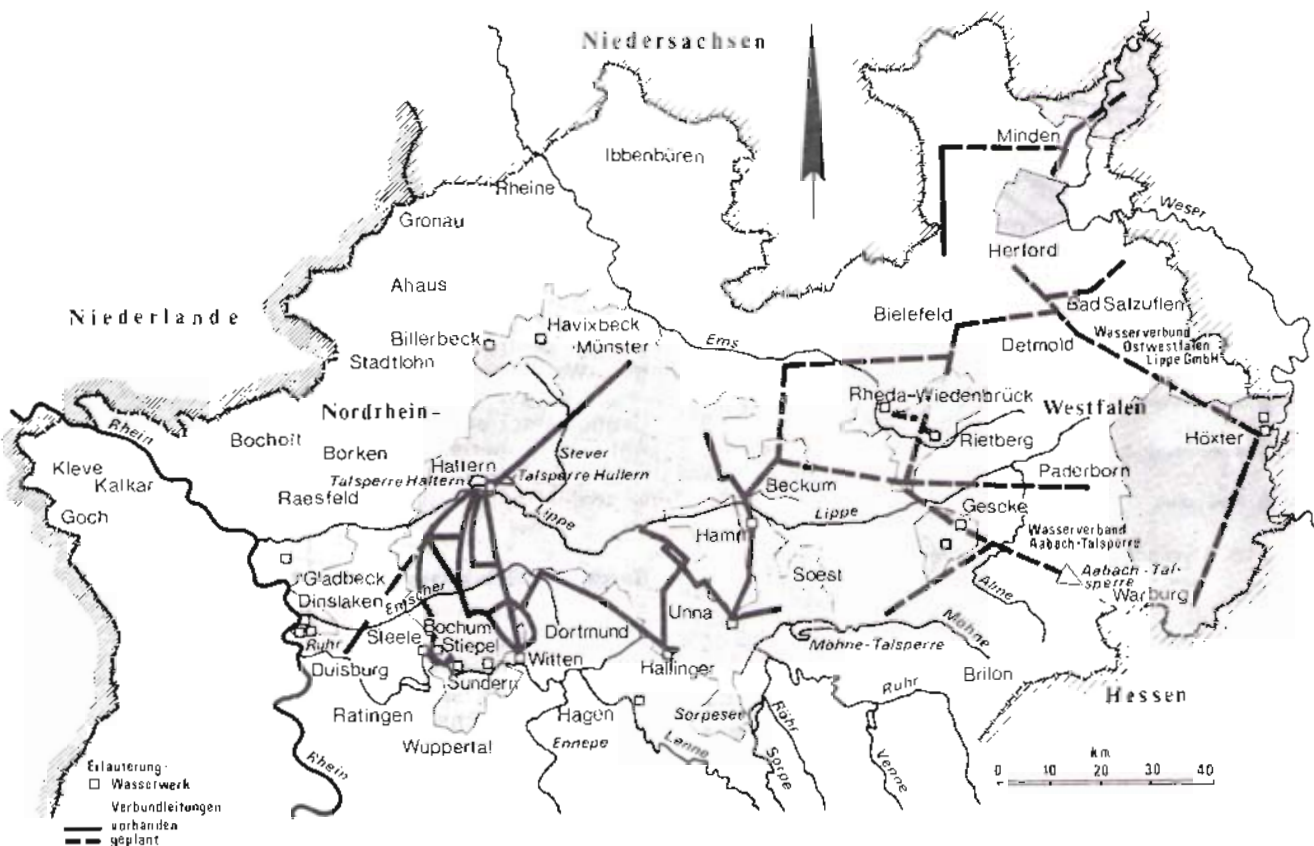


Bild 9: Vorhandene und geplante Verbundleitungen im Ruhrgebiet, Münsterland, Westfalen und am rechten Niederrhein

raum im Süden mit wesentlich geringerer Besiedlungsdichte ausgleichen sowie der Sicherheit der künftigen Trinkwasserversorgung dienen. Hierzu werden die Anlagen der überregional tätigen 11 Fernwasserversorgungsunternehmen mit Unterstützung des Staates systematisch ausgebaut und durch ein leistungsfähiges Transportsystem, das dem gegenseitigen Ausgleich und Verbund dient, verknüpft (Bild 5) [12].

Fernwasserversorgung Bayerischer Wald

Im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms werden auch Verbundleitungen innerhalb vom Hauptverteilungssystem der Fernwasserversorgung Bayerischer Wald gefördert (Bild 6) [13]. Das Versorgungsgebiet dieses Unternehmens umfaßt 7 Landkreise und eine kreisfreie Stadt mit insgesamt rund 430 000 Menschen in einem hinsichtlich Verkehrslage und von Natur aus stark benachteiligten Raum im Südosten der Bundesrepublik an der Grenze zur CSSR. Die Lösung der besonders dringenden Wasserversorgungsprobleme dieses Raumes wird einmal durch Zuführung von außerhalb, nämlich aus den Donauschottern im Bereich der Isarmündung und weiterhin durch Speicherung der zu niederschlagsreichen Zeiten ungenutzten oberirdischen Abflüsse in der im Bau befindlichen Trinkwassertalsperre Frauenau am Kleinen Regen möglich (Bild 6).

sind 4 Grundwasserwerke eingebunden, welche die unterwegs erfolgten Entnahmen von Talsperrenwasser wieder ausgleichen. Die im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms durch die Wasserversorgungsverbände Verden/Ailer und Innerstetal-Ambergau gebauten Verbundleitungen dienen dem Anschluß an das Fernwasserleitungssystem der Harzwasserwerke und darüber hinaus einem Verbund mit den Stadtwerken Bremen bzw. Peine-Salzgitter.

Trinkwasserverbund im Zonenrandgebiet von Südostniedersachsen

Im Zukunftsinvestitionsprogramm sind auch die Planungen für die Versorgung von Duderstadt und der umliegenden Gemeinden im südostniedersächsischen Zonenrandgebiet teilweise von Wasserlieferungen aus der DDR angewiesenen Eichsfelder Energie- und Wasserversorgungs-GmbH zur Erschließung der Rhumequelle als neues Wasservorkommen und für einen Verbund mit den Stadtwerken Bad Lauterberg sowie Herzberg/Südharz zur Trinkwasser-Notversorgung verwirklicht worden (Bild 8) [10].

Wasserverbund im Münsterland, Ostwestfalen und am Niederrhein

Verbundwasserversorgung kann betrieben werden sowohl innerhalb vom großräumigen Versorgungsgebiet eines einzelnen Unternehmens als auch zwischen zwei oder mehreren Versorgungsunternehmen. Beim größten Wasserversorgungsunternehmen der Bundesrepublik, der Gelsenwasser AG, werden beide Formen der Verbundwasserversorgung praktiziert. Das seit 90 Jahren bestehende Unternehmen liefert heute in seinem rund 4 000 km² großen Versorgungsgebiet an etwa 3,1 Mio. Menschen in 52 Städten und Gemeinden sowie für Gewerbe und Industrie an der Ruhr, im Münsterland, Westfalen und am Niederrhein etwa 300 Mio. m³ Wasser im Jahr. Um diese Aufgabe sicher erfüllen zu können, speisen 30 Wasserwerke in ein rund 6 400 km langes Rohrnetz mit 35 Pumpwerken und 32 Wasserspeicherbehältern ein. Daneben wird mit dem Bau leistungsfähiger Verbundleitungen zu benachbarten Versorgungsunternehmen, wie in den Räumen Ahlen, Beckum, Duisburg, Menden, Münster und Soest, eine noch größere Sicherheit in der Versorgung angestrebt (Bild 9). Der Sicherstellung des künftigen Wasserbedarfes dienen Verbundplanungen und -maßnahmen zur gemeinsamen Erschließung von Grundwasser sowie Oberflächenwasser aus der neuen Aabach-Talsperre in Kooperation mit den Stadtwerken Bochum und Bielefeld sowie weiteren, besonders in Ostwestfalen-Lippe tätigen Wasserversorgungsunternehmen [11; 14].

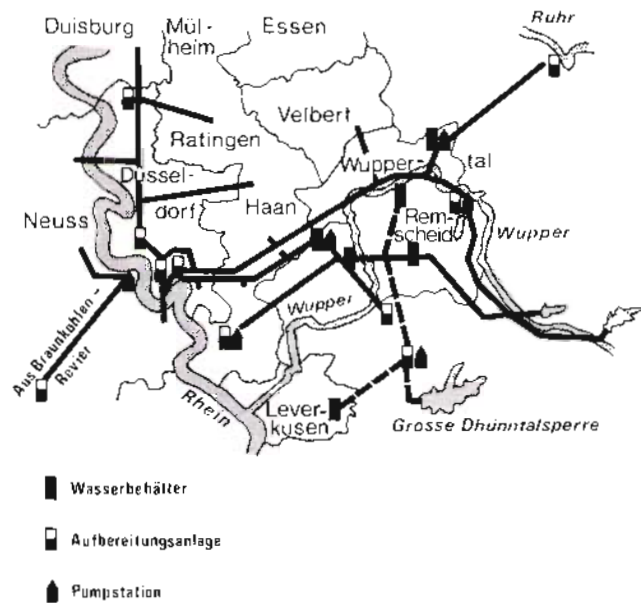


Bild 10: Bergischer Trinkwasserverbund

Verbundsystem der Harzwasserwerke

Einen großräumigen Verbund zwischen aus den Talsperren des Westharzes gewonnenem Oberflächenwasser und Grundwasserwerken im Gebiet von Leine und Weser betreiben die Harzwasserwerke des Landes Niedersachsen. Von den 3 Talsperren an der Ecker, Grane und Söse führen Fernwasserleitungen bis nach Hannover, Braunschweig, Wolfsburg und nach Bremen (Bild 7). In die Fernwasserleitung von der Sösetalsperre nach Bremen

Bergischer Trinkwasserverbund

Schließlich bildet der Ausbau eines Fernleitungssystems durch die Bergische Trinkwasser-Verbund GmbH, Wuppertal, im Zusammenhang mit dem Bau der Großen Dhünntalsperre einen bedeutsamen Schritt zum Verbund zwischen vom Rheinstrom als Wasserspender abhängigen und rheinunabhängigen Wasserwerken im südlichen Nordrhein-Westfalen (Bild 10) [15].

Literatur

- [1] Bundesverband der Deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e. V. (BGW)
Jahresbericht 1977, Drei Kronen Druck, 5030 Hürth/Rheinland
- [2] Gesetz über die Sicherstellung von Leistungen auf dem Gebiet der Wasserwirtschaft für Zwecke der Verteidigung (Wassersicherungsgesetz) vom 24. 8. 1965
Bundesgesetzblatt, Teil I, S. 1225 ber. 1817, zuletzt geändert durch das Einführungsgesetz zur Abgabenordnung (EGAO 1977) vom 14. 12. 1976. Bundesgesetzblatt, Teil I, S. 3341, 3374
- [3] Erste Wassersicherstellungsverordnung (1. WasSV) vom 31. 3. 1970
Bundesgesetzblatt, Teil I, S. 357
- [4] Zweite Wassersicherstellungsverordnung (2. WasSV) vom 11. 9. 1973
Bundesgesetzblatt, Teil I, S. 1313, in der Fassung der Ersten Verordnung zur Änderung der Zweiten Wassersicherstellungsverordnung vom 2. 4. 1978. Bundesgesetzblatt, Teil I, S. 583
- [5] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung des Wassersicherungsgesetzes — Planung von Vorsorgemaßnahmen nach § 4 des Wassersicherungsgesetzes (1. WasSGVvw) vom 10. 2. 1971
Bundesanzeiger vom 25. 2. 1971, Nr. 38
- [6] Bundesminister des Innern
Regelentwürfe für Trinkwasser-Notbrunnen (Vorsorgemaßnahmen zur Notversorgung), Arbeitsblatt 1, Teil I und II (3. Auflage) für den Bau der Bohrbrunnen und die Lieferung und Montage der Brunnen-ausrüstung, Dezember 1975
Arbeitsblatt 2: Versorgungsbereich der Brunnen — Planung von Einzelbrunnen zur Trinkwasser-Notversorgung nach der 1. WasSGVvw vom 10. 2. 1971, August 1972
Arbeitsblatt 3: Merkblatt für die Wartung von netz-unabhängigen Einzelbrunnen nach dem Wassersicherungsgesetz, März 1974
Arbeitsblatt 4: Planung und Anwendung des Lufthebeverfahrens beim Bau von Trinkwasser-Notbrunnen im Rahmen des Wassersicherungsgesetzes, Februar 1978
Arbeitsblatt 5: Sonderfall „Berliner Straßenbrunnen“ (Handpumpen) als Ergänzung des Arbeitsblattes 1, Dezember 1977
Arbeitsblatt 6: Korrosionsschutz in Trinkwasser-Notbrunnen durch Luftentfeuchtung als Ergänzung des Arbeitsblattes 1, Oktober 1978
- Arbeitsblatt 7: Planung und Anwendung von Wasserstrahlpumpen beim Bau von Trinkwasser-Notbrunnen als Ergänzung des Arbeitsblattes 1, Januar 1979
- [7] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW)
DVGW-Regelwerk — Technische Mitteilung, Hinweis W 801
Vorsorgeplanung für Notstandsfälle in der öffentlichen Trinkwasserversorgung
Vertrieb: ZfGW-Verlag GmbH, Postfach 90 10 80, 6000 Frankfurt 90, März 1979
- [8] Deutsches Institut für Normung e. V.
DIN 4046 — Wasserversorgung — Fachausdrücke und Begriffserklärungen
- [9] Pott, J.
Kooperation nach Maß — Verbund in der Wasserversorgung keine Alternative zum Gewässerschutz
Zeitung für kommunale Wirtschaft, München, Nr. 7/13. 7. 1979
- [10] Köther, H. und Veh, G. M.
Sicherung der Wasserversorgung in Niedersachsen durch Verbundleitungen — Zukunftsinvestitionsprogramm „Notversorgung und großräumiger Ausgleich“ 1977 bis 1980
Neue Deliwa-Zeitschrift, Heft 8/1979
- [11] Model, J.
Fernwasserleitungen in Ostwestfalen-Lippe
BRUNNENBAU — BAU VON WASSERWERKEN — ROHRLEITUNGSBAU, Heft 1/Januar 1978
- [12] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft
Wasserversorgung in Bayern — Ausgleich und Verbund, München, September 1977
- [13] Zweckverband Fernwasserversorgung Bayerischer Wald
10 Jahre Zweckverband Fernwasserversorgung Bayerischer Wald
Festschrift, November 1973
- [14] Möhlen, K.
Wasserverbund am Beispiel der Gelsenwasser AG
Vortrag auf der 11. Essener Tagung vom 8.—10. 3. 1978 im Haus der Technik, Essen
- [15] Arbeitsgemeinschaft Rhein-Wasserwerke e. V., Düsseldorf
Wasserverbund — Planungsstudie über die Wasserversorgung bei Ausfall des Rheins als Wasserspender in den Regierungsbezirken Düsseldorf und Köln, März 1973

Aus der Reihe:

„fgr Informationen für das Gas- und Wasserfach“

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

Bestellschein

Bitte übersenden Sie mir kostenlos folgende Ausgaben der fgr Informationen

Heft 10:

Heft 11:

Heft 12:

Heft 13:

Heft 14:

Heft 15:

Gewünschtes bitte ankreuzen.

Name: _____

Anschrift: _____

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

Name: _____

Bisherige Anschrift: _____

Neue Anschrift: _____

Unsere Anschrift:

Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre · Konrad-Adenauer-Ufer 33, 5000 Köln 1

Aus der Reihe:

„fgr Informationen für das Gas- und Wasserfach“

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

Bestellschein

Bitte übersenden Sie mir kostenlos folgende Ausgaben der fgr Informationen

Heft 10:

Heft 11:

Heft 12:

Heft 13:

Heft 14:

Heft 15:

Gewünschtes bitte ankreuzen.

Name: _____

Anschrift: _____

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

Name: _____

Bisherige Anschrift: _____

Neue Anschrift: _____

Unsere Anschrift:

Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre · Konrad-Adenauer-Ufer 33, 5000 Köln 1



**GROSS
RB 475**

