

# Fernwasserversorgung Oberes Allgäu

Von Karl Theodor Rager

## Wasserwirtschaftliche und hydrogeologische Einführung

Fernwasserversorgungen sind dort notwendig, wo der örtliche Wasserbedarf aus im Nahbereich gelegenen Vorkommen — sei es aus quantitativen oder qualitativen Gründen — nicht gedeckt werden kann. Rohrleitungen verbinden Wasserüberschußgebiete mit Wassermangelgebieten. Urteilt man nach den Kriterien wie Niederschlag und oberirdischer Abfluß, so herrscht im Allgäu sicher kein Wassermangel. Einige Daten des mittleren Jahresniederschlages (Vergleichszahl für die Bundesrepublik Deutschland: 800 mm) aus dem Einzugsgebiet der oberen Iller sollen dies deutlich machen:

Oberstdorf	1 776 mm
Sonthofen	1 599 mm
Thalkirchdorf	1 837 mm
Immenstadt	1 754 mm
Kempten	1 287 mm

Warum also eine Fernwasserversorgung im Oberen Allgäu? Nicht die jährliche Niederschlagshöhe ist das alleinige Kriterium, Klima und Geologie bedingen Verbreitung, nutzbares Dargebot und Beschaffenheit des Grundwassers, der Basis der Trinkwasserversorgung. Die Geologie des Oberen Allgäu ist aber gekennzeichnet durch das Fehlen wasserspeichernder Gesteine, so daß die reichlich fallenden Niederschläge nicht zur Grundwasserbildung führen. Langjährige Beobachtungen an zahlreichen Quellen im Gebiet der Kalkalpen, des Fiytsch und der subalpinen Molasse zeigen nicht nur eine sehr geringe Schüttung von wenigen Litern in der Sekunde, sondern auch eine starke Abhängigkeit ihrer Schüttung von den Niederschlägen und der Schneeschmelze. Die Wasservorkommen im Jungmoränengebiet sind zwar etwas ergiebiger, wie das von der Stadt Kempten (Allgäu) erschlossene Becken bei Betzigau zeigt, doch liegt dort die durchschnittliche Entnahme bei nur 20 l/s. Eine im Jahre 1962 auftretende Wasserknappheit veranlaßte die Stadt Kempten, das Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft mit der Erschließung eines neuen Grundwasservorkommens zu beauftragen. Nichts war zunächst naheliegender, als in den jüngsten Talschottern der Iller, und zwar in möglichst geringer Entfernung von der Stadt, nach Wasser zu suchen. Versuchsbohrungen zeigten aber, daß der Iller zwischen Kempten und Immenstadt ein ergiebiger Grundwasserbegleitstrom fehlt. Erst etwa 25 km südlich von Kempten, vor den Toren der Stadt Sonthofen in Ortwang, Gemeinde Burgberg, wurde man fündig. Im Illertal, zwischen Oberstdorf und Immenstadt, befindet sich ein in Seeton eingebetteter und von Seeton überlagter wassererfüllter Kieskörper, der unter Berücksichtigung des Porenvolumens eine Grundwassermenge in der Größenordnung von 200 Mio. m<sup>3</sup> speichert. Etwa in der

Verbindungsline Blaichach-Burgberg (siehe Lageplan Bild 1) reduziert sich der 1 bis 2 km breite und im Mittel 30 m mächtige Kieskörper infolge der Einengung durch aus Fels bestehende Molasseberge bis fast auf die Größe des Flußbettes der Iller. Es wurden zunächst zwei Versuchsbrunnen niedergebracht. Bei einem 306stündigen Pumpversuch mit 100 l/s Dauerentnahme aus einem Brunnen stellte sich bei nur 1 m Absenkung ab Ruhewasserspiegel der Beharrungszustand ein.

Aber nicht nur Kempten, auch andere Orte im Oberen und Westlichen Allgäu waren auf der Suche nach Wasser. In den Gemeinden Gestratz, Stiefenhofen und Oberreute wurden zahlreiche Versuchsbohrungen, allerdings ohne Erfolg, durchgeführt. Der Markt Oberstaufen und die Stadt Immenstadt hatten Wasserversorgungsprobleme. Bei dieser Situation war es nun Aufgabe des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft, das Konzept einer zukunftssicheren und wirtschaftlichen Wasserversorgung für das ganze Gebiet zu erarbeiten. In zwei Studien aus den Jahren 1967 und 1968 wies das Landesamt nach, daß es für die Sicherung der zukünftigen Trinkwasserversorgung im Interesse von Bevölkerung und Wirtschaft richtig und zweckmäßig ist, aus dem einzigen großen Grundwasservorkommen dieses Raumes nicht nur die Stadt Kempten (Allgäu), sondern auch die an der Trasse Burgberg-Kempten gelegenen Gemeinden und letztlich das gesamte Obere Allgäu und das Westallgäu (Landkreis Lindau) zu versorgen.

## Verbandsgründung, Planung, Gesamtkonzeption

1969 wurde der Zweckverband Fernwasserversorgung Oberes Allgäu (FWOA) gegründet. Mitglieder sind außer den angeschlossenen Städten, Märkten und Gemeinden die Landkreise Oberallgäu und Lindau. Die Stimmanteile der Landkreise reduzieren sich jeweils um das gleiche Maß, wie neu angeschlossene Kommunen Stimmanteile erhalten. Auf der Grundlage eines vom Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft erstellten Vorentwurfes planten das Schwäbische Ingenieurbüro Jellen u. Co., Kempten (Allgäu) und Regierungsbaumeister Schlegel GmbH u. Co., Ingenieurbüro für Wasserbau, München, die Gesamtanlage der FWOA.

In 10 Jahren Bauzeit (1970 bis 1980) investierte der Zweckverband knapp 100 Mio. DM, wozu der Freistaat Bayern erhebliche finanzielle Unterstützung leistete. Die Gesamtanlage der FWOA zeigt Bild 1. Es wurden drei Wassergewinnungsgebiete — Ortwang, Altstädten und Seebach — erschlossen, wobei Altstädten zusätzlich zu Ortwang in 6 km Abstand nicht aus Kapazitätsgründen, sondern wegen der Versorgungssicherheit gebaut wurde.

## fgr 16

Der Brunnen in Seebach dient ausschließlich der Inselversorgung Dietmannsried. Diesen drei Gewinnungsgebieten sind ohne nachteilige ökologische Auswirkungen etwa 30 bis 40 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr entnehmbar. Vergleicht man diese Zahl mit dem Speichervolumen des Grundwasserkörpers zwischen Oberstdorf und Immenstadt und dem gegenwärtigen Wasserverkauf von knapp über 3 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr, werden die gewaltigen Reserven des Grundwasserdargebots erkennbar, die dem Verbandsgebiet für zukünftige Entwicklungen und Erweiterungen zur Verfügung stehen. Die im beliebigen Verhältnis mischbaren Wasser aus Ortswang und Altstädten werden durch Mittelspannungs-Unterwassermoterpumpen (6 kV, 180 bis 200 l/s) auf den Scheitelbehälter Burgberg (9 000 m<sup>3</sup> Nutzinhalt, 817 m NN) gefördert. Von dort fließt das Wasser in nördlicher Richtung links der Iller zum Hochbehälter Steinberg bei Kempten (8 000 m<sup>3</sup>, 764 m NN) und rechts der Iller zum Pumpwerk Thal sowie nach Westen zum Hochbehälter Harbatshofen (2 500 m<sup>3</sup>, 799 m NN). Insgesamt betreibt der Zweckverband 11 Hochbehälter mit einem Gesamtspeichervolumen von 25 600 m<sup>3</sup> und

8 Pumpwerke. Die gesamte installierte Leistung beträgt 1 600 kW.

### Das Fernleitungssystem

Der Bemessung der Rohrleitungen und der Wahl des optimalen Rohrwerkstoffes kommt bei großräumigen Versorgungsanlagen im relativ dünn besiedelten Raum eine besondere Bedeutung zu, da Wartung, Unterhaltung und Abschreibungen der Rohrleitungen hier weit stärker auf den Wasserpreis durchschlagen als beispielsweise in Städten. Diese Unterschiede macht ein Kennwert deutlich: Die auf die Rohrnetzlänge bezogene, in der Zeiteinheit abgegebene Wassermenge mit der Dimension m<sup>3</sup>/m · a. Wie zahlreiche Untersuchungen ergeben haben, beträgt dieser Kennwert bei Einzel- und Gruppenwasserversorgungsanlagen im ländlichen Raum etwa 2,5 bis 3. Bei einer Fernwasserversorgung setzt sich die Gesamtbelastung der Endabnehmer mit Rohrnetzkosten aus dem Netz der Fernwasserversorgung und dem jeweiligen gemeindlichen Ortsnetz zusammen. Allein die „Vorbela-

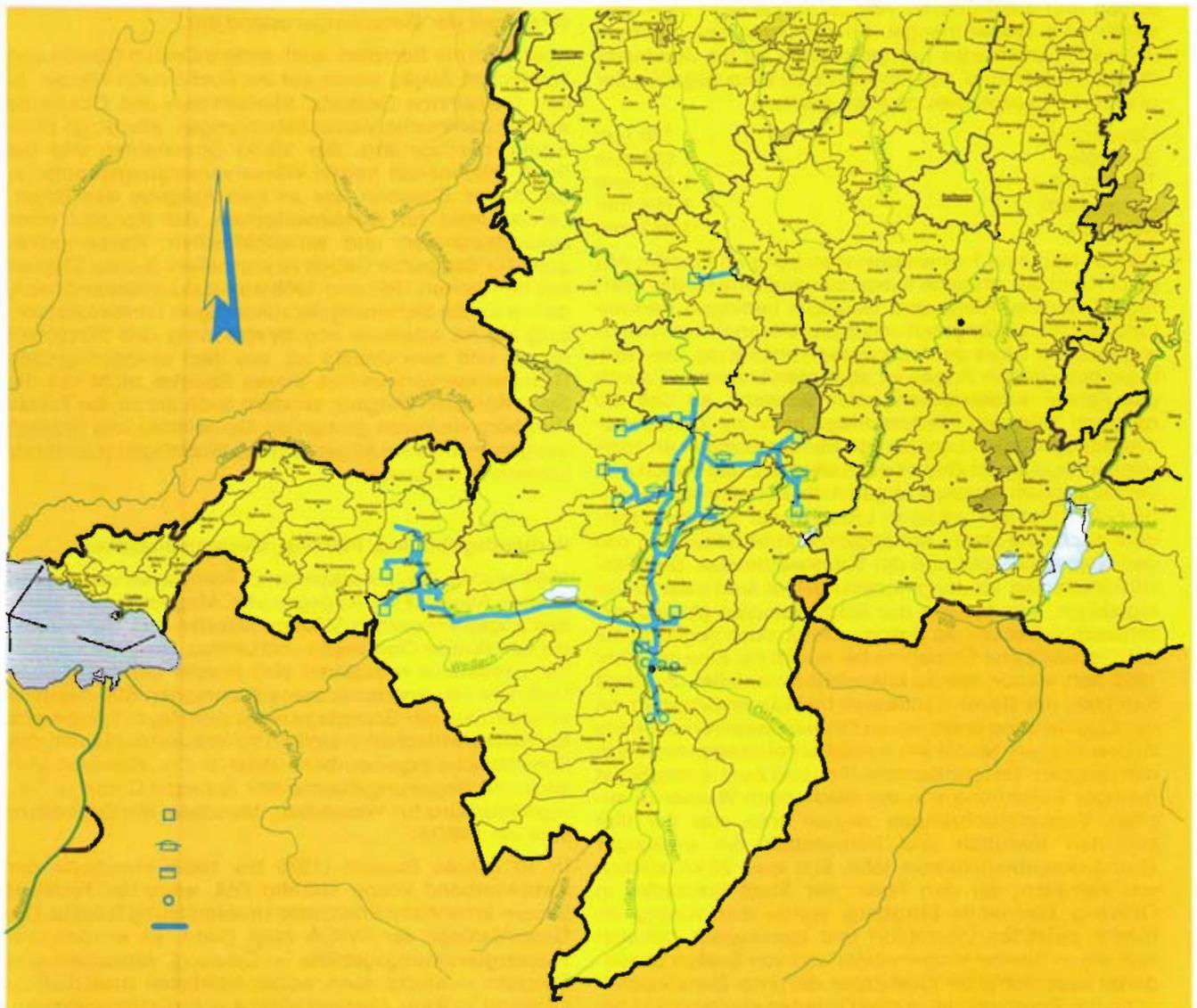


Bild 1: Lageplan

stung" der Kommunen aus dem FWOA-Netz beträgt z. Z.  $28 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{a}$ . Der Vergleich dieser Zahlen z. B. mit dem Kennwert der Stadt München von  $54 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{a}$  zeigt die Größenordnung der unterschiedlichen Belastungen.

Die Bemessung eines Fernwasserversorgungsnetzes führt meist zu Kompromißlösungen, da zwei extreme Grenzbedingungen gelten:

- Die Anlage soll so groß bemessen sein, daß sie möglichst jeden zukünftigen, heute noch nicht quantifizierbaren Wasserbedarf im Verbandsgebiet durch Erweiterungsmaßnahmen befriedigen kann, ohne wesentliche Anlagenteile wegen zu geringer Dimensionierung aufgeben zu müssen.
- Die Anlage soll aber nur so groß bemessen sein, daß sie mit der zum Planungszeitpunkt vertraglich gesicherten Mindestabnahmemenge einigermaßen wirtschaftlich und hygienisch einwandfrei (ohne zu lange Verweilzeiten in den Rohrleitungen und Behältern) betrieben werden kann.

Das Bemühen um das für die örtlichen Gegebenheiten zweckmäßigste Rohrmaterial macht das Beispiel der FWOA deutlich. Im 1. Bauabschnitt Ortswang-Kempton entschied sich der Zweckverband in den Jahren 1970 bis 1972 für zementmörtelausgekleidete kunststoffummantelte Stahlrohre mit kathodischem Schutz und für eine Stichleitung zu einem gemeindlichen Abnehmer aus Asbestzementrohr. Ab 1972 wurde bei allen weiteren Bauabschnitten nur noch das zementmörtelausgekleidete duktile Gußrohr verlegt. Der Bestand des Rohrnetzes in Kilometern sieht in der FWOA wie folgt aus:

Stahl	23,8 km = 21,9 %
Asbestzement	4,0 km = 3,7 %
Dukt. Gußeisen	80,7 km = 74,4 %
insgesamt	108,5 km = 100 %

Bei der baulich schwierigsten Strecke, der Westleitung mit Illerdüker, äußerst beengten Verhältnissen mit einer Steilhangstrecke in Immenstadt und dann weiter entlang dem Großen Alpsee in Richtung Oberstaufen-arbatshofen gab es zum duktilen Gußrohr mit seiner Baulänge von 6 m je Rohr keine wirtschaftliche Alternative. In diesem Abschnitt wird die Bundesstraße 308 (Queralpenstraße) in einer Strecke von rd. 2 km auf der Nordseite durch die steil abfallende Uferböschung zum Alpsee und am südlichen Fahrbahnrand durch die unmittelbar am Straßenrand ansetzenden Steilhänge des Immenstädter und Gschwender Hornes begrenzt (siehe Schemazeichnung Bild 2). Da der Verkehr nicht umgeleitet werden konnte, mußte eine Verkehrsspur von 3,00 m aufrechterhalten werden, was eine hangseitige provisorische Straßenverbreiterung um bis zu 1 m zur Folge hatte. Zwischen Flatterleine und Baugeräten bzw. Arbeitsbereich war ein Sicherheitsabstand von mindestens 0,50 m einzuhalten. Während der Weihnachts-, Oster- und Pfingstferien sowie in den drei Sommermonaten (Mitte Juni bis Mitte September) mußte die Straße uneingeschränkt zur Verfügung stehen. Der Bodenaustausch, Schalungs- und Rohreinbau erfolgte in Überkopfarbeit, da ein seitliches Befahren nicht zugelassen werden konnte. Unmittelbar nach der Verlegung eines Rohres wurde der Graben jeweils verfüllt, um so die Länge der Einbahnstrecke möglichst kurz zu halten und damit die Verkehrsbehinderung weitgehend zu reduzieren. Im weiteren Verlauf der Strecke bis Oberstaufen, im Tal der Konstanzer Ach (Bild 3) wurden stets wechselhafte Bodenverhältnisse

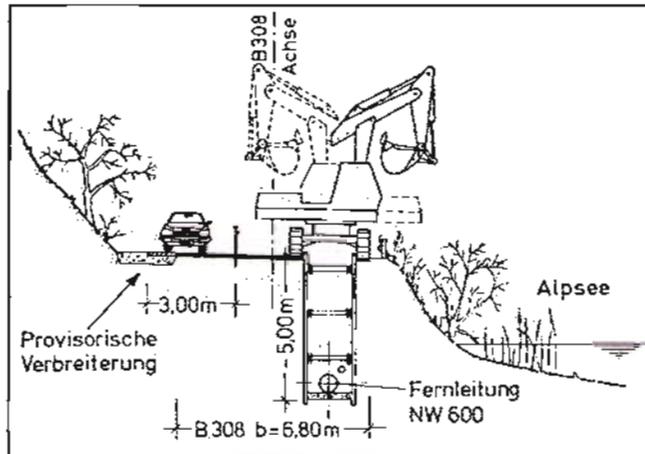


Bild 2: Erschwerte Arbeitsbedingungen beim Bau der Westleitung entlang des Großen Alpsees

von wasserhaltenden Feinsandschichten, mehr als 10 m mächtigen Torflagen, die eine spezielle Gründung erforderlich machten, bis zu kompaktem Fels angetroffen. In größeren Teilbereichen mußte wegen des hohen Wasserandranges in freier Strecke gespundet werden. Die konstruktiven Einzelheiten der Überwindung der Torfstrecke gibt die Zeichnung (Bild 4), das Detail der Rohrauflagerung Bild 5 und einen Blick auf die Rohrleitung Bild 6. Obwohl auf der ganzen Strecke der Westleitung PN 10 nirgends erreicht wird, wählte man durchweg PN 16, da zur Vergrößerung des Durchflusses bei zukünftiger Bedarfssteigerung noch ein Drucksteigerungspumpwerk eingerichtet werden muß. Der hydraulische Engpaß der Westleitung ist der Hochpunkt zur Überwindung der



Bild 3: Rohrverlegung im Tal der Konstanzer Ach bei Ratholz

Wasserscheide Donau (Schwarzes Meer) und Rhein (Nordsee) bei Oberstaufen. In mehreren Teilbereichen wurden kraftschlüssige, abwinkelbare Steckmuffen-Verbindungen TYTON System TYS und TYS-K eingesetzt, so z. B. im Bereich der Pfahljochauflagerung und bei den Steilhangleitungen zu den Hochbehältern Immenstadt und Harbatshofen (Tabelle 1).

Entsprechend der üblichen Praxis wurden auch bei der FWOA für die duktilen Gußrohre jeweils diejenigen Wanddicken gewählt, die sich durch Berechnung nach

# fgr 16

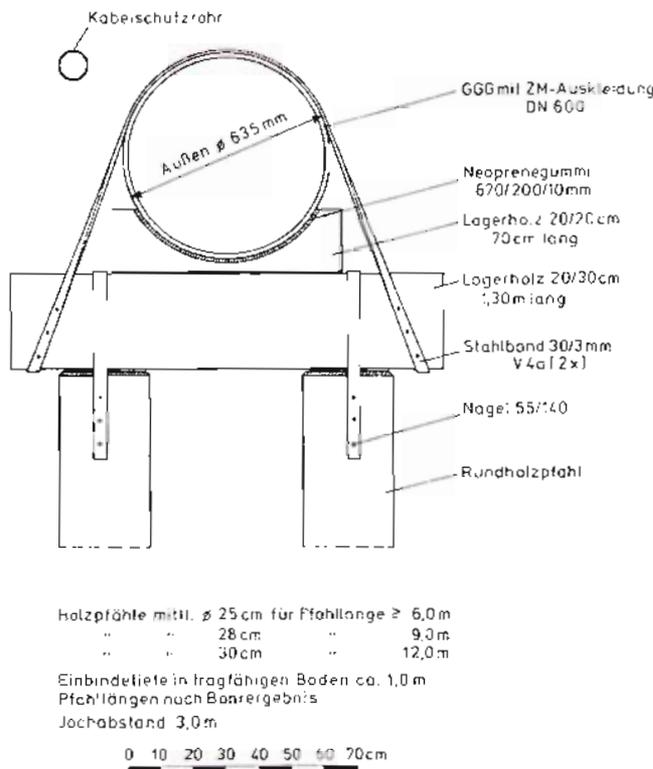


Bild 4: Lagerung der duktilen Gußrohre auf Pfahljochen

Prof. Wellinger\*) für die örtlichen Einbau- und Betriebsbedingungen ergeben. Das bedeutet, daß in vielen Fällen geringere Wanddicken zum Einsatz kamen, als sie in DIN 28610 in der z. Z. gültigen Fassung (Anm.: Zur Zeit befaßt man sich mit der Überarbeitung dieser DIN) aufgeführt sind, womit zu einer größeren Wirtschaftlichkeit der Baumaßnahmen beigetragen werden konnte (Tabelle 1).

Auch den Fragen des Korrosionsschutzes wurde sehr gewissenhaft nachgegangen. Während früher mehr oder weniger nur pauschale Aussagen über die Korrosionsgefährdung von Eisen und Stahl im Erdboden gemacht werden konnten, steht seit 1971 zur genaueren Abschätzung der Aggressivität eines Bodens das DVGW-Arbeitsblatt GW 9 „Merksblatt für die Beurteilung der Korrosionsgefährdung von Eisen und Stahl im Erdboden“, August 1971, zur Verfügung. Dieses Arbeitsblatt gibt Hinweise für die derzeitigen Möglichkeiten der Beurteilung der Korrosionsgefährdung erdverlegter Rohrleitungen und wurde den verschiedenen Bodenuntersuchungen im Rahmen der Planungen für die FWOA zugrunde gelegt.

Eine erste Einstufung der Böden erfolgt durch die optische Beurteilung. Danach wird vorteilhafterweise ein Bodenwiderstandsprofil aufgenommen, um kritische Trassenbereiche genauer einzugrenzen, aus denen schließlich Bodenproben entnommen und untersucht werden. Grundlage ist die Bestimmung einer Reihe von Aggressivitätsfaktoren, wie Bodenart, spezifischer elektrischer Widerstand, Gehalt an Salz, Schwefelwasserstoff, Chlorid, Sulfat usw. Den Ergebnissen dieser Bestimmungen werden entsprechend dem DVGW-Arbeitsblatt Bewertungszahlen zugeordnet, deren Addition die

\*) „Die Berechnung duktiler Schleudergußrohre“: Prof. Dr.-Ing. Wellinger, Dipl.-Ing. Gaßmann

Bodenkennziffer ergibt. Damit ergibt sich die Zuordnung der Böden zu verschiedenen Aggressivitätsstufen und damit die Möglichkeit, über Art und Umfang zweckmäßiger Korrosionsschutzmaßnahmen zu befinden.

So wurden z. B. bei der Fernleitung West (Immenstadt — Oberstaufen — Harbatshofen) im Jahr 1977 nach optischer Beurteilung 60 Bodenwiderstandsmessungen durchgeführt und 7 Bodenproben entnommen. Aufgrund der Untersuchungsergebnisse wurde empfohlen, bei 4 Teilabschnitten auf eine Gesamtlänge von 7,5 km die duktilen Gußrohre zusätzlich zum üblichen werkseitigen Korrosionsschutz (Verzinkung und Bituminierung) mit einer Polyethylen-Schlauchfolie zu schützen. Den Umfang der mit PE-Folie geschützten Rohrstrecken zeigt ebenfalls Tabelle 1.

Tabelle 1

Auflistung der in der FWOA verlegten duktilen Gußrohre einschl. Korrosionsschutz mit PE-Folie (in km)

DN	150	200	250	300	400	500	600	Summe
K 10	2,0	4,1	2,9	7,0	3,5	9,7	4,8	34,0
K 9	—	2,3	1,1	—	1,5	7,7	12,7	25,3
TYS u. TYS-K	0,2	2,9	2,9	2,6	0,2	4,4	8,2	21,4
Summe	2,2	9,3	6,9	9,6	5,2	21,8	25,7	80,7
PE-Folie	—	0,6	2,2	0,8	0,3	1,7	10,6	16,2

## Die kommunalen Ortsnetze

Erst die Existenz der Fernwasserversorgung ermöglichte es zahlreichen Gemeinden im Verbandsgebiet, ihre eigenen Ortsnetze auszubauen; denn ohne eine stets sichere und auch für die Zukunft ausreichende Wasserbezugsmöglichkeit wäre ein solcher Ausbau gar nicht möglich gewesen. Die FWOA schuf so die Voraussetzung für Investitionen in den kommunalen Ortsnetzen in Höhe von rd. 130 Mio. DM. Der Ausbau dieser Ortsnetze wurde dem Baufortschritt der Fernwasserversorgung angepaßt. Hierbei handelt es sich bis jetzt um insgesamt 12 Gemeinden, denen ebenfalls vom Freistaat Bayern großzügig finanzielle Unterstützung gewährt wurde. In all diesen Ortsnetzen wurden ausschließlich duktile Gußrohre (Ge-

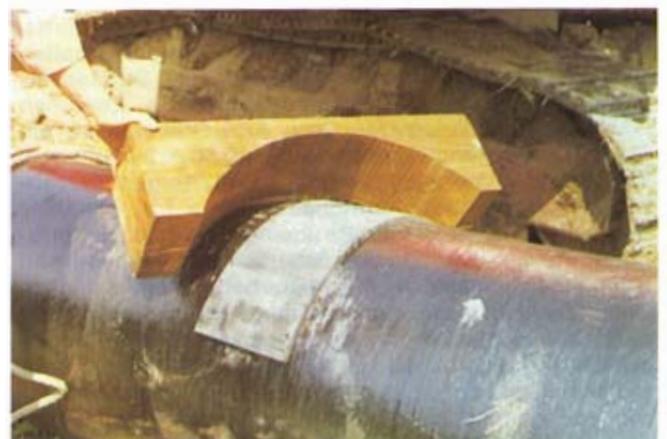


Bild 5: Detail des Rohraufagers bei der Pfahlgründung



Bild 6: Fertig verlegte Rohrleitung in der Pfahljochstrecke

samtlänge 210 km) verlegt. Die Aufgliederung nach Nennweiten in diesen kommunalen Netzen gibt die Tabelle 2.

**Tabelle 2**

Nennweitenanteile der an die FWOA angeschlossenen Gemeinden; Rohrmaterial zu 100% duktils Gußeisen – Gesamtlänge 210 km

DN	80	100	125	150	200	250	300	400	Summe
% Anl.	0,6	21,2	15,4	34,7	14,5	11,2	2,0	0,4	100

**Betriebszentrale Ortwang**

Die Darstellung der FWOA wäre unvollständig ohne Erwähnung der am Ausgangspunkt der beiden Versorgungshauptachsen gelegenen Betriebszentrale Ortwang (Bild 7). Das in vier Baukörpern aufgelöste Gebäude enthält von links nach rechts:

- Garagen,
- Meß- und Steuerwarte, Fernwirkanlage, Büros, Sanitär- und Bereitschaftsräume,
- Batterie- und Traforäume, Nieder- und Mittelspan-

nungsverteilung, Notstromaggregate (150 und 800 kVA),

– Werkstatt.

Einblick in die Meß- und Steuerwarte gibt Bild 8 mit Mosaikschaulbild, Prozeßrechner, zwei Druckern (getrennt für Betriebs- und Störprotokolle) sowie rechts auf dem Schreibtisch die Bildschirm-Masterkonsole. Der Verbindung zwischen Zentrale und den für den Versorgungsbetrieb wichtigen peripheren Anlagen dient eine mikroprozessorengesteuerte, zeitmultiplexe Fernwirkanlage. Das Besondere hier ist, daß die Warte nicht besetzt ist. Der gesamte Betrieb wird vom Prozeßrechner geführt und überwacht. Während der normalen Arbeitszeit (5-Tage-Woche mit 40 Wochenstunden) werden Störmeldungen akustisch im gesamten Betriebsgebäude und optisch als Sammelstörmeldung am Mosaikschaulbild angezeigt und der Störprotokoll drucker gibt im Klartext die genaue Störungsursache aus. Außerhalb der regulären Arbeitszeit selektiert der Prozeßrechner die eingehenden, vom Regelbetrieb abweichenden Informationen in Störungen, deren Behebung bis zum normalen Arbeitsbeginn aufschiebbar und solche, deren Behebung sofort einzuleiten ist. Der Bereitschaftsmann wird automatisch über den europäischen Funkrufdienst (Eurosignal) verständigt. Der Funkrufempfänger, den der Bereitschaftsmann stets bei sich führt, hat vier Signallämpchen, wodurch bis zu 15 verschiedene eindeutige Mitteilungen empfangen werden können. Der Rechner kann sämtliche seit Betriebsbeginn aufgetretenen Störungen nach Zeit, Ort und Art ausgeben. Dabei sind Monate mit nur einer Störmeldung, aber auch Monate mit 10 Störmeldungen in der Liste zu finden. Nach rund zwei Jahren Betriebserfahrung kann gesagt werden, daß im Durchschnitt einmal pro Woche ein Bereitschaftsruf ausgelöst wird. Trotz der nach dem Stande der Technik optimalen Blitzschutzrichtungen stehen wegen der Lage im alpinen Raum die Überspannungsschäden durch Blitzschlag an der Spitze der Schadenshäufigkeit. Zu erwähnen ist noch, daß dank der autarken Vorort-Automatiksteuerung und der hydraulischen Speicherkapazität weder ein Ausfall des Prozeßrechners noch der Fernwirkanlage zu einer Störung im Versorgungsbetrieb führt.

Der Prozeßrechner stellt das Betriebspersonal frei von jeglicher monotonen Protokolltätigkeit und frustrierendem Bereitschaftsdienst, wie er bei rund um die Uhr



Bild 7: Betriebszentrale der FWOA in Ortwang – Im Hintergrund der Grünten



Bild 8: Meß- und Steuerwarte der Betriebszentrale Ortswang

besetzten Warten häufig zu verzeichnen ist. Das qualitativ hochwertige und teure Personal steht voll für die Erhaltung des Wertes und der Betriebstüchtigkeit der Anlage zur Verfügung.

## Ausblick

Im Endausbau soll das durch die FWOA versorgte Gebiet 1 100 km<sup>2</sup> umfassen, wofür eine Jahreswasserabgabe von 19 Mio. m<sup>3</sup> errechnet ist. Wann dies der Fall sein wird, richtet sich ausschließlich nach den Wünschen und Anträgen der Kommunen. Angaben über die zeitliche Entwicklung des Weiterbaues können daher nicht gemacht werden.

## Literatur

Zweckverband Fernwasserversorgung Oberes Allgäu. Festschrift anlässlich des 10jährigen Bestehens, herausgegeben vom Zweckverband FWOA, Kempten (Allgäu) 1979

Rager, Karl Th.

„Automatisierung und Rationalisierung beim Betrieb großräumiger Wasserversorgungsanlagen“ Informationsbericht Nr. 3/1980, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft und Technische Universität München

## Anschrift des Verfassers

Dr.-Ing. Karl Th. Rager,  
Baudirektor im Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft  
Lazarettstraße 67, 8000 München 19

# Berechnungsgrundlagen für erdverlegte duktile Gußrohre nach den neuen Normen DIN 28600 und DIN 28610

Von Hansgeorg Hein

## 1. Einleitung

Die Berechnung erdverlegter Rohre ist in den letzten Jahren sehr häufig Gegenstand intensiver Diskussionen gewesen. Nicht zuletzt bedingt durch das Auftreten großkalibriger Rohre aus verformungsfähigen Werkstoffen wurde es notwendig, eine Berechnungsmethode zu entwickeln, die auch den die Rohre umgebenden Boden als konstruktives Element einbezieht. Die reine Festigkeitsrechnung mußte einer kombinierten Festigkeits-Verformungsrechnung weichen; das beherrschende Motiv wurde die Steifigkeit des Systems Rohr/Boden.

Gegenüber früheren Methoden hat auch der durch die horizontale Verformung der Rohre bedingte passive Erd-Druck mit seiner abstützenden Wirkung Eingang in die Rechnung gefunden.

Die Unterscheidung zwischen Graben- und Dammbedingungen ist beibehalten worden, jedoch wurde der Übergang fließend, so daß mancher Diskussion die Grundlage entzogen ist.

Die vorliegende Berechnung basiert auf der „Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen“, 2. Entwurf Juni 1978, die von einer Arbeitsgruppe der Abwassertechnischen Vereinigung e. V. (ATV) erarbeitet wurde [1].

Auf Druckrohre sind die Ergebnisse der ATV-Berechnungsrichtlinie direkt übertragbar, da der Fall des Rohres ohne Innendruck der statisch ungünstigere ist.

Ein kleiner Kreis des DVGW-Arbeitskreises „Duktile Gußrohre“ des DVGW-Fachausschusses „Rohre und Rohrverbindungen in der Wasserverteilung“ hat die Anwendbarkeit der ATV-Richtlinie überprüft und die Parameter für die Musterrechnung festgelegt.

## 2. Eingeedertes Rohr unter Innendruck

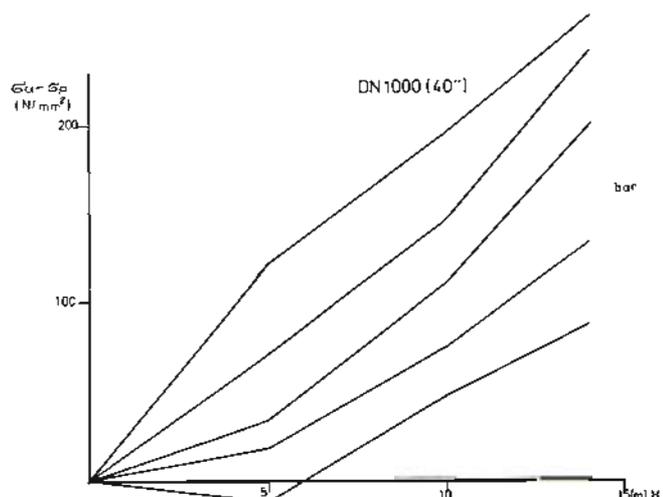
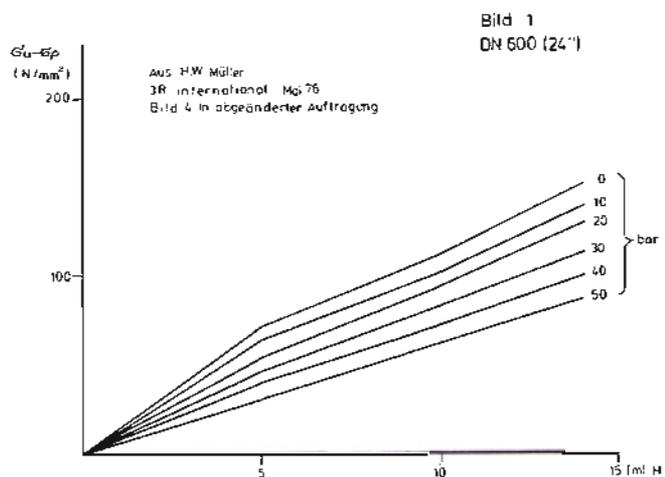
Infolge der äußeren Belastungen wird das Rohr ovalisiert und besitzt somit schon a priori Biegespannungen. Durch den Innendruck werden Zugspannungen (in Umfangsrichtung) und zusätzliche Biegespannungen induziert, letztere jedoch nur für den Fall, daß die äußeren Belastungen eine entgegengesetzte Verformung zulassen. Durch das Hooke'sche Gesetz sind Verformungen und Spannungen miteinander verknüpft, und zwar derart, daß sie nicht unabhängig voneinander auftreten können; es ist also nur mit Spannungen zu rechnen, wenn Verformungen auftreten können. Die zusätzlichen Biegespannungen sind in jedem Falle jedoch so gerichtet, daß sie die vorhandenen Biegespannungen reduzieren.

Hierzu liegen Versuchsergebnisse vor, die von H. W. Müller [2] an eingeederten Stahlrohren der Nennweiten

DN 600 und DN 1000 gewonnen wurden. Dabei wurden die Spannungen an der Rohraußenwand in Abhängigkeit von der Überdeckungshöhe  $H$  (Deformation) und dem Innendruck  $p$  direkt gemessen.

In Bild 1 sind die von Müller gemessenen Werte in abgeänderter Form aufgetragen:

Als Parameter wurde der Innendruck in bar gewählt; die Ordinate ist die um die aus dem Innendruck resultierende Normalspannung reduzierte Umfangsspannung ( $\sigma_u - \sigma_p$ ), also nur die Biegespannung.



Es zeigt sich, daß bei vorgegebener Deformation ( $H = \text{const.}$ ) die reine Biegespannung  $\sigma_{\text{u-}\sigma_{\text{p}}$  mit steigendem Innendruck abnimmt.

Es ist dies genau das Ergebnis, wie es in den Betrachtungen in Absatz 1 dargelegt wurde.

Ein weiterer Punkt, der etwas über den Einfluß der Ovalität bei Rohren aussagt, sind die Ergebnisse der Bauteilversuche, insbesondere die der Berstversuche. Man muß davon ausgehen, daß bei den Versuchen auch ovale Rohre geprüft werden. Wenn der Einfluß der Ovalität Größenordnungen von 100% Laststeigerung annehmen kann, so muß sich diese Tatsache in den Versuchswerten niederschlagen, was aber keineswegs der Fall ist.

Die Tatsache fand ihren Niederschlag in der Arbeit von Wellinger [3], nach der die statische Berechnung von duktilen Gußrohren für äußere Belastungen und Innendruck getrennt erfolgt.

### 3. Der Einfluß der Steifigkeit von Rohr und Boden

Die Steifigkeiten von Rohr und Boden beeinflussen die statischen Verhältnisse eines eingedeckten Rohres in zweifacher Hinsicht:

- Das über dem Rohr lagernde Erdprisma erzeugt in der Scheitelebene des Rohres eine vertikale Spannung der Größe  $\gamma \cdot H$ ; dies jedoch nur, wenn der seitlich gelagerte Boden die Setzungen des Erdprismas über dem Rohr nicht beeinflusst. Sind jedoch die Setzungen von Rohr und seitlichem Boden unterschiedlich, so werden Kräfte geweckt, die die Belastung des Rohres abmindern oder vergrößern können.
- Je nach Steifigkeit wird sich das Rohr unter vertikalen Lasten vertikal verformen; dies bringt eine Aufweitung des Rohres in der Kämpferebene mit sich, was zur Folge hat, daß sich das Rohr gegen den anstehenden Boden abstützt. Da die vertikale und die horizontale Verformung proportional sind, so ist auch die abstützende Wirkung einerseits eine Funktion der äußeren Belastung, andererseits hängt sie von der Steifigkeit des Rohres und des umgebenden Bodens ab.

### 4. Berechnung der Rohre

#### 4.1 Voraussetzungen

Die Rohre aus duktilem Gußeisen werden unter Dammbedingungen gerechnet; das spezifische Gewicht des Bodens wird mit  $20 \text{ KN/m}^3$  angesetzt, die Verkehrslast beträgt  $600 \text{ KN}$  (SLW 60).

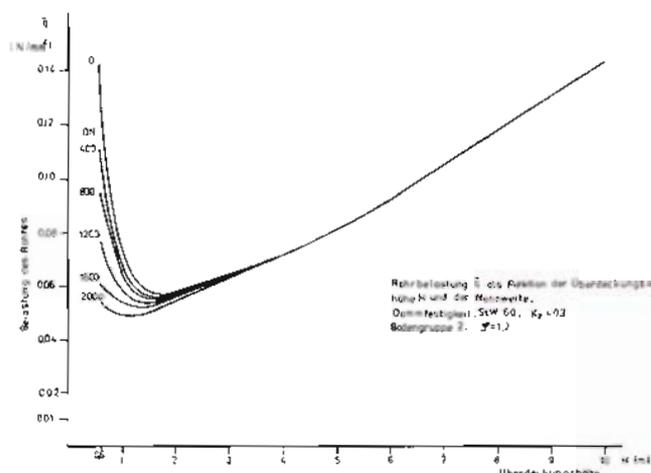
Der Auflagewinkel  $2\alpha$  ist  $120^\circ$ , der Boden entspricht dem der Gruppe 2 für den Einbaufall 1 (lagenweise Verdichtung) ohne Nachweis des Verdichtungsgrades, was einer Bodensteifigkeit  $E_B$  von  $8 \text{ N/mm}^2$  entspricht.

#### 4.2 Belastungen

Die Belastungen eines Rohres sind in Bild 2 als Funktion der Überdeckung dargestellt. Als Verkehrslast ist der SLW 60 berücksichtigt, der Anteil Erdlast enthält die seitliche Entlastung durch den passiven Erddruck ( $K_2 = 0,3$ ). Es ist ersichtlich, daß bei  $H = 0,6$  und  $H = 10 \text{ m}$  etwa die gleichen Belastungen auftreten.

$$\text{Formel} \quad q_v - q_h = (\lambda_R - \lambda_B \cdot K_2) \cdot \gamma \cdot H + P_v$$

Bild 2



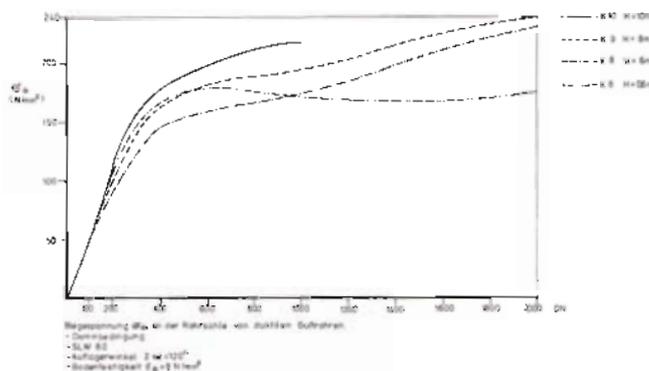
Die Kurve wurde aufgestellt für  $\lambda_R = \lambda_B = 1$ , d. h. für duktile Gußrohre ist dieser Wert geringer, so daß man bei hohen Verdichtungen auf der sicheren Seite liegt.

### 5. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Rechnung sind in den Bildern 3 und 4 dargestellt:

Bild 3 zeigt die Biegespannungen in der Rohrsohle als Funktion der Nennweite DN.

Bild 3

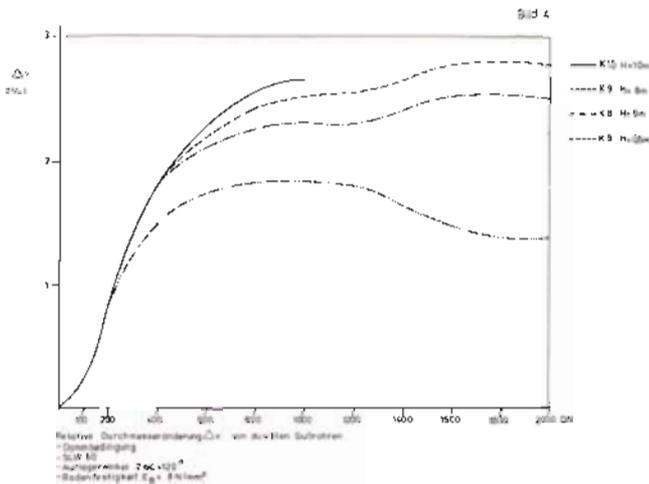


Parameter sind die Rohrklassen K 8, K 9 und K 10 mit den jeweiligen minimalen bzw. maximalen Überdeckungshöhen  $H$  von  $0,6 \text{ m}$  bzw.  $6 \text{ m}$ ,  $8 \text{ m}$  und  $10 \text{ m}$ . Für die konstante minimale Überdeckung von  $0,6 \text{ m}$  wurde nur die Klasse K 8 ausgewertet, da sie die ungünstigsten Ergebnisse bringt.

Bild 4 stellt die relativen Durchmesseränderungen unter den gleichen Bedingungen dar.

### 6. Diskussion der Ergebnisse

Die Biegespannungen liegen unter  $240 \text{ N/mm}^2$ , dem Wert, der sich aus der in der neuen Norm DIN 28 600 festgelegten Scheiteldruckfestigkeit von  $550 \text{ N/mm}^2$  mit einer Sicherheit von 2,3 ergibt; die relativen Durchmesseränderungen liegen unter 3%, der zulässige Wert ist 4%. Die



Rechnung zeigt also, daß die in der Neufassung der Normen DIN 28 600 und 28 610 getroffenen Festlegungen über den Anwendungsbereich von Rohren aus duktilem Gußeisen voll bestätigt werden.

#### Literatur

- [1] ATV-Arbeitsblatt A 127, 2. Entwurf Juni 1978  
Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen  
Abwassertechnische Vereinigung e. V. (ATV), 5202 St. Augustin 1
- [2] Müller, H. W.  
Beanspruchung von Pipelines unter Erdaufasten (Teil I)  
3 R international 15, Heft 5 (1976), S. 231—234
- [3] Wellinger, K. und Gaßmann, H.  
Die Berechnung duktiler Schleudergußrohre  
Techn.-wiss. Berichte MPA Stuttgart (1965)

# Berechnungsgrundlagen für erdverlegte duktile Gußrohre nach den neuen Normen DIN 28600 und DIN 28610

Von Hansgeorg Hein

## 1. Einleitung

Die Berechnung erdverlegter Rohre ist in den letzten Jahren sehr häufig Gegenstand intensiver Diskussionen gewesen. Nicht zuletzt bedingt durch das Auftreten großkalibriger Rohre aus verformungsfähigen Werkstoffen wurde es notwendig, eine Berechnungsmethode zu entwickeln, die auch den die Rohre umgebenden Boden als konstruktives Element einbezieht. Die reine Festigkeitsrechnung mußte einer kombinierten Festigkeits-Verformungsrechnung weichen; das beherrschende Motiv wurde die Steifigkeit des Systems Rohr/Boden.

Gegenüber früheren Methoden hat auch der durch die horizontale Verformung der Rohre bedingte passive Erd-Druck mit seiner abstützenden Wirkung Eingang in die Rechnung gefunden.

Die Unterscheidung zwischen Graben- und Dammbedingungen ist beibehalten worden, jedoch wurde der Übergang fließend, so daß mancher Diskussion die Grundlage entzogen ist.

Die vorliegende Berechnung basiert auf der „Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen“, 2. Entwurf Juni 1978, die von einer Arbeitsgruppe der Abwassertechnischen Vereinigung e. V. (ATV) erarbeitet wurde [1].

Auf Druckrohre sind die Ergebnisse der ATV-Berechnungsrichtlinie direkt übertragbar, da der Fall des Rohres ohne Innendruck der statisch ungünstigere ist.

Ein kleiner Kreis des DVGW-Arbeitskreises „Duktile Gußrohre“ des DVGW-Fachausschusses „Rohre und Rohrverbindungen in der Wasserverteilung“ hat die Anwendbarkeit der ATV-Richtlinie überprüft und die Parameter für die Musterrechnung festgelegt.

## 2. Eingeedertes Rohr unter Innendruck

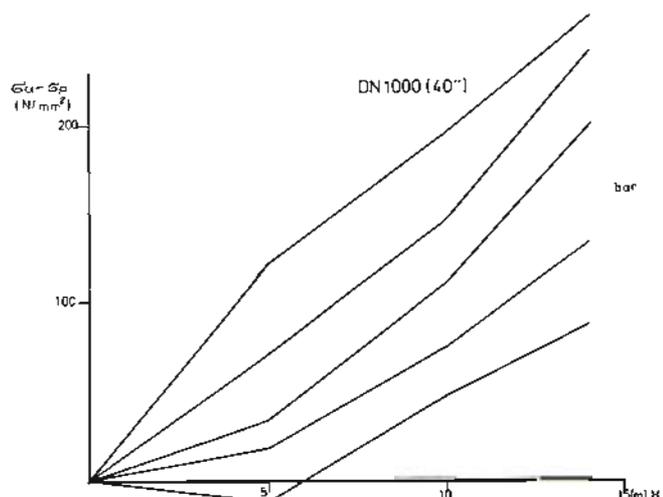
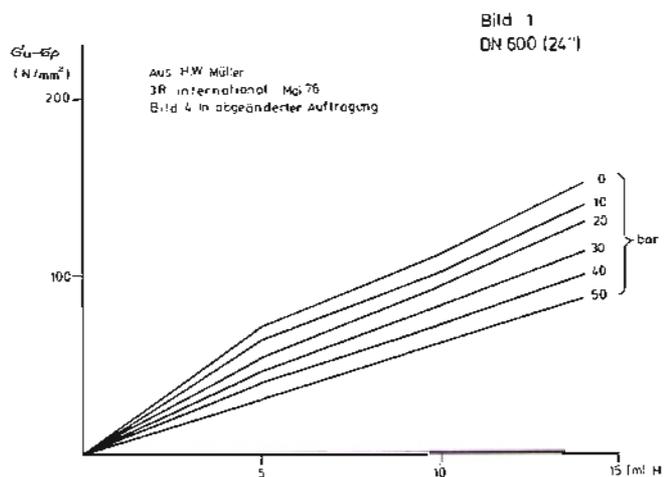
Infolge der äußeren Belastungen wird das Rohr ovalisiert und besitzt somit schon a priori Biegespannungen. Durch den Innendruck werden Zugspannungen (in Umfangsrichtung) und zusätzliche Biegespannungen induziert, letztere jedoch nur für den Fall, daß die äußeren Belastungen eine entgegengesetzte Verformung zulassen. Durch das Hooke'sche Gesetz sind Verformungen und Spannungen miteinander verknüpft, und zwar derart, daß sie nicht unabhängig voneinander auftreten können; es ist also nur mit Spannungen zu rechnen, wenn Verformungen auftreten können. Die zusätzlichen Biegespannungen sind in jedem Falle jedoch so gerichtet, daß sie die vorhandenen Biegespannungen reduzieren.

Hierzu liegen Versuchsergebnisse vor, die von H. W. Müller [2] an eingeederten Stahlrohren der Nennweiten

DN 600 und DN 1000 gewonnen wurden. Dabei wurden die Spannungen an der Rohraußenwand in Abhängigkeit von der Überdeckungshöhe  $H$  (Deformation) und dem Innendruck  $p$  direkt gemessen.

In Bild 1 sind die von Müller gemessenen Werte in abgeänderter Form aufgetragen:

Als Parameter wurde der Innendruck in bar gewählt; die Ordinate ist die um die aus dem Innendruck resultierende Normalspannung reduzierte Umfangsspannung ( $\sigma_u - \sigma_p$ ), also nur die Biegespannung.



Es zeigt sich, daß bei vorgegebener Deformation ( $H = \text{const.}$ ) die reine Biegespannung  $\sigma_{\text{B}} - \sigma_{\text{p}}$  mit steigendem Innendruck abnimmt.

Es ist dies genau das Ergebnis, wie es in den Betrachtungen in Absatz 1 dargelegt wurde.

Ein weiterer Punkt, der etwas über den Einfluß der Ovalität bei Rohren aussagt, sind die Ergebnisse der Bauteilversuche, insbesondere die der Berstversuche. Man muß davon ausgehen, daß bei den Versuchen auch ovale Rohre geprüft werden. Wenn der Einfluß der Ovalität Größenordnungen von 100% Laststeigerung annehmen kann, so muß sich diese Tatsache in den Versuchswerten niederschlagen, was aber keineswegs der Fall ist.

Die Tatsache fand ihren Niederschlag in der Arbeit von Wellinger [3], nach der die statische Berechnung von duktilen Gußrohren für äußere Belastungen und Innendruck getrennt erfolgt.

### 3. Der Einfluß der Steifigkeit von Rohr und Boden

Die Steifigkeiten von Rohr und Boden beeinflussen die statischen Verhältnisse eines eingedeckten Rohres in zweifacher Hinsicht:

- Das über dem Rohr lagernde Erdprisma erzeugt in der Scheitelebene des Rohres eine vertikale Spannung der Größe  $\gamma \cdot H$ ; dies jedoch nur, wenn der seitlich gelagerte Boden die Setzungen des Erdprismas über dem Rohr nicht beeinflusst. Sind jedoch die Setzungen von Rohr und seitlichem Boden unterschiedlich, so werden Kräfte geweckt, die die Belastung des Rohres abmindern oder vergrößern können.
- Je nach Steifigkeit wird sich das Rohr unter vertikalen Lasten vertikal verformen; dies bringt eine Aufweitung des Rohres in der Kämpferebene mit sich, was zur Folge hat, daß sich das Rohr gegen den anstehenden Boden abstützt. Da die vertikale und die horizontale Verformung proportional sind, so ist auch die abstützende Wirkung einerseits eine Funktion der äußeren Belastung, andererseits hängt sie von der Steifigkeit des Rohres und des umgebenden Bodens ab.

### 4. Berechnung der Rohre

#### 4.1 Voraussetzungen

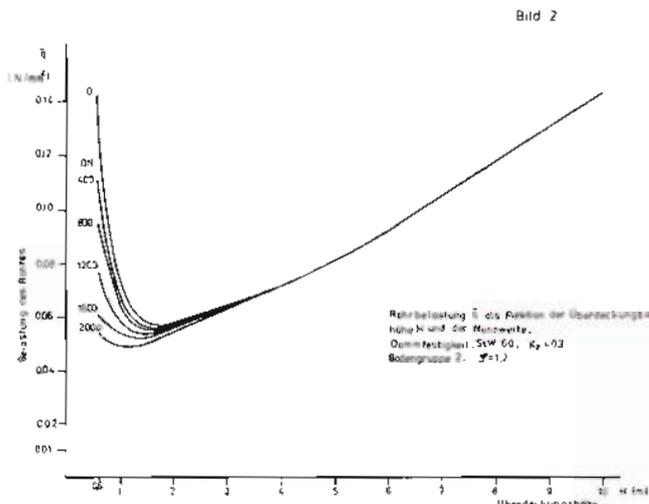
Die Rohre aus duktilem Gußeisen werden unter Dammbedingungen gerechnet; das spezifische Gewicht des Bodens wird mit  $20 \text{ KN/m}^3$  angesetzt, die Verkehrslast beträgt  $600 \text{ KN}$  (SLW 60).

Der Auflagewinkel  $2\alpha$  ist  $120^\circ$ , der Boden entspricht dem der Gruppe 2 für den Einbaufall 1 (lagenweise Verdichtung) ohne Nachweis des Verdichtungsgrades, was einer Bodensteifigkeit  $E_{\text{B}}$  von  $8 \text{ N/mm}^2$  entspricht.

#### 4.2 Belastungen

Die Belastungen eines Rohres sind in Bild 2 als Funktion der Überdeckung dargestellt. Als Verkehrslast ist der SLW 60 berücksichtigt, der Anteil Erdlast enthält die seitliche Entlastung durch den passiven Erddruck ( $K_2 = 0,3$ ). Es ist ersichtlich, daß bei  $H = 0,6$  und  $H = 10 \text{ m}$  etwa die gleichen Belastungen auftreten.

$$\text{Formel} \quad q_{\text{v}} - q_{\text{h}} = (\lambda_{\text{R}} - \lambda_{\text{B}} \cdot K_2) \cdot \gamma \cdot H + P_{\text{v}}$$

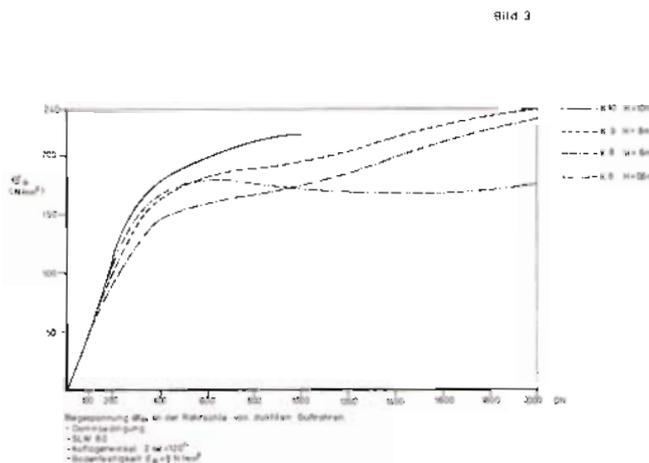


Die Kurve wurde aufgestellt für  $\lambda_{\text{R}} = \lambda_{\text{B}} = 1$ , d. h. für duktile Gußrohre ist dieser Wert geringer, so daß man bei hohen Verdichtungen auf der sicheren Seite liegt.

### 5. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Rechnung sind in den Bildern 3 und 4 dargestellt:

Bild 3 zeigt die Biegespannungen in der Rohrsohle als Funktion der Nennweite DN.

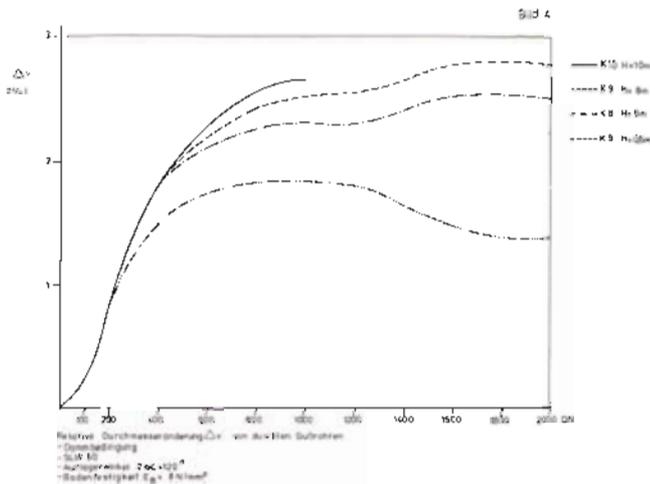


Parameter sind die Rohrklassen K 8, K 9 und K 10 mit den jeweiligen minimalen bzw. maximalen Überdeckungshöhen  $H$  von  $0,6 \text{ m}$  bzw.  $6 \text{ m}$ ,  $8 \text{ m}$  und  $10 \text{ m}$ . Für die konstante minimale Überdeckung von  $0,6 \text{ m}$  wurde nur die Klasse K 8 ausgewertet, da sie die ungünstigsten Ergebnisse bringt.

Bild 4 stellt die relativen Durchmesseränderungen unter den gleichen Bedingungen dar.

### 6. Diskussion der Ergebnisse

Die Biegespannungen liegen unter  $240 \text{ N/mm}^2$ , dem Wert, der sich aus der in der neuen Norm DIN 28 600 festgelegten Scheiteldruckfestigkeit von  $550 \text{ N/mm}^2$  mit einer Sicherheit von 2,3 ergibt; die relativen Durchmesseränderungen liegen unter 3%, der zulässige Wert ist 4%. Die



Rechnung zeigt also, daß die in der Neufassung der Normen DIN 28 600 und 28 610 getroffenen Festlegungen über den Anwendungsbereich von Rohren aus duktilem Gußeisen voll bestätigt werden.

#### Literatur

- [1] ATV-Arbeitsblatt A 127, 2. Entwurf Juni 1978  
Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen  
Abwassertechnische Vereinigung e. V. (ATV), 5202 St. Augustin 1
- [2] Müller, H. W.  
Beanspruchung von Pipelines unter Erdauflasten (Teil I)  
3 R international 15, Heft 5 (1976), S. 231—234
- [3] Wellinger, K. und Gaßmann, H.  
Die Berechnung duktiler Schleudergußrohre  
Techn.-wiss. Berichte MPA Stuttgart (1965)

# Stand der Ausarbeitung von DVS-Richtlinien für das Schweißen an duktilen Gußrohren

Von Reinhard Schaffland

## Vorbemerkung

1956 wurden in der Bundesrepublik Deutschland zum ersten Mal duktile Gußrohre geschleudert, nachdem der Gußwerkstoff „Sphäroguß“, „Gußeisen mit Kugelgraphit“ oder eben „duktiler Gußeisen“ ca. 8 Jahre vorher begonnen hatte, sich im Rahmen der Eisen-Kohlenstoff-Gußwerkstoffe einen Platz zu erkämpfen.

Ebenso alt wie der Gußwerkstoff ist auch die Forderung nach seiner Schweißbarkeit.

Das erscheint beinahe selbstverständlich, weil Gußeisen mit Kugelgraphit schnell in Bereiche vordrang, die bisher dem schweißbaren Stahl vorbehalten gewesen waren; alle Gießereikunden akzeptierten gern das günstige Gießverhalten mit seinen Möglichkeiten der Erzeugung auch komplizierter Konstruktionen aus einem Guß, waren aber nur ungern bereit, auf die zusätzlichen Möglichkeiten des Schweißens zu verzichten.

Warum es Jahre dauerte, bis sichere Schweißungen an Gußeisen mit Kugelgraphit möglich wurden, soll hier nicht wiederholt werden; darüber wurde in früheren Veröffentlichungen berichtet. Hier soll versucht werden, den Weg der Gußrohrindustrie von den ersten Schweißversuchen an duktilen Gußrohren bis zur Festlegung von Schweißverfahren und -konstruktionen in Normen und DVS-Richtlinien nachzuzeichnen.

## FGR-Veröffentlichungen über das Schweißen an duktilen Gußrohren

Die Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (FGR) war immer bemüht, die Verbraucher über ihre „Informationen für das Gas- und Wasserfach“, kurz gesagt über die „FGR-Informationsschriften“, auf dem neuesten Wissensstand über die Entwicklungen in der Gußrohrindustrie zu halten.

So erschienen über das Schweißen an duktilen Gußrohren die ersten Mitteilungen im Januar 1971 in Heft 6 der FGR-Informationsschriften [1], und zwar unter der Überschrift „Zugfeste Muffenverbindungen für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen“.

Während hier noch eine einfache Schweißbraupe Scherkräfte aufnahm, eine Aufgabe, die früher von Klemmteilen oder Nuten gelöst worden war, erfolgte bereits ein Jahr später eine Veröffentlichung über die erste Konstruktionsschweißung. Stutzen — vorläufig aus Temperguß — wurden an duktile Gußrohre geschweißt [2].

In 10 weiteren Aufsätzen [3] bis [12] wurden Verbesserungen der Schweißverfahren, Erweiterungen der Anwendungsgebiete und viele Beispiele aus der Praxis beschrieben, die bis zum Stumpfschweißen an Rohren

DN 800 und Anschweißen von großen Abgängen an liegende Leitungen reichen.

Im Laufe der Zeit führten immer mehr Betreiber von Rohrnetzen das Schweißen an duktilen Gußrohren fest in ihre Planung ein, zum Beispiel für das Anbringen von Hausanschlüssen oder Abzweigen. Aber auch die Rohrhersteller boten in zunehmendem Maße durch Schweißen hergestellte Sonderformstücke an, unter anderem Flanschenrohre und nicht genormte Abzweigkombinationen.

Darüber hinaus sind für Hersteller und Verbraucher auch die Möglichkeiten von Ausbesserungsarbeiten durch Schweißen von Interesse.

## Ausarbeitung von DVS-Richtlinien über das Schweißen an duktilen Gußrohren

Nun kann man also an duktilen Gußrohren schweißen. Darf man es aber auch? Welche Risiken geht man ein?

Wenn solche Fragen auftauchen, denkt man in modernen Industrieländern automatisch an Normung oder zumindest an Erstellung normenähnlicher Richtlinien oder Arbeitsblätter. Auf jeden Fall soll der Stand der Technik einhellig und deutlich fixiert sein.

Im Fall „Schweißen an duktilen Gußrohren“ fand sich für diese Aufgabenstellung ein Arbeitskreis aus Vertretern folgender Institutionen zusammen:

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V. (DVGW),  
Rohrleitungsbauverband e. V. (RVB),  
Deutscher Verband für Schweißtechnik e. V. (DVS) und  
Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (FGR).

Nach mehrjähriger Arbeit, erst untersuchender und forschender, später auch redaktioneller Art, liegen inzwischen folgende Richtlinien-Entwürfe vor:

### Richtlinie DVS 1502 Teil 1

„Schweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung — schweißtechnische Grundsätze“

### Richtlinie DVS 1502 Teil 2

„Schweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung — Anschweißen von Teilen aus duktilem Gußeisen oder aus Stahl“

### Richtlinie DVS 1148

„Schweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung — Prüfung von Schweißern“

**DVS 1502 Teil 1** beinhaltet die grundsätzlichen Regeln für das Schweißen an duktilen Gußrohren. In dieser Richtlinie werden neben dem Geltungsbereich u. a. beschrieben:

- das Schweißverfahren und der Schweißzusatz, d. h. das Lichtbogenhandschweißen mit Nickel-Eisen-Stabelektroden
- die Vorbereitungen zum Schweißen
- die Durchführung von Schweißarbeiten mit Angaben über die Stabelektroden, Stromart, Nahtart und Schweißkennwerte sowie das Heften und Schweißen
- die Prüfung.

Dabei wird jedoch auf die einzelnen Schweißkonstruktionen nicht eingegangen.

**DVS 1502 Teil 2** geht auf die Schweißkonstruktionen ein, die mit reproduzierbarer Sicherheit an der Baustelle durchgeführt werden können. Es sind dies

- das Schweißen von Stutzen 1" bis 3" bzw. DN 25 bis DN 80 aus duktilem Gußeisen oder aus Stahl
- das Schweißen von Abgängen DN 80 bis DN 300 aus duktilem Gußeisen
- das Schweißen von Mauerflanschen aus duktilem Gußeisen oder aus Stahl.

DVS 1502 Teil 2 bezieht sich dabei auf die grundsätzlichen Regeln von DVS 1502 Teil 1.

**DVS 1148** regelt die Ausbildung und Prüfung von Schweißern, die an duktilen Gußrohren Schweißarbeiten nach DVS 1502 Teil 1 und Teil 2 ausführen sollen. Die Richtlinie ist nur in diesem Zusammenhang zu sehen und gibt dem Schweißer keinesfalls die Berechtigung zum Schweißen an beliebigen Teilen aus Gußeisen mit Kugelgraphit.

In diesem Zusammenhang sei auch auf die Veröffentlichung zum Thema „Vorschläge zur Ausbildung und Prüfung von Schweißaufsichtspersonen und Schweißern für das Schweißen an Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen“ in der FGR-Informationsschrift Nr. 15 hingewiesen [12].

#### Schlußbemerkung

Die 3 vorgenannten DVS-Richtlinien-Entwürfe werden voraussichtlich Ende 1980/Anfang 1981 abschließend beraten werden und können dann der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

Obschon primär für die Baustelle gedacht, sollen diese DVS-Richtlinien auch die Grundlage für Schweißarbeiten in den Rohrherstellerwerken bilden.

Wer in der Richtlinie DVS 1502 Teil 2 Schweißkonstruktionen vermissen sollte, die über die dort aufgeführten Dimensionen hinausgehen, aber schon erfolgreich angewendet wurden, der sei noch einmal daran erinnert, daß der vorher beschriebene Arbeitskreis sich das strenge Ziel gesetzt hat, nur den vielfach erprobten Stand der Technik in den Richtlinien festzulegen. Damit soll aber keinesfalls eine Weiterentwicklung behindert werden.

Hersteller und Verbraucher sollten weiterhin bemüht sein, die schweißtechnischen Möglichkeiten der duktilen Gußrohre so weit auszuschöpfen, wie dies technisch und wirtschaftlich sinnvoll erscheint. Für neue Entwicklungen lassen sich dann auch neue Richtlinien aufstellen.

#### Literatur

- [1] Wolf, A.  
Zugfeste Muffenverbindungen für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 6 (1971), S. 42—48
- [2] Zimmer, R.  
Anschweißen von Anschlußstutzen für Hauszuleitungen an duktile Gußrohre  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 7 (1972), S. 31—37
- [3] Gras, W.-D.  
Untersuchungen über den Korrosionseinfluß von Nickel-Schweißzonen an Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 7 (1972), S. 37—42
- [4] Schneider, W.-D. und Theis, E.  
Das Schweißen von duktilen Gußrohren  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 8 (1973), S. 2—13
- [5] Host, O., Scherwass, H. und Steinlern, W.  
Hausanschlußstutzen und Sattelstutzen aus duktilem Gußeisen zum Anschweißen  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 8 (1973), S. 14—18
- [6] Schaffland, R., Theis, E. und Wolf, A.  
Anschweißstutzen aus duktilem Gußeisen für Hausanschlußleitungen  
I. Erläuterungen zu den FGR-Normen 37 Blatt 1 bis 4  
II. Versuche zum Anschweißen von Anschlußstutzen an duktile Gußrohre  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 9 (1974), S. 2—11
- [7] Harms, U. und Sennlaub, F.  
Untersuchungen zum Anschweißen von Abgängen an duktile Gußrohre für Wasserleitungen  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 10 (1975), S. 31—40
- [8] Wolf, A.  
Schweißen bei Rohren aus duktilem Gußeisen — Anwendungsbeispiele  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 11 (1976), S. 30—33

## fgr 16

- [9] Finke, G.  
Praktische Erfahrungen beim Verbindungsschweißen von duktilen Gußrohren mit Stahlrohren (GGG/St 37-2)  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 11 (1976), S. 34—37
- [10] Heiming, B.  
Ergebnisse aus Berstversuchen an duktilen Gußrohren mit angeschweißten Abgängen  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 12 (1977), S. 11—13
- [11] Schaffland, R.  
Anschweißstutzen aus duktilem Gußeisen für Hausanschlußleitungen  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 13 (1978), S. 4—9
- [12] Köstermann, H.  
Vorschläge zur Ausbildung und Prüfung von Schweißaufsichtspersonen und Schweißern für das Schweißen an Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 15 (1980), S. 27—29
-

# Korrosionsschutz von Rohren aus duktilem Gußeisen durch Spritzverzinkung mit Deckbeschichtung

Von Werner Wolf

## Einführung

Soweit kein anderer Außenschutz vorgesehen ist, werden heute duktile Gußrohre serienmäßig mit einem Zinkspritzüberzug und zusätzlicher bituminöser Deckbeschichtung geliefert. Diese Schutzart ist Gegenstand verschiedener früherer Veröffentlichungen gewesen [1, 3, 4].

Gegenstand dieses Aufsatzes ist es, neben einigen Hinweisen über die Entwicklung, Aufbringung, Wirkungsweise und Normung sowie über den Einsatzbereich der Spritzverzinkung, insbesondere über Aufgrabungen an spritzverzinkten duktilen Gußrohrleitungen nach mehrjähriger Betriebszeit zu berichten.

## Geschichtliches

Aufgrund der Ergebnisse von Feldversuchen mit verschiedenen Überzügen auf Gußrohrproben, die man in stark aggressive Böden eingegraben hatte [1], entschied sich der französische Gußrohrhersteller Ende der 50er Jahre, dünnwandige Graugußrohre einer speziellen Serie durch Spritzverzinkung zu schützen. Bei der Entscheidung für die Spritzverzinkung hatte auch der Gesichtspunkt eine Rolle gespielt, daß der Korrosionsschutz die mitunter rauhe Handhabung, der Gußrohre bei Transport und Verlegung ausgesetzt sind, aushalten muß.

Anfang der 60er Jahre wurde in Frankreich die industrielle Fertigung duktiler Gußrohre kleiner Nennweiten mit Spritzverzinkung und mit bituminöser Deckbeschichtung aufgenommen.

Nach positiv verlaufenen mehrjährigen Feldversuchen [3, 4] haben die deutschen Gußrohrhersteller in den Jahren 1973/74 begonnen, duktile Gußrohre zunächst im Nennweitenbereich bis DN 300 mit einer Spritzverzinkung zu versehen. Später erfolgte dann die Erweiterung zu größeren Nennweiten.

## Aufbringung der Spritzverzinkung

Die Spritzverzinkung erfolgt mit Hilfe elektrischer Spritzpistolen. Dabei wird das in Form eines Drahtes der Pistole zugeführte Zink — der Zinkdraht hat einen Gehalt von 99,99% Zink — in einer Flamme oder in einem elektrischen Lichtbogen aufgeschmolzen. Die sich bildenden Zinktröpfchen werden durch einen Druckluftstrahl auf die Rohroberfläche geschleudert, auf der sie eine Zinkschicht bilden. Die Dicke der Zinkauflage beträgt nach dem Normentwurf DIN 30674 Teil 3 mindestens 130 g/m<sup>2</sup>; diese Zinkauflage entspricht einer Schichtdicke von ca. 20 µm.

Die Spritzverzinkung der Rohre erfolgt im allgemeinen im laufenden Fertigungsprozeß im Anschluß an den Glühvorgang. Hierdurch wird gewährleistet, daß die Spritzzinkschicht auf die saubere staubfreie Glühhaut aufgebracht wird. Vor Verlassen der Fertigungsanlagen erhalten die Rohre eine bituminöse Deckbeschichtung.

## Wirkungsweise der Spritzverzinkung mit bituminöser Deckbeschichtung

Die Schutzwirkung der Spritzverzinkung mit bituminöser Deckbeschichtung resultiert aus verschiedenen Effekten.

### — Elektrochemischer Effekt (aktive Schutzwirkung)

Zink ist unedler als Gußeisen. Dort, wo beide Metalle nebeneinander in Kontakt mit dem Boden treten, wirkt Zink korrosionschemisch als Anode, Eisen als Kathode. Das Eisen ist kathodisch geschützt, es erfährt keinen Angriff.

Wird ein duktiles Gußrohr der Einwirkung eines aggressiven Bodens ausgesetzt, so wirkt das Zink in einem ersten Zeitraum, der sich über Jahre erstreckt, an Poren und Fehlstellen rein elektrochemisch in der oben beschriebenen Weise.

### — Ausbildung von Deckschichten (passive Schutzwirkung)

Daneben gewinnt ein zweiter Vorgang an Bedeutung. Zink geht in gewissem Umfang in Lösung, und Zinkionen wandern zu den unbedeckten Eisenflächen und bilden dort Beläge von unlöslichen Zinkverbindungen. Dieser Mechanismus läßt sich im Laboratorium nachweisen [3]. Taucht man ein Stück eines verzinkten duktilen Gußrohres in ein Becherglas mit einer wäßrigen Kochsalzlösung, so bedecken sich im Verlauf weniger Tage zuvor blank geschliffene Oberflächenbereiche, von denen das Zink entfernt worden war, mit weißen Zinkverbindungen. Es tritt keine Anrostung auf, was an dem Ausbleiben einer rötlichen Verfärbung zu erkennen ist.

Die Bestätigung dafür, daß dieser Vorgang auch in aggressivem Boden abläuft, wurde mehrfach bei Feldversuchen in stark aggressiven Böden gefunden. Die an Poren und Fehlstellen sich bildenden Niederschläge von unlöslichen Zinkverbindungen bilden im Laufe der Zeit dichte Deckschichten, die ihre Schutzwirkung auch dann behalten, wenn kein metallisches Zink mehr vorhanden ist.

Man kann in zweifacher Weise von einer Fernschutzwirkung der Verzinkung sprechen, zuerst wirkt sie elektrochemisch und dann durch Ausbildung von Deckschichten.

Laboruntersuchungen über den Schutzeffekt solcher Deckschichten teilte PARIS mit [5].

Der hier angedeutete Mechanismus der Ausbildung von Deckschichten, die sich letztlich aus der Glühhaut des Gußrohres, Zink und Zinkverbindungen sowie der bituminösen Deckschicht aufbauen, hat zur wesentlichen Voraussetzung, daß sich unter den gegebenen Bodenbedingungen unlösliche Zinkverbindungen bilden können. Diese Voraussetzung ist in der überwiegenden Mehrzahl aller natürlichen Böden gegeben. Nicht gegeben ist sie in alkalischen Böden, die nur sehr selten angetroffen werden, und in sauren Böden, wie z. B. in Moorböden.

### **Einsatzbereich**

Die Spritzverzinkung mit bituminöser Deckbeschichtung stellt einen Korrosionsschutz für duktile Gußrohre bei Verlegung in aggressiven Böden dar. Der Begriff „aggressiv“ ist hier gemäß der Definition nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 9 [8] aufzufassen. Das heißt, verzinkte duktile Gußrohre können ohne weitergehende Schutzmaßnahme in Böden mit Aggressivitätskennziffern bis etwa -10 nach dem obengenannten DVGW-Arbeitsblatt GW 9 verlegt werden.

In stark aggressiven Böden, d. h. in Böden mit Kennziffern negativer als etwa -10 nach DVGW-Arbeitsblatt GW 9 sollten Rohre mit einer universellen Umhüllung nach DIN 30 674 Teil 1 bzw. Teil 2 zum Einsatz kommen oder verzinkte Rohre auf der Baustelle zusätzlich mit PE-Schlauchfolie geschützt werden.

### **Normung**

Die für duktile Gußrohre möglichen Schutzüberzüge werden in DIN 30674 festgelegt. DIN 30674 wird in mehreren Teilen erscheinen. Gegenstand von DIN 30674 Teil 3 ist die Spritzverzinkung duktiler Gußrohre. Diese Norm steht kurz vor der Veröffentlichung als Entwurf.

### **Aufgrabungen von Betriebsleitungen**

In Anbetracht der Tatsache, daß spritzverzinkte duktile Gußrohrleitungen seit vielen Jahren verlegt werden, liegt es nahe, Erfahrungen zu sammeln über den Schutzeffekt der Spritzverzinkung durch Aufgrabung von Betriebsleitungen. Hierbei interessieren besonders solche Bereiche, in denen Leitungen in aggressiven Böden liegen.

Solche Aufgrabungen sind in Deutschland und Frankreich vorgenommen worden.

### **Donaueschingen**

Noch vor Einführung der Spritzverzinkung in die industrielle Fertigung ist in Deutschland die erste spritzverzinkte Leitung aus duktilem Gußeisen im Jahre 1969 in Donaueschingen im Schwarzwald verlegt worden. Es handelt sich um eine 3 km lange Pumpleitung DN 300. Diese Leitung ist im Jahre 1977, also nach 8 Jahren, an einer Stelle aufgedigelt worden, an der sie durch einen blaugrauen aggressiven Tonboden verläuft. Eine Untersuchung des Bodens hatte eine Bodenbewertungsziffer von -15 nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 9 [8] ergeben. Die Leitung war nach Abspülen des Erdreiches in einem einwandfreien Zustand. GREINER berichtete über diese Aufgrabung [2].

### **Aufgrabungen in Frankreich**

Die ältesten in industriellem Maßstab spritzverzinkten duktilen Gußrohrleitungen liegen in Frankreich.

Im folgenden wird über 5 Aufgrabungen an länger liegenden Leitungen berichtet, wobei in 5 Fällen, wie beabsichtigt, aggressive Böden, in einem Fall ein schwach aggressiver Boden, vorgefunden wurden.

### **Nancy**

Im Bereich eines Wasserzweckverbandes östlich Nancy wurde im Juni 1978 eine Versorgungsleitung DN 200 aus verzinkten duktilen Gußrohren an zwei Stellen aufgedigelt und begutachtet. Die Leitung ist Anfang 1968 verlegt worden und war zum Zeitpunkt der Aufgrabung 10 Jahre alt.

Im Aufgrabungspunkt 1 liegt die Leitung in einem Wiesengelände mit 1,20 m Überdeckung in einem teils rotbraunen, teils grauen Tonboden mit einem Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen von 80 %.

Zum Zeitpunkt der Aufgrabung trat Bodenwasser 60 cm oberhalb der Leitung aus der Grabenwand aus und sammelte sich im Rohrgraben.

Die Messung des spezifischen elektrischen Widerstandes in der Meßzelle ergab Werte um 1 000 Ohm · cm.

Schwefelwasserstoff wurde in Spuren gefunden.

Eine Auswertung der Bodenanalyse nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 9 [8] ergab für die Bodenaggressivität eine Bewertungsziffer von -10. Es war kein Anhaften von Erdbrocken an der Rohroberfläche festzustellen. Die Erde ließ sich durch einfaches Abspülen mit Wasser entfernen. Die Oberfläche des aufgedigelten Rohrstückes war in einwandfreiem Zustand und zeigte an keiner Stelle einen Korrosionsangriff.

Im Aufgrabungspunkt 2 — einige km entfernt von Aufgrabungspunkt 1 — liegt die Leitung in einem braunen Tonboden mit einem spezifischen elektrischen Widerstand von um 1 000 Ohm · cm (in der Meßzelle gemessen).

Es wurde ein Anteil von abschlämmbaren Substanzen von 82% gefunden.

Für die Bodenaggressivitäts-Bewertungsziffer ergab sich nach der Bodenanalyse ein Wert von -9.

An der freigelegten Rohroberfläche war keine Veränderung und kein Korrosionsangriff festzustellen.

### **Bei St. Nazaire**

Im September 1978 erfolgte eine Aufgrabung an einer Wasserleitung DN 150 aus verzinkten duktilen Gußrohren in einem ländlichen Gebiet in Meeresnähe, 25 km westlich von St. Nazaire. Diese Leitung war im April 1970 verlegt worden und somit 8 1/2 Jahre alt.

Die Aufgrabung erfolgte an 2 Punkten, an einem lag die Leitung in Sandboden mit einer Bodenaggressivitäts-Bewertungsziffer von -3. Die Leitung war in einwandfreiem Zustand.

An dem anderen Aufgrabungspunkt waren die Rohre in einem grauen Tonboden mit einer Leitfähigkeit von 1 200 Ohm · cm eingebettet. Es waren Spuren von Schwefelwasserstoff feststellbar.

Aufgrund der Bodenanalyse errechnete sich für die Bodenaggressivität nach GW 9 [8] eine Bewertungsziffer von - 10.

Die freigelegte Rohroberfläche hatte ein hellgraues Aussehen. Es war kein Korrosionsangriff festzustellen.

**Bei Weißenburg im Elsaß**

Im Oktober 1978 wurde am Rande eines Ortes, 12 km südlich von Weißenburg im Elsaß, eine Wasserleitung DN 80 aus verzinkten duktilen Gußrohren aufgedigert.

Die Leitung war 1965 verlegt worden, also 13 Jahre alt.

Der spezifische elektrische Widerstand des Tonbodens, in dem die Leitung liegt, betrug rund 1 000 Ohm · cm.

Beim Behandeln mit Salzsäure entwickelte der Boden deutlichen Schwefelwasserstoffgeruch.

Aus der Bodenanalyse war eine Bodenaggressivitäts-Bewertungsziffer nach GW 9 [8] von - 9 zu errechnen.

Die Freilegung der Leitung erfolgt über eine Länge von 3,5 m.

Auch hier war die Oberfläche der Leitung in einwandfreiem Zustand. Ein Korrosionsangriff war nicht festzustellen.

Bild 1 zeigt die Leitung nach dem Aufgraben, Bild 2 nach dem restlosen Entfernen des Bodens. Man erkennt die gegenüber einem neuen Rohr unveränderte Oberfläche.



Bild 1



Bild 2



Oberflächenbereich: 5 4 3

3 2 1

**Bild 3:** Aufgrabung bei Weißenburg

„Vor Ort“-Untersuchung der Oberfläche. Es zeigt sich hier, daß kein metallisches Zink mehr vorhanden war.

Oberflächenbereich	nacheinander durchgeführte Reinigungsmaßnahmen	die Rohroberfläche besteht aus:
1	Abwaschen des Erdreiches mit Wasser	Oxidhaut + Zinkkorrosionsprodukt + Teerlack
2	Ablösen der Teerlackschicht mit Tri	Oxidhaut + Zinkkorrosionsprodukt
3	schwaches Abbeizen der Oberfläche mit verdünnter Salzsäure	Oxidhaut + Rest Zinkkorrosionsprodukt (auf diesem Bereich wäre im Falle des Vorhandenseins metallisches Zink zu erkennen)
4	intensives Beizen mit verdünnter Salzsäure	Oxidhaut
5	Abbürsten mit einer Stahlbürste	Grundmetall (duktiles Gußeisen)

An den 5 Aufgrabungsstellen sind eingehende Untersuchungen der auf den freigelegten Rohren vorhandenen Schichten gemacht worden. Hierzu wurde zuerst mit Trichloräthylen die bituminöse Deckschicht entfernt. Im Anschluß daran wurden durch kurzzeitige Behandlung mit verdünnter Salzsäure die gebildeten Zinkkorrosionsprodukte entfernt. Nach dieser Maßnahme sind eventuell noch vorhandene Reste von metallischem Zink zu erkennen. Als nächstes erfolgte eine intensive Behandlung mit verdünnter Salzsäure, wobei alle Reste von noch vorhandenem Zink weggelöst worden sind. Der letzte Schritt der Oberflächenuntersuchung „vor Ort“ bestand in einem Entfernen der Oxidhaut mit einer Stahlbürste.

Nach Abtragung der verschiedenen Schichten wurden Schichtdickenmessungen durchgeführt.

Bild 3 zeigt das Aussehen der Rohroberfläche nach den verschiedenen Behandlungsstufen bei der Aufgrabung Nähe Weißenburg.

Bei dieser Rohrleitung war auf der Oberfläche kein metallisches Zink mehr auffindbar, trotzdem hat die Deckschicht, die sich gebildet hat, die Rohroberfläche vollständig vor einem Korrosionsangriff geschützt.

Bei den geschilderten Aufgrabungen sind nach den „vor-Ort“-Untersuchungen Rohrstücke herausgeschnitten worden. An ihnen wurden weitergehende Laboruntersuchungen durchgeführt, die Gegenstand einer späteren Veröffentlichung sein sollen.

## Zusammenfassung

Zur Beurteilung des Korrosionsverhaltens von duktilen Gußrohren mit Spritzverzinkung und Deckbeschichtung sind Aufgrabungen an fünf verschiedenen Stellen an Betriebsleitungen in Frankreich durchgeführt worden. Durch Bodenuntersuchungen konnte festgestellt werden, daß die Leitungen an vier der aufgegrabenen Stellen in aggressiven Böden lagen, die nach DVGW-Arbeitsblatt GW 9 in Bodengruppe II einzuordnen sind.

In allen Fällen konnte auf den Rohroberflächen eine gut erhaltene Umhüllungsschicht festgestellt werden:

Nach Ablösen dieser Schicht war die von der Herstellung herrührende, nicht im geringsten veränderte Struktur der Rohroberflächen zu erkennen.

In den untersuchten Fällen sind somit nach Beanspruchungszeiten zwischen 8 1/2 und 13 Jahren keine Korrosionsangriffe auf den Rohroberflächen aufgetreten.

Die Schutzwirkung des Zinküberzugs war zum Zeitpunkt der Aufgrabung mit Sicherheit noch nicht beendet. Es kann davon ausgegangen werden, daß sie noch für längere Zeit andauern wird.

## Literatur

- [1] F. E. BROOKS  
Vortrag International Water Supply Association  
10th Congress, Brighton, August 1974
- [2] T. GREINER  
Aufgrabung einer Wasserleitung DN 300 aus duktilem Gußeisen mit Spritzverzinkung und bituminösem Überzug  
GWF 119 (1978) S. 125/26
- [3] W. D. GRAS und W. WOLF  
Erfahrungen über die Schutzwirkung eines Überzuges aus einer Spritzverzinkung und einem bituminösen Anstrich bei duktilen Gußrohren  
FGR-Informationsheft Nr. 10 der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre, Köln (1975) S. 41/49
- [4] W. D. GRAS und W. WOLF  
Korrosionsschutz durch Spritzverzinken oder mit Polyäthylen-Schlauchfolien  
DVGW-Schriftenreihe Gas/Wasser Nr. 1  
Vortragsveranstaltung im Haus der Technik, Essen, am 16. Okt. 1975
- [5] M. PARIS  
Vortrag, First International Conference on the Internal and External Protection of Pipes  
University of Durham, Sept. 1975
- [6] DIN 30674 Teil 3, Entwurf  
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen — Zinküberzug mit Deckbeschichtung
- [7] DVGW-Arbeitsblatt GW 6 (Nov. 1969)  
Umhüllungen und Auskleidungen auf bituminöser Grundlage für Guß- und Stahlrohre
- [8] DVGW-Arbeitsblatt GW 9 (August 1971)  
Merkblatt für die Beurteilung der Korrosionsgefährdung von Eisen und Stahl im Erdboden

# Verwendung von Druckrohren aus duktilem Gußeisen mit PE-Umhüllung bei den Hamburger Wasserwerken

Von Peter Eggert

## 1. Aufbau einer zentralen Wasserversorgung

Die Probleme, die sich aus der unzureichenden Löschwasserversorgung beim Hamburger Brand im Jahre 1842 ergaben, bewogen den Senat der Stadt, eine zentrale Wasserversorgung in Hamburg aufzubauen. 1848 wurde das Elbwasserwerk Hamburg Rothenburgsort unter der Bauleitung des englischen Ingenieurs William Lindley fertiggestellt. 2 500 Häuser konnten damals aus einem Leitungsnetz von ca. 35 km Länge mit lediglich in Absetzbecken aufbereitetem Elbwasser versorgt werden. Das Rohrnetz bestand aus Graugußrohren und Formstücken mit Stemmuffen-Verbindungen. Für kleinere Dimensionen wurden Bleileitungen verwendet.

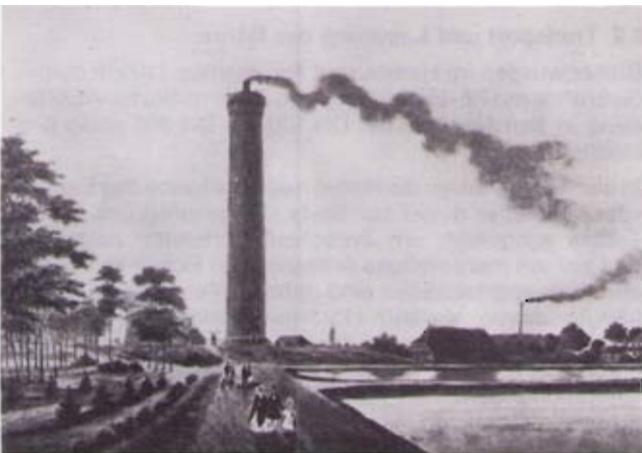


Bild 1

Seitdem sind 132 Jahre vergangen, und dennoch erfüllen einige Leitungsabschnitte noch heute einwandfrei ihre Aufgabe. Es sind Leitungsabschnitte, die nicht durch das Baubehören der Neuzeit oder durch Kriegseinwirkungen frühzeitig aufgegeben werden mußten. Das Wissen um die Korrosion des Eisens veranlaßte unsere Vorfäter, die sandgegossenen Rohre durch einen bituminösen Überzug zu schützen.

Die Entwicklung im Hamburger Raum ist identisch mit den Entwicklungen in anderen Großstädten. Für die Versorgung einer Großstadt und ihrer Randgebiete mit Trinkwasser gibt es Kriterien, die erfüllt sein müssen. Dazu gehören qualitativ gute und aufbereitbare Trinkwasservorkommen, die entsprechenden Förder- und Aufbereitungsanlagen sowie ein ausreichend dimensioniertes Leitungsnetz mit möglichst hoher Lebenserwartung.

Heute werden etwa 2 Mio. Menschen aus einem Rohrnetz von ca. 5 200 km Länge von den Hamburger Wasserwerken mit Trinkwasser versorgt. Auf die Zugabe von aufbereitetem Elbwasser kann seit 1963 verzichtet werden. Die Nennweiten des Versorgungsnetzes liegen zwischen DN 80 und DN 1000. Die mittlere Tagesabgabe, die von 20 Wasserwerken gedeckt wird, ist mit ca. 450 000 m<sup>3</sup>/d anzugeben. Der Spitzenbedarf wurde im Sommer 1975 mit 713 000 m<sup>3</sup>/d festgestellt. Unter Beachtung der mittleren Nennweite von DN 250 und dem daraus resultierenden Rohrnetzgesamteinhalt von ca. 270 000 m<sup>3</sup> erfolgt die Erneuerung des Wassers in weniger als 24 Stunden.

Die bekannten Grundwasservorkommen in Hamburg sind im wesentlichen erschlossen. Der Bedarfszuwachs ist nur durch Erschließungen in außerhamburgischen Gebieten zu decken. Im Norden, außerhalb der Landesgrenze, wird seit Jahrzehnten Trinkwasser für Hamburg gefördert. Aus dem Süden soll ab 1982 das in der Nordheide geförderte und aufbereitete Trinkwasser nach Hamburg fließen. Weitere Einzelheiten hierzu — insbesondere zum Leitungsbau — werden am Ende des Artikels ausgeführt.

## 2. Verwendete Rohrwerkstoffe

Mit Ausnahme von Stahlbetonrohren und glasfaserverstärkten Kunststoffrohren sind so gut wie alle handelsüblichen Rohrwerkstoffe unter Beachtung des jeweiligen Marktangebotes, des Beschaffungszeitraumes, der Beschaffungs- und Finanzierungsmöglichkeiten, der örtlichen Gegebenheiten usw. verwendet worden.

In Hamburg hat sich in 132 Jahren das Gußrohr vom Werkstoff und von der Verlegetechnik her als prädestiniert für die Trinkwasserversorgung erwiesen. Daraus erklärt sich der hohe Gußrohranteil, der bei etwa 85 % der gesamten Rohrnetzlänge liegt.

Im Jahre 1961 wurden die ersten duktilen Gußrohrleitungen verlegt, die im Normalfall mit einem bituminösen Überzug versehen waren. 1965 kam die werkseitig hergestellte Zementmörtel-Auskleidung hinzu. Inzwischen wurden 1 165 km duktiles Gußrohr verlegt.

## 3. Verwendung von Gußrohren mit Synoplast-Überzug

Der Einsatz von Gußrohren mit Synoplast-Überzug war grundsätzlich abhängig von der Auswertung der entnommenen Bodenproben sowie nicht zuletzt von den Werten der elektrischen Bodenwiderstandsmessung. Allerdings wurden aus Kostengründen nur wenige Leitungsabschnitte mit dem 3 mm dicken Steinkohlenteersonder-

pech versehen. Die Schraubmuffen- bzw. Stopfbuchsenmuffen-Verbindungen wurden im Zuge der Rohrlegungsarbeiten mittels Gießschellen und entsprechend erwärmter Vergußmasse isoliert.

Aus der Erfahrung kann gesagt werden, daß sich der Synoplast-Außenschutz bewährt hat, obwohl der relativ weiche Außenmantel — sein Erweichungspunkt liegt bei 85° C — eine besonders sorgfältige Handhabung beim Transport und bei der Verlegung erforderte. Nachträgliche Untersuchungen bestätigen, daß Korrosionsschäden an diesen Leitungen nicht eingetreten sind.

Lediglich an einer im Moorgebiet der Süderelbmarsch verlegten Transportleitung DN 600 machten sich negative Einflüsse bemerkbar. Durch außergewöhnliche Setzungen des dortigen Moores wurde der tiefgegründete Rohrstrang und bei der Verlegung erforderte. Nachträgliche Untersuchungen bestätigen, daß Korrosionsschäden an diesen Leitungen nicht eingetreten sind.

#### **4. Korrosionsverhalten der Gußrohrleitungen**

In der Vergangenheit wurden nur dann besondere Maßnahmen zum Schutz der Gußrohrleitungen getroffen, wenn extrem ungünstige Bodenverhältnisse vorlagen. Mit Sicherheit war nicht jeder schädliche Einfluß erfaßbar.

Der erste Korrosionsschaden an einer duktilen Gußrohrleitung DN 400 mit bituminösem Überzug (ohne Zink-Überzug und ohne Zementmörtel-Auskleidung) entstand im Dezember 1978. Die Leitung war gerade 10 Jahre alt. Die Trasse lag im Bereich eines mit Müll verfüllten ehemaligen Industriekanals. Trotz vorgenommener Bodenauwechslung im Zuge der Rohrlegung war dieser Schaden eingetreten. Die Untersuchung ergab, daß im Bereich der Schadensstelle in der Rohrsohle eine Berührung mit dem hochaggressiven Boden eintrat. Dieser Schaden war Anlaß, umfangreiche Untersuchungen über das Korrosionsverhalten an verlegten Graugußrohren und duktilen Gußrohren vorzunehmen, die seinerzeit keinen besonderen Außenschutz erhalten hatten.

Es wurden etwa 70 Rohrabschnitte von Leitungen, die in unterschiedlichen Böden verlegt waren, ausgebaut, um einen möglicherweise zwischenzeitlich eingetretenen Korrosionsangriff festzustellen. Hierbei wurde gefunden, daß die Korrosionsgeschwindigkeiten beim Graugußrohr und beim duktilen Gußrohr nahezu gleich waren. Auffällig jedoch waren punktförmige Abtragungen an beiden Rohrarten an im übrigen unversehrten Rohrstücken. Zu diesen punktförmigen Abtragungen war es insbesondere dort gekommen, wo der das Rohr umgebende Boden Schlacke- und Koksstücke enthielt und diese Kontakt mit dem Rohr gehabt hatten. Die Ergebnisse wurden von Stephani und Woltmann [1] veröffentlicht. Ansonsten sind im gesamten Rohrnetz an duktilen Gußrohren keine nennenswerten Schäden eingetreten. Die Erkenntnisse und das Wissen über die stark wechselnde Aggressivität des Bodens, die typisch für Großstädte mit reger Bautätigkeit ist, führte zu der Entscheidung, Gußrohre in der Zukunft durch besondere Maßnahmen zu schützen. Insofern kam der etwa zu diesem Zeitpunkt gefaßte Entschluß des Lieferwerkes, duktile Gußrohre mit PE-Umhüllung herstellen zu wollen, gerade zur rechten Zeit. Die beim

Synoplast-Außenschutz erforderliche besondere Sorgfaltspflicht konnte nunmehr teilweise entfallen.

### **5. Verwendung duktiler Gußrohre mit PE-Umhüllung**

#### **5.1 Grundsätzliche Überlegungen**

Die Beschaffung von Proberohren und die durchgeführten praxisnahen Untersuchungen und die Verlegung von Probestrecken führten bei den Hamburger Wasserwerken im Jahre 1979 zu der Entscheidung, nur noch „polyethylenummüllte“ duktile Gußrohre zu verwenden. Mit diesem Beschluß konnte auf die umfangreichen Feststellungen bodentechnischer Werte verzichtet werden. Durch Fortfall dieser Planungs- und Untersuchungskosten waren die Materialmehrkosten — bezogen auf den Gesamtmeterpreis — relativ gering.

Bei dieser Betrachtung kann die für Gußrohre zu erwartende betriebsverlängernde Wirkung des Außenschutzes und die zusätzlich erworbene Betriebssicherheit nicht außer acht gelassen werden. Seit Jahren ist festzustellen, daß sich das Verhältnis von immer größerem Verlegeaufwand im Stadtgebiet zugunsten des Materialanteils verschiebt. Der Materialaufwand bei einer duktilen Gußrohrleitung DN 100 liegt im Mittel heute in Hamburg bei 25 % — bezogen auf die Gesamtherstellungskosten, einschl. der Oberflächenwiederherstellung. Vor Jahren lag dieser Wert bei 50 %.

#### **5.2 Transport und Lagerung der Rohre**

Bisher wurden im Hamburger Raum etwa 110 km duktile Gußrohre mit PE-Umhüllung und Zementmörtel-Auskleidung in den Nennweiten DN 100 bis DN 800 völlig problemlos verlegt.

In der Regel werden die Rohre nach Maßgabe des Bedarfs vom Hersteller direkt zur Baustelle geliefert und an der Trasse ausgelegt, um Zwischenlagerkosten zu sparen und um ein mehrmaliges Anfassen der Rohre zu vermeiden. Transportschäden sind daher äußerst selten. Unabhängig davon werden Hochspannungsprüfungen mit 25 KV stichprobenweise durchgeführt, wobei die Prüfelektrode, d. h. der Metallbesen, die Oberfläche der PE-Umhüllung berühren muß. Schadhafte Stellen können aus dem Geräusch des überschlagenden Funkens erkannt werden.

Kleinere Rohrmengen — vor allem in den Nennweiten DN 100 und DN 150 — werden über das Hauptlager umgeschlagen. Besondere Lagerprobleme mit dem polyethylenummüllten Rohr haben sich bei Einhaltung der vorgeschriebenen Stapelhöhen, der wechselweisen Anordnung der Muffenenden usw. nicht ergeben.

#### **5.3 Bau des Wasserwerkes Nordheide**

Für das im Bau befindliche Wasserwerk Nordheide konnte der erste Spatenstich im Jahre 1979 vollzogen werden. Es wird im Jahre 1982 fertiggestellt sein. Neben dem Bau von 35 Brunnen, die bis zu einer Tiefe von 250 m abgetäuft werden, ist der Bau von insgesamt etwa 40 km Rohwasserleitungen DN 300 bis DN 800 und einer etwa 34 km langen Reinwassertransportleitung DN 1000 nach Hamburg vorgesehen.



Bild 2

Nach dem durchgeführten Raumordnungsverfahren wurden zunächst einheitliche Lagepläne im Maßstab 1 : 2 000 auf der Basis von Gauß-Krüger-Koordinaten und dazugehörige Längsprofile im Maßstab 1 : 2 000/200 erstellt. Die festgelegten Gradienten- und Tangentenschnittpunkte wurden den bauausführenden Firmen bei Baubeginn durch ein beauftragtes Vermessungs- und Ingenieurbüro übergeben. Um die zulässige Abwinkelbarkeit in den TYTON-Muffen weitgehend nutzen zu können, wurden Bogenanfang und -ende dieser Punkte unter besonderer Beachtung der Normalrohrlängen von 6 m bzw. der Krümmerlängen horizontal wie auch vertikal festgelegt. Zwischen den Punkten war grundsätzlich mit Lasergerät zu arbeiten, wobei das Laser- und das Zielgerät auf dem Rohrscheitel und damit auf der PE-Umhüllung installiert wurden. Bereits die Rohrgrabensohle wurde nach diesen vermessungstechnischen Kriterien entsprechend hergestellt. Eine ständige Kontrolle garantierte die Einhaltung der vorgegebenen Werte.

#### 5.4 Zementmörtel-Auskleidung der Rohre

Sorge bereitete die Auswahl des Rohrmaterials für die Rohwasserleitungen. Wegen des relativ hohen Gehaltes an freier Kohlensäure und geringer Karbonathärte im Rohwasser kam eine normale Zementmörtel-Auskleidung nicht in Frage.

Versuche mit ähnlichen Wässern über einen längeren Zeitraum konnten im Wasserwerk Schierhorn — ein von den Hamburger Wasserwerken betriebenes Werk in der Nordheide — durchgeführt werden. Die Entscheidung fiel im wesentlichen zugunsten duktiler Gußrohre mit Zementmörtel-Auskleidung auf der Basis von Tonerdeschmelzzement. Hier wurde der französische Lafarge-Zement gefordert. Außerdem erhielten die Rohre eine Polyethylen-Umhüllung.

#### 5.5 Verlegung der Rohre

Spezielle Kranwagen bzw. Bagger — ausgerüstet mit Gurten oder besonderen Greifvorrichtungen (Rundgreifer oder dgl.) — besorgten das Abladen vom Rohrtransportwagen bzw. das Einbringen in den Rohrgraben. Die

Polyethylen-Umhüllung hatte hierbei keine zusätzlichen Probleme gebracht. In diesem Zusammenhang wird auf die in der Norm DIN 30 674 Teil 1 (Entwurf in Vorbereitung) geforderte Schälfestigkeit hingewiesen.

Da die werksseitig im Schlauch- bzw. Wickelextrusionsverfahren aufgebrachte PE-Umhüllung das Muffen- und Einsteckende bisher nicht vollständig abdeckte, erhielten alle TYTON-Muffen-Verbindungen im Zuge der Verlegung Schrumpfschlauchisolierungen. Der Schlauch wurde vor Herstellen der TYTON-Muffen-Verbindung über der Muffe zwischengelagert und danach so über dem abzudeckenden Bereich angeordnet, daß eine durchgehende fachgerechte Isolierung erreicht wurde.

Das hohe Schrumpfvermögen des Polyethylens bewirkt, daß der thermoplastische Kleber jeden möglichen Hohlraum gut ausfüllt und damit auch die Übergänge von der PE-Umhüllung zum Gußrohr — isoliertechnisch gesehen — einwandfrei erfaßt.

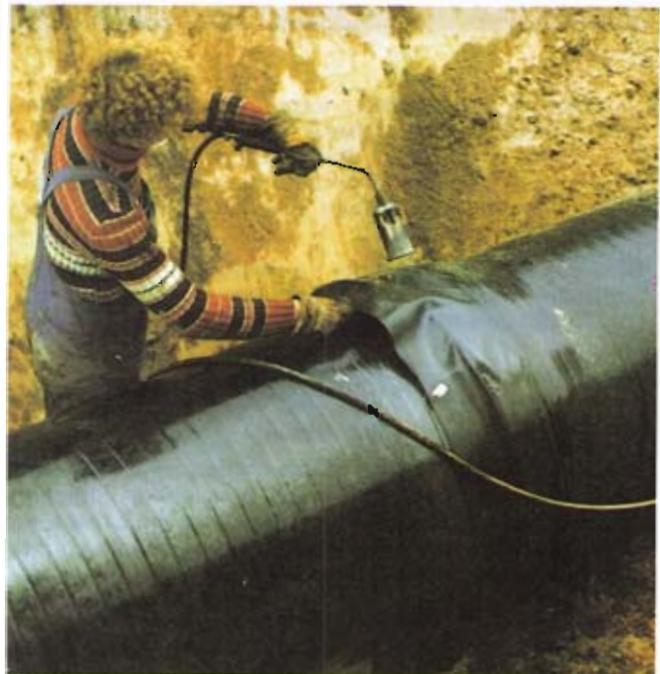


Bild 3

Nach Entfernen der Schutzfolie kann das Aufschrumpfen mit einer weichen Propangasflamme beginnen. Es ist darauf zu achten, daß die Flamme bewegt wird, um eine punktuelle Überhitzung des Materials zu vermeiden. Da beim vernetzten Polyethylen der Aggregatzustand „flüssig“ fehlt, kann der Schlauch leicht verarbeitet werden. Die Aufhebung des expandierten Zustandes mittels Wärme ist auch im Rohrgraben unproblematisch, da schon ein geringes Platzangebot zwischen Rohr und Rohrgrabensohle die erforderliche Wärmezuführung gestattet. Auch der Einsatz von Schrumpfmanschetten als Endlosband nach dem sog. WPC-System ist durchmesserunabhängig möglich.

Versuche, die im Zusammenhang mit dem beim Pumpenausfall in den Rohwasserleitungen auftretenden Unterdruck vorgenommen wurden, haben gezeigt, daß Schrumpfschläuche bei einem Unterdruck bis etwa 0,8 bar über einen längeren Zeitraum die Muffe sogar ohne Gummiring abdichten können.



Bild 4)

Untersuchungen haben ferner gezeigt, daß mit Schrumpfschläuchen isolierte TYTON-Langmuffen-Verbindungen die für diese Verbindungsart zulässigen Abwinkelungen und Längenänderungen — auch bei mehrfachen Bewegungen — ohne Schaden zu nehmen, überstehen.

Die für die Isolierungen der Verbindungen eingesetzten Schrumpfschläuche aus Polyethylen entsprechen der DIN 30 672 und haben eine DVGW-Registrier-Nr. erhalten.

### 5.6 Druckprüfung der Rohrleitung

Die fertiggestellten Leitungsabschnitte von jeweils etwa 2 bis 4 km Länge wurden nach dem kontinuierlichen Füllen und Entlüften der Leitung einer Druckprüfung nach DIN 4279 unterzogen. Das Sonderverfahren konnte in den meisten Fällen angewendet werden. Aus grundsätzlichen Erwägungen wurden mindestens 3 Messungen im Stundenabstand registriert, obwohl nach den ersten Messungen aus dem jeweiligen Druckabfall und der Nachfüllmenge die Dichtheit der Leitungen bereits zu erkennen war.

Im Zusammenhang mit den jeweils nachzufüllenden Wassermengen ist erwähnenswert, daß allein aus dem Prüfdruck und der daraus resultierenden Volumenvergrößerung des Rohres eine nicht unerhebliche Nachfüllmenge erforderlich wird. Bei einem K 10-Rohr DN 1000 und einem Prüfdruck von 15 bar beträgt dieser Wert immerhin 0,56 l/m. Obwohl die Volumenvergrößerung

zwischen 0 und 15 bar nicht linear verläuft, kann doch in etwa 0,035 l/m und bar angegeben werden. Der nicht lineare Verlauf bewegt sich im mm<sup>3</sup>-Bereich, so daß die Einflüsse auf die Meßergebnisse des Sonderverfahrens praktisch gleich null sind. Die mit dem Volumenzuwachs einhergehende Umfangserweiterung von etwa 1 mm wird von der PE-Umhüllung aufgrund ihres elastischen Verhaltens problemlos aufgenommen.

### 6. Abschließende Bemerkungen

Es muß deutlich herausgestellt werden, daß die Verwendung von duktilen Gußrohren mit Polyethylen-Umhüllung gegenüber Rohren mit bituminösem Überzug keinen nennenswerten Mehraufwand erfordert, abgesehen von den zusätzlichen Isolierungsarbeiten im Muffenbereich. Bei der Überprüfung der Isolierung am Rohrgraben sind bisher keine Fehlstellen festgestellt worden. Anfängliche Probleme bei der Anbohrung sind heute nicht mehr vorhanden. Ob sich bei längerer Betriebsdauer der Leitungen tatsächlich Isolierungsmängel herausstellen, muß die Zeit erweisen.

Über die Herstellung und Eigenschaften der Polyethylen-Umhüllungen ist in verschiedenen Veröffentlichungen bereits berichtet worden [2; 3]. Die Anforderungen an die Polyethylen-Umhüllung von Gußrohren lehnten sich zunächst an die Vornorm „Polyäthylen-Umhüllung von Stahlrohren“ (Vornorm DIN 30 670 vom Februar 1974) an. Zur Zeit wird von den zuständigen Gremien an einer Norm für die Polyethylen-Umhüllung von Gußrohren (DIN 30 674 Teil 1) gearbeitet. Der DIN-Entwurf (Gelbdruck) ist in Vorbereitung und wird in Kürze veröffentlicht.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß das mit Polyethylen umhüllte Gußrohr in Verbindung mit der TYTON-Muffe und der Zementmörtel-Auskleidung alle Eigenschaften in sich vereinigt, die der moderne Rohrleitungsbau heute fordert.

### Literatur

- [1] E. Stephani, H. Woldmann  
Außenkorrosion an Rohren aus Grauguß und duktilen Guß  
Neue DELIWA-Zeitschrift, Heft 7/79, S. 283
- [2] W. D. Gras, J. Rammelsberg, J. Weidelt  
Duktile Gußrohre mit Polyäthylen-Umhüllung  
GFW-Wasser/Abwasser, 120 (1979), Heft 10, S. 468/75
- [3] W. D. Gras  
Duktile Gußrohre mit einer modernen Rohrschutzumhüllung aus Polyethylen  
3R International, 19 (1980), Heft 4, S. 232/36

# Duktile Gußrohre mit Zementmörtel-Umhüllung

Von Kurt Reeh

## 1. Einleitung

Duktile Gußrohre mit Zementmörtel-Umhüllung wurden einem größeren Zuhörerkreis erstmals anlässlich der Gasfachlichen Aussprachetagung 1979 in Augsburg in Referaten von Heim [1] und Kottmann [2] vorgestellt, ferner auf der Wasserfachlichen Aussprachetagung 1980 in Aachen von Pickelmann [3]. Heim [4] hat in der FGR-Informationsschrift Nr. 15 weitere Hinweise gebracht.

Im Rahmen von Landesgruppensitzungen des Rohrleitungsbauverbandes (RBV) in den Jahren 1979/80 erfolgte durch die Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (FGR) u. a. auch eine Einführung in die Handhabung duktiler Gußrohre mit Zementmörtel-Umhüllung.

Allen Veranstaltungen schlossen sich umfangreiche Diskussionen mit Fragestellungen an, von denen aufgrund des erreichten Wissensstandes ein Teil noch nicht vollständig beantwortet werden konnte.

Ziel dieses Aufsatzes ist es, weitere Informationen und Antworten auf offene Fragen zu geben.

## 2. Zementmörtel-Umhüllung und Abgrenzung zu Faserbeton

In der Beton-Technologie ist es üblich, allgemein von Faserbeton zu sprechen und in Abhängigkeit von der Faserart nach Glas-, Kunststoff- oder Stahlfaserbeton zu unterscheiden [5].

Die hiernach z. B. abzuleitende Bezeichnung „Glasfaserbeton-Umhüllung“ wurde für den Rohrsektor jedoch nicht gewählt. Einerseits wollte man in der Wahl der Art von Fasern möglichst frei bleiben, andererseits wollte man sich für den Anwendungsfall der Umhüllung bewußt vom Faserbeton allgemein unterscheiden. Dies führte über die Bezeichnungen „Faserzement-Umhüllung“ und „Faserzementmörtel-Umhüllung“ zu dem allgemeineren Begriff „Zementmörtel-Umhüllung“ oder abgekürzt „ZM-Umhüllung“.

Maßgebend für diese Begriffsfestlegung — auch in der zwischenzeitlich angelaufenen Normung zu DIN 30 674 Teil 2 (Entwurf in Vorbereitung) — war, daß es primär auf die aktive Schutzwirkung des Zementmörtels ankommt. Die Verstärkung durch die Fasern übt mehr oder weniger nur eine Teilfunktion während der Fertigung oder bei Einwirkung äußerer mechanischer Belastungen aus; verfahrenstechnisch besteht die Möglichkeit, die Verstärkung auch über Vliese oder ähnliches vorzunehmen.

Beim Faserbeton hingegen ist Hauptaufgabe die Tragfunktion bei zum Teil völligem Verzicht auf die Stahlbewehrung. Es ist einleuchtend, daß hierfür höhere Faser-

gehalte erforderlich und die Anforderungen an die Qualität derselben ebenfalls höher zu setzen sind (z. B. Einsatz der Cemfil-Faser anstelle von E-Glasfasern).

Für eine Rohrumhüllung ohne statisch tragende Funktion wie die ZM-Umhüllung ist von der mechanischen Beanspruchbarkeit her das Verhalten bei Schlagbeanspruchung während des Transportes und des Einbaues entscheidend. Eine hohe Schlagfestigkeit läßt sich aber bereits bei niedrigsten Fasergehalten erzielen, bei denen die Zug- und Biegefestigkeit selbst kaum erhöht ist [5].

Die vorliegenden Erfahrungen mit der Lieferung von duktilen Gußrohren mit ZM-Umhüllung — bis Ende des

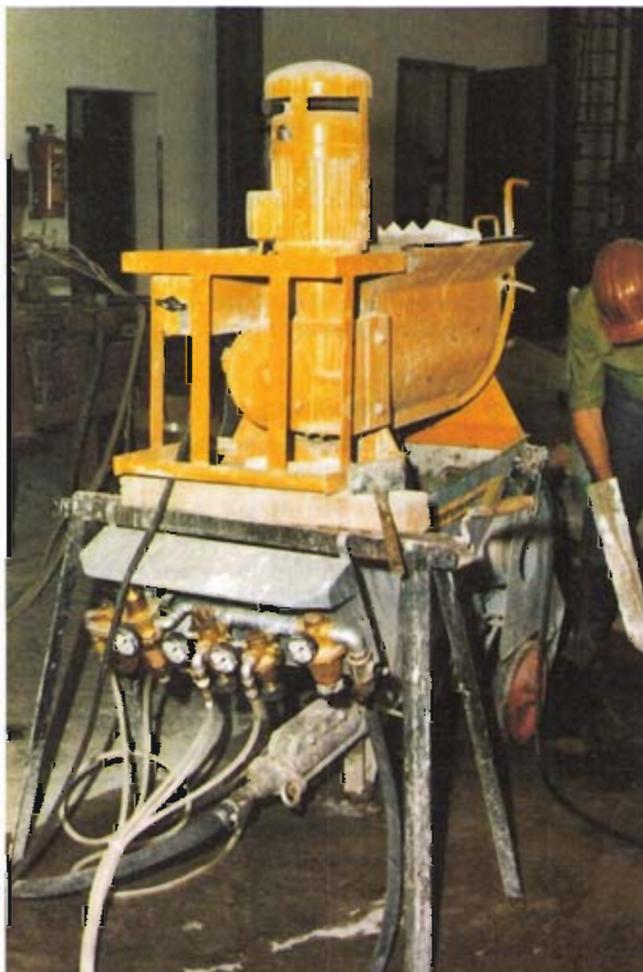


Bild 1: Zwangsmischer für Zementmörtelherstellung



Bild 2: Drehmaschine mit Faserzement-Spritzpistole



Bild 4: Aufspritzen des Faser-Zementmörtels

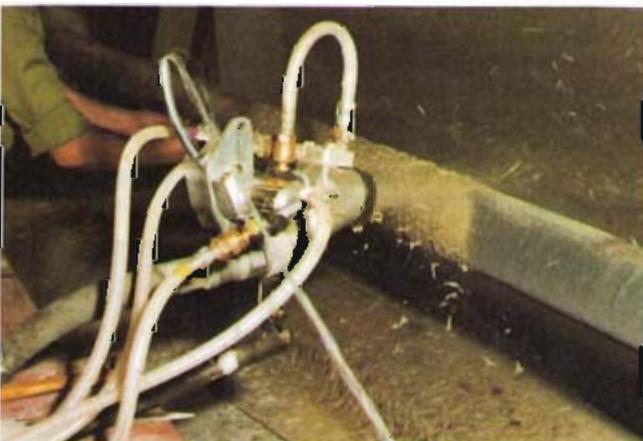


Bild 3: Aufspritzen des Faser-Zementmörtels



Bild 5: Bandagieren mit PE-Netzgewirk

Jahres 1980 waren es mehr als 300 km — bestätigen die ausreichend hohe Schlagbeständigkeit in der täglichen Praxis.

### 3. Herstellung der ZM-Umhüllung

Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf das „Faserzementmörtel-Spritzverfahren“.

Die Bilder 1 bis 8 geben den Ablauf in den einzelnen Fertigungsabschnitten wieder.

Die Zementmörtelmischung wird in einem Zwangsmischer oder auch in einem Kolloidator mit einem Wasserzement-Faktor von  $\leq 0,35$  aufbereitet und über eine Pumpe zu einer Spritzpistole geführt. In der Spritzdüse der Pistole wird dem Zementmörtel eine bestimmte Menge auf Länge geschnittene Fasern beigemischt, die bereits im frischen Zustand den Zementmörtel stabilisieren und eine gute Haftung auf der Außenwand des sich langsam drehenden Rohres vermitteln. In Abhängigkeit von Förderleistung, Umfangsgeschwindigkeit und Vorschub erfolgt ein gleichmäßig schraubenlinienförmiger Auftrag des Faserzementmörtels in Längsrichtung des Rohres mit einer Nennschichtdicke von 5 mm.

Bei nicht kolloidiertem Zementmörtel werden die Rohre anschließend mit einem Polyethylen-Netzgewirk bandagiert. Hierdurch wird gleichzeitig eine zusätzliche Verdichtung des Zementmörtels erzielt.

Bis zur Aufnahme in die Umhüllungs-Maschine haben die Rohre den üblichen Fertigungsablauf mit den dazugehörigen Fertigungskontrollen hinter sich. Sie weisen innen eine Zementmörtel-Auskleidung nach DVGW-Arbeitsblatt W 342 und außen einen Zink-Überzug nach DIN 30 674 Teil 3 (Entwurf in Vorbereitung), jedoch ohne bituminöse Beschichtung auf.

Unmittelbar vor dem Aufspritzen der Faserzementmörtel-Mischung erhalten die Rohre eine Kunstharz-Beschichtung (z. B. aus 2-Komponenten-Epoxydharz); nach Erhärtung der Zementmörtel-Umhüllung wird außen eine bituminöse Deckbeschichtung nach DIN 30 674 Teil 4 (Entwurf in Vorbereitung) aufgebracht.

Die ZM-Umhüllung der Rohre erfolgt über den Muffenbereich bis zur Muffenstirnante. Am Einsteckende bleibt in Abhängigkeit von der Art der Rohrverbindung und der Rohrnennweite eine bestimmte Länge umhüllungsfrei.

Nach Säubern der umhüllungsfreien Flächen werden Einsteckende, Muffenstirn und Muffeninnenprofil mit gefülltem Bitumenlack gestrichen.

In Tabelle 1 ist die umhüllungsfreie Länge für die einzelnen Nennweiten der TYTON-Verbindung wiedergegeben, darüber hinaus sind die Gewichte der ZM-Umhüllung aufgenommen und die prozentuale Gewichtserhöhung im Vergleich zu den Gewichten der Klasse K 10 mit Zementmörtel-Auskleidung angegeben. Die Gewichtser-

**Tabelle 1:** Umhüllungsfreies Einsteckende für TYTON-Verbindung und Mehrgewicht für 6 Meter Rohre mit ZM-Umhüllung

Nennweiten DN	80	100	125	150	200	250	300	(350)	400	500	600	700	800	900	1000
Umhüllungsfreies Einsteckende in mm	95	100	100	105	110	115	120	120	120	130	130	170	180	190	200
Rohrgewicht K 10 in kg mit ZM-Auskleidung	87	106	135	167	235	311	394	515	616	841	1097	1413	1735	2033	2471
Mehrgewicht in kg ZM-Umhüllung	19,2	23,4	28,2	33	42,6	52,8	62,4	72	81,6	101	121	140	160	179	199
Prozentuales Mehrgewicht in %	22,1	22,1	20,9	19,8	18,1	17	15,8	14	13,2	12,1	11	9,9	9,2	8,9	8



Bild 6: Bituminieren der Muffenstirnseite und des Muffeninnenprofils

Die Bituminierungshöhe bewegt sich zwischen 22 % für die Nennweite 80 und 8 % für die Nennweite 1000.

Die Fertigung der ZM-umhüllten Rohre erfolgt derzeit auf Pilot-Anlagen mit beschränkter Leistungsfähigkeit. Durch Mechanisierung der Beschickungs- und Beschichtungsvorgänge läßt sich die Leistungsfähigkeit steigern. Hierzu laufen Entwicklungsarbeiten, darüber hinaus wird das Wickelverfahren studiert, mit dem Spritzverluste vermieden und eine große Gleichmäßigkeit der Schichtdicken zu erreichen ist.

**4. Qualitätssicherungsaufgaben bei der ZM-Umhüllung**

Wie in [6] allgemein dargestellt, ist es Aufgabe der Qualitätssicherung, über die eigentliche Kontrolle des Produktes hinaus auf den Produktionsablauf und auf die Entwicklung des Produktes selbst einzuwirken. Gelingt es z. B., die Makroelement-Tätigkeit durch geeigneten Schichtaufbau völlig auszuschließen, so ist eine anschließende laufende Kontrolle hinsichtlich deren Auswirkungen nicht mehr erforderlich. Ebenso können Kontrollaufgaben, welche bei einer Pilot-Fertigung unumgänglich sind, bei einer weitgehend mechanisierten Anlage überflüssig werden, da hier eine zwangsweise vorgegebene Tätigkeit abläuft. Die Qualitätsplanung bleibt also so lange im Fluß, wie sich das Produkt und das Fertigungsverfahren selbst noch in Entwicklung befinden.

Beim Material des Zementmörtels liegen die Verhältnisse anders. Es wird auf bekannte Ausgangsstoffe zurückgegriffen, deren Eigenschaften seit langem bekannt sind und die in gleicher Weise für die Zementmörtel-Auskleidung der Rohre zum Einsatz gelangen. Es gelten daher

für die ZM-Umhüllung auch weitgehend die gleichen Güteanforderungen und Prüfbestimmungen, wie sie im DVGW-Arbeitsblatt W 342 für die Ausgangsstoffe Sand und Zement, deren Mischungsverhältnis, den Wasserzementwert sowie für die Zug- und Biegefestigkeit festgelegt sind. Zusätzlich mußte noch die Bestimmung des Faser-Gehaltes aufgenommen werden.

Darüber hinaus wurden von einem DVGW-Arbeitskreis Prüfnachweise gefordert, um eine Aussage über das Verhalten der ZM-Umhüllung am Rohr selbst zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang wurden an Rohren bzw. Rohrabschnitten mit ZM-Umhüllung Längsbiege-, Ringverformungs-, Scher- und Haftfestigkeitsversuche,



Bild 7: Gebündelt zum Stapeln



Bild 8: Verladung und Transport

Schlag- und Einrüttelversuche, Trenn-, Anbohr- und Montageversuche durchgeführt; s. a. Bilder 9 bis 17 und Tabelle 2.

Ohne auf Einzelwerte einzugehen, läßt sich allgemein feststellen, daß bei den angestellten Belastungs- und Verformungsversuchen die ZM-Umhüllung gleiche oder aber noch höhere Werte im Vergleich zur Zementmörtel-Auskleidung erbringt und daß letztere sich als ausreichend stabil und verformungsfähig in der Praxis erwiesen hat.

Alle diese Arbeiten, wie auch die Makroelement-Versuche und Versuche zum Nachweis des Selbstheilungseffektes bei künstlich angebrachten Schnitten von 0,5 bis 5 mm Breite, dienen zur Ausarbeitung entsprechender Güterrichtlinien, die schließlich in einer Vornorm DIN 30 674 Teil 2 (Entwurf in Vorbereitung) ihren Niederschlag finden sollen. Ein weiterer wichtiger Punkt wird die Festlegung von Anwendungsgrenzen im neu zu bearbeitenden DVGW-Arbeitsblatt GW 5 für die Fälle sein, bei denen extreme chemische Belastungen vorliegen.

## 5. Untersuchungsergebnisse mit neuem Schichtaufbau

In [1] wird der besondere Einfluß der Deckbeschichtung auf die Schutzwirkung der ZM-Umhüllung herausgestellt. In Fortführung der dort beschriebenen Makroelement-Versuche wurden in einer weiteren Versuchsreihe die Auswirkung unterschiedlicher Deckbeschichtungen bei unterschiedlichem Schichtaufbau und unterschiedlicher Zementmörtelausführung untersucht.

Die Untersuchungen wurden bei der Korrosionstechnik Dr. Heim nach der gleichen Versuchsmethode, wie in [1] beschrieben, durchgeführt. Neben Proben aus der laufenden Fertigung wurden auch solche gezielt hergestellt, um den Einfluß von

- Zementmörtelherstellung
- Zementmörtelzusammensetzung
- Kunststoffzusätzen zum Zementmörtel
- Nachbehandlung des Zementmörtels

zu studieren.



Bild 9: Einrüttelversuch



Bild 10: Einrüttelversuch



Bild 11: Einrüttelversuch

Als flüssig aufgetragene Beschichtungsstoffe gelangten zur Prüfung

- Bitumen
- Teer-Epoxid
- Chlorkautschuk
- Epoxidharz
- Polyurethan

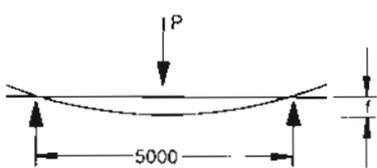
in 1-, 2- und 3fachem Schichtauftrag.

Epoxidharz und Polyurethan wurden in Schichtdicken von etwa 100µm direkt auf die Gußrohroberfläche ohne und mit Zink-Überzug unmittelbar vor dem Aufspritzen des Faserzementmörtels aufgebracht.

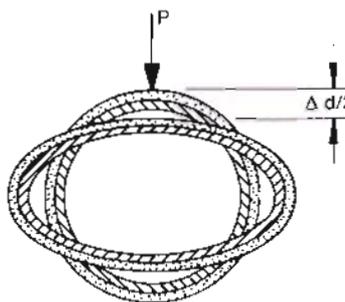
An einer Probe mit PE-Wickelfolie und einer bituminieren Probe wurden zusätzlich in die Deckbeschichtung künstliche Fehlstellen eingebracht und das Verhalten im Makroelement-Versuch geprüft.

Um in möglichst geringen Zeitspannen Ergebnisse zu erzielen, wurde die von Zementmörtel befreite Anodenfläche mit 1 cm<sup>2</sup> eingestellt sowie im allgemeinen ein

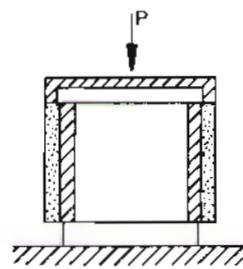
**Tabelle 2: Untersuchungsergebnisse mechanischer Prüfungen**

Längsbiegeversuch	Nennweite DN	Biegebelastung P (N)	Durchbiegung f (mm)
	100	23 000	125
	100	20 500	79
	100	23 000	100
	100	26 000	90
	150	64 000	80
	150	67 000	90
	o. EP		
	m. EP		

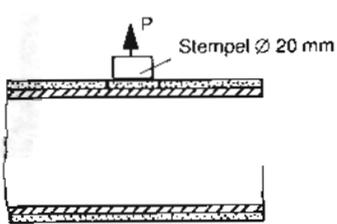
  

Ringverformungsversuch	Nennweite DN x Länge	Druckkraft P (N)	Durchmesserverformung (%)
	200 x 200	nicht bestimmt	5,1
	200 x 200	dto.	5,7
	200 x 200	dto.	6,0
	300 x 300	dto.	2,7
	300 x 300	dto.	3,0
	300 x 300	dto.	5,4
	500 x 500	> 69 000	6,4
	500 x 500	> 69 000	5,2
	600 x 500	> 69 000	2,8
	600 x 500	91 000	4,2
	m. EP		
	o. EP		

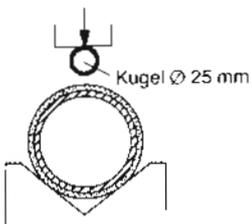
  

Scherversuch	Nennweite DN x Länge	Scherkraft P (N)	Scherfestigkeit (N/mm <sup>2</sup> )
	150 x 100	16 000	0,30
	150 x 100	15 000	0,28
	150 x 100	12 500	0,23
	150 x 100	55 000	1,02
	150 x 100	42 000	0,78
	150 x 100	52 000	0,96
	200 x 100	26 000	0,37
	200 x 100	27 500	0,39
	200 x 100	44 000	0,20
	200 x 100	77 000	1,10
	200 x 100	71 000	1,02
	200 x 100	41 500	0,59
	o. EP		
	m. EP		

Hafffestigkeitsversuch	Nennweite DN	Hafffestigkeit (N/mm <sup>2</sup> )	Bruchart
	200	1,12	Adhäsion
	200	1,04	Kohäsion
	200	0,96	Kohäsion
	200	0,80	Adhäsion
	200	0,60	Kohäsion
	200	0,80	Kohäsion
	200	0,80	Adhäsion
	200	1,20	Kohäsion
	200	1,40	Kohäsion
	200	0,56	Adhäsion
	m. EP		

Schlagversuch	Nennweite DN	Schlagarbeit	Schlagstellen	
	200	75	Eindringtiefe < 1 mm kein Anriß	
	200	100	Eindringtiefe < 1 mm Haarriß 0,1 mm	
	200	150	Eindringtiefe 1,4 mm Riß 0,3 mm	
	200	50	Eindringtiefe < 1 mm kein Anriß	
	200	100	Eindringtiefe < 1 mm kein Anriß	
	200	150	Eindringtiefe 1,1 mm kein Anriß	
	200	200	Eindringtiefe 1,9 mm kein Anriß	
		m. EP		

## fgr 16

Flächenverhältnis von 1 : 6000 für Anode zur Kathode und als Elektrolyt 1/10 M NaCl-Lösung mit einem Elektrolyt-Widerstand von 115  $\Omega$  cm gewählt. In einer speziellen Versuchsreihe wurde dieser auf 5 000  $\Omega$  cm bzw. 100 000  $\Omega$  cm eingestellt.

In bestimmten Zeitabständen wurden die Potentiale an der Anode, Kathode und als Mischpotential, die Wechselstromwiderstände und die Stromstärken gemessen, wo-

bei diese dann als Anodenstromdichten umgerechnet wurden.

Auf diese Weise wurden insgesamt 42 Proben geprüft und ausgewertet; siehe Tabelle 3.

Bei entsprechend langer Versuchsdauer werden die Widerstände der Makroelemente größer, was auf eine Deckschichtbildung auf der Gußrohroberfläche schließen und eine Verstopfung der ZM-Schicht erwarten läßt.

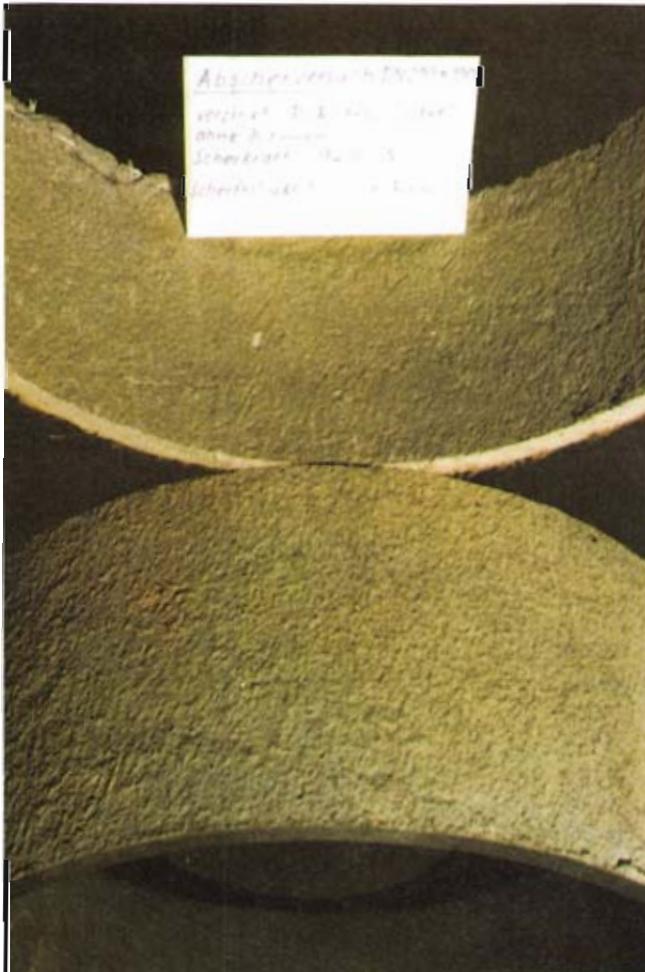


Bild 12: Scherversuch

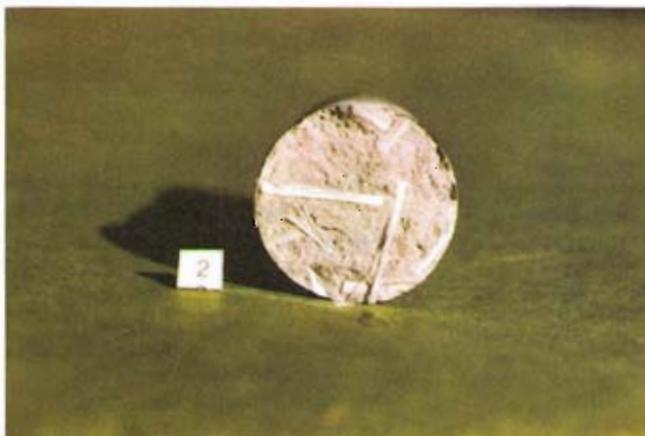


Bild 13: Kohäsionsbruch

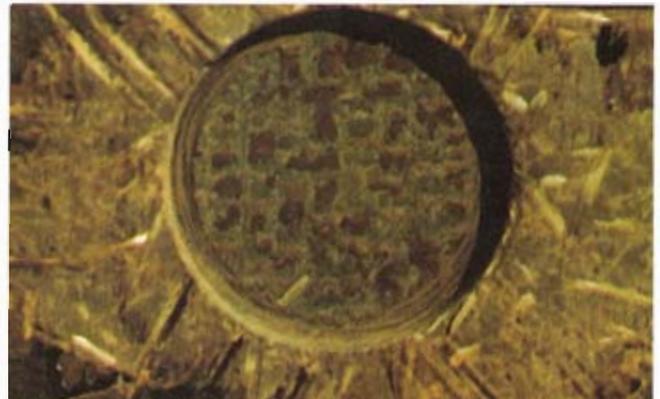


Bild 14: Adhäsionsbruch

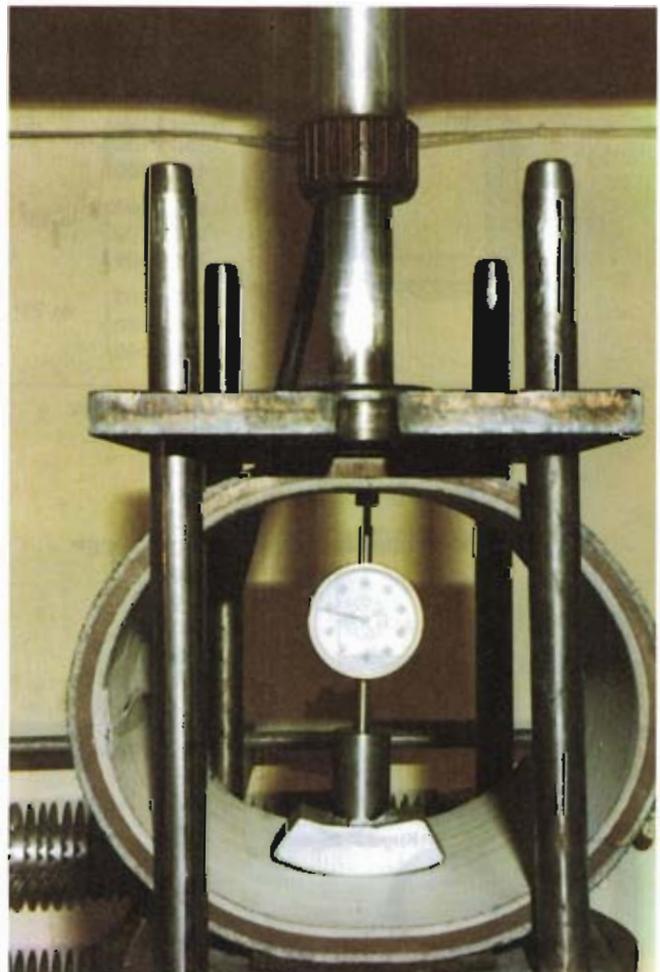


Bild 15: Ringverformungsversuch

**Tabelle 3:** Untersuchungsergebnisse korrosions-chemischer Prüfungen im Makroelement-Versuch Stand: März 1980

Kurzbezeichnung der Versuche	Rohr-Nr.	Versuchsdauer $t$ d	Mittlere Stromstärke		Rohr/Elektrolyt-Potential bei Versuchsende $U_{H/mV}^1)$			Wechselstromwiderstand $R_{\sim}/\Omega$ zu Vers.-Beginn	Bei Versuchsende	
			$I_M$ $\mu A$	$E_M$ $\mu A$	$U_H^A$	$U_H^K$	$U_H^M$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>MV 1: FZ bzw. FZM-umhüllte Rohre aus der Werksfertigung</b>										
MV 1.1	A	50	-	- 5	-460	-470	-470	150	310	
MV 1.2	H	95	+ 295	-	-380	-350	-350	35	40	
<b>MV 2: FZM-umhüllte Rohre, die in der Versuchsanstalt gefertigt werden</b>										
MV 2.1 Einfluß der Mörtelherstellung, Nachbehandlung des Mörtels und Kunststoffzusatz zum Mörtel	1.0	20	+ 701	-	-410	-270	-300	160	110	
	1.1	20	+ 450	-	-350	-270	-275	50	60	
	2.0	151	+ 465	-	-360	-205	-270	110	180	
	2.1	50	+ 390	-	-390	-280	-290	100	95	
	3.0	(6)	(+ 330)	-	-	-	-	(140)	(150)	
	3.1	(6)	(+ 330)	-	-	-	-	( 80)	(100)	
	4.0	151	+ 450	-	-400	-320	-320	70	150	
	4.1	121	+ 465	-	-340	-220	-220	110	115	
	HL 1	151	siehe Text	-	-440	-430	-430	80	70	
MV 2.2.1 Äußere zweifache Bitumen-Deckbeschichtung	3	120	+ 119	-	-400	-345	-350	250	140	
	4	50	+ 123	-	-410	-365	-370	150	130	
	15.1	90	+ 298	-	-350	-190	-195	160	190	
	15.2	120	+ 535	-	-330	- 60	- 65	210	520	
MV 2.2.2 Äußere EP-Teer-Deckbeschichtung	P 1	80	+ 117	-	-350	-240	-240	110	40	
	P 2	60	+ 25	-	-370	-230	-330	80	65	
	P 3	60	+ 4	-	-470	-460	-460	120	150	
MV 2.2.3 Äußere Chlorkautschuk-Deckbeschichtung	571	211	+ 200	-	-410	-340	-340	110	150	
	572	213	+ 190	-	-380	-260	-260	125	170	
MV 2.3 Fehlstellen in der äußeren Beschichtung	ohne Fehlst. mit Fehlst. (MV 1.1)	A	50	-	- 5	-460	-470	-470	150	310
		(MV 1.1)	60	+ 20	-	-405	-355	-355	260	70
	ohne Fehlst. mit Fehlst. (MV 2.2.1)	4	30	+ 5	-	-345	-340	-340	540	720
		(MV 2.2.1)	90	+ 47	-	-350	-290	-310	265	330
MV 2.4.1 Umhüllung an der Grenzfläche Lösung/Luft	vor der Umhüllung	2.1	50	+ 390	-	-390	-285	-290	100	95
	nach der Umhüllung (MV 2.1)		64	+ 180	-	-400	-350	-350	110	160
MV 2.4.2 NaCl-Lösung	= 100.000 $\Omega$ cm	15.1	97	+ 13	-	-235	-105	-105	6000	7400
Elektrolytwiderstand	= 5.000 $\Omega$ cm	A	16	+ 4	-	-340	-330	-330	1200	640
Bodenlösung	= 5.000 $\Omega$ cm	EP 1	90	+ 70	-	-300	-240	-240	1350	260
	= 5.000 $\Omega$ cm	EP 2	148	+ 35	-	-380	-370	-370	2180	290
MV 2.5.1 Epoxidharz Deckbeschichtung	EP 1	80	+ 19	-	-450	-435	-435	140	75	
	EP 2	50	+ 29	-	-450	-440	-440	100	90	
	EP 3	192	+ 9 <sup>2)</sup>	-	-620	-620	-620	210	54	
	EP 4	60	+ 80	-	-430	-420	-420	55	20	
MV 2.5.2 Polyurethan-Deckbeschichtung	PUR 1	103	+ 35	-	-380	-330	-330	280	250	
	PUR 2	133	+ 165 <sup>2)</sup>	-	-630	-590	-590	250	105	
MV 2.6.1 Spritzverzinkung mit EP-Deckbeschichtung	Zn EP 1	110	-	- 5	-680	-690	-690	130	160	
	Zn EP 2	134	-	- 7	-630	-650	-650	95	210	
MV 2.6.2 Spritzverzinkung mit PUR-Deckbeschichtung	Zn PUR 1	59	-	-12	-410	-470	-470	390	13	
	Zn PUR 2	60	+ 27 <sup>2)</sup>	-	-640	-605	-610	645	235	
MV 2.7 Spritzverzinkung ohne Deckbeschichtung	Zn 1	27	-	-69 <sup>2)</sup>	-880	-910	-910	80	17	
	Zn 2	27	-	- 5	-720	-725	-725	75	18	

<sup>1)</sup>  $U_H$ -Potential gegen die Normal-Wasserstoffelektrode  
<sup>2)</sup> Stromstärken, gemessen am Ende der angegebenen Versuchsdauer



Bild 16: Anbohrversuch

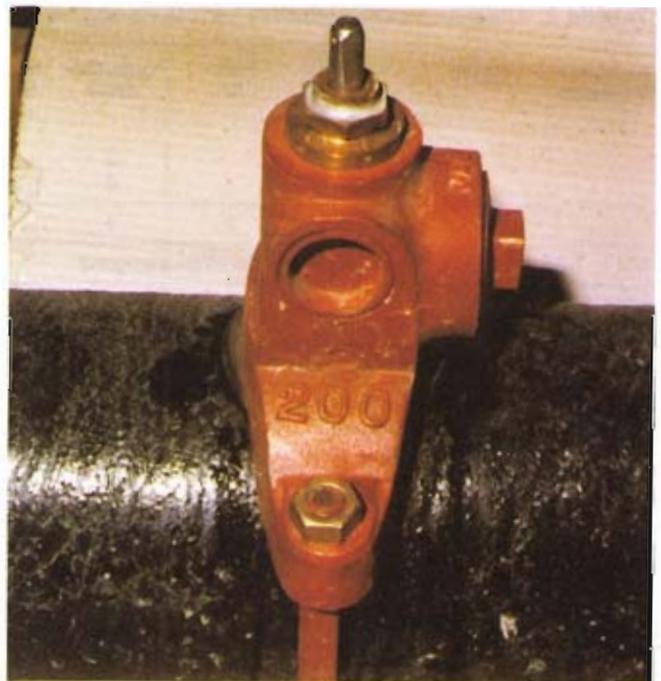


Bild 17: Anbohrversuch

In den Versuchen hat sich gezeigt, daß Maßnahmen bei der Mörtelherstellung im Hinblick auf eine vollständige und dauerhafte Vermeidung der Makroelementbildung alleine nicht ausreichend sind.

Wegen der leichten mechanischen Verletzbarkeit von organischen Beschichtungsstoffen sollte ihre Anordnung möglichst unter der ZM-Schicht angestrebt werden.

Am günstigsten haben sich in dieser Versuchsreihe die Proben auf einem Zink-Überzug verhalten, siehe Bilder 18 bis 22. Bei diesen tritt Stromumkehr ein. Das bedeutet, daß in der Versuchsreihe die zementmörtelfreie Anodenfläche kathodisch geschützt und somit selbst die Eigenkorrosion unterbunden wurde.

Die Kombination Zink-Überzug, Deckbeschichtung und ZM-Schicht erbringt über die eigentliche Korrosionsschutzwirkung für die Gußrohroberfläche hinaus eine Verbesserung der Haftung, wodurch zusätzlich die Wahrscheinlichkeit für das Entstehen von Fehlstellen in der ZM-Umhüllung überhaupt entscheidend reduziert wird.

## 6. Entwicklung und Prüfung der ZM-Schutzmanschette

Bild 23 zeigt den Schnitt einer TYTON-Verbindung, deren Außenflächen an der Muffe und am Einsteckende über eine ZM-Schutzmanschette elastisch geschützt sind.

Zielvorgaben bei der Entwicklung derselben waren

- Beweglichkeit der TYTON-Verbindung voll erhalten
- Einfache Verlegung, auch unter ungünstigen Voraussetzungen (z. B. bei Regen oder Grundwasser)
- Vorherige Kontrolle des ordnungsgemäßen Sitzes des TYTON-Dichtringes in der Muffe
- Erfüllen der Korrosionsschutzanforderungen
- Wirtschaftlichkeit.

Erreicht wurden diese Forderungen über ein Gummi-Formteil, Bild 24. Materialmäßig wurde auf die gleiche Qualität zurückgegriffen, wie sie für die bewährten Uni- und TYTON-Dichtringe im Weichteil zum Einsatz kommt.

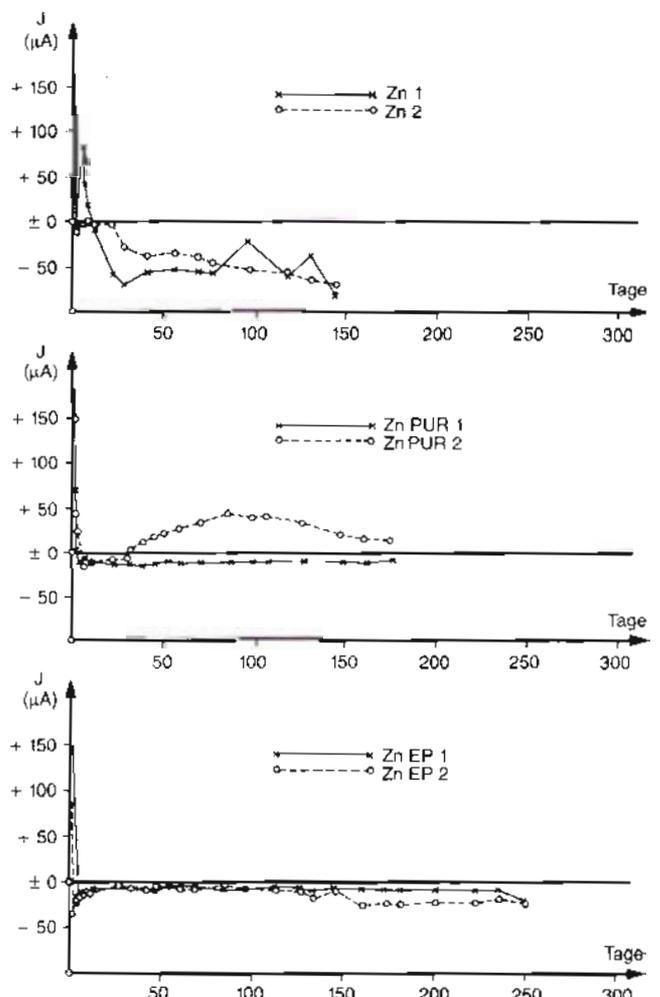


Bild 18: Strom-Zeit-Kurven im Makroelement-Versuch

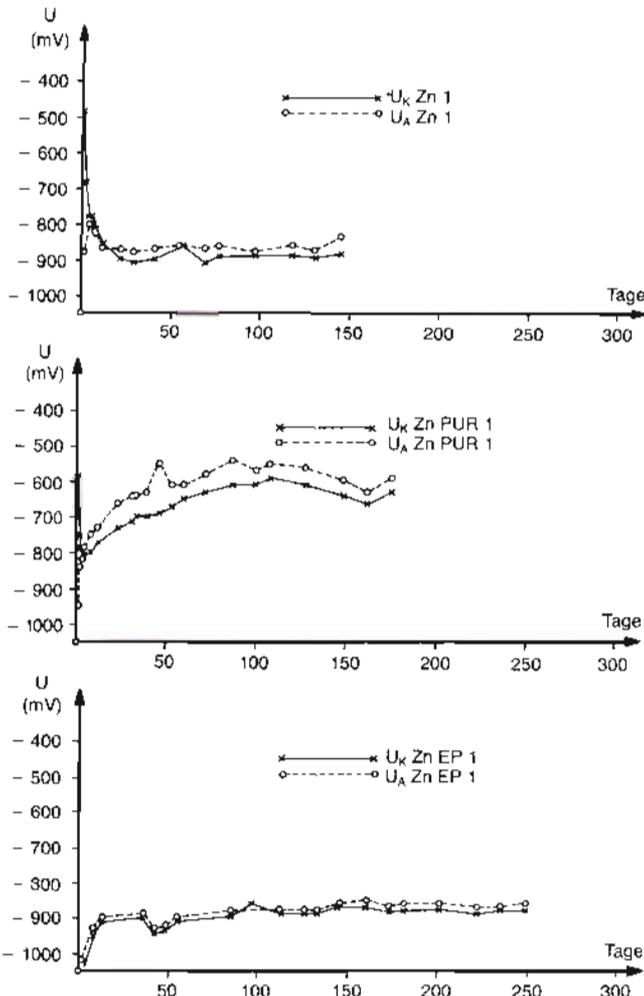


Bild 19: Potential-Zeit-Kurven im Makroelement-Ver-such

An den Enden der ZM-Schutzmanschette sind Lippen angeordnet, die zusammen mit der gewählten Vorspannung ein hohes Maß von Abdichtung auf den rauen Zementmörteloberflächen erbringen sollen. Ein spezieller Verformungswulst soll auch bei großen Durchmesserunterschieden eine einfache Montage und die Beweglichkeit bei Auswinkelung oder Ausschub des Einsteckendes ermöglichen, Bild 25.

Die ZM-Schutzmanschette ist nicht für Außenschub-sicherungssysteme wie z. B. TYS ausgebildet. Hierfür müs-sen Binden oder Schrumpfmanschetten verwendet werden.

Um die Eignung der ZM-Schutzmanschette zu untersu-chen, fanden elektro-chemische Prüfungen bei der Korrosionstechnik Dr. Heim statt. Zu diesem Zweck wurde im Ringraum, wie in Bild 26 dargestellt, elektrisch zum Rohr isoliert eine Ringelektrode aus nichtrostendem Stahl angeordnet und der Ringraum selbst mit Elektrolyt gefüllt.

Hierdurch sollten die möglichen Verhältnisse bei Verle-gung in Grundwasser nachgeahmt werden. Darüber hin-aus wurden zwei Fehlstellen von etwa 5 bis 10 mm Ø in die ZM-Schutzmanschette eingebracht und in einer dritten Versuchsreihe ein leichter Wasserdurchfluß von 14 cm<sup>3</sup>/min eingestellt.

Aufgrund von Strommessungen konnten Aufschlüsse über die Veränderung des Sauerstoffgehaltes im Ring-raum erhalten werden. Entscheidend ist die Feststellung, daß das Volumen des Ringraum-Elektrolyten sehr klein ist und der im Elektrolyt gelöste Sauerstoff durch Korrosionsvorgänge sehr schnell verbraucht wird.

In der Prüfanordnung wurde eine Widerstandserhöhung durch die ZM-Schutzmanschette um den Faktor 10 ge-funden.

In Übereinstimmung mit der Abschätzung des Korrosionsangriffes aufgrund der Strommessungen hat die Betrachtung der Rohroberfläche nach Versuchsende einen vernachlässigbar geringen Korrosionsangriff be-stätigt.

### 7. Ausblick

Aus den Ausführungen in Abschnitt 5 geht hervor, daß die ZM-Umhüllung durch den neuen Schichtaufbau eine wesentliche Verbesserung erfahren hat. Eine Rohrumhül-lung, die sich durch ihren Aufbau an möglichen Fehlstel-len selbst, ohne Aufbringen eines äußeren kathodischen Schutzes, dauerhaft schützt, wäre ideal.

Im Hinblick auf die vom Einsatzzweck her geforderte Lebensdauer von 50 Jahren und mehr müssen die laufen-

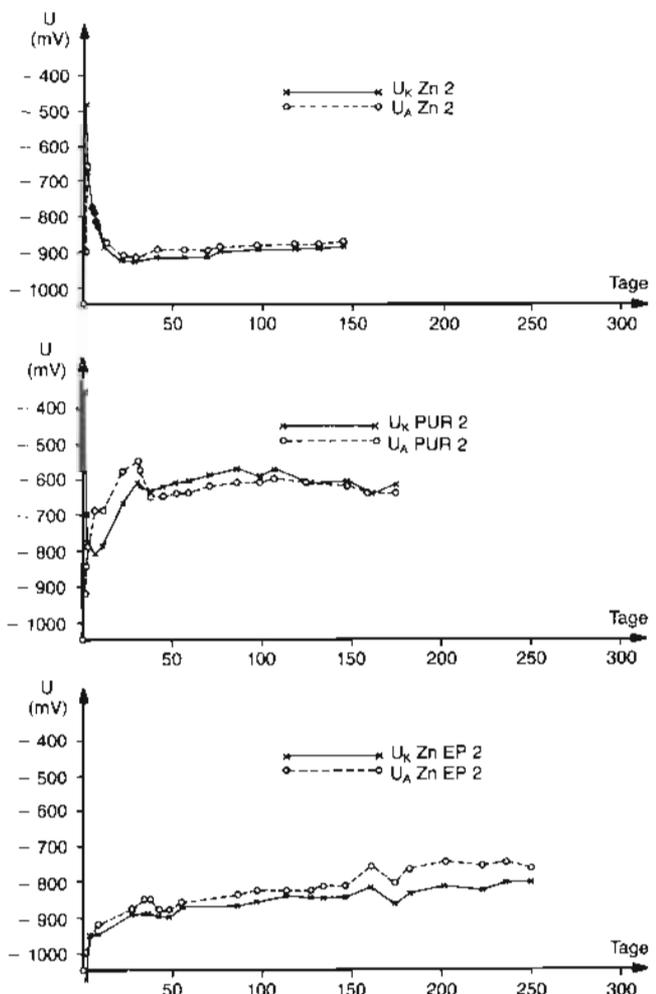


Bild 20: Potential-Zeit-Kurven im Makroelement-Ver-such

# fgr 16

den Untersuchungen weitergeführt werden, wobei die getroffenen Aussagen, wenn man die ersten Makroelement-Versuche mit einschließt, inzwischen bereits auf Erfahrungen von mehr als 3 Jahren basieren. Wichtig bleibt die Sicherstellung einer hohen Zementmörtelqualität.

Es wird Aufgabe sein, neben quantitativen Messungen im Labor, auch durch Prüfungen in der Praxis weitere Klarheit zu schaffen. Solange dies nicht der Fall ist, gilt es auch bei dem neuen Schichtaufbau der ZM-Umhüllung Fehlstellen zu vermeiden und diese wegen der möglichen Schäden sorgfältig auszubessern.

## 8. Zusammenfassung

Es wird der Begriff ZM-Umhüllung gegenüber Faserbeton abgegrenzt und die Herstellung der ZM-Umhüllung auch aus der Sicht der Qualitätssicherung beschrieben.

In Ergänzung zu bereits vorgenommenen Veröffentlichungen wird über Untersuchungsergebnisse mit einem neuen Schichtaufbau berichtet sowie die ZM-Schutzmanschette erläutert.

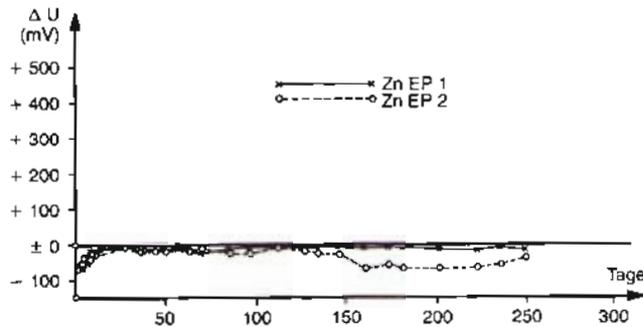
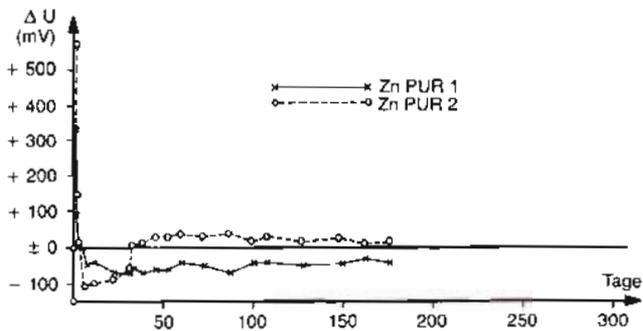
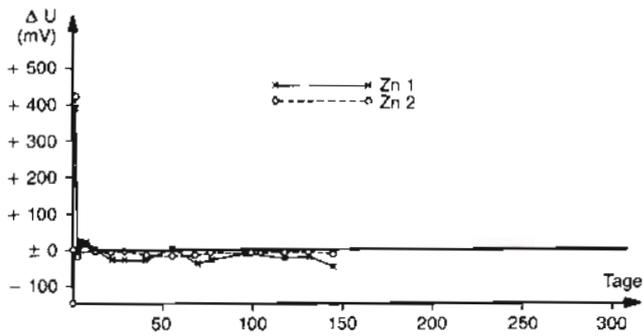


Bild 21: Potentialdifferenz-Zeit-Kurven im Makroelement-Versuch

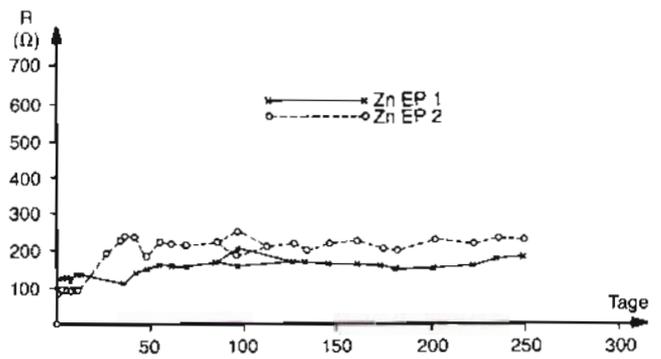
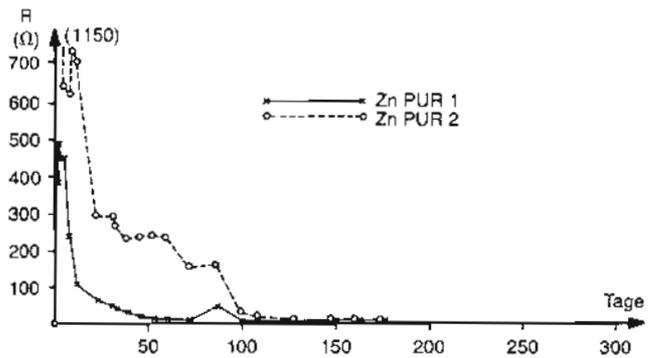
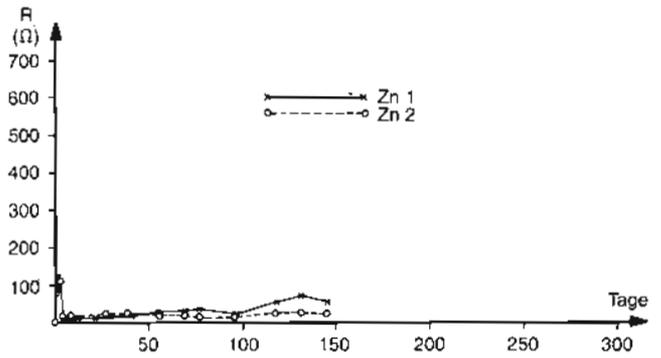


Bild 22: Widerstands-Zeit-Kurven im Makroelement-Versuch

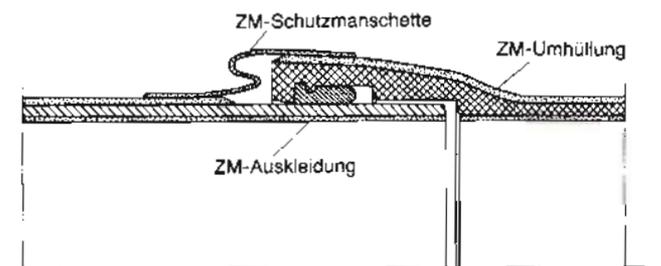


Bild 23: TYTON®-Verbindung mit ZM-Schutzmanschette

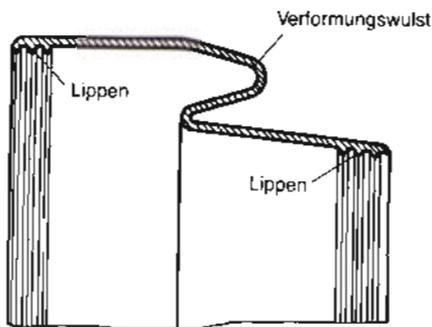


Bild 24: ZM-Schutzmanschette



Bild 25: ZM-Schutzmanschette abgewinkelt

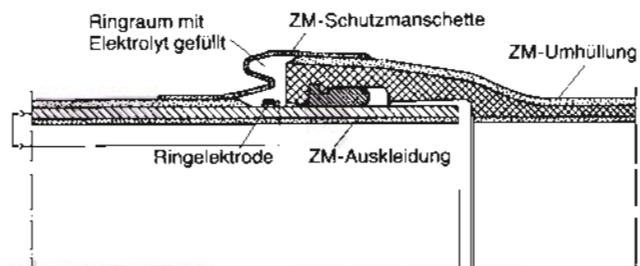


Bild 26: Versuchsanordnung mit Ring-Elektrode

#### Literatur

- [1] Heim, G.  
Untersuchung von faserverstärkten Zement- und Zementmörtel-Umhüllungen als Außenschutz für erdverlegte duktile Gußrohre  
DVGW-Schriftenreihe Gas Nr. 25, Gasfachliche Aussprachetagung Augsburg 1979, S. 199/213 und GWF Gas/erdgas 121 (1980) Heft 7, S. 292/317
- [2] 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 und GWF Gas/erdgas 121 (1980) Heft 7, S. 280/291
- [3] Pickelmann, P.  
Einfluß der Bodenaggressivität auf metallische Rohrleitungen — Neue Möglichkeiten für den passiven und aktiven Korrosionsschutz  
DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 23, Wasserfachliche Aussprachetagung Aachen 1980.
- [4] Heim, G.  
Neuere Entwicklung für den Außenschutz erdverlegter duktiler Gußrohre  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 15 (1980), S. 20/22
- [5] Meyer, A.  
Faserbeton  
Zement-Taschenbuch 1979/80, 47. Ausgabe, Bauverlag Wiesbaden, S. 453/477
- [6] Reeh, K. und Ziegler, M.  
Qualitätssicherung bei Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 15 (1980), S. 5/16

# Verwendung von duktilen Gußrohren mit Zementmörtel (ZM)-Umhüllung im Bereich des Wasserverbandes Mittelhessische Wasserwerke (WMW), Gießen

Von Gerhard Heise und Wolfgang Rink

## 1. Einführung

Im Jahre 1977 ordnete der Regierungspräsident in Kassel im Rahmen der Trinkwassersicherstellung den Anschluß der Stadt Gladenbach mit dem Ortsnetz der Kernstadt an die Wasserversorgungsanlagen des WMW, Gießen, an. Gefordert wurde zu diesem Zweck die Verlegung einer rund 6 300 m langen Zubringerleitung vom verbandseigenen Hochbehälter „Damm“ bis zur vorhandenen stadt-eigenen Zubringerleitung, die vom stadt-eigenen Bohrbrunnen II zum Tiefzonenbehälter der Kernstadt führt (Bild 1). Im Zuge dieser Maßnahme wurde außerdem der Bau einer Druckerhöhungsanlage bei Lohra, die Verlegung von Steuerkabeln sowie die Installation einer Fernwirkanlage erforderlich. Die Herstellungskosten dieser Wasserversorgungsanlagen übernahm der Bund im Rahmen des Wassersicherstellungsgesetzes. In dem dazu ergangenen Verpflichtungsbescheid ist festgelegt, daß aufgrund der Erläuterungen zum Bundeshaushalt die Leitung friedensmäßig genutzt werden kann.

Bild 1: Lageplan der Wasserversorgung der Stadt Gladenbach

Anfang 1978 hat der Magistrat der Stadt Gladenbach den WMW beauftragt, die Planung, die Oberleitung der Bauausführung und die örtliche Bauaufsicht für die vorgenannte Maßnahme durchzuführen.

Die Zubringerleitung der Stadt wurde so geplant, daß mit ihr außer dem Trink- und Brauchwasserbedarf der Kernstadt und der Stadtteile Mornshausen, Erdhausen und Weidenhausen auch der zu erwartende Wasserbedarf weiterer Städte und Gemeinden des an Gladenbach angrenzenden Raumes sichergestellt wird (Bild 1). Für die Zubringerleitung wurde daher zwischen dem verbandseigenen Hochbehälter „Damm“ und der Druckerhöhungsanlage Lohra die Nennweite DN 350 und für den weiterführenden Teil bis Erdhausen DN 300 gewählt (Bild 2).

## 2. Bodenuntersuchungen

Vor Baubeginn im Sommer 1978 wurde für die Trasse ein Bodenwiderstandsprofil nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 9 erstellt. Es war zu klären, ob, und wenn ja, welche Maßnahmen für den Rohraußenschutz zu ergreifen waren.



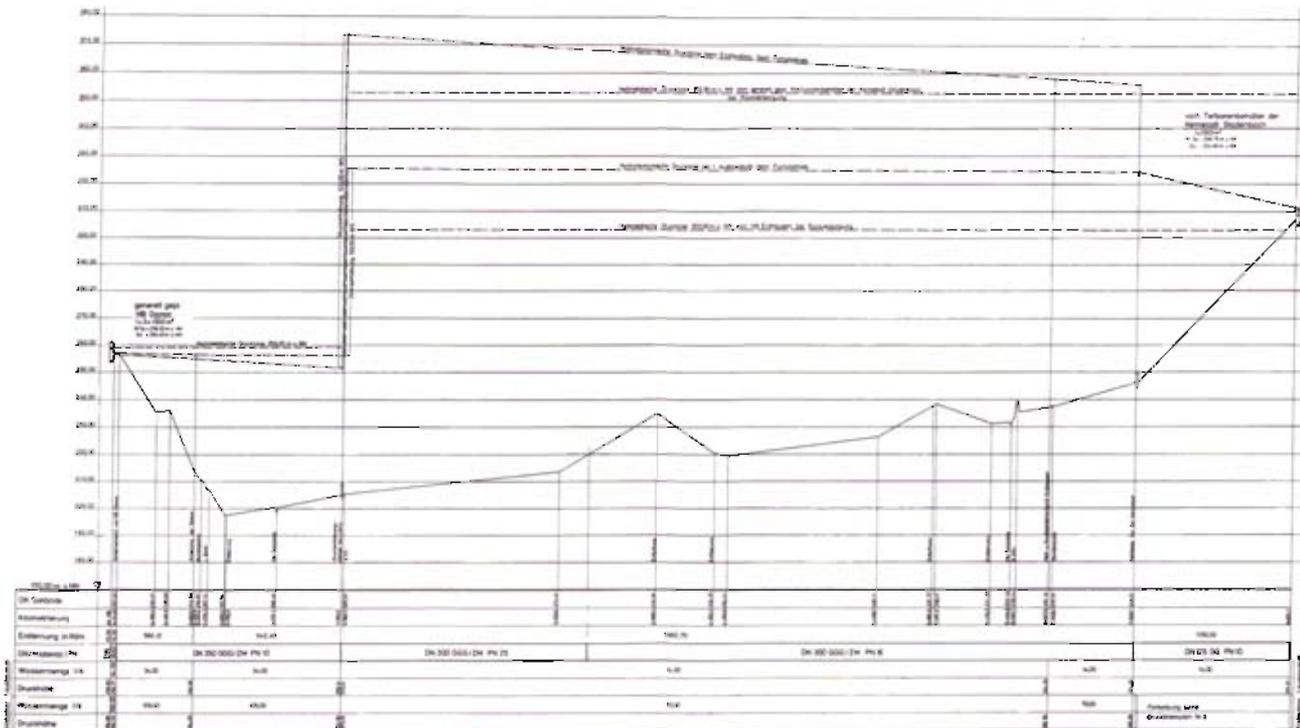


Bild 2: Längsschnitt der Wasserversorgung der Stadt Gladenbach

Auf der gesamten Länge von 6 300 m wurden 35 Messungen der Bodenwiderstände nach dem Wenner-Verfahren durchgeführt. Gefunden wurden spezifische Widerstände zwischen  $3\,800 \text{ Ohm} \cdot \text{cm}$  und  $22\,000 \text{ Ohm} \cdot \text{cm}$ . Trotz der relativ guten Werte wurden zusätzlich an 7 Punkten, die aufgrund der gemessenen Widerstände und der Geländeverhältnisse (Grundwasser, Bewuchs, Topographie) als kritisch anzusehen waren, Bodenproben aus Tiefen bis 2,20 m erbohrt und im chemischen Laboratorium ausgewertet. 5 dieser Proben erwiesen sich nach DVGW-Arbeitsblatt GW 9 als stark aggressiv und 2 als aggressiv. Die starke Aggressivität begründete sich hauptsächlich in dem Vorhandensein von Schwefelwasserstoff, in pH-Werten um 5,8, in dem relativ hohen Wassergehalt der einzelnen Proben und den geringen spezifischen Bodenwiderständen von 2 200 bis  $5\,800 \text{ Ohm} \cdot \text{cm}$ , die in der Meßzelle festgestellt wurden. (Anmerkung: Das später während der Aushubarbeiten im Rohrgraben angetroffene Grundwasser wurde ebenfalls zusätzlich noch entnommen und analysiert. Es hat ungefähr  $12^\circ$  Gesamthärte, einen pH-Wert von 6,7 und enthält wenig Chloride und Sulfate; es ist also nicht aggressiv.)

Alle Untersuchungsergebnisse wurden dem WMW schriftlich und mündlich vorgetragen, und er entschied, für die in Frage kommende Leitung mit den Nennweiten DN 300 und DN 350 im Salzbödetal zwischen Damm und Erdhausen TYTON-Druckrohre aus duktilem Gußeisen mit Zementmörtel(ZM)-Umhüllung zu verwenden.



Bild 3: Rohrbündel DN 300

### 3. Transport, Lagerung und Verlegung der Rohre

Mit den Bauarbeiten wurde im Juli 1978 begonnen: 2 Bau-firmen erhielten je ein Los.

Die Rohre DN 300 wurden gebündelt zur Baustelle ange-fahren und längs der Trasse ausgelegt. Ein Bündel um-faßte vier Rohre und wiegt insgesamt 1,7 t.

Zum Schutz der ZM-Umhüllung verwendete man Holz-wollstreifen, die zwischen ZM-Umhüllung und Stahlbän-dern angeordnet waren (Bild 3). Geöffnet wurden die Bündel mit Scheren.

Die Rohre DN 350 wurden einzeln abgeladen und ausge-legt.

Beim Be- und Entladen, beim Transport an der Baustelle sowie bei der Verlegung wurden Gurte benutzt. Die Rohre wurden auf Holzbalken abgelegt. Dabei achtete man darauf, daß die Rohre nicht stoßartig abgesetzt, nicht vom Fahrzeug abgeworfen, nicht geschleift und nicht über längere Strecken gerollt wurden. Beschädigungen hat man sofort ausgebessert, kleine Abschürfungen mit Bitu-men nachgestrichen. Sollte bei rauher Behandlung der Rohre die ZM-Umhüllung beschädigt werden, so kann sie mit dem vom Rohrhersteller mitgelieferten Reparaturset ausgebessert werden.

Um das geringe Gefälle 1 : 500 genau einhalten zu kö-nnen, brachte man vor der Verlegung der Rohre auf der Sohle des Rohrgrabens eine Splittschicht ein, die ein sehr genaues Verlegen gestattete.

Die Verlegung der TYTON-Rohre erfolgte in der üblichen Art und wird hier nicht besonders beschrieben. Erwähnt sei lediglich, daß die Rohre mit dem Baggerlöffel zusam-mengeschoben wurden (Bild 4). Die ZM-Umhüllung und auch die Zementmörtel-Auskleidung der Rohre blieben dabei unbeschädigt. (Anmerkung: Inzwischen sind Verle-gegeräte für Rohre bis DN 400 entwickelt worden. Sie sind für den etwa 3 cm größeren Umfang der ZM-umhüll-ten Rohre ausgelegt.)

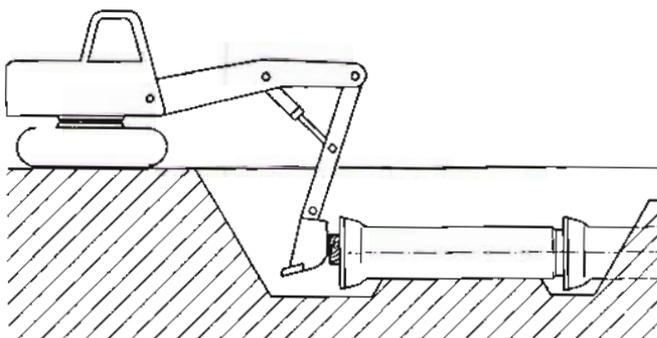


Bild 4: Verlegung der Rohre mit dem Baggerlöffel

Die TYTON-Muffenverbindungen wurden seinerzeit fol-gendermaßen geschützt:

Ein 100 mm breites und 0,25 mm dickes Corothene-Kor-ro-sionsschutzband wurde einmal so um das Einstecken-de gewickelt, daß es die ZM-Umhüllung ca. 80 mm über-lappte und bis zwischen die beiden Markierungsstriche reichte. Der zweite Markierungsstrich war vom Schutz-band voll abgedeckt, der erste noch voll sichtbar (Bild 5). Es mußte beachtet werden, daß mit dem Korrosions-



Bild 5: Umwickeln des Einsteckendes mit einem 100 mm breiten Korrosionsschutzband

schutzband immer genau zwischen den beiden Markie-rungsstrichen anzusetzen war. Ein Stück PE-Schlauchfo-lie, ca. 600 mm lang und doppelt liegend, 800 mm breit, wurde ca. 300 mm über die Muffe gezogen, anschließen-d hinter der Muffe mit Klebeband verklebt und zurückge-schlagen (Bild 6a). Die vorgenannten Arbeiten sind au-ßerhalb des Rohrgrabens ausgeführt worden. Nach dem Absenken des Rohres und dem Herstellen der Ver-bindung mit dem Baggerlöffel wurde der Dichtringsitz mit dem Taster überprüft (Bild 6b). Das Corothene-Kor-ro-sionsschutzband reichte nun bis unter den Zentrierbund der Muffe des vorher verlegten Rohres. Die hinter dieser Muffe verklebte und zurückgeschlagene PE-Schlauchfo-lie wurde sodann vorgezogen und am Einsteckende ver-klebt. Dabei war zu beachten, daß die Folie nicht straff über die Muffenkante gespannt wurde, sondern locker an der Muffenstirn anlag (Bild 6c). (Anmerkung: Inzwischen stehen zum Schutz der Muffenverbindungen spezielle Schutzmanschetten aus Gummi zur Verfügung, die sich einfacher aufbringen lassen und die Muffenverbindungen einwandfrei schützen. Diese können für alle TYTON-Verbindungen, mit Ausnahme der außen angebrachten längskraftschlüssigen Verbindungssysteme, verwendet und vom Rohrhersteller mitgeliefert werden.)



Bild 6: Schutz der TYTON-Muffenverbindung

a) Muffe mit PE-Schlauchfolie und Einsteckende mit Korrosionsschutzband



b) Überprüfen des Dichtringsitzes mit dem Taster

Nach der Verlegung wurden die Rohre ausgerichtet und mit anstehendem Boden angedeckt. Für die mit PE-Schlauchfolie geschützten Muffenverbindungen verwendeten die Verlegefirmen steinfreies Material zum Umhüllen. Danach wurde der Rohrgraben verfüllt. Dies geschah nach den Richtlinien der DIN 19630. Bei einer Rohrverlegung in Verkehrsflächen ist das Merkblatt für das „Verfüllen von Leitungsgräben“ zu beachten.

#### 4. Druckprüfung der Leitung

Die einzelnen Leitungsabschnitte wurden nach DIN 4279, Teil 3, Ziffer 3.3.2 „Sonderverfahren“ mit 15 bzw. 21 bar Überdruck geprüft. Die einzelnen Abschnitte und die anschließend geprüfte Gesamtleitung waren dicht.

Allgemein ist zur Druckprüfung von zementmörtel ausgekleideten Gußrohren mit ZM-Umhüllung noch folgendes auszuführen:

- Wenn eine Rohrleitung bei der Druckprüfung nicht sofort „steht“, ist ebenso zu verfahren wie bei der Verlegung von zementmörtel ausgekleideten Rohren mit bituminösem Überzug [1].
- Sollte einmal eine Verbindung undicht sein (z. B. Schlaufe im Dichtring), so reicht sich das austretende Wasser in dem Hohlraum zwischen Rohr und

Schutzmanschette an und tritt nach einer gewissen Zeit aus. Wird mit elektronisch verstärkten Suchgeräten gearbeitet, so kann nach der in [1] beschriebenen Art vorgegangen werden. Die Schutzmanschette kann — bei Verdacht auf Undichtheit der Verbindung — ohne Schwierigkeiten demontiert werden.

#### Literatur

- [1] Heise, G.  
Erfahrungen bei Druckprüfungen von gußeisernen Wasserleitungen  
fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach,  
Heft 6 (1971), S. 39—42



c) Fertig mit PE-Schlauchfolie geschützte Muffenverbindung

# Rohre aus duktilem Gußeisen für Tansanias futuristische Hauptstadt

Von Heinz Zöller

## 1. Eine Hauptstadt aus der Retorte

TANSANIAS größtes Entwicklungsprojekt ist die neue Landeshauptstadt. Und dieses Projekt steht auf der Prioritätenliste ganz oben. Deshalb betreibt Tansanias Präsident Nyerere sehr entschlossen und trotz vieler Widrigkeiten den Ausbau dieser neuen Metropole. Sie wird rd. 500 km von der heutigen Hauptstadt Dar es Salaam entfernt in der selbst für das afrikanische Umfeld total unterentwickelten Region Dodoma entstehen. Die neue Hauptstadt wird auch Dodoma heißen. Sie zeichnet sich durch ihre günstige Lage ziemlich genau im Zentrum des Landes aus, 6° 10' südlich des Äquators. Dodoma liegt an der Ost-West-Eisenbahn und im Schnittpunkt der Hauptstraßen von Ost nach West sowie von Nord nach Süd (Bild 1) und auf einer Hochebene mit einem vergleichbar angenehmen Klima.

Durch die Hauptstadtverlegung von der Küste in das Landesinnere sollen die ganze Region Dodoma gefördert und Impulse für eine verstärkte wirtschaftliche Entwicklung gegeben werden. Die neue Hauptstadt hat immerhin ein Einzugsgebiet von knapp 300 km Radius. Das entspricht einer Fläche, die größer als die der Bundesrepublik Deutschland ist. In dieser Region leben zweieinhalb

Millionen Menschen. Das ist rd. ein Siebtel der tansanischen Bevölkerung.

Darüber hinaus kann durch die Verlagerung auch die Verwaltung mitten in die ländlichen Gebiete hineingetragen und den Menschen der Zugang zu ihr erleichtert werden.

## 2. So soll Dodoma in Zukunft aussehen

Bis zum Jahr 1985 soll laut Beschluß der Einheitspartei und der Regierung Dodoma fertiggestellt werden. Dann soll auch die Verlegung der Ministerien und der Botschaften von Dar es Salaam dorthin abgeschlossen sein. Bis dahin müssen die dafür erforderlichen Verwaltungsbauten erstellt werden. Über kurz oder lang benötigt die Metropole auch Hotels mit internationalem Standard und neue Straßen. Außerdem soll ein neuer internationaler Flughafen gebaut werden. Das ist dann der dritte in Tansania nach Dar es Salaam und Kilimandscharo.

Für die wachsende Bevölkerung müssen zusätzliche soziale, kommerzielle und kulturelle Gemeinschaftseinrichtungen gebaut werden wie Wohnhäuser, Schulen, Kranken- und Kaufhäuser, Bankgebäude, Sport- und Festhallen, Mülldeponien. Ein- bis zweigeschossige Gebäude werden das Stadtbild in Zukunft bestimmen. Dodoma soll in die Breite und weniger in die Höhe gehen. Und es soll eine Stadt für die Menschen werden: Urbane Dörfer bilden die Grundlage für die Wohn- und Lebensformen, überschaubare Nachbarschaften fördern die Kommunikation und gegenseitige Hilfe. Nach den Prognosen soll die Einwohnerzahl von gegenwärtig etwa 80 000 Menschen jährlich im Durchschnitt um 8 % wachsen. Um die Jahrtausendwende werden dann hier etwa 350 000 Menschen leben. Aber insgesamt sollen es nicht mehr als 1 Million werden. Durch das Pflanzen von Bäumen und Sträuchern will man die Optik und Ökologie verbessern. Landwirtschaftliche Musterprojekte sollen Anstöße geben zur Steigerung der Agrarproduktion, die bisher fast ausschließlich zur Selbstversorgung betrieben wurde. Wie Überraschungen aus einer anderen Welt nehmen sich da Dinge an wie schnurgerade gepflanzte Rebstöcke. Weinanbau ist zwar nicht neu in der Dodoma-Region, man beabsichtigt aber, mit verbesserten Anbaumethoden und anderen Rebsorten die Traubenproduktion um ein Sechs- bis Zehnfaches zu steigern. Darüber hinaus wird auch im Umkreis der neuen Hauptstadt ein dünner Industriegürtel entstehen. Zunächst werden Fabriken errichtet, die Baumaterialien herstellen wie Ziegelsteine, Dachpfannen, Boden- und Wandplatten: Selbstversorgung auch auf der Baustelle.

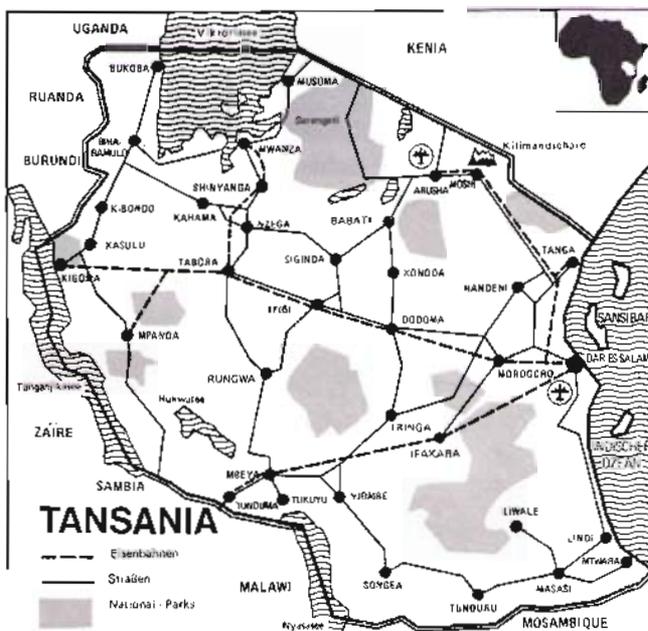


Bild 1: Das Land und seine verkehrswirtschaftliche Infrastruktur

### 3. Verbesserung der wasserwirtschaftlichen Infrastruktur

Schließlich muß auch die Wasserversorgung für Haushalte und Industrie sowie die Abwasserentsorgung wesentlich erweitert werden, d. h. es müssen zusätzlich Trinkwasserleitungen, Pumpstationen, Behälter, Abwasserleitungen und Kläranlagen gebaut werden. Außerdem muß man die Abführung des sintflutartig anfallenden Regenwassers, das heute vielfach durch natürliche Wasserläufe und künstliche Gräben abgeleitet wird, verbessern.

Gegenwärtig beträgt die Kapazität der Anlagen in der Trinkwasserversorgung Dodomas etwa 3 900 m<sup>3</sup>/Tag. Das bedeutet: Jedem Einwohner stehen pro Tag rd. 50 Liter Trinkwasser zur Verfügung — das ist übrigens im Vergleich zur Bundesrepublik Deutschland nur etwa ein Viertel der hier verbrauchten Mengen. Aber die tatsächlich für die Menschen in Dodoma verfügbaren Wassermengen dürften pro Tag wohl noch geringer sein, da beim Transport Verluste auftreten.

Deshalb hat die staatliche Capital Development Authority (CDA) die Project Planning Associates Limited (PPAL) beauftragt, einen Ausbauplan für den Zeitraum von 1980 bis 1983 auszuarbeiten. Nach diesem Plan sind folgende Erweiterungen vorgesehen:

- 38 000 m Trinkwasserleitungen aus duktilen Gußrohren DN 250 bis DN 600 einschließlich Zubehör
- Vier Trinkwasserbehälter mit je 35 000 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen
- Vier Pumpstationen
- 27 000 m Abwasserleitungen mit Schächten
- 16 000 m Hochwasser-Entlastungs-Kanäle.

Durch diese Maßnahmen können in Zukunft

- die Versorgung und Entsorgung der wachsenden Bevölkerung und der sich entwickelnden Industrie wesentlich verbessert,
- zusätzliche Mengen für die Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen bereitgestellt und
- die Gefahr von Bodenerosionen, Überschwemmungen mit all ihren nachteiligen Folgen verringert werden.

### 4. Zur Finanzierung der wasserwirtschaftlichen Investitionen

Die Kosten für diese Infrastrukturmaßnahmen belaufen sich auf rd. 500 bis 600 Mio. Tansania Shilling (T.Sh). Tansania ist nicht in der Lage, ein solch aufwendiges Vorhaben allein zu finanzieren. Dazu bedarf es internationaler Unterstützung. So wird auch hier nur etwa die Hälfte aus eigenen Mitteln finanziert. Die andere Hälfte kommt von der African Development Bank (ADB) in Abidjan, Elfenbeinküste.

### 5. Wirtschaftliche Schwierigkeiten verzögern den Baufortschritt

Seit 1975 wird auf der „Baustelle“ Dodoma gearbeitet. Inzwischen sind schon über 3 500 t duktile Gußrohre in den Nennweiten DN 200 bis DN 600 aus der Bundesrepublik Deutschland geliefert und verlegt worden (Bilder 2 bis 5).



Bild 2: Längs der Trasse ausgelegte duktile Gußrohre



Bild 3: Absenken mit Dreibaum



Bild 4: Verlegung mit Bagger

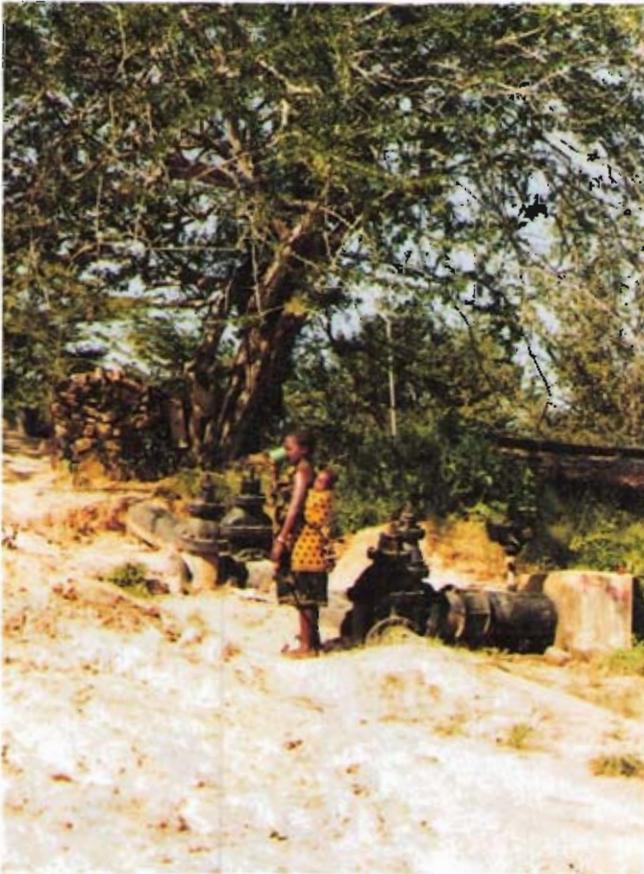


Bild 5: Abzweige mit Armaturen

In den ersten Baujahren bis 1980 waren zahlreiche Verzögerungen und Rückschläge zu verzeichnen. Der Fortschritt wird ganz einfach durch die wirtschaftlichen Pro-

bleme Tansanias verzögert. So übersteigen die Ausgaben von Jahr zu Jahr beharrlich alle Voranschläge. Dann hatte die Schließung der Grenze zu Kenia 1977 Lücken in der Bedarfsdeckung zur Folge. Die durch zahlreichere Importlizenzen erhöhte Einfuhr von Industrieprodukten schwächte die traditionell defizitäre Handelsbilanz weiter. Starke Erlöseinbußen bei dem Hauptexportartikel Kaffee führten zu Einnahmeausfällen. Bei Sisal, einem weiteren wichtigen Ausfuhrgut, ist die Nachfrage auf dem Weltmarkt rückläufig. Das alles half nicht gerade, die Löcher in den Zahlungsbilanzen 1978, 1979 und 1980 zu stopfen.

Durch den Konflikt mit Uganda und die Requirierung aller verfügbaren Lastkraftwagen verschlechterte sich die ohnehin schon unbefriedigende Transportsituation um weiter. Die Baustellen litten unter Zementmangel, während importierte Ausrüstungen nicht aus den Häfen abtransportiert werden konnten. Außerdem haben die hohen Kriegsausgaben den Staatshaushalt 1978/79 besonders stark belastet. Diese Defizite wurden mit Hilfe der Notenpresse gedeckt; damit wurde auch die Inflationsrate erhöht, z. B. in 1979 rd. 20 %. Diese Rate ist in 1980 noch höher, weil stetig steigende Erdölpreise in vollem Umfang an die Verbraucher weitergegeben werden und der nach wie vor hohe Kreditbedarf der Regierung sowie das infolge verringerter Importe knapper werdende Konsumgüterangebot dem Preisniveau weiter erheblichen Auftrieb geben.

#### 6. Ausblick

Die ursprünglich angesetzte Bauzeit von 10 Jahren erweist sich heute schon als unrealistisch. Die tansanische Einheitspartei hat zwar ihr Hauptquartier bereits nach Dodoma verlegt, und der Amtssitz des Ministerpräsidenten befindet sich ebenfalls schon dort, aber noch ähnelt alles mehr einer Provinzstadt als einer Landeshauptstadt.