

FGR (19)

GUSSROHR-TECHNIK



Informationen
für das Gas- und Wasserfach

INHALT

Phosphateliminationsanlage Beelitzhof in Berlin-Wannsee Ltd. Baudirektor Dieter Münch	Seite 4
Die Wasserversorgung der Stadt Kassel aus dem Niestetal Dipl.-Ing. Herbert Gertz	Seite 9
Die Verwendung von Polygonbögen als Trassierungselemente Dipl.-Ing. Karl Conrath	Seite 13
Die Entwicklung der Gußrohr- Verbindungen an Beispielen aus Baden-Württemberg Winfried Müller	Seite 19
Sonderbaumaßnahmen bei der Abwasser-Entsorgung des Zweckverbandes Südliche Ortenau Dipl.-Volkswirt Heinz Zöller	Seite 25
Zementmörtel-Auskleidung von Formstücken aus duktilem Gußeisen Dr. rer. nat. Jochen Weidelt	Seite 29
Verwendung von Rohren und Form- stücken aus duktilem Gußeisen im Kernkraftwerk Philippsburg 2 (KKP 2) Ing. (grad.) Franz Schmax	Seite 31
FGR 33 – Eine Norm für die einheit- liche Kennzeichnung duktiler Gußrohre und Formstücke Dipl.-Ing. Bernd Heiming	Seite 36
Duktile Gußrohre mit Polyethylen- Umhüllung und integriertem Verbind- ungsschutz der Muffenverbindung von DN 100 bis DN 400 Dr.-Ing. Jürgen Rammelsberg	Seite 42

IMPRESSUM

Herausgeber:

Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre
Konrad-Adenauer-Ufer 33
5000 Köln 1
Tel. (0221) 12 50 64

Titelbild:

Nebenkühlwasserleitung in einem Kernkraftwerk
(mit frdl. Genehmigung der Kraftwerk Union A.G.)

Erscheinungsweise:

jährlich

Copyright:

Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre
Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt

Druck:

Schottedruck, Krefeld

März 1984



Informationen für das Gas- und Wasserfach

Im März 1966 haben wir zum ersten Mal unsere Informationen für das Gas- und Wasserfach herausgegeben und über duktile Gußrohre, ihre Eigenschaften, Berechnung und Normung sowie ihren Einsatz in der Gas- und Wasserversorgung berichtet. Die 10. Ausgabe der FGR-Informationen vom Februar 1975 nahmen wir seinerzeit zum Anlaß, unserer Informationsschrift ein den geänderten Sehgewohnheiten angepaßtes „neues Gesicht“ zu geben.

Wieder sind einige Jahre vergangen. Die duktilen Gußrohre sind inzwischen auch für den Einsatz in der Abwasserentsorgung genormt worden. Bisher sind allein in der Bundesrepublik Deutschland ca. 95.000 km Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen für Gas, Wasser und Abwasser verlegt worden. Wir sind der Meinung, daß es erneut an der Zeit ist, unserer Informationsschrift ein „neues Gesicht“ zu geben. So wollen wir, mit dem Heft FGR 19 beginnend, künftig unter dem Motto GUSSROHR-TECHNIK auch weiterhin einmal im Jahr Informationen für das Gas- und Wasserfach bringen. Die gewohnte Thematik erscheint nun in einer neuen Aufmachung, die das Auswählen und Lesen der Berichte leichter und angenehmer machen soll.

Ihnen, unseren Lesern, möchten wir an dieser Stelle für Ihre Treue, allen Autoren und Mitarbeitern für die geleistete Arbeit sehr herzlich danken.

FACHGEMEINSCHAFT GUSSEISERNE
ROHRE, KÖLN

Duktile Gußrohre im Kernkraftwerk

Unter allen denkbaren Umständen haben Kernreaktor-Komponenten funktionsfähig zu bleiben. Z. B. müssen Kühlwasserleitungen sogar Erdbeben unbeschadet überstehen und weiterhin zuverlässig ihren Dienst tun. Es sind daher besondere Qualitätsvorschriften und sicherheitstechnische Bestimmungen zu beachten.

Die speziellen verletechnischen Probleme beim Bau von Block 2 des Kernkraftwerkes Philippsburg wurden durch den Einsatz duktiler Gußrohre gelöst. Seite 31



Polygonbögen als Trassierungselemente

Duktile Gußrohre mit TYTON®-Verbindung bleiben nach der Montage noch abwinkelbar.

Das kann man sich bei der Planung einer Leitung zunutze machen, indem man bei bestimmten Trassierungen weitgehend auf enge und kostenaufwendige Bogen-Formstücke verzichtet und stattdessen aus einer entsprechend großen Anzahl in der Muffe abgewinkelter Rohre einen sog. Polygon-Bogen bildet. Dadurch wird der technische und finanzielle Aufwand deutlich reduziert. Seite 13

Phosphateliminationsanlage in Berlin

Die Grunewald-Seenkette ist nicht nur ein Erholungsgebiet, sondern sie hat auch eine hohe wasserwirtschaftliche Bedeutung. Deshalb sind diese Seen schon seit langem miteinander verbunden und werden mit Havelwasser aufgefüllt.

Die zunehmende Anreicherung des Havelwassers mit Nährsalzen, vor allem mit Phosphaten, verursacht Faulschlamm und

Schlammgase. Dies kann die Trinkwasserqualität der ufernahen Brunnen beeinträchtigen.

Deshalb errichtete man eine Phosphat-Eliminationsanlage, die 30.000 m³ Havelwasser je Tag entphosphatieren kann. Fast 1,6 km duktile Gußrohre unterschiedlicher Dimension zwischen DN 100 und DN 600 wurden im Rahmen dieser Baumaßnahme verlegt. Seite 4



Ein Beitrag für den Umweltschutz

Hoher Grundwasserstand bis zur Erdoberfläche, eine Flußüberquerung, Unterdükerung des Altrheins, Kreuzung zweier Hochwasserdämme – das waren die Schwierigkeiten, mit denen sich die Erbauer einer Abwasser-Auslaufleitung in den Rhein auseinandersetzen mußten.

Solche Schwierigkeiten meistern duktile Gußrohre z. B. durch die Abwinkelbarkeit längskraftschlüssiger Verbindungen nach der Montage, die Festigkeitsreserven bei Druckstößen und die spätere Ausbaufähigkeit auf größere Leistungen.

Die Langlebigkeit der innen und außen geschützten Rohre und ihre zuverlässig dichten Verbindungen sichern die umweltfreundliche Entsorgung. Seite 25



Phosphateliminations- anlage Beelitzhof in Berlin-Wannsee

Von Dieter Münch

Die Grunewaldseenkette

Die Berliner Grunewaldseen liegen in einer während der Eiszeit entstandenen Erosionsrinne. Teile dieser Erosionsrinne sind im Laufe der Zeit verlandet, andere Teile auch aufgeschüttet worden. Mit der Besiedlung der Kolonie Grunewald ausgangs des 19. Jahrhunderts wurden in bereits verlandeten Bereichen durch Ausbaggern wieder offene Wasserflächen geschaffen. So markiert sich die Lage und der Verlauf der nacheiszeitlichen Geländerinne im Stadtbild heute in Form einer Kette von einzelnen Seen. Vom Halensee im Norden bis zum Schlachtensee im Süden sind diese Seen heute – teils durch offene Rinnen, teils durch Rohrleitungen – miteinander verbunden (Bild 1). Es handelt sich hierbei um Seen, die, abgesehen von dem oberirdischen Zufluß aus ihren Einzugsgebieten, fast ausschließlich vom Grundwasser gespeist werden.

Verstärkte Grundwasserentnahmen, insbesondere durch die am Havelufer angelegten Brunnengalerien der Wasserwerke, bewirkten ein Fallen der Grundwasserstände und damit ein Versickern des Wassers der Seen. Das den Grunewaldseen aus ihren Einzugsgebieten zufließende Niederschlagswasser reichte nicht aus, um die Wasserspiegeln dieser Gewässer konstant zu halten. Deshalb war schon im Jahre 1912 den Charlottenburger Wasser- und Industriewerken, einem Vorläufer der

heutigen Berliner Wasserwerke, zur Auflage gemacht worden, Havelwasser aus dem Großen Wannsee in den damals um mehr als 2 m abgesunkenen Schlachtensee zu pumpen.

Der Bau von Pumpanlagen

Als im Jahre 1953 die Berliner Wasserwerke an der Krumpfen Lanke das Wasserwerk Riemesterfern errichteten, wurden sie verpflichtet, auch diesen See mit Havelwasser auf einer konstanten Höhe zu halten.

In der zweiten Hälfte der 60er Jahre fielen auch die – gegenüber dem Schlachtensee und der Krumpfen Lanke – höheren Wasserspiegel des Grunewaldsees, des Hundekehlees und der mit dem Dianasee beginnenden „oberen Grunewaldseen“ ab. Die zeitweilige Einleitung von Grundwasser, das bei Wasserhaltungsmaßnahmen größerer Tiefbauvorhaben im Stadtgebiet gefördert wurde, vermochte diese Wasserverluste nicht nachhaltig auszugleichen. Im Jahre 1971 wurde deshalb vom Senator für Bau- und Wohnungswesen, der damals für das Wasserwesen zuständigen Senatsverwaltung, und den Berliner Wasserwerken in Paulsborn am Grunewaldsee ein Pumpwerk gebaut. Diese Anlage fördert aus dem Schlachtensee über die Krumpfen Lanke und den Ferngraben zulaufendes Wasser in den Grunewaldsee sowie in den Hundekehlesee, der 1965 durch eine Rohrleitung mit der Grunewaldsee verbunden wurde. Ein weiteres neu geschaffenes Pumpwerk am Ufer des Dianasees fördert das letztlich aus dem Großen Wannsee herbeigeschaffte Zuschußwasser weiter in die oberen Grunewaldseen.

Mit dem Bau der beiden Pumpanlagen am Grunewaldsee und am Dianasee und der Herstellung einer Rohrleitung vom Hundekehlegraben zum Hundekehlesee wurden die Voraussetzungen für die Lösung des wasserwirtschaftlichen Problems geschaffen. In Abhängigkeit von den natürlichen Witterungsverhältnissen wurden in den Folgejahren bis zu 6 Mio m³ Havelwasser in die Grunewaldseenkette gefördert.

Wasserwirtschaftliche Probleme

In den letzten Jahren ist das Havelwasser jedoch verstärkt mit Nährsalzen, insbesondere Stickstoffen und Phosphaten, angereichert. Die übermäßige

Bild 1: Die Grunewaldseenkette in Berlin



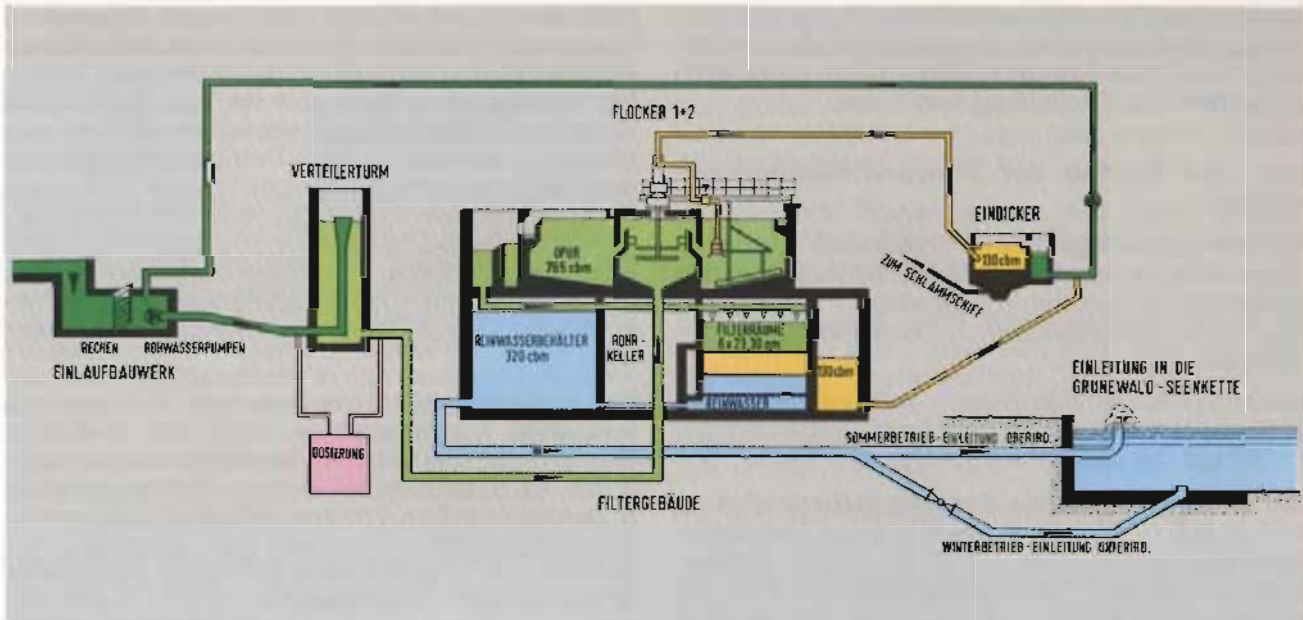


Bild 2: Schema der Phosphateliminationsanlage

Nährstoffzufuhr bewirkt in langsam fließenden oder gar stehenden Gewässern bei einer großen Lichteinwirkung, d.h. bei einer im Verhältnis zur Tiefe großen Wasserfläche und bei optimalen Wassertemperaturen, ein großes Algenwachstum, die sogenannte Wasserblüte. Hierdurch wird der Wert der Grunewaldseen erheblich eingeschränkt. An spätsommerlichen Schlechtwettertagen sterben die Algen ab und sinken zum Seeboden. Für den Abbau der organischen Stoffe der Algen benötigen die im Wasser vorhandenen aeroben Bakterien so viel Sauerstoff, daß es in den Gewässern zu einem Sauerstoffschwund bis zu einer Sauerstoffleere in den tiefen Wasserschichten kommt. Es bilden sich Faulschlamm, Schwefelwasserstoff und andere Schlammgase. Dabei treten nicht nur Geruchsbelästigungen auf, es werden auch die natürliche Bodenfauna und Tierwelt in den tiefen Wasserzonen weitgehend vernichtet.

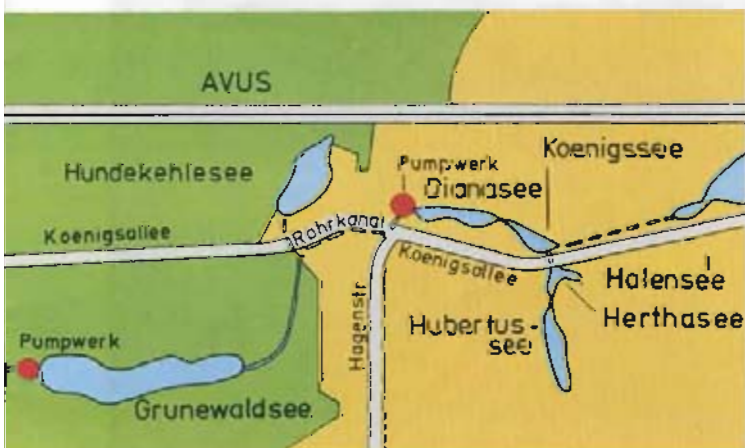
Darüber hinaus kann es infolge der in das Grundwasser gelangenden reduzierenden organischen Stoffe in dem in der Nähe der Seen aus dem Untergrund gewonnenen Trinkwasser zu einem nicht zu beseitigenden üblen Geschmack kommen. Außerdem treten dann Schwierigkeiten bei der Desinfektion auf.

Die Stickstoff- und Phosphorverbindungen der Nährsalzanreicherung im Havelwasser stammen vor allem aus dem häuslichen Abwasser. Sie können in den biologischen Kläranlagen oder auf den Rieselfeldern nur zu einem geringen Teil zurückgehalten werden und erscheinen daher mit dem Ablaufwasser in den Gewässern. Mit der Herstellung und Einführung der phosphathaltigen Waschmittel zu Beginn der 60er Jahre hat sich dieses Problem noch erheblich verschärft.

Die Entwicklung eines Phosphateliminierungsverfahrens

Biologen haben herausgefunden, daß sich die übermäßige Algenentwicklung durch Reduzierung eines für das Wachstum von Pflanzen entscheidenden Nährstoffes begrenzen läßt. Am günstigsten ist es, die Phosphate zu eliminieren.

Für die Begrenzung der Phosphate unter den besonderen Gegebenheiten in Berlin ist im Auftrage der für das Wasser zuständigen Senatsverwaltung vom Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes unter Mitwirkung der Berliner Wasserwerke und der Berliner Entwässerungswerke ein Eliminierungsverfahren entwickelt worden. Zur Erprobung des Verfahrens wurden in den Jahren 1973/74 und 1976 zwei Großversuchsanlagen errichtet, in denen verschiedene Verfahren unter den tatsächlichen Bedingungen geprüft wurden. Für die Berliner Verhältnisse erwies sich dabei ein zweistufiges Verfahren als das günstigste. In der ersten Stufe wird nach Zugabe von Flockungsmitteln eine Entphosphatung durch Behälterflockung durchgeführt. In der zweiten Stufe wird eine weitere Herabsetzung des Phosphatgehaltes durch Filterung der Abläufe des Sedimentationsbeckens vorgenommen. Bei diesem Verfahren gelingt es, den im Wannseewasser im Mittel vorhandenen Phosphatgehalt von 1,8 mg/l Wasser bis unter den für die Grunewaldseen notwendigen Schwellenwert von 0,03 mg/l PO_4 herabzusetzen.



Auch zeitweilig auftretende höhere Phosphatfrachten von etwa 3 mg/l PO_4 lassen sich bei diesem Verfahren auf eine Massenkonzentration unter dem erforderlichen Höchstwert begrenzen.

Bau und Betrieb der Phosphateliminationsanlage

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse wurde im Jahre 1978 mit dem Bau der Entphosphatungsanlage für das vom Großen Wannensee in die Grunewaldseenkette überzupumpende Havelwasser begonnen (Bild 2).

Die eigentlichen Bauarbeiten wurden im Herbst 1981 abgeschlossen. Anschließend wurde der Probetrieb der Anlage aufgenommen.

Die Anlage ist für eine Entphosphatungsleistung von 30.000 m^3 Wasser je Tag ausgelegt. Das Havelwasser wird mit einer rd. 35 m in den Großen Wannensee vorgestreckten Rohrleitung DN 1000 entnommen. Die am Beginn mit einem Grobrechen versehene und mit ihrem Scheitel rd. $0,65 \text{ m}$ unter dem mittleren Niedrigwasserspiegel des Großen Wannsees liegende Leitung ist zum Schutz gegen Beschädigungen unter einer Steganlage angeordnet.

Die Steganlage dient gleichzeitig auch als Anlegestelle für Behälterschiffe, mit denen der aus der Flockung anfallende Schlamm zum Klärwerk abtransportiert werden kann.

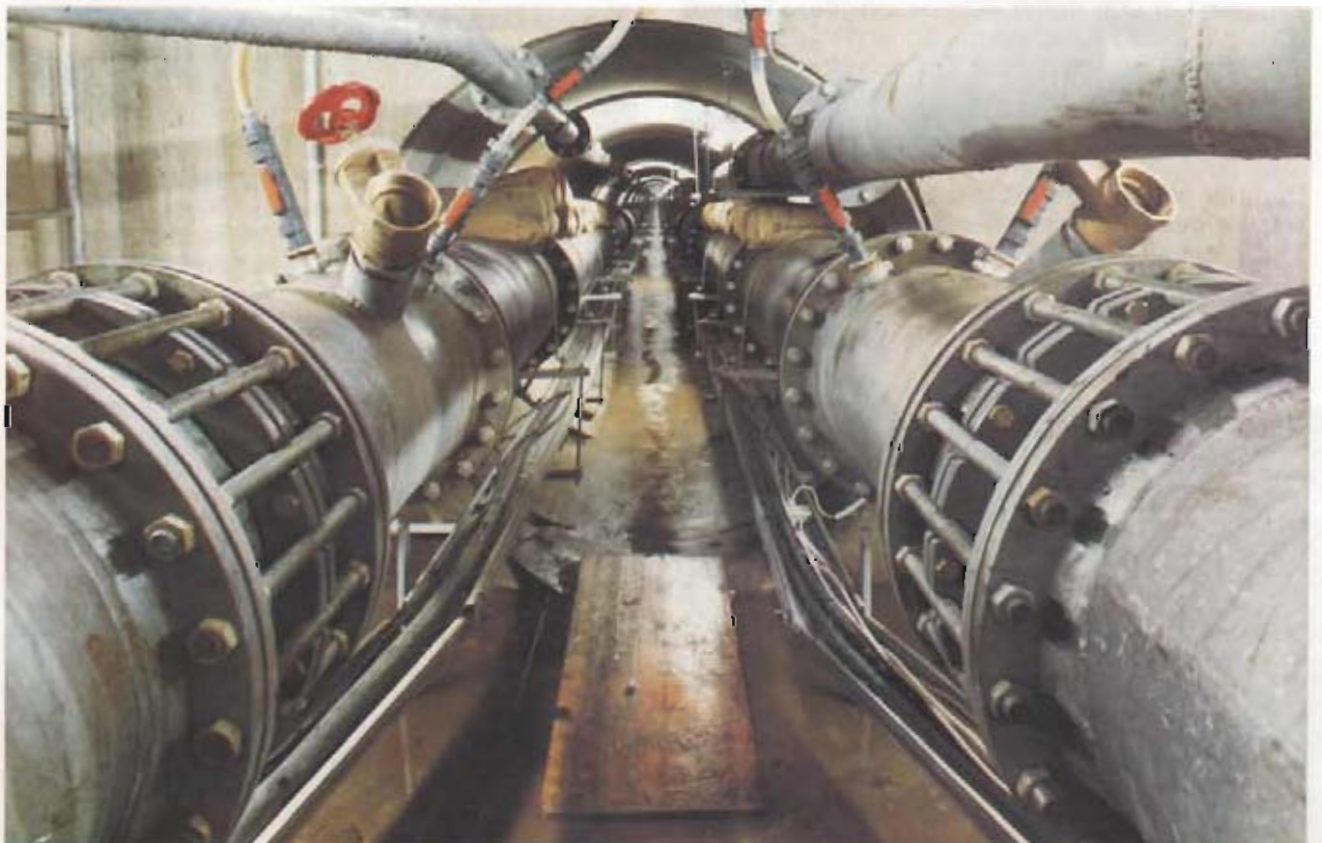
Aus städtebaulichen Gründen ließ sich die eigentliche Entphosphatungsanlage nicht unmittelbar am Ufer des Großen Wannsees errichten. In der Nähe des Seeufers konnte lediglich ein kleineres Pum-

penhaus gebaut werden. Von diesem Seewasserpumpwerk bis zu dem Spül- bzw. dem Reinwasserbehälter ist die Entphosphatungsanlage zur besseren Steuerung in zwei gleichartige, hydraulisch voneinander unabhängige Verfahrensanlagen aufgespalten worden. In dem Pumpengebäude sind eine automatische Feinrechenanlage und zwei Pumpen mit einer Leistung von je $625 \text{ m}^3/\text{h}$ untergebracht, die das Seewasser über zwei Druckrohrleitungen DN 500 aus duktilem Gußeisen zu dem der eigentlichen Entphosphatungsanlage vorgeschalteten Misch- und Verteilungsturm fördern (Bild 3).

Die Leitungstrasse zwischen dem Pumpenhaus und dem Verteilungsturm wird von mehreren Druckrohren des danebenliegenden Wasserwerks sowie einer stärker befahrenen Straße gekreuzt. Außerdem sind im Trassenverlauf erhaltenswerte Gehölzbestände vorhanden. Die Leitungen wurden deshalb in einem etwa 9 m unter Gelände im Schildvortrieb vorgepreßten Kanal aus Liner-Plates mit einem Durchmesser von $2,30 \text{ m}$ verlegt. Zur Auskleidung wurden in den vorgepreßten Kanal Betonrohre DN 2000 eingeschoben und der Raum zwischen den Liner-Plates und den Betonrohren mit Dämmen verfüllt.

Vor Eintritt in den 9 m über Gelände herausragenden Verteilungsturm wird in das Seewasser Flockungsmittel injiziert. Die kolloidalen Stoffe des Seewassers werden hierdurch entstabilisiert. Es bilden sich dadurch in der turbulenzarmen stetigen Strömung im Rohr Mikrofloken. Über jeweils zwei Leitungen DN 400 läuft das Rohwasser im freien Gefälle der ersten Entphosphatungsstufe, dem Reaktions- und Sedimentationsbecken (Opur) zu.

Bild 3: Rohrtunnel mit Druckwasserleitungen und Dosierstutzen



Da sich die Mikrofloccen nur schwer aus dem Wasser abscheiden, wird dem Rohwasser kurz vor dem Opur als Flockungshilfsmittel eine Polyelektrolytlösung zugegeben. Als Folge davon ballen sich die Mikrofloccen zu großen, absetzbaren Makrofloccen zusammen.

Das Rohwasser strömt von unten in den rd. 79 m³ großen Reaktionsbehälter ein. Über das Rührwerk des Turbomischers wird dem Rohwasser die für einen optimalen Flockungsprozeß erforderliche Energie eingetragen. Zur Verbesserung der Sedimentation wird außerdem Kontaktschlamm aus der Sedimentationszone in den Reaktionsraum zurückgepumpt. Aus dem Reaktionsbehälter tritt das Wasser in das Sedimentationsbecken, ein Rundbecken von 16 m Ø und 4,6 m Höhe, über. Hier setzen sich die Floccen ab und werden von den langsam umlaufenden Räumern gesammelt (Bild 4).

Der Überschussschlamm wird mit einer Pumpe in den 210 m³ großen Eindicker zur weiteren Sedimentation befördert.

Das teilentphosphatete Wasser läuft dann über die Überfallkante am äußeren Rand des Absetzbeckens in die Zuteilkammern der unter den Opuren liegenden Mehrschichtfilter; diese bilden die zweite Entphosphatungsstufe.

Jedem Floccer sind drei Filter von je 23,3 m² Fläche zugeordnet. Es handelt sich um Betondruckfilter, die über einer Stützschiicht mit zwei Filterschichten (Quarkies von 0,7 bis 1,2 mm und Bimskies von 2,0 bis 3,0 mm) ausgerüstet sind und als Überstaufilter betrieben werden. Die Filter haben eine Leistung von 8,9 bis 10,7 m³/h. Nach Durchlaufen der Filter hat das Wasser max. einen Restgehalt an Phosphat

von 0,03 mg/l. Die Filterlaufzeit liegt in der Phosphateliminationsanlage Beelitzhof in der augenblicklichen Einfahrphase bei etwa 12 bis 24 Stunden. Sollten die Filter durch eine Massenentwicklung von Bakterien verkeimt sein, werden sie bei der Rückspülung gechlort.

Das gefilterte Wasser wird in den 160 m³ großen Spülwasserbehälter bzw. den Reinwasserbehälter von 300 m³ Inhalt geleitet.

Von hier aus wird es mit zwei Kreiselpumpen mit einer Leistung von jeweils 625 m³/h über die zwei vorhandenen Druckleitungen DN 600 und DN 500 dem Schlachtensee zugeführt. In der Anlage sind fast 1,6 km gußeiserne Druckrohre DN 100 bis DN 600 verlegt worden.

Bis auf das Seewasserpumpenhaus, den Verteilungsturm und den Eindicker sind alle Verfahrensanlagen in dem Hauptbaukörper untergebracht. Dieser ist 5 m unter Gelände gegründet worden und weist einen umbauten Raum von 3.700 m³ auf. Auf dem Hauptbaukörper sind die beiden Opuren angeordnet. Unter diesen liegen die Mehrschichtfilter, die Behälter für das Reinwasser und das Spülwasser, der Rohrkeller mit den Pumpen und Dosieranlagen sowie die Silos und Lager für die Fällmittel.

Zur Straßenseite entstand als Anbau, die verfahrenstechnischen Bauteile weitgehend verdeckend, das unterkellerte eingeschossige Betriebsgebäude. Dort sind neben der Schaltwarte, einem Labor, den Aufenthalts- und Sozialräumen für das Bedienungspersonal auch die Trafostation und die Chloranlage untergebracht.

Bild 4: Reaktionsbehälter und Sedimentationsbecken



Aufgrund der langjährigen, noch in die Zeit des Baubeginns hineinreichenden Voruntersuchungen hat sich für die Phosphatfällung und die Entstabilisierung von Trübstoffen bei den Berliner Verhältnissen mit den hohen wechselnden Phosphat- und Trübstoffgehalten die Verfahrenstechnik Rohrflokkung mit anschließender Sedimentation und Mehrschichtfiltration als günstigste Methode erwiesen. Als Flockungsmittel werden wässrige Lösungen mit Salzen des Aluminiums oder des dreiwertigen Eisens verwandt. Die Zugabe an Eisen zum Phosphat entspricht normalerweise dem molaren Verhältnis Fe/P von 1,9 : 1. Beim Havelwasser wird der Zusatz von Flockungsmitteln im wesentlichen jedoch von den Trübstoffen und nicht von den Phosphaten bestimmt, so daß sich ein molares Verhältnis von Fe/P von 5 : 1 bis 10 : 1 ergibt.

Über induktive Durchflußmesser wird die mengenproportionale Dosierung der Flockungs- und Flockungshilfsmittel vorgenommen. Die optimale Einstellung erfolgt dabei über ein vom Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes erprobtes und im Labor der Anlage eingesetztes Flockungstestgerät.

Bei der Entphosphatung fallen je m³ Havelwasser im Durchschnitt rd. 45 g Trockensubstanz an. Der in den Eindicker auf etwa 4 % sedimentierte Schlamm wird zum Klärwerk transportiert und dort dem Schmutzwasser zugegeben. Weil seine Phosphataufnahmefähigkeit erst zu 70 % ausgenutzt ist, bewirkt er noch eine Abnahme des Phosphatgehal-

tes des im Klärwerk zu behandelnden Schmutzwassers.

Da bisher noch keine Erfahrungen mit dem Betrieb einer solchen Entphosphatungsanlage vorliegen, wird die Anlage zur Zeit noch von einer Schaltwarte halbautomatisch gesteuert. In der Schaltwarte ist auf einem Wandtableau der Verfahrensablauf bildlich dargestellt. Auf diesem Tableau sind auch alle Meßinstrumente ablesbar angebracht. Zu einem späteren Zeitpunkt ist geplant, die Anlage vollautomatisch zu fahren.

Anmerkungen

Die Gesamtkosten der Anlage betragen 17,5 Mio DM.

Die Entphosphatungsanlage wurde im Auftrage der Abteilung Wasserwesen des Senators für Stadtentwicklung und Umweltschutz erbaut. Den Entwurf stellte das Ingenieurbüro Helmuth Marks, Berlin, auf. Die Hochbauten planten die Berliner Wasserwerke. Die Bauarbeiten führte die Arbeitsgemeinschaft Phosphateliminationsanlage Beelitzhof der Firmen Wayss & Freytag, Niederlassung Berlin, und Gottlieb Tesch GmbH, Berlin, aus.

Die verfahrenstechnischen Anlagen wurden von der Firma Gebr. Sulzer GmbH, Wasser- und Abwassertechnik, 6308 Butzbach, erstellt.

Die Fotos wurden von der Firma Beger & Tschink GmbH, Berlin, angefertigt.

Die Wasserversorgung der Stadt Kassel aus dem Niestetal

Von Herbert Gertz

Historisches

Die Ereignisse, die letztlich zur Erschließung von Quellwasser im Niestetal geführt haben, können kaum besser geschildert werden, als dies in der Druckschrift „Die Wasserversorgung der Residenzstadt Cassel“ 1913 von Günther [1] geschehen ist (Zitat):

„Die Druselwasserleitung soll im Jahre 1335 erbaut sein. Sie bestand aus einem offenen Graben, dem Druselgraben, welcher unterhalb des Dorfes Wahlershausen von dem Druselbache abgezweigt war. In vielen Windungen zog er sich am Fuße des Tanzenküppels und des Kratzenberges nach der Stadt hin und trieb im jetzigen Königstor eine Mühle; hinter dieser sammelte sich das Wasser in einem Teiche und floß von da anfangs offen in den Rinnsteinen (Druseln) der Stadt zu. Später wurde es in hölzerne, irdene und gegen Ende des 18. Jahrhunderts in eiserne Rohre gefaßt.

Außer der Druselwasserleitung bestanden noch zwei weitere Wasserleitungen, die ebenso wie die erstere noch bis zum Jahre 1907 einige öffentliche Brunnen speisten.

Für die Wasserversorgung der Stadt selbst hatten diese beiden Leitungen nur untergeordnete Bedeutung, da sie nicht in städtischem Besitz waren, und nur geringe Wassermengen führten. So versah die Druselwasserleitung Jahrhunderte hindurch neben öffentlichen und im Privatbesitz befindlichen Brunnen fast ausschließlich die Stadt mit Wasser.

Der immer fühlbarer werdende Wassermangel führte zu Brunnenbohrungen in der Stadt, die aber erfolglos blieben. Die Wasserverhältnisse wurden mit dem Anwachsen der Stadt um die Mitte des vorigen Jahrhunderts immer ungünstiger. Vielfach wurde nicht nur über Wassermangel, sondern auch über grobe Verunreinigungen des Wassers geklagt, bis im Jahre 1866 die Regierung den Zuständen ihre Aufmerksamkeit schenkte und die bestehenden Brunnen und die Druselwasserleitung einer Untersuchung unterwarf. Hierbei trat die schlechte Beschaffenheit des Wassers in allen Fällen offen zutage.

Inzwischen war man in der städtischen Verwaltung zu der Überzeugung gekommen, daß nur durch die Erbauung einer größeren Quellwasserleitung dem allgemeinen Bedürfnis nach gutem Wasser abgeholfen werden könne.

Um weitere Entwürfe für eine zweckentsprechende Wasserleitung zu erhalten, wurde dann im Jahre 1867 ein Konkurrenzausschreiben erlassen, welches ebenfalls meist Vorschläge zur Gewinnung und Herbeileitung von Quellwasser aus dem Habichtswalde brachte. Vereinzelt tauchte dabei aber auch der Gedanke einer Versorgung aus dem Niestetale auf.

Nachdem man sich durch Quellenmessungen davon überzeugt hatte, daß im Niestetale Wasser in genügender Menge vorhanden sein müsse, ging man sogleich dazu über, durch Ankauf verschiedener Grundstücke sich die Hauptquellen zu sichern.

Das Projekt für die Ausführung der Wasserleitung aus dem Niestetale wurde mehrfach bearbeitet und begutachtet.

Im Juni 1872 war die Anlage soweit fertiggestellt, daß die Stadt mit Wasser aus dem Niestetale versorgt werden konnte.

Mit der Inbetriebnahme der Niestewasserleitung war dem dringenden Bedürfnis nach gutem Wasser, das schon so lange bestanden hatte, endlich abgeholfen.“

200.000 Kubikfuß Wasser, das sind etwa 6.200 m³, wurden und werden z. T. noch heute mittels dieser gußeisernen Leitung von 13 Zoll Durchmesser (330 mm) und 17.500 m Länge nach Kassel abgeleitet; siehe Bild 1 und Bild 2.

Zum Zeitpunkt ihres Baues stellte diese Leitung insbesondere im Hinblick auf die recht schwierigen Geländeverhältnisse eine Ingenieurleistung hohen Grades dar. Obwohl entsprechend den Drücken schon damals Rohre mit unterschiedlichen Wanddicken eingesetzt wurden, scheint das Vertrauen in den Werkstoff „Gußeisen“ noch nicht sehr groß gewesen zu sein. Der Schweizer Ingenieur Bürkli-Ziegler gab 1868 in seinem Gutachten [2] zu bedenken, daß (Zitat)

„..... am Fuldaufer ein Druck von circa 400' oder

Bild 1: Lageplan der Stadt Kassel und Umgebung



12 Atmosphären herrschen würde, während die Röhren bloß auf 15 Atmosphären berechnet sind, also einen ungemein kleinen Überschuß an Festigkeit gewähren würden."

Als Alternative schlug er bei geänderter Trassenführung streckenweise gemauerte Kanäle als Freispiegelleitung vor, um den Druck abzubauen. Es mag das Beispiel der Stadt Frankfurt am Main gewesen sein, die damals beschlossen hatte, Quellwasser aus dem Vogelsberg abzuleiten, sich für eine Wasserleitung aus gußeisernen Röhren zu entscheiden.

Die zur gleichen Zeit gebaute Wassergewinnungsanlage „Nieste“ hat eine Gesamtlänge von rund 7,5 km. Die Durchmesser der Hauptsammelleitung schwanken zwischen 125 und 625 mm. Entsprechend den Erfordernissen einer Freispiegelleitung erfolgt der Dimensionswechsel un stetig. Die Fassungsanlage besteht aus 25 Sammelschächten und 58 Quell- und Dränleitungen, die teils in die Schächte oder aber auch direkt in die Hauptsammelleitung münden. 20 Sammelschächte sind mit Überläufen versehen.

Wasserwirtschaftliches

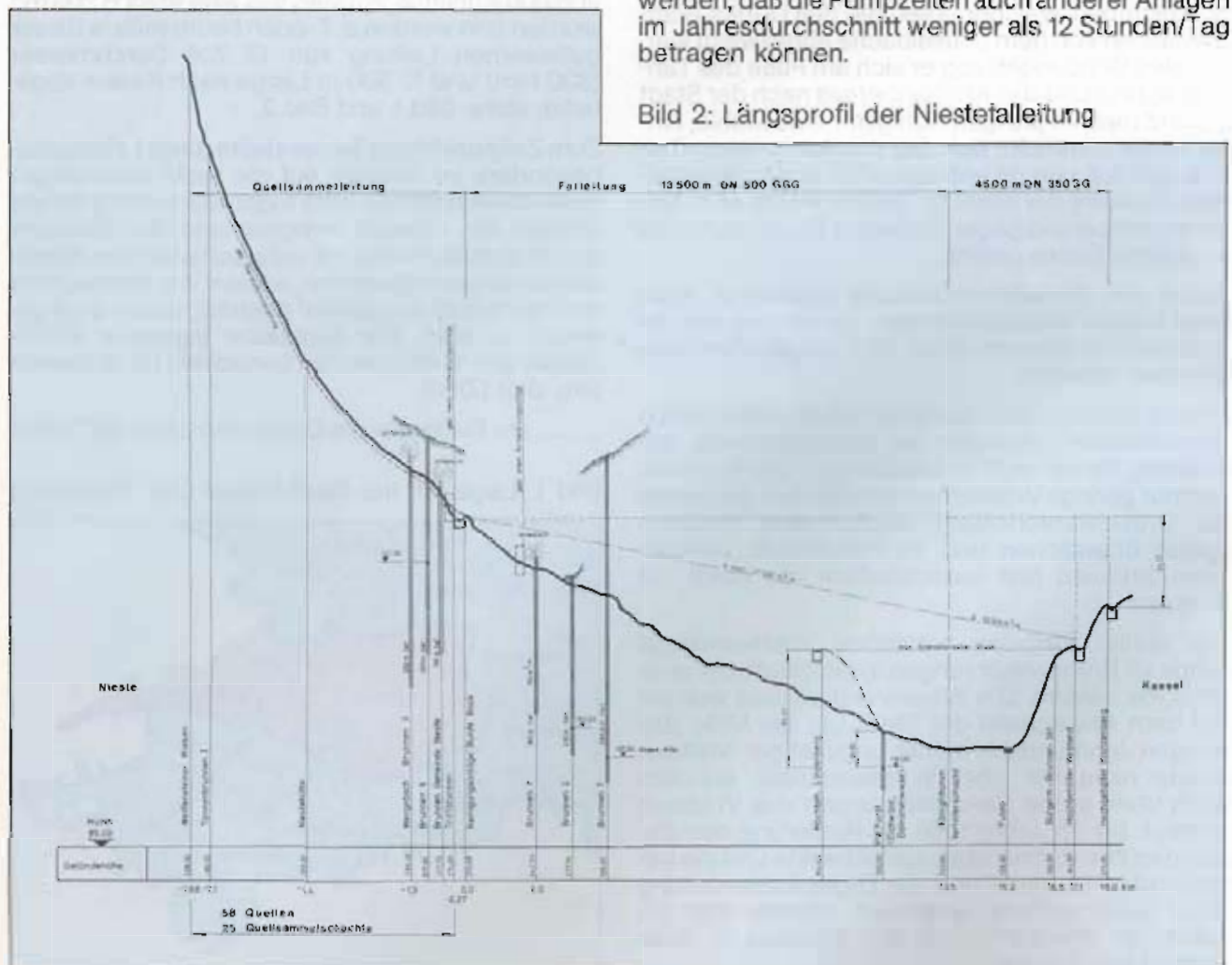
Die Quellen schütten witterungsabhängig recht unterschiedlich. Bei regelmäßigen Messungen seit 1950 wurden Quellschüttungen zwischen 3.800 m³/Tag und ca. 55.000 m³/Tag ermittelt, von denen

durch die alte Falleitung nur bis zu 6.200 m³/Tag abgeleitet werden können. Der Überschuß fließt durch die genannten Überläufe in den Bach, der zu Zeiten starker Quellschüttungen ohnehin schon sehr viel Wasser führt. Die Auswertung der Schüttungskurven ergab, daß es möglich ist, über längere Zeiträume hinweg bis zu 20.000 oder gar 30.000 m³/Tag abzuleiten.

Damit soll erreicht werden, daß die stadtnahen Gewinnungsanlagen „Forst“ und „Domänenwiese“ des Wasserwerkes Bettenhausen geschont werden können, um im Sommer, wenn das Quellwasser nicht in erforderlichen Mengen zur Verfügung steht, mit voller Leistung zur Spitzendeckung verfügbar zu sein. Durch die ständige Überlastung dieser Werke in den 70er Jahren war der Grundwasserspiegel hier soweit abgesunken, daß die Pumpen nicht mehr tiefer gehängt und nur noch gedrosselt gefahren werden konnten. Weil im Untergrund weitreichende hydraulisch wirksame geologische Störungen vorhanden sind, an denen aus tieferen Schichten konzentrierte Salzwässer aufsteigen können, nimmt der Salzgehalt einiger besonders disponierter Brunnen durch die Überlastung ständig zu. Es ist zu befürchten, daß die Aufsalzung irreversibel ist. Ein totaler Salzeinbruch würde die Stilllegung zumindest einzelner Brunnen erfordern.

Als Folge dieser Erkenntnisse muß die Gesamtkapazität der Gewinnungsanlagen soweit erhöht werden, daß die Pumpzeiten auch anderer Anlagen im Jahresdurchschnitt weniger als 12 Stunden/Tag betragen können.

Bild 2: Längsprofil der Niestefalleitung



Es war deshalb unumgänglich, die Voraussetzungen für die Nutzung des Überlaufwassers zu schaffen und darüber hinaus das unsichere Dargebot der Quellen durch den Bau von fünf inzwischen fertiggestellten, bis zu 380 m tiefen Brunnen in diesem Tal zu einem sicheren Dargebot zu machen.

Mit der Oberen Wasserbehörde wurde ein zunächst auf ein Jahr befristeter Versuchsbetrieb vereinbart. Dabei soll gleichzeitig versucht werden, die dem Einzugsgebiet des Baches entsprechende Wasserführung von 33 l/s im Bedarfsfall durch Quellüberlauf zu stützen und für diesen Fall die Tiefbrunnen für die Versorgung der Stadt zu betreiben. Hierzu wurde an der Quellsammelleitung ein Wasserzugabeschacht und im Bach eine Venturimeßstrecke gebaut. Durch Fernübertragung wird die Wasserführung in die Schaltwarte gemeldet und die Wasserzugabe bei Bedarf gesteuert; siehe Bild 3.

Bauliches

Zur Erkennung der Abhängigkeiten und Gesetzmäßigkeiten zwischen Niederschlag, Grundwasserstand, Bachwasserführung und Wasserführung der Hauptsammelleitung sind im Bereich „Oberes Niestetal“ 16 Grundwassermeßstellen bis zu einer Tiefe von 12 m eingerichtet worden.

Neben diesen flachen Meßpegeln wurde ein Netz von neun Meßbrunnen abgeteuft, das der Beobachtung des möglicherweise durch den Betrieb der Tiefbrunnen beeinflussten tiefergelegenen Grundwasserstockwerkes dienen soll.

Neben den ca. 115 Jahre alten, jetzt durch die Tiefbrunnen erweiterten Gewinnungsanlagen, stellt die „Niestewasserleitung“ den zweiten Kernpunkt des gesamten Komplexes dar. Wegen zunehmender Rohrschadenshäufigkeit und der je nach Art des Schadens zumeist sehr nachhaltigen Betriebsstörungen wurde die Leitung seit 1975 in Abschnitten ersetzt. Die letzten 2.600 m im Innenstadtbereich sind zur Zeit im Bau. Die Notwendigkeit des Neubaus gab überhaupt erst die Möglichkeit, durch

einen größeren Rohrdurchmesser die Voraussetzungen für die Erweiterung der Wassergewinnungsanlagen zu schaffen.

Nach elektronischer Rohrnetzberechnung wurde eine Falleitung DN 500 aus duktilen Gußrohren mit Zementmörtel-Auskleidung gewählt. Maßgebend für die Entscheidung war nicht nur die Möglichkeit, dadurch mehr Wasser nach Kassel ableiten zu können, sondern auch, dieses ohne zusätzlichen Energieaufwand an andere Hochbehälter weitergeben zu können bzw. mit geringem Energieaufwand über eine Pumpstation höhergelegene Versorgungsgebiete ausreichend sicher versorgen zu können; siehe Bild 4 und Bild 5.

Die Trassierung der Leitung mußte, abgesehen von den Gebieten mit inzwischen entstandenen Wohnsiedlungen, unter Ausnutzung der dinglichen Sicherung in Grundstücken für die alte Leitung in deren nächster Nähe erfolgen.

Umfangreiche Bodenuntersuchungen durch Mes-

Bild 3: Venturigerinne im Niestebach



Bild 4: Trassenverlauf der Falleitung DN 500 aus duktilen Gußrohren





Bild 5: Verlegung duktiler Gußrohre DN 500 für die Niestefalleitung

sung des spezifischen Bodenwiderstandes und Bestimmung korrosionsrelevanter Werte wie Wassergehalt, Acidität, Alkalität, Sulfide, Sulfate, Chloride und andere ergaben bei den stark wechselnden Bodenarten Beurteilungen zwischen schwach aggressiv und stark aggressiv. Um dem

Bild 4 auf Seite 11 wurde veröffentlicht mit Genehmigung des Hessischen Landesvermessungsamtes. Kartengrundlage: TK 50, Ausschnitte der Blätter L 4722 und L 4724. Vervielfältigungsnummer 83-1-232.

wechselnden Aggressivitätsprofil des Bodens zu begegnen, wurde entschieden, die Leitung auf ihrer ganzen Länge mit einer Packung nicht aggressiven Füllsandes zu umgeben. Hierzu war nur das Material ganz bestimmter Sandgruben zugelassen. Dabei stützte man sich auf die jahrelangen Erfahrungen in dem aggressiv wirkenden Röt (oberer Buntsandstein), der in und um Kassel überwiegend die obere Bodenschicht bildet.

Bei Untersuchungen an den schon einige Jahre liegenden Teilstücken konnten keine Korrosionserscheinungen festgestellt werden.

Schrifttum

- [1] Günther und Kraus
Die Wasserversorgung der Residenzstadt Kassel (1913)
- [2] Bürkli-Ziegler
Gutachten über das für die Versorgung der Stadt Kassel mit dem Wasser der Niestequellen aufgestellte Projekt (1868)
- [3] Grahn
Die Städtische Wasserversorgung im Deutschen Reich
Band I (1898), S. 331 ff.
- [4] Wolfskehl, Hugelmann, Gertz
Probleme der Wasserversorgung der Stadt Kassel
GWF (1971), Heft 8
- [5] Gertz
Die Wasserversorgung der Stadt Kassel
„Der Städtetag“ (1981), Heft 10

Die Verwendung von Polygonbögen als Trassierungselemente

Von Karl Conrath

$DN \leq 300$	$\gamma = 5^\circ$ (Altgrad)
$300 < DN \leq 400$	$\gamma = 4^\circ$
$400 < DN \leq 1200$	$\gamma = 3^\circ$

Die Angleichung des tatsächlichen Knickwinkels der Trasse oder/und der Gradienten an die vorgegebenen Bögen führt, wie Bild 1 schematisch zeigt,

- zu einem Abweichen der Leitungssachse nach außen, wenn der tatsächliche Winkel kleiner ist als der des Formstücks, und
- zu einem Verschieben der Achse nach innen bei umgekehrten Verhältnissen.

Da es sich zumeist um geringe Werte handelt, wird das hingenommen.

Bei der Planung der ca. 18,6 km langen Talsperrenleitung¹⁾ DN 1000 von der Talsperre Nonnweiler (Saarland) bis zur Einmündungsstelle in die Blies bei Gronig war von vorneherein abzusehen, daß die Lieferung von Bogen-Formstücken insbesondere bei während der Baumaßnahme nötig werdenden Trassenänderungen ein zeitliches Kriterium für die Durchführung der Arbeiten werden konnte. Es war also in der Planung eine Leitungsführung anzustreben, die die Anzahl der erforderlichen Bögen auf das äußerste Minimum beschränkte. Vorhandene Bauwerksfundamente und Grundstücksgrenzen z.B. machten es unmöglich, ganz auf sie zu verzichten.

Das nachfolgend beschriebene Verfahren wurde der Aufgabenstellung gerecht.

1. Aufgabenstellung

Bei der Planung von Rohrleitungen mit Muffenverbindungen geht man üblicherweise sowohl im Grundriß bei der Trassenfestlegung wie auch im Aufriß bei der Wahl der Leitungsgradienten von geraden Linienzügen aus, die an den Knickpunkten durch geeignete Bogen-Formstücke miteinander verbunden werden.

Die Normen DIN 28626 bis DIN 28629 sehen für duktile Gußrohrleitungen im Nennweiten-Bereich von DN 80 bis DN 1200 Doppelmuffenbogen mit folgenden Gradstellungen vor: $11\frac{1}{4}^\circ$, $22\frac{1}{2}^\circ$, 30° und 45° . Gemäß DIN 28625 ist im Bereich von DN 80 bis DN 300 auch ein Doppelmuffenbogen 90° (MMQ-Stück) lieferbar.

Da die tatsächlich bei der Planung sich ergebenden Knickwinkel von der Topographie abhängen und nur selten den vorgegebenen vier Werten 11° , 22° , 30° und 45° entsprechen, müssen die entsprechenden Winkelunterschiede beim Verlegen der Rohre durch Abwinkelungen in den Muffen ausgeglichen werden. Dies wird möglich, weil die mit einem elastischen Dichtring ausgestattete TYTON-Muffe nach der Montage noch abwinkelbar bleibt. Die nach beiden Seiten mögliche Abwinkelung beträgt bei

2. Geometrische Verhältnisse

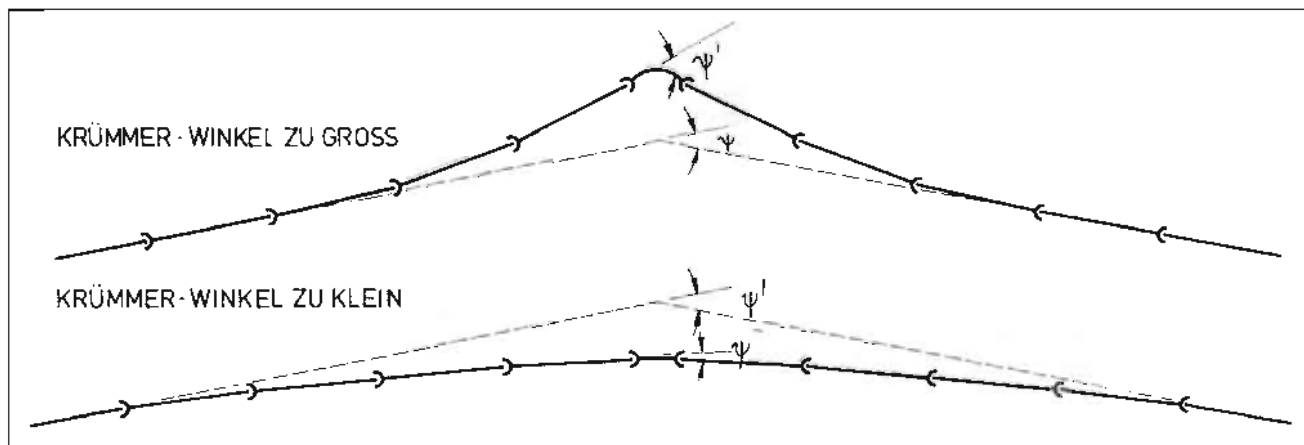
Soll ein Achsknickwinkel ψ durch ein Polygon aus gleich langen Seiten (Einzelrohrlänge) und gleichen Knickwinkeln (Muffenverschwenkung) ersetzt werden, so ist bei Vorgabe von ψ

- die effektive Rohrlänge L und
- der als Maximalwert anzunehmende Muffenknickwinkel β

vorzugeben; siehe Bild 2.

¹⁾ Die der Kühlwasserversorgung des Kraftwerks Bexbach und der Niedrigwasserauffüllung der Blies dienende Leitung wurde im Auftrag des Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Bauwesen in Saarbrücken 1982/83 errichtet.

Bild 1: Trassenabweichung beim Anpassen an vorgegebene Bogen-Formstücke



Die Rohrlänge ist herstellungsbedingt. Je nach Durchmesser und Lieferwerk beträgt sie 6 m, 7 m oder 8 m. Je kürzer die einzelnen Rohre sind, desto kürzer wird das Polygon, hier mit „Polygonbogen“ bezeichnet.

Für Sonderfälle ist es denkbar, gekürzte Rohre zu verwenden. Sie ermöglichen relativ enge Polygonbögen. In der Regel sind jedoch Rohrkürzungen auf weniger als die Hälfte der Lieferlänge nicht ohne Nachkalibrieren in TYTON-Muffen verwendbar.

Bei der Wahl des Maximalwertes für den zulässigen Muffenknickwinkel β sollte man nicht mehr als $\frac{2}{3}$ des werkseitig vorgegebenen Wertes für die größtmögliche Muffenabwinkelung zulassen, damit ein Anliegen der Einsteckenden an Muffengrund oder -flanke vermieden wird. Man würde sonst den großen Vorteil der Flexibilität der Leitung im eingedeckten Zustand aufgeben. Für die Tal-sperrenleitung wurde max. $\beta = 2^\circ$ zugelassen.

Aus den drei vorgegebenen Werten

- Achsknickwinkel ψ (Altgrad)
- Einzelrohrlänge L (m) und
- max. Muffenknickwinkel β_{max} (Altgrad)

läßt sich ein Polygonbogen ermitteln und zwischen die Achsgeraden einpassen.

3. Ermittlung der Absteckwerte

- Aus dem Achsknickwinkel ψ und dem zul. Muffenknickwinkel β_{max} wird die Anzahl der Rohre (n) ermittelt:

$$n \geq \frac{\psi}{\beta_{max}} - 1 \quad (n \text{ ganzzahlig})$$

- aus der Anzahl der Rohre der tatsächliche Einzelknickwinkel

$$\beta^0 = \frac{\psi^0}{n + 1} \quad \text{und}$$

- der Winkel zwischen Polygon-Seite und Umkreis-Radius

$$\alpha^0 = \frac{180 - 3^0}{2}$$

sowie der

- Umkreisradius

$$R_u = \frac{L}{2 \cdot \cos \alpha}$$

Legt man ein rechtwinkliges Koordinatensystem so, daß seine X-Achse mit der Sehne des Polygonbogens zusammenfällt und sein 0-Punkt mit dem Anfangspunkt der Sehne, so sind die Koordinaten der Knickpunkte leicht zu berechnen, wenn man die Polygonseiten als Vektoren betrachtet.

Außer den auf die Polygonbogen-Sehne bezogenen Knickpunkt-Koordinaten erhält man (siehe Bild 2):

- die Sehnenlänge s (m),
- die „Tangentenlänge“ T (m),
- die Scheitelhöhe H (m) und
- die Trassenverschiebung Δ (m)

auf der Winkelhalbierenden gemessen.

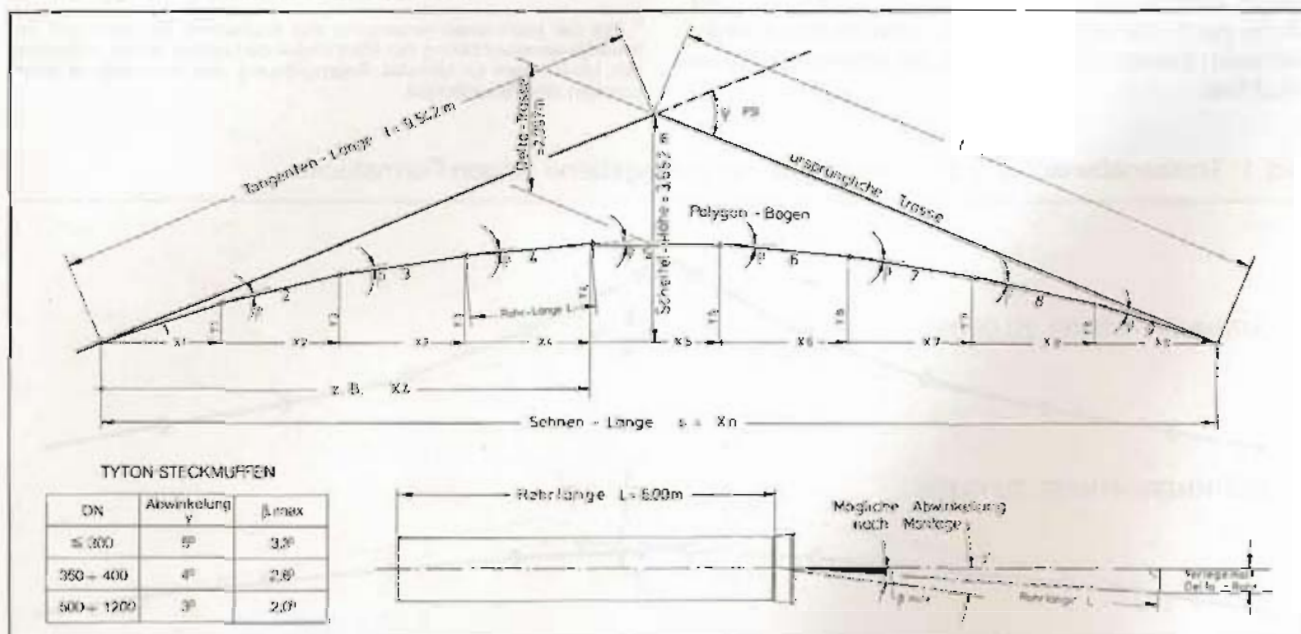
Mit diesen Werten läßt sich der Polygonbogen sowohl in der Zeichnung darstellen (siehe Bild 3) wie auch in der Örtlichkeit abstecken. Die Rohrverlegung wird erleichtert, wenn man die Verschwenkung eines Einzelrohres $\Delta = L \cdot \sin \beta$ in den Plänen angibt.

Für den Taschenrechner Hewlett-Packard HP 41C liegt ein Programm vor, das alle benötigten Werte nach Dialogeingabe ermittelt und mit erläuterndem Text ausdrückt.

4. Statische Berechnung der Rohrlagerung

Durch die Abwinkelung der Muffen um den Winkel

Bild 2: Polygonbogen-Absteckwerte



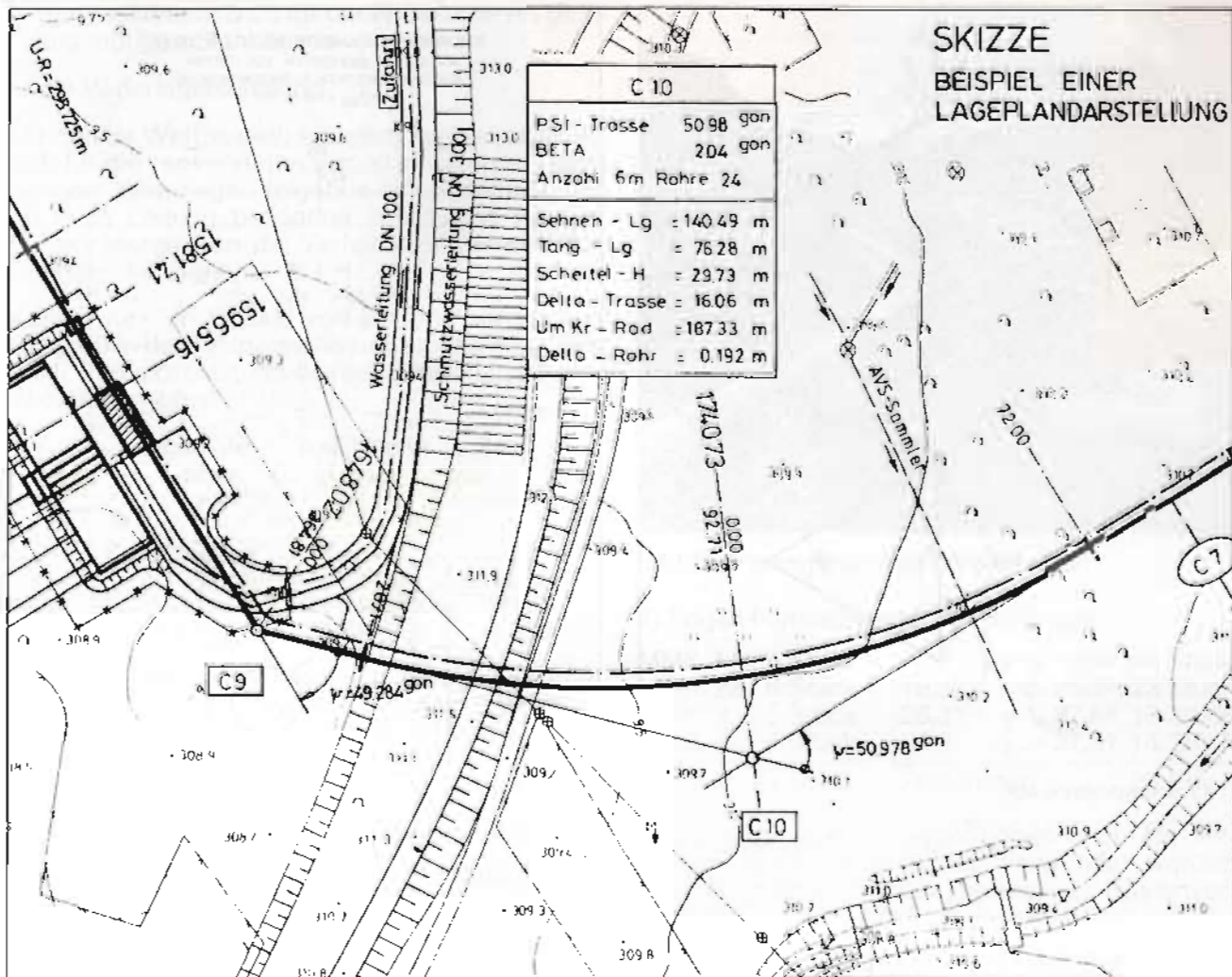


Bild 3: Lageplan-Kennzeichnung

β entsteht in jedem Knickpunkt des Polygonbogens eine nach außen gerichtete Einzelkraft in der Winkelhalbierenden. Ihre senkrecht zur Rohrachse wirkende Komponente wird als äußere Kraft betrachtet. An beiden Rohrenden wirken diese Kräfte als Einzellasten in der Polygonbogenebene. Sie erzeugen eine annähernd über die Einzelrohrlänge gleichmäßig verteilte Erddruck-Reaktion, die als horizontale Bodenpressung nachzuweisen ist. Im Querschnitt ist ihre Verteilung parabelförmig mit der größten Ordinate in der Rohrachse; siehe Bild 4.

Die größte Belastung entsteht bei der Dichtigkeitsprüfung der Leitung, die im Falle der Talsperrenleitung mit 25 bar erfolgte.

- Achsialkraft P_1 ; P_2 ;
(Rohraußendurchmesser ist maßgebend;
 $d_a = 1048 \text{ mm}$)

$$P = \frac{\pi \cdot d_a^2}{4} \cdot 25 = 215651 \text{ kp}$$

- Einzellasten senkrecht zur Rohrachse am Rohrende $\beta_{\max} = 20^\circ$

$$A_R = A_L = P \cdot \tan \frac{\beta}{2} = 3764 \text{ kp}$$

- Daraus ergibt sich ohne Berücksichtigung des

Reibungswiderstandes im Boden eine max. Bodenpressung von

$$\sigma_{\max} = \frac{2 \cdot 3764}{600 \cdot 104,8} \cdot 1,5 = 0,18 \text{ kp/cm}^2$$

Die durchgeführten Verdichtungsprüfungen bei der Talsperrenleitung an der eingebauten Sandverfüllung des Rohrgrabens haben gezeigt, daß dieser Wert weit unter der zulässigen Grenze von

$$\sigma_{zul} = 0,50 \text{ kp/cm}^2 \text{ liegt.}$$

Die tatsächlichen Spannungen liegen bei Berücksichtigung der Rohrauflast, der Wasserfüllung und des Rohreigengewichtes wesentlich tiefer. Auch wenn die maximale Muffenbeweglichkeit voll ausgenutzt würde, beträgt die größte Bodenpressung in horizontaler Richtung nur

$$\sigma_{\max} = 0,27 \text{ kp/cm}^2$$

5. Wirtschaftlichkeitsvergleich

Die nachfolgende Kostenberechnung vergleicht die Kosten für Lieferung und Verlegung von geraden Rohren DN 1000, Klasse K8, mit den Kosten, die bei Verwendung von Bogen-Formstücken entstehen. Alle Werte werden auf 1,0 lfd m der fertigen Länge der Rohrleitung bezogen.

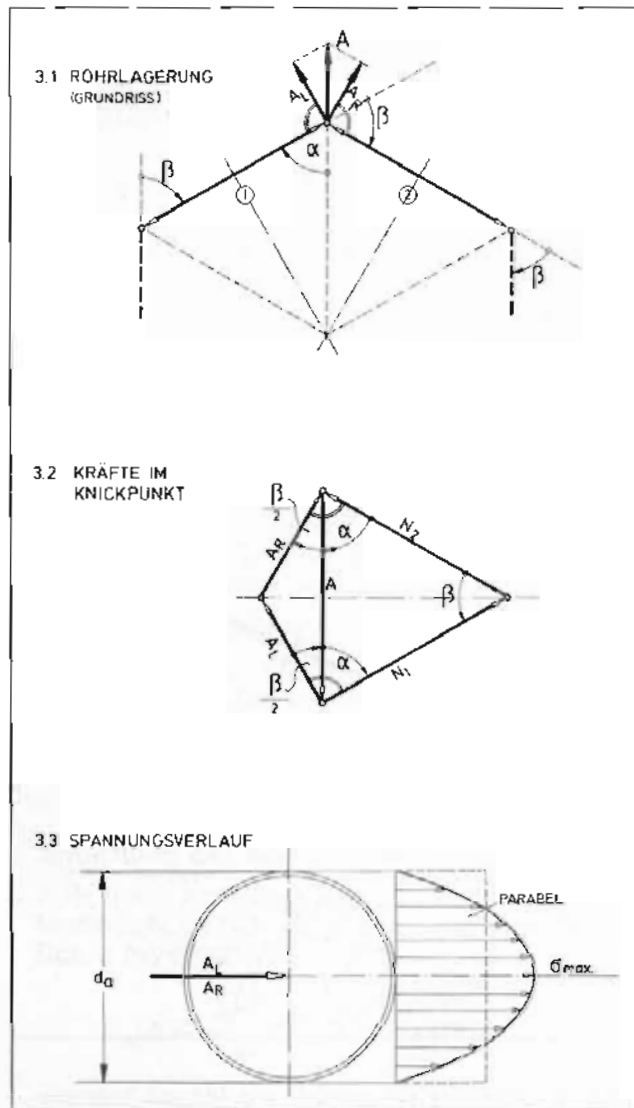


Bild 4: Horizontale Bodenpressung

Die Kosten für Grabenarbeiten und Sandummantelung, Mutterboden und Wasserhaltung sowie Nebenarbeiten können bei dem Vergleich außer Ansatz bleiben, da sie für gerade Rohre und Bögen jeweils auf 1,0 lfdm fertiger Rohrleitung bezogen als etwa gleich anzusetzen sind.

Die bei den Bögen entstehenden Kosten beinhalten:

Tabelle zu Bild 5

	b	f	H	BK	HK	zus. Aus- hub	Stahlbet- ton B 25	Beton- stahl III K	Rauh- schalung
	cm	cm	cm	cm	cm	m ³	m ³	kg	m ²
11°	15	60	119	266	311	12,57	9,35	561	10,91
22°	25	90	171	400	417	34,03	21,81	1309	17,36
30°	32	110	198	472	470	51,25	31,28	1877	21,21
45°	46,5	153	239	590	533	85,54	49,80	2988	26,99

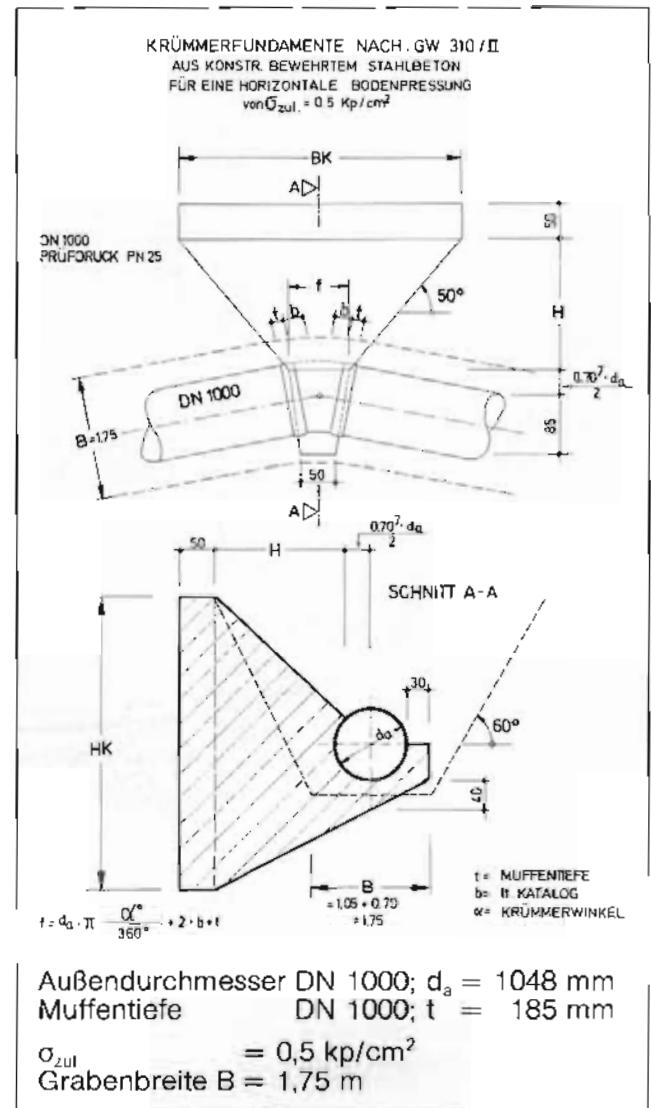


Bild 5: Bogen-Widerlager nach DVGW-Merkblatt GW 310/II

- das Liefern bis zu einem Baustellensammellager,
- das Abladen,
- den Längstransport und die Verteilung sowie
- das Verlegen der Bogen-Formstücke und
- den zusätzlichen Aushub für die Widerlager unter Abzug der für den geraden Rohrgraben erforderlichen Mengen,

- den Stahlbeton B 25 für die Widerlager mit dem zugehörigen Stahl sowie
- die Widerlagerschalung.

Mit den im Wettbewerb erzielten Preisen ergeben sich für die verwendeten Bögen einschl. der zugehörigen Widerlager folgende absolute und auf 1,0 lfdm Leitung bezogene spezifische Kosten. Daraus lassen sich die Verhältnisse zur geraden Rohrstrecke ermitteln.

Kosten für den Einsatz von Bogen-Formstücken DN 1000 in der Talsperrenleitung Nonnweiler-Blies unter Berücksichtigung der erforderlichen Bogen-Widerlager (ohne MWST).

	Absolute Kosten DM	Spezifische Kosten DM/m	Relation zur geraden Rohrstrecke
MMK 11	8835,55	29451,82	69,00
MMK 22	13903,53	27807,06	65,15
MMK 30	17436,57	27244,65	63,83
MMK 45	24905,11	26779,69	61,79

Für die erforderlichen Bogen-Widerlager sind die Abmessungen aus DVGW-Merkblatt GW 310/II (September 1973) für DN 1000, PN 25 und $\sigma_{zul} = 0,5$ kp/cm² entnommen.

Bei der Berechnung der Aushubmassen sind die auf den geraden Rohrgraben entfallenden Massen für die Grabensohlbreite von $B = 1,75$ und die Grabenwandneigung von $\beta = 60^\circ$ (DIN 4124) in Abzug gebracht. Als Bewehrungsanteil für die konstruktive Bewehrung der Bogen-Widerlager sind 60 kg/m³ angesetzt worden.

Widerlager-Abmessungen und Materialmengen siehe Bild 5 und zugehörige Tabelle.

6. Zusammenfassung

Beim Bau einer 18,6 km langen Druckleitung aus duktilen Gußrohren mit Zementmörtel-Auskleidung DN 1000, K8 (PN 20) wurde die Anzahl der verwendeten Bogen-Formstücke dadurch auf ein Minimum begrenzt, daß man etwa $\frac{2}{3}$ der möglichen Abwinkelbarkeit in den Muffen der TYTON-Rohre planmäßig für die Trassierung mit Polygonbögen benutzt hat (Bild 6).

Die mit gleichmäßiger Abwinkelung verlegten Rohre wurden wie in den geraden Leitungsstrecken im abgebochten Graben eingebaut und mit Sand ummantelt. Die Sandschüttung wurde auf der gesamten Strecke einer Verdichtungsprüfung unterzogen. Gefordert waren im LV 100% der einfachen Proktordichte.

Der relativ hohe Rechenaufwand für die Ermittlung der Absteckwerte der Polygonbögen wurde mit einem Taschenrechnerprogramm (HP 41 C) erledigt.

Bei der beschriebenen Maßnahme wurden in der Leitung, die vier Ortslagen kreuzt und eine Reihe von Zwangspunkten zu berücksichtigen hatte, folgende Trassierungselemente verwendet:



Bild 6: Trassierung mit Polygonbögen

a) Bogen-Formstücke		b) Polygonbögen	
MMK 11	5 Stück	$\psi \leq 16,9^\circ$	42 Stück
MMK 22	6 Stück	$16,9^\circ < \psi \leq 26,3^\circ$	23 Stück
MMK 30	5 Stück	$26,3^\circ < \psi \leq 37,5^\circ$	10 Stück
MMK 45	5 Stück	$\psi > 37,5^\circ$	14 Stück
Zus.	21 Stück	Zusammen	89 Stück

Wenn anstelle der Polygonbögen auch die entsprechenden Bogen hätten verwendet werden müssen, wären mit den Preisen des Kostenvergleichs folgende Mehrkosten entstanden:

42 x 8835,55 =	371 093 DM
23 x 13903,53 =	319 781 DM
10 x 17436,57 =	174 366 DM
14 x 24905,11 =	348 672 DM
zusammen	= 1 213 912 DM
14 % MWST	= 169 948 DM
	= 1 383 859 DM

Das sind 3,3% der mit rund 42,5 Millionen DM erwarteten Gesamtbaukosten.

Da die Kostenermittlung von einer zulässigen waagerechten Bodenpressung von $\sigma_{zul} = 0,5$ kp/cm² ausgeht, bei der Baumaßnahme jedoch an vielen Stellen nach Überprüfung durch den Bodenmechaniker nur kleinere Werte zugelassen wurden, hätten die Widerlager oft größer sein müssen. Die tatsächlich erfolgte Einsparung war also höher.

Die verwendete Trassierungsmethode hat gegenüber dem klassischen Planungsverfahren mit Bogen-Formstücken folgende **Vorteile**:

- Es wurden erhebliche Kosten eingespart. Die Verwendung von Bogen-Formstücken ist, bezogen auf 1,0 lfdm Leitungslänge, unter Berücksichtigung der benötigten Bogen-Widerlager im vorliegenden Fall 62 bis 69 mal teurer als Polygonbögen, die keinen höheren Aufwand als gerade Strecken erfordern.
- Die Rohre können fortlaufend verlegt werden ohne das sonst notwendige Anpassen an den

vorgegebenen Bogen-Stationen. Dadurch werden Rohrschnitte und in Sonderfällen auch U- Stücke eingespart.

- Die Terminabhängigkeit von den Liefermöglichkeiten der Bogen-Formstücke entfällt. Dies ist besonders dann wichtig, wenn während der Baumaßnahme z.B. durch Anliegereinsprüche Trassenänderungen erforderlich werden.
- Die Bauzeit ist kürzer, da die aufwendigen Bogen-Widerlager entfallen.
- Die hydraulischen Verhältnisse werden günstiger bei langen Bögen als bei engen Bögen.

Als **Nachteile** stehen gegenüber:

- Das Verfahren ist nur dort anzuwenden, wo genügend Platz zur Verfügung steht. In der Regel wird dies bei Feldstrecken der Fall sein. Bei Innerortsleitungen ergeben sich nur bedingte Einsatzmöglichkeiten.

- Die Absteckarbeiten sind etwas schwieriger als bei Bogen-Formstücken.
- Die Planung ist bei manueller Berechnung der Absteckwerte zeitaufwendiger.
- Die Grabenverfüllung wird planmäßig statisch belastet. Es sollte nur nichtbindiges steinfreies Material verwendet und sorgfältig verdichtet werden.

Die wesentlichen finanziellen Vorteile überwiegen die Nachteile bei weitem. Vergleichsrechnungen mit kleineren Nennweiten zeigen, daß auch dort erhebliche Baukosten eingespart werden können. Alleine die Materialkosten bei Bögen, bezogen auf die fertige Leitungslänge, liegen bei DN 200 bis DN 500 zehn- bis zwanzigmal höher als bei geraden Rohren.

Der Polygonbogen als Trassierungselement sollte immer eingesetzt werden, wo es möglich ist.

Die Entwicklung der Gußrohr-Verbindungen an Beispielen aus Baden-Württemberg

Von Winfried Müller

1. Vorbemerkung

Bei alten Gußrohren wird meist an Dillenburg gedacht, denn hier sind diese Rohre schon 1455 nachgewiesen. Bei deren Form dürften Tonrohre Pate gestanden haben, ebenso bei der Dichtung der Muffen (Bild 1). Gemäß den Resten in Rohren im Museum Dillenburg scheint in die konischen Muffen ein Kitt eingebracht worden zu sein; es gab dafür zahlreiche Rezepte [1, 2]. Die Trasse dieser Rohrleitung ist zwar nicht genau bekannt, doch dürften die mit natürlichem Gefälle verlegten Rohre nur wenig Druck zu halten gehabt haben; die gewählte Verbindungstechnik war ausreichend.

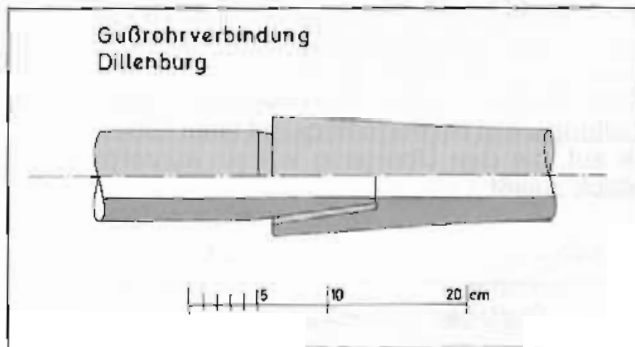


Bild 1

Möglicherweise wurden Gußrohre zur gleichen Zeit oder auch etwas früher in Augsburg verwendet [3]. Solche historischen Stücke befinden sich nicht in der Sammlung der VEDEWA (Kommunale Vereinigung für Wasser- und Abfallwirtschaft r.V.) in Stuttgart, doch läßt sich an einigen Exemplaren die Entwicklung der Gußrohre und vor allem ihrer Verbindungen während der letzten 200 Jahre nachempfinden. Die meisten Stücke sind Baggerfunde, teilweise Scherben nicht mehr bekannter Leitungen, noch vor dem Weg in den Schrott gerettet. Im folgenden soll darüber, geordnet nach der Verbindungstechnik, berichtet werden.

2. Flanschverbindungen

Die ältesten Gußrohre in Baden-Württemberg (so weit dem Verfasser bekannt) führten zum Schloß Hohenheim bei Stuttgart. Sie wurden 1772 in

Königsbronn gegossen und sind etwa 1,8 m lang (6 württ. Schuh?). Ihre lichte Weite beträgt 50 bis 52 mm, die Wanddicke schwankt zwischen 9 und 18 mm (Bild 2 und Bild 3). Bei der gewählten Trasse ergaben sich Bereiche höheren Druckes; nur hier wurden sie verwendet. Für die Strecken mit geringerem Druck wurden Holzrohre gewählt, die aber später gegen Bleirohre ausgetauscht wurden. 1865 bestand dann die ganze Leitung aus Gußeisen.

Die Verbindung dürfte von Versailles und den Veröffentlichungen Leupolds [1] beeinflusst worden sein. Die unbearbeiteten gußeisernen Flansche haben Vierkantlöcher. Die aus Vierkantmaterial herausgeschmiedeten Schrauben sind im Schaft so bemessen, daß bei der Montage nicht gegengehalten zu werden brauchte. Die Muttern sind nicht austauschbar. Da die Schrauben in Graphit getaucht worden waren, konnten sie nach über 200 Jahren noch gelöst werden.

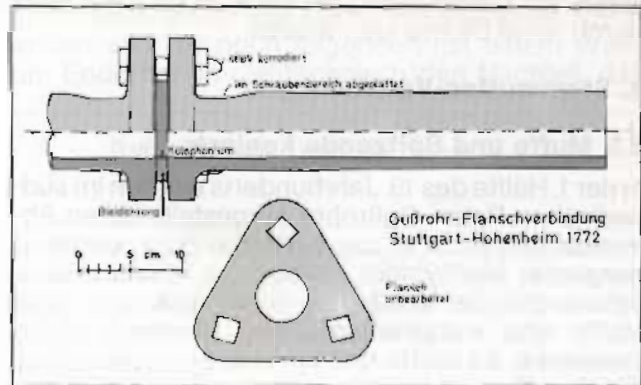
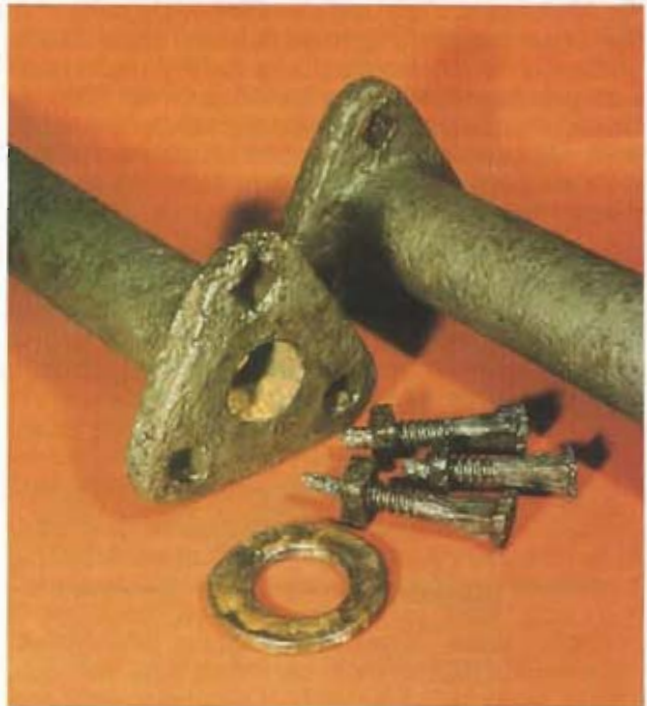


Bild 2

Als Dichtung der Flanschverbindung wurde ein etwa 10 mm starker Bleiring eingelegt, der alle Unebenheiten im Guß ausglich. Wurde er keilförmig bearbeitet, konnte die Leitung leicht verzogen, die Richtung etwas korrigiert werden. Die Rohre wurden zur Zeit des Herzogs Carl Eugen verlegt; er Bild 3



hatte vor Bleirohren gewarnt. Bei der Demontage der Flanschverbindung wurde daher die Dichtung genau kontrolliert; sie war gegen das Wasser abgedeckt, vermutlich nach einem Kittrezept nach Leupold: „Mastix, Weyrauch, Calphonien (Koloophonium; Anmerkung des Verfassers), klein geschnittene Baumwolle“.

Weitere Rohrleitungen mit Flanschverbindungen sind dem Verfasser in Baden-Württemberg nicht bekannt. Für die nach 1860 häufiger verwendeten Formstücke mit Flanschen wurden auch Bleidichtungen verwendet (z.B. in Rottweil, Vaihingen/Enz, Herbolzheim). Sie waren etwa 3 mm dick und hatten seitlich 2 Streifen, die das Einlegen und Zentrieren erleichterten; der schützende Kitt fehlte aber. Etwa 1860 wurden in Staufen/Breisgau Bleidichtungen mit beidseitiger Papieraufgabe eingebaut. Etwa um 1875 gab es (z.B. in Weil der Stadt und Langenburg) auch gelbliche Dichtungen aus Naturkautschuk mit Gewebeeinlage; sie wurden nach 1945 durch neue Dichtungen ersetzt.

3. Stemmuffen-Verbindungen

3.1. Muffe und Spitzende konisch

In der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden im südbadischen Raum Gußrohre hergestellt, deren Abmessungen nicht in das badische oder württembergische Maßsystem passen (es könnten aber österreichische Werkszoll sein). Spitzende und Muffe sind wandverstärkt und passen konisch ineinander. Es dürfte sich um eine Entwicklung der fürstlich-fürstenbergischen Gießerei in Immendingen handeln. Dort dürften auch die ältesten Rohre dieser Art verlegt worden sein; nach Angaben besteht in einem Ortsteil noch eine Leitung aus Meter(?)rohren. Als chronologisch nächste sind die in Immendingen geborgenen Rohre zu erwähnen (Bild 4 und Bild 5). Die 2,2 m langen Rohre haben eine lichte Weite von 77 bis 78 mm und eine Wanddicke von 6 bis 8 mm. Zur Dichtung wurden 3 mm dicke Bleistreifen in 2 Lagen eingelegt, das Rohr in die Muffe gestoßen und das Blei nachgestemmt. Bei dieser Verbindungstechnik treten in der Muffe große Kräfte auf. So nimmt es nicht Wunder, daß eine geborgene Muffe einen Riß aufweist (Bild 5). Da Blei innerhalb des Risses ist, muß der Schaden beim Verlegen entstanden und durch Nachstemmen ausgeglichen worden sein, denn es ist kein Wasser ausgetreten.

Die bei dieser Leitung gewonnene Erfahrung führte zu einer Verbesserung bei Rohren für Waldkirch.

Bild 4

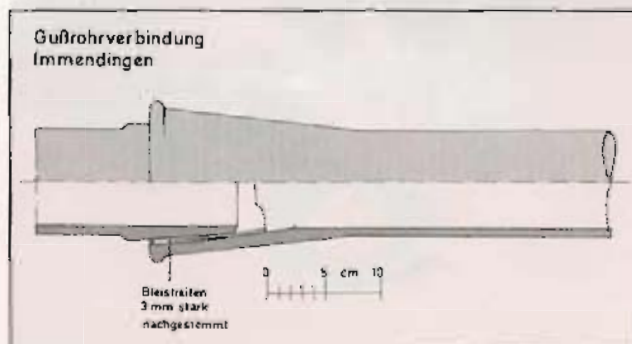
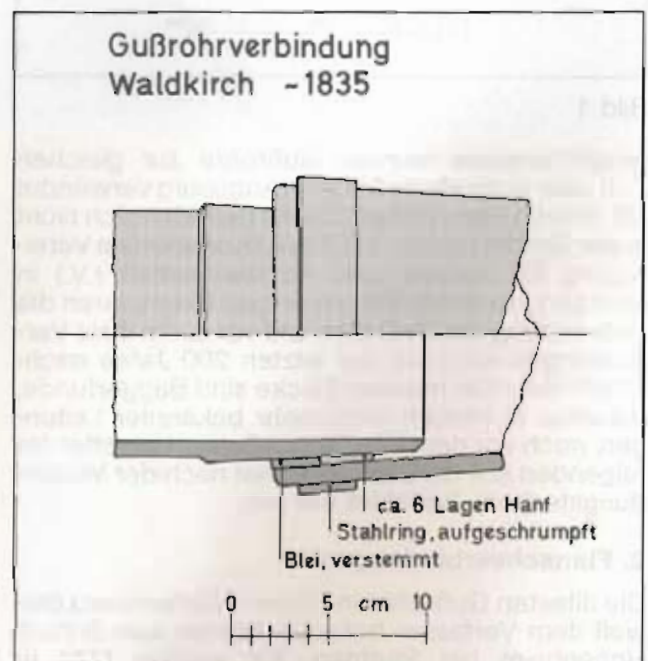


Bild 5

Hier wurde ein Muffenstück geborgen (lichte Weite 106 bis 109 mm), das statt des Verstärkungswulstes auf der Muffe einen aufgeschrumpften Stahlring hat (Bild 6). Die Art der Dichtung wurde auch verändert; in den sehr schmalen Spalt von ca. 4 mm wurden zunächst 6 Lagen Hanfstrick eingelegt (erstmalig?), dann wurde Blei nachgestemmt. Die erste öffentliche Wasserversorgung erfolgte in Waldkirch 1834, so daß ein Alter von ca. 150 Jahren für die Rohre angenommen werden darf.

Diese Art der Abdichtung scheint sich bewährt zu haben, denn bei den 1840 bis 1843 in Freiburg verlegten Rohren der Mösle-Leitung fehlen sowohl Verstärkungswulst als auch Stahlring. Trotzdem hat sich diese Muffenform nicht durchgesetzt, denn sie weist Schwächen auf. Muffe und Spitzende paßten zu gut ineinander. So ergab sich keine eindeutige Einstecktiefe (und dadurch entstanden evtl. zusätzliche Spannungen); kleine Richtungsänderungen waren nicht möglich und der größte Nachteil war: gekürzte Rohre konnten nicht in die Muffe eingeführt werden. Schon die erwähnte Immendinger Leitung weist ein Formstück mit einer Glockenmuffe auf, die den Übergang auf ein kürzeres Rohrstück zuläßt.

Bild 6



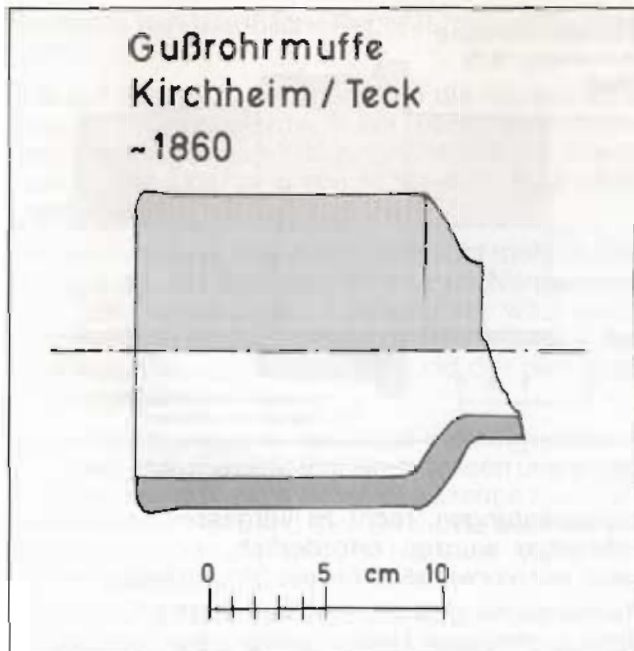


Bild 7

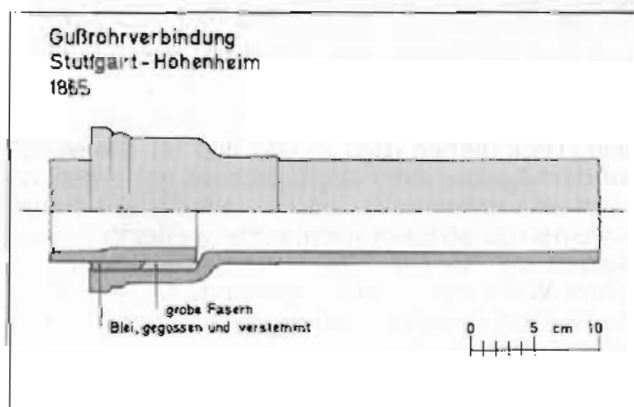


Bild 8

3.2 Glockenmuffen

Die ersten Glockenmuffen waren einfach geformt; sie waren aufgeweitete und etwas verstärkte Rohrenden. Als Beispiel mag ein Muffenstück aus Kirchheim/Teck dienen (Bild 7). Es wurde aus dem Aushub eines Grabens geborgen. Die zugehörige Leitung dürfte zum Ablaufsystem des Marktbrunnens gehört haben, das schon 1860 bestanden

Bild 9



hat. Die Muffe hat vorne nur einen angedeuteten Verstärkungswulst und einen wenig gerundeten Muffengrund. Auffallend ist der fast 20 mm breite Muffenspalt für die Dichtung. Leider konnte das zugehörige Spitzende nicht aufgefunden werden. Im Laufe der Zeit gab es verschiedene Formen von Glockenmuffen.

3.2.1 Spitzenden mit innerer Wandverstärkung

Nach 1850 scheinen in Baden-Württemberg nur noch Rohre mit Glockenmuffen verlegt worden zu sein. Bei den Spitzenden gab es 2 Formen, die zeitlich parallel zueinander bestanden. Es wurden nur wenige Beispiele von Rohren mit innenwandverstärkten Spitzenden gefunden und auch nur aus dem Großraum Stuttgart, so daß sie zeitlich nicht genau eingeordnet werden können. Da sie sich aber als kurzlebig erwiesen haben, sollen sie zuerst behandelt werden.

Die bereits erwähnten Rohre mit konischen Spitzenden und die noch folgenden mit einem Wulst am Ende haben gießtechnisch den Nachteil, daß

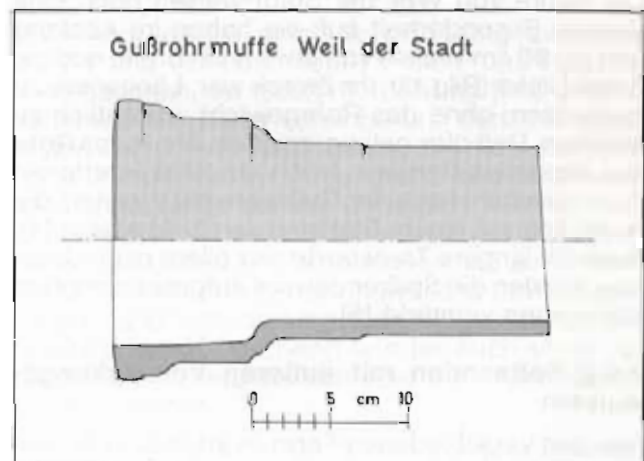


Bild 10

die Rohre nicht aus der Form gezogen werden können. Dies gelingt aber, wenn das Spitzende innen verstärkt ist, wie z.B. bei dem Rohr aus Stuttgart-Hohenheim (Bild 8 und Bild 9); auch der Kern kann ausgestoßen werden. Diese Rohre wurden etwa 1865 verlegt und haben eine lichte Weite von 2 1/2" württembergisch (63 bis 65 mm; Wanddicke 6 bis 9 mm). Die Muffen sind außen profiliert und der Übergang Muffe/Rohr ist deutlich erkennbar.

Mehr profiliert, fast schon verziert ist eine Muffe aus Weil der Stadt (Bild 10 und Bild 11). Die Rekonstruktion erfolgte aus Teil- und Bruchstücken. Ein Spitzende ist nicht erhalten; nach Angaben war es außen glatt. Da die innere Wandverstärkung nicht ohne weiteres erkennbar ist, sind die Rohre sicher dieser Gruppe zuzuordnen. Sie wurden etwa 1873 verlegt, hatten eine lichte Weite von 106 mm und eine Wanddicke von 7 bis 10 mm.

Diese Art der Rohrverbindung erlaubte schon kleine Richtungsänderungen in der Muffe; die Rohre konnten verzogen werden. Doch mußte bei der Form des Spitzendes zunächst eine Lage Hanf gleichmäßig eingebracht werden, sonst verschob sich das Spitzende und der Hanf, eventuell auch das Blei, gelangten in das Rohr. Durch die Wand-



Bild 11

verstärkung ergab sich zwar ein geringer Querschnittsverlust, doch war es ein Schutz vor den bei allen Graugußrohren gefürchteten „Schwanzrisen“. Die Rohre konnten auch ohne Schwierigkeiten bei der Verlegung gekürzt werden.

Die Rohre von Weil der Stadt weisen noch eine weitere Besonderheit auf; sie haben im Abstand von ca. 90 cm Wulste von etwa 8 cm Breite und ca. 5 mm Dicke (Bild 12). Ihr Zweck war, Längsrisse zu begrenzen, ohne das Rohrgewicht wesentlich zu erhöhen. Daß dies gelang, zeigt ein ähnliches Rohr aus Altensteig-Berneck. Noch um 1900 lieferte ein französischer Hersteller Gußrohre mit Wulsten, die zusätzlich mit einem Stahlring verstärkt waren [4]. Auch für längere Transporte, vor allem nach Übersee, wurden die Spitzenden mit aufgeschrumpften Stahlringen verstärkt [5].

3.2.2 Spitzenden mit äußeren Verstärkungswulsten

Aus den verschiedenen Formen kristallisierte sich eine Verbindung heraus, die die 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts beherrschte. Die Vorbedingungen waren günstig, denn der Bedarf an Gußrohren stieg aus verschiedenen Gründen ständig. Der gestiegene Wasserverbrauch zwang Städte und Gemeinden, die ständig laufenden Röhrenbrunnen durch selbstschließende Ventilbrunnen zu ersetzen; doch dies setzte eine druckdichte Leitung voraus. So wurden die Wasserversorgungsnetze ausgebaut. Nach 1870 entstanden dann die verschiedenen Abwasserversorgungsgruppen [6, 7] mit ihren Zu-

Bild 12

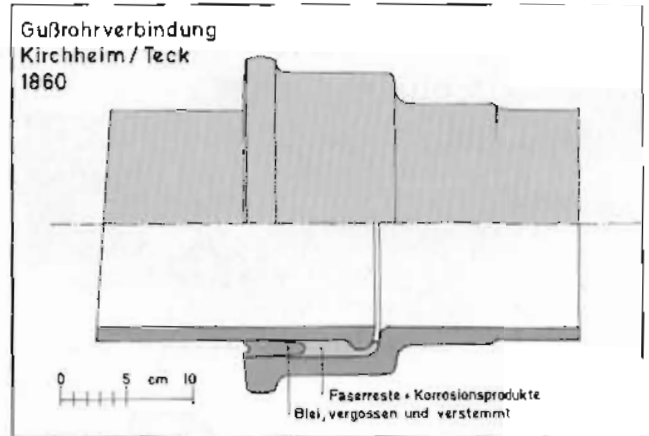


Bild 13

bringerleitungen. Nicht zu vergessen: auch Gasrohrnetze wurden erforderlich, wenn zunächst auch nur vorwiegend für die Straßenbeleuchtung. All das setzte aber dichte Rohre und Verbindungen voraus; die vielen kleinen Verluste der Holzdeichel waren nicht mehr tolerierbar. Die Verbindungstechnik mußte von jedem Rohrleger zu beherrschen sein. Dem entsprach allem Anschein nach die glockenförmige Stemmuffe mit Verstärkung und das Spitzende mit äußerem Verstärkungswulst.

Als frühes Beispiel mag eine Verbindung aus Kirchheim/Teck dienen (Bild 13 und Bild 14). Sie wurde vor dem Ausbau der Fußgängerzone geborgen, da beurteilt werden sollte, ob die Leitung, die äußerlich einen guten Eindruck machte, weiter in Betrieb bleiben konnte. Die 1860 verlegten Rohre mit 6" lichter Weite hatten eckig wirkende Muffen. (Eine Muffe trägt das Gußzeichen „AH“, trotzdem ist es bisher noch nicht gelungen, die Herkunft des Rohres zu klären.) Zur Kontrolle wurde eine Verbindung längsgeschnitten. Dabei wurde zeitlich zum erstenmal ein Spitzende mit Außenwulst gefunden. Auch diese Rohre konnten etwas verzogen werden, ohne dabei Hanf in das Rohrinne zu stemmen. Wurde aber stärker verzogen, erwies sich der gerade Muffengrund als ungünstig; es entstand wieder ein Spalt.

Die zuvor erwähnte Leitung (lichter Durchmesser 149 bis 154 mm; Wanddicke 8 bis 13 mm) wurde nicht weiter betrieben, da der Hanf stark unterrostet und das Blei schlecht eingebracht war; auch

Bild 14



das heute handelsübliche Reparaturmaterial paßte nicht.

Wie auf Bild 15 zu sehen, hatten die Muffen 1875 eine funktionsgerechte Form ohne zusätzliche Zier; der Muffengrund ist gerundet, wie bei einem Gelenk, der Übergang von Muffe zum Rohr nicht mehr ablesbar.

Die Nennweite wurde in mm und nicht mehr in Zoll angegeben. Die Zahl der lieferbaren Nennweiten und der zugehörigen Formstücke war groß. Wesentlich dazu beigetragen hat der Ausbau der Altwasserversorgungsgruppen und der planende Ingenieur Ehmann [8].

Abgedichtet wurde in der Regel mit eingestemmtm Hanf; davor wurde Blei eingegossen und nachgestemmt. Bild 16 zeigt einige Werkzeuge zum Verstemmen von Hanf und Blei. Es wurde auch schon Bleiwolle verwendet, wie z.B. bei einer Muffe aus Donaueschingen (etwa 1880). Während der Kriege stand Blei nicht zur Verfügung; die in diesen Zeiten eingestemmt Aluminiumwolle hat sich aber nicht bewährt; sie zerfiel im Laufe der Zeit zu einem weißen Pulver.

Noch waren nicht alle Probleme bewältigt. Es gab

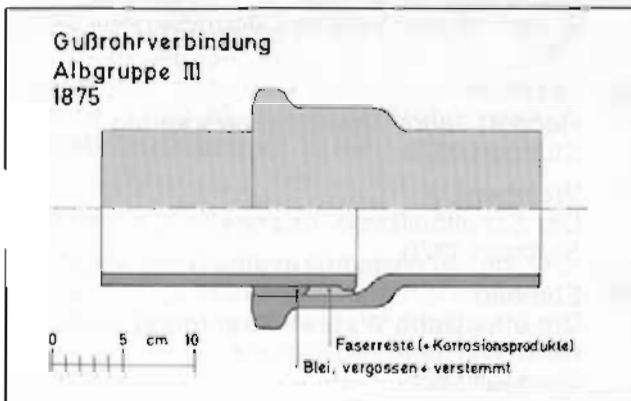


Bild 15

keine genau definierten Qualitätsmerkmale. Lunker, Abweichungen der Wanddicke und verschobene Kerne kamen vor. Auch waren die Rohre nach Werksnormalen hergestellt und von Gießerei zu Gießerei nicht austauschbar. So wurden z.B. Rohre von Hohenheim nach Ludwigsburg gebracht, konnten aber mit den dortigen Rohren nicht kombiniert werden. Aus Kirchheim/Teck stammt die auf Bild 17 zu sehende Gasrohrverbindung aus dem Jahre 1873. Die beiden Rohre haben unterschiedliche Außendurchmesser (51 und 56 mm); deshalb konnte das Rohrende nicht ganz in die Muffe eingeschoben werden. Als Besonderheit hat die Muffe im Inneren eine Rille, die dem Blei mehr Halt geben sollte; eine Maßnahme, die in der Regel nicht erforderlich war.

Trotz allen Fortschrittes waren Verbindungen an gekürzten Rohren ein Schwachpunkt; es fehlte dann der Wulst. Formstücke konnten nicht beliebig verwendet werden; sie hatten zumindest teilweise keine Wulste an den Spitzenden. Bei einer Muffe verschob sich das Rohrende des Krümmers, Hanf und Blei gelangten ins Rohrinne, so daß dadurch $\frac{1}{3}$ des Querschnittes verloren ging.



Bild 16

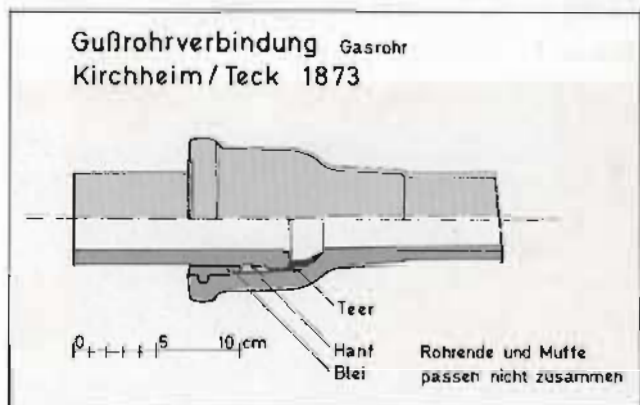
Seit etwa 1870 wurde über einheitliche Abmessungen, Qualitätsanforderungen und eine neue Verbindung diskutiert; Reuleau machte erste Bemessungsvorschläge [9, 10].

3.3 Genormte Stemmuffe 1882

1873 kam es zu einer Vereinbarung zwischen DVGW und VDI über Rohr-, Muffen- und Flanschabmessungen, die 1882 [11], 1888 und 1900 überarbeitet wurde. (Diese Vereinbarung dürfte eine der ersten deutschen Normen sein.) Die darin enthaltene Stemmuffe hat im Muffengrund eine zentrierende Verstärkung, die es ermöglicht, Rohre und Formstücke mit glatten Enden sowie gekürzte Rohre einzuschieben und ordnungsgemäß zu dichten. Diese Form wurde genormt und fand unverändert bis ca. 1950 Verwendung. Den Wünschen einiger Stadtwerke entsprechend, wurden auch einige Varianten entwickelt, die sich aber nur örtlich durchsetzen konnten.

Die neue Stemmuffe führte sich nur sehr langsam ein; noch 1893 wurden z.B. in Winnenden Rohre mit Wulst am Spitzende verlegt. Rohre mit den neuen Muffen sind von 1892 aus Stuttgart-Hohenheim (Bild 18 und Bild 19) und Kirchheim/Teck bekannt. Das Gußzeichen „FWH“ auf dem Hohenheimer Rohr zeigt, daß es nun möglich war, auf entferntere Gießereien zurückzugreifen. Durch das zwischenzeitlich ausgebaute Eisenbahnnetz konnten Rohre preiswert vom Ruhrgebiet nach Baden-Württemberg geliefert werden. Die Nennweite DN 75 ist noch ein Zugeständnis an das alte Maßsystem (3"); sie ist in der Liste von 1888 schon nicht mehr aufge-

Bild 17



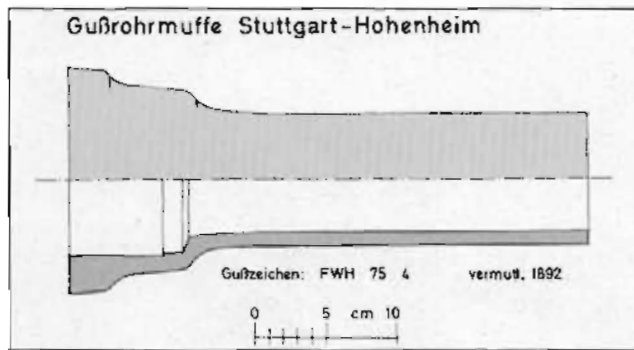


Bild 18

führt. Länger gehalten hat sich die Nennweite DN 175 des Kirchheimer Rohres.

4. Schraubmuffen-Verbindungen

So ausgereift eine Entwicklung auch sein mag, es bleibt doch immer das Bessere der Feind des Guten. Nicht in allen Fällen war die Stemmuffe geeignet. Die Stemmuffen-Leitung war starr; in Bereichen von Bodenbewegungen und bei Bergsenkungen gleichsam zu starr. Bei langen Leitungen machte sich auch der Temperatureinfluß bemerkbar [5].

So brachte ein deutscher Hersteller 1931 die Schraubmuffe „Union“ auf den Markt. In der VEDEWA-Sammlung befindet sich eine Schraubmuffen-Verbindung von 1937 aus Gündringen (Bild 20); ferner sind mehrere Dichtringe vorhanden (aus Gerlingen und Immendingen). Die Dichtringe bestanden zunächst aus Naturgummi mit einem V-förmigen Bleivorsatz, dem Wasser zugekehrt. Später wurde das Blei durch Gummi einer härteren Mischung ersetzt. Nach kleineren Veränderungen wurde diese Muffenform genormt und verdrängte nach 1945 die Stemmuffe. Die Schraubmuffen-Verbindung ist einfacher zu montieren und gleicht Temperaturunterschiede sowie leichte Bodenbewegungen aus.

Noch heute hat die Schraubmuffe ihre Bedeutung für Verbindungen, bei denen die Demontage möglich sein soll, und bei Übergängen auf alte Nennweiten (DN 70; DN 90; DN 110) sowie auf Rohre anderer Werkstoffe (PVC; Stahl). Auch einige zugfeste Verbindungen sind im Handel.

5. Schlußbemerkung

Die Zeit bleibt nicht stehen. Nach der Schraubmuffen-Verbindung kam im Jahre 1936 die Stopfbuchsenmuffen-Verbindung auf den Markt. 1957 wurde in Deutschland erstmals die TYTON-Verbin-

Bild 19



dung verlegt. Diese einfach und schnell zu montierende Steckmuffen-Verbindung verdrängte in kurzer Zeit die noch relativ junge Schraubmuffen-Verbindung. Seit einigen Jahren gibt es auch verschiedene Ausführungen von zugfesten Steckmuffen-Verbindungen. Was wird die Zukunft noch bringen?

Schrifttum

- [1] Leupold, Jacob
Schauplatz der Wasser-Bau-Kunst
Leipzig 1724
- [2] Donauern, Johann Christoph
Allgemeiner kluger und Rechtsverständiger
Haus-Vatter
Nürnberg, Frankfurt, Leipzig 1722
- [3] Klöpsch, Adolf
Die Entwicklung der Augsburger Wasserversorgung durch fünf Jahrhunderte
GWF (Wasser-Abwasser) 1959
- [4] Frühling, A.G. Oesten
Die Wasserversorgung der Städte
Leipzig 1904
- [5] Forchheimer
Die Wasserversorgung von Yokohama
Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure
1893
- [6] VEDEWA
Hundert Jahre Abwasserversorgung
Stuttgart 1970
- [7] Weinberg, J.
Der Schultheiß von Justingen
Stuttgart 1970
- [8] Ehmann
Die öffentliche Wasser-Versorgung im Königreich Württemberg
Stuttgart 1881
- [9] Häntzschel, Walter
Die Praxis des Maschinenbauers
Berlin (nach 1900)
- [10] Westendarp
Die Bestimmung der Wandstärken gußeiserner Rohre sowie Vorschläge für Annahme einer Normalmuffe und einer Normalflansche
Journal für Gas-Beleuchtung und Wasserversorgung 1873
- [11] Röhrennormalien
Journal für Gas-Beleuchtung und Wasserversorgung 1882

Bild 20



Sonderbaumaßnahmen bei der Abwasser- Entsorgung des Zweckverbandes Südliche Ortenau

Von Heinz Zöller

1. Rohre aus duktilem Gußeisen für die optimale Entsorgung

Der Abwasserzweckverband Südliche Ortenau, Sitz Ettenheim/Baden, hat für seine neu gebaute Auslaufleitung in den Rhein Rohre aus duktilem Gußeisen verwendet. Aus dem der vollbiologischen Kläranlage nachgelagerten Pumpwerk führen zwei Leitungsstränge DN 600 zum Rhein (Bild 1). Für diese Abwasser-Druckleitungen wurden rd. 1.600 m duktile Gußrohre verlegt. Der Betriebsdruck beträgt 16 bar.

2. Druckstoßsichere Leitung

Die Rohre aus duktilem Gußeisen bieten durch ihre hohen Festigkeiten und ihre Verformbarkeit große Sicherheit nicht nur bei statischen, sondern auch bei dynamischen Beanspruchungen von innen und außen. Sie sind durch große Festigkeitsreserven sicher bei Druckstößen, die z.B. beim Abschalten der Pumpen auftreten können. In jedem der beiden Leitungsstränge ist ein Druckausgleichsventil eingebaut. Sie helfen Druckstöße abzubauen, die bei mehr als 6 bis 10 Druckschwankungen innerhalb einer angenommenen Nachlaufzeit von 14 s entstehen können.

3. Bewegliche längskraftschlüssige Verbindungen ermöglichen den Einsatz bei schwierigen Verlegefällen

Alle Rohre haben eine längskraftschlüssige Steckmuffen-Verbindung, System TYS-K. Die Kraftschlüssigkeit wird durch einen geschlitzten Haltering erreicht, der an einem rings um das Rohr aufgetragenen Schweißwulst und an der Gegenfläche der Muffe anliegt. Der Wulst dient dabei als Widerlager für die Längszugkräfte. Längskraftschlüssige Verbindungen duktiler Gußrohre bleiben nach Montage abwinkelbar. Dadurch wurde ebenfalls die Entscheidung für Rohre aus duktilem Gußeisen begünstigt. Die abwinkelbaren längskraftschlüssigen Verbindungen paßten sich nämlich bei der wiederholten Richtungsänderung in der Leitungsführung der Trasse an. Dadurch wurden Formstücke und somit auch Kosten gespart.



Bild 1: Kläranlage mit Trasse zum Rhein

4. Bei der Verlegung waren Sonderbaumaßnahmen erforderlich

Die Trasse wurde in fünf Verlegeabschnitte eingeteilt:

1. Abschnitt vom Auslaufpumpwerk zur Brücke über die Elz
2. Verlegung der Leitung in der Elz-Brücke
3. Leitungsstrecke von der Brücke zum alten Hochwasserdamm des Rheins („Tulladamm“)
4. Verlegeabschnitt vom Tulladamm durch den Altrhein („Innerer Rhein“) zum neuen Hochwasserdamm („Neuer Seitendamm“)
5. Verlegung im Neuen Seitendamm mit Übergabebauwerk und Auslaufleitung.

Jeder Abschnitt stellte unterschiedliche, aber besonders hohe Anforderungen an das Verlegepersonal.

Schon im ersten Streckenbereich erschwerte der hohe Grundwasserstand die Verlegung im Rohrgraben. Dabei wurde der Graben jeweils nur auf zwei Rohrlängen ausgehoben. Mit zwei Unterwasserpumpen gelang es dem Unternehmer, den Graben weitgehend trocken zu halten. Rund 60 m vor der Brücke wurde die Leitung Rohr für Rohr vertikal bis zu 2° abgewinkelt und so auf das Brückenniveau hochgeführt.

Mit dem Bau dieser neuen Abwasser-Druckleitung wurde der alte Fußgängersteg über die Elz abgerissen und eine neue Betonbrücke errichtet. Sie dient in Zukunft der Holzabfuhr. Im Zuge dieser Baumaßnahme ist sie aber zunächst für die Leitungsführung genutzt worden, indem die duktilen Gußrohre in Schellen an der Brücke aufgehängt wurden (Bild 2). Durch die Brückenleitung konnte der Bauherr eine Unterdükerung der Elz umgehen.

Am Hochpunkt der Brücke sind an jedem der beiden Leitungsstränge Be- und Entlüftungsventile angebracht.

Die Verlegung der duktilen Gußrohre von der Elz-Brücke zum alten Hochwasserdamm des Rheins („Tulladamm“) unterscheidet sich nicht von der



Bild 2: Rohre in Schellen an der Brücke aufgehängt

Verlegefolge im ersten Abschnitt. Die Vor-Kopf-Verlegung in dem teilweise mit Grundwasser gefüllten Graben erforderte sehr viel Umsicht und Können.

Im Zuge der weiteren Leitungsführung mußte dann der alte Hochwasserdamm durchgeschnitten werden. Hinter dem Damm stand das Grundwasser bis zur Erdoberfläche an. Deshalb wurden von hier ab die duktilen Gußrohre über dem Graben verlegt und nach Montage einer längeren Leitungsstrecke mit mehreren Hebefahrzeugen und auch mit Hilfe von Kettenzügen auf die Grabensohle abgesenkt. In dieser Verlegefolge sind die einzelnen Rohre je nach Tiefe der Grabensohle bis zu 2° abgewinkelt worden.

Zunächst wurde die Leitung unmittelbar hinter dem alten Hochwasserdamm aus dem Graben auf Bodenniveau hochgeführt. Dann ist der Graben absteigend bis zum Altrhein („Innerer Rhein“) und von dort aufsteigend bis zum neuen Hochwasserdamm („Neuer Seitendamm“) verspundet worden. Auf die Spundwände wurden im Abstand von sechs Metern Traversen aufgelegt und darauf die Leitung Rohr für Rohr verlegt (Bild 3). Nach der Montage sind die Rohre zur Seite geschoben und der Graben sukzessive ausgehoben worden. Danach konnten der Leitungsstrang durch mehrere Hebefahrzeuge angehoben, die T-Träger entfernt und die – vorher mit Wasser gefüllten – Rohre abgesenkt werden. Um die Abwinkelung der Leitung stets in den vorgesehenen Grenzen halten zu können, wurden die T-Träger nach der Absenkung wieder eingeschoben, daran Kettenzüge befestigt, die

Bild 3: Montage der Leitung auf den Traversen



Bild 4: Absenken der Leitung

Rohre an diesen Kettenzügen aufgehängt und Zug um Zug entsprechend dem Verlegefortschritt abgesenkt (Bild 4).

Bei der Unterdükerung des Altrheins waren weitere Hilfskonstruktionen nötig. So wurden noch zusätzliche Gestelle jeweils seitlich und im Bett des Altrheins errichtet und daran jeweils zwei Kettenzüge befestigt, über die in Zusammenarbeit mit den Hebefahrzeugen die Leitung abgesenkt werden konnte (Bild 5). Diese Hilfskonstruktionen waren einerseits wegen der Länge der vormontierten Leitungsstränge, die bis zu 60 m erreichten, und andererseits wegen der Tiefe der Grabensohle im Altrhein, die immerhin fast 3 m unter Wasserspiegellage lag, erforderlich. Nur so konnte eine ordnungsgemäße und in Einzelphasen zu vollziehende Absenkung der langen Rohrkette sichergestellt werden. Bei der Unterdükerung des Altrheins (Bild 6) wurden die Rohre in der Leitungskette bis 2° abgewinkelt.

Bevor die Leitung den neuen Hochwasserdamm erreichte, mußte noch ein Seitengraben gekreuzt werden. Am Fuße des Damms ist die Leitung mit Bogen so weit nach oben geführt worden, daß die Rohrsohle über der höchsten Wasserspiegellage des Rheins lag. Durch den Einbau weiterer Bogen konnte die Leitung im Damm dann waagrecht weitergeführt werden. Sie liegt rund 0,8 m unter der Damm-Oberfläche. Das letzte Rohr endet in einem Übergabebauwerk im Damm. Von dort wird das gereinigte Abwasser über eine Auslaufleitung aus armiertem Ortbeton in den Rhein eingeleitet (Bild 7).

5. Kontrolle der Leitung mit Kamera

In die Leitung sind auch vier Kameraeinführungsröhre miteingebaut worden. Sie erlauben eine Kontrolle der gesamten Leitung zu jedem gewünschten Zeitpunkt. Um die Kameras einführen zu können, sind Öffnungen aus den vier duktilen Gußrohren ausgeschnitten, ovale Stützen im Werk angeschweißt und jeweils mit einem Flansch wieder drucksicher verschlossen worden. Außerdem sind in jedem der beiden Leitungsstränge drei Schieber-schächte eingebaut worden. Der erste Schacht befindet sich vor der Elz-Brücke, der zweite vor dem alten Hochwasserdamm des Rheins und der dritte vor dem neuen Hochwasserdamm. Dadurch ist es



Bild 5: Hilfskonstruktion zur Absenkung der Rohre

möglich, die Leitung in vier Streckenabschnitte zu untergliedern.

6. Die Bearbeitung der Rohre war einfach

Während der Verlegung mußten auch einzelne Rohre auf bestimmte Baulängen geschnitten werden. Dafür sind Trennschleifgeräte mit Benzinmotor verwendet worden. Die Trennscheiben C 30 S 4 B aus Siliziumkarbid nach DIN 69 100 haben sich auch hier wieder bewährt. Die geschnittenen Rohre sind vor der Montage durch Schleifen abgerundet worden. Dadurch wurden das Zentrieren vereinfacht, die Einschubkräfte verringert und Beschädigungen des Dichttringes vermieden. Kalibrieren ist nicht erforderlich. Für die Be- und Entlüftungen mußten die Rohre angebohrt werden. Dafür

Bild 6: Einschwimmen der Leitung im Altrhein



Bild 7: Übergabebauwerk mit Auslaufleitung in den Rhein

wurden Kronenbohrer eingesetzt. In beiden Bearbeitungsfällen, d.h. beim Einsatz von Trennschleifern und Bohrern entstanden glatte Kanten an Rohrwand und Mörtelschicht.

7. Auch vor Ort konnte geschweißt werden

Auf die geschnittenen Rohre war hinter der Schnittstelle wieder ein Schweißwulst aufzubringen, damit auch diese Verbindungen längskraftschlüssig gemacht werden konnten. Diese Wulste sind auf der Baustelle aufgeschweißt worden. Außerdem wurden die Stutzen für die Be- und Entlüftungsventile auf der Baustelle angeschweißt.

Beim Schweißen sind Nickel-Eisen-Elektroden nach DIN 8573 verwendet worden. Durch dieses Verfahren kann das Entstehen von harten, wenig

dehnfähigen Zonen in der unmittelbaren Umgebung der Schweißnaht stark reduziert werden. Die vorliegenden Erfahrungen und die Gutachten der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalten Mannheim und Duisburg über das Anschweißen an Rohre aus duktilem Gußeisen bestätigen sehr hohe Sicherheit gegenüber statischen und dynamischen Belastungen. Durch alle Schweißarbeiten vor Ort und im Werk sind erhebliche Kosten eingespart worden, weil die Wartezeit verkürzt und keine Formstücke benötigt wurden.

8. Wirkungsvolle Innenauskleidung für die duktilen Gußrohre

Alle Rohre sind innen mit Zementmörtel ausgekleidet. Dadurch werden Inkrustation und Korrosion wirkungsvoll verhindert. Durch das Auskleiden mit Zementmörtel entsteht auch eine sehr glatte Oberfläche, die einen geringen Reibungsbeiwert hat. Darüber hinaus bildet sich noch im Laufe der Betriebszeit eine Sielhaut, die den schon niedrigen Reibungsbeiwert weiter reduziert. Das garantiert einen geringen Fließwiderstand der Rohre aus duktilem Gußeisen.

Die Auslaufleitung wird mit einem Betriebsdruck von 16 bar gefahren. Selbst bei hohen Fließgeschwindigkeiten ist die Zementmörtel-Auskleidung abriebfest. Das bestätigt die Überprüfung von Leitungen, die schon mehrere Jahre in Betrieb waren. Nach der Öffnung zeigte sich die Rohrbeschichtung vollkommen erhalten, d.h. es ist kein meßbarer Abrieb an der Zementmörtel-Auskleidung feststellbar.

9. So sind die Rohre außen geschützt

Da die Abwasser-Druckrohre im Grundwasser und im Altrhein verlegt werden, müssen sie auch außen wirkungsvoll geschützt sein. Alle Rohre aus duktilem Gußeisen haben einen Zink-Überzug erhalten. Er hat eine flächenbezogene Masse von mindestens 130 g/m^2 . Die spritzverzinkten Rohre erhielten zusätzlich noch eine Beschichtung auf bituminöser Basis von ca. $70 \mu\text{m}$. Diese Kombination von Zinkschicht und bituminöser Deckschicht ist in ihrer Gesamtwirkung weitaus größer als die Summe der Einzelwirkungen. Sie bietet zuverlässigen Schutz in aggressiven Böden bis zu einer Kennzif-

fer von -10 nach DVGW-Arbeitsblatt GW9. Die ausgezeichnete Wirkung dieses Außenschutzes wird durch langjährige Korrosionsfeldversuche in ausgesucht aggressiven Ton- und Moorböden und durch langjährige Praxis im In- und Ausland voll bestätigt. Bei Aufgrabungen nach 13 Jahren an Betriebsleitungen war kein Korrosionsangriff feststellbar.

10. Stufenweise Verwirklichung dieses umweltfreundlichen Projektes

Die Auslaufleitung in den Rhein ist seit 1982 in Betrieb. Die Anlage ist in der ersten Ausbaustufe für $34.000 \text{ E} + \text{EGW}$ ($\text{E} = \text{Einwohner}$; $\text{EGW} = \text{Einwohnergleichwert}$) ausgelegt. Der Schmutzwasserzufluß beträgt bei Trockenwetter max. 191 l/s . Der max. Regenwetterzufluß beläuft sich auf 1.300 l/s . Davon gehen 339 l/s zur Kläranlage und 961 l/s von dem Regenklärbecken über einen Ablaufkanal direkt zum Auslaufpumpwerk.

Später kann in einer zweiten Ausbaustufe eine Erweiterung auf $51.000 \text{ E} + \text{EGW}$ durchgeführt werden. Dafür ist nur der Bau eines dritten Belebungs- und Nachklärbeckens sowie eines zweiten Faulturmes notwendig. Die Leitung aus duktilen Gußrohren bietet ausreichende Reserven für den Transport der höheren Abwassermenge zum Rhein.

11. Hohe Investitionen für den Umweltschutz

Für die Zuleitungskanäle, die Verbandskläranlage und die Auslaufleitung in den Rhein hat der Abwasserzweckverband Südliche Ortenau bisher fast 45 Mio DM aufgewendet. Das Land Baden-Württemberg und der Bund haben dieses Projekt großzügig gefördert. Rd. 60% der gesamten Baukosten wurden durch Zuschüsse finanziert. Diese Baumaßnahme der im Zweckverband zusammengeschlossenen 6 Gemeinden (Stadt Ettenheim, Stadt Mahlberg und die Gemeinden Ringsheim, Kappelgrafenhausen, Rust sowie Altdorf) ist ein guter Beitrag für den Umweltschutz. Sie trägt mit dazu bei, die Reinhaltung des Rheins, eine unserer Lebensadern, zu verbessern. Nicht zuletzt wird jetzt auch der „Taubergießen“, ein bedeutendes Naturschutzgebiet, von umweltschädlichen Einflüssen aus den Gemeinden des Zweckverbandes befreit.

Zementmörtel-Auskleidung von Formstücken aus duktilem Gußeisen

Von Jochen Weidelt

Einleitung

In den Technischen Lieferbedingungen für Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen der DIN 28600 (Januar 1983) ist für den Innenschutz der Rohre und Formstücke festgelegt, daß diese in der Regel eine Zementmörtel-Auskleidung erhalten. Die Zementmörtel-Auskleidung hat den Zweck, Korrosionsschäden nach DIN 50900 Teil 1 zu verhindern; weiterhin sollen Ablagerungen verhindert und gleichbleibende hydraulische Eigenschaften begünstigt werden.

Beschichtungsverfahren

Im Gegensatz zu den Rohren, die überwiegend im Schleuderverfahren bei rotierendem Rohr mit Zementmörtel ausgekleidet werden, können aus Gründen der Geometrie die Formstücke nur im Ruhezustand durch Anschleudern des Mörtels im Radialspritzverfahren beschichtet werden. Verfahrensbedingt ist für die Verarbeitbarkeit des Zementmörtels und zur Qualitätsverbesserung der ausgehärteten Auskleidung ein Betonzusatzmittel erforderlich. In einem Zwangsmischer wird zunächst Zement mit Sand trocken vorgemischt, dann das Betonzusatzmittel mit dem Wasser zugegeben und das Ganze dann zu einem Mörtel aufbereitet. Die Förderung und Dosierung des Zementmörtels aus dem Materialbehälter erfolgt mit einer Schneckenförderpumpe. Ein Rüttler im Materialbehälter stellt den Zufluß des Mörtels zur Pumpe und zum Spritzgerät sicher. Der Zementmörtel wird in einer Lanze zum druckluftbetriebenen Schleuderrad gepumpt und von dort sprühend auf der Formstückinnenfläche verteilt. Die Beschichtung erfolgt auf gestrahlte unverschmutzte Innenoberflächen der Formstücke.

Ausgangsstoffe

Von den Formstückherstellern werden für die Zementmörtel-Auskleidung von Formstücken Hochofenzemente nach DIN 1164 eingesetzt. In Sonderfällen, z.B. beim Transport sehr weicher, kohlenstoffhaltiger Roh- und Trinkwasser, kann

auf Vereinbarung auch Tonerdeschmelzzement verwendet werden. Als Zuschläge werden nur saubere, gebrochene oder rollige Mineralstoffe aus Naturvorkommen verwendet, die den Anforderungen der DIN 4226 entsprechen. Das Betonzusatzmittel ist eine Kombination aus zementreaktiven Mineralstoffen und einer verseifungsfesten Acrylharzdispersion sowie Füllstoffen, wassersparenden und wasserrückhaltenden Wirkstoffen. Als Zugabewasser wird Trinkwasser verwendet.

Hygienische Aspekte

Die mit Trinkwasser in Berührung kommenden Werkstoffe und Hilfsstoffe müssen den dafür geltenden lebensmittelrechtlichen Bestimmungen entsprechen. Nach § 31 des Lebensmittelgesetzes dürfen keine Stoffe verwendet werden, die auf Trinkwasser übergehen können, ausgenommen gesundheitlich, geruchlich und geschmacklich unbedenkliche Anteile, die technisch unvermeidbar sind.

Für Mörtel mit dem von den Formstückherstellern verwendeten Betonzusatzmittel wurde die hygienische Unbedenklichkeit für die Verwendung im Trinkwasserbereich im Einsatzbereich „Ausrüstungsgegenstände und starre Fugenvergüßmassen“ (darunter fallen auch Formstücke und Armaturen) durch die DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe (TH) gemäß den Untersuchungsbedingungen des Bundesgesundheitsamtes attestiert.

Weiterhin wurde vom Hygiene-Institut der Universität Bonn gutachterlich bescheinigt, daß ein Mörtel mit diesem Betonzusatzmittel bei Kontakt mit Wasser nicht zu einem mikrobiellen Oberflächenbewuchs führt und damit auch keine, die bakteriologische Trinkwasserqualität beeinträchtigenden Bestandteile an die Umgebung abgibt. Er ist als mikrobiologisch unbedenklich anzusehen und für den Einsatz im Trinkwasserbereich aus mikrobiologischer Sicht geeignet.

Frischmörtel

Das Zement-/Sandverhältnis beträgt in Gewichtsteilen 1:1,5. Der Wasserzementwert liegt beim frischen Zementmörtel nach intensivem Mischen der Ausgangsstoffe unter 0,40. Dieser Wert gibt einen Anhalt für die Druck- und Biegezugfestigkeit sowie die Dichte des Mörtels.

Erhärtungsvorgang

Um einen ordnungsgemäßen Ablauf des Abbinde- und Erhärtungsvorganges des Zementmörtels sicherzustellen, wird die Reifung bei Temperaturen über 10°C durchgeführt. Das Wasserbindungsvermögen des Betonzusatzmittels gestattet es, die Aushärtung unter normalen atmosphärischen Bedingungen, ohne zusätzliches Feuchtigkeitsangebot, durchzuführen. Die Zementmörtel-Auskleidung wird vor der Auslieferung der Formstücke mindestens bis zur Transportfestigkeit ausgehärtet, so daß bei ordnungsgemäßer Verladung und ordnungsgemäßen Transport keine Schäden auftreten.

Erhärtete Zementmörtel-Auskleidung

In Anlehnung an das DVGW-Arbeitsblatt W 342 „Werkseitig hergestellte Zementmörtelauskleidungen für Guß- und Stahlrohre - Anforderungen und Prüfungen, Einsatzbereiche“ werden Anforderungen an die erhärteten Zementmörtel-Auskleidungen in Formstücken gestellt, die jedoch verfahrensbedingt mit denen für Rohre nicht völlig übereinstimmen. Folgende Anforderungen sind zu stellen:

- Die Oberfläche darf nicht ausgeplatzt sein und darf nicht absanden. Hervorstehende Sandkörner sind zulässig.
- Örtliche Unebenheiten dürfen ein Maß von 2,5 mm nicht überschreiten.
- Risse sind bis zu einer Breite von 0,8 mm zulässig. Die Risse dürfen jedoch die Stabilität des Gewölbes der Auskleidung nicht gefährden.
- Hohlstellen in der Zementmörtel-Auskleidung können toleriert werden, sofern keine Gefahr des Abplatzens besteht.

Schichtdicke

Für die Schichtdicken der Zementmörtel-Auskleidung gilt nachstehende Tabelle (Angaben in mm):

DN	Nominalwert	Minimal-einzelwert	Maximal-einzelwert
≤ 300	3	1,5	8
350 bis 600	5	2,5	9
700 bis 1200	5	3,0	9
>1200	6	3,0	10

Prüfungen

Von den Formstückherstellern wird während der Fertigung laufend diejenige Menge von Proben geprüft, die ein statistisch ausreichend gesichertes Ergebnis garantiert. Geprüft wird die Beschaffenheit der Oberfläche durch Sichtkontrolle, der Erhärtungszustand mit dem Messer, die Haftung auf der Eisenoberfläche mit Hilfe der Klangprobe und die Schichtdicke durch die Einstichprobe während der Fertigung oder zerstörungsfrei an der ausgehärteten Auskleidung. Nach Vereinbarung werden Prüfbescheinigungen nach DIN 50049 ausgestellt.

Reparaturen

Sind Ausbesserungsarbeiten an der Zement-

mörtel-Auskleidung erforderlich, so können diese von Hand ausgeführt werden. Dazu wird die schadhafte Auskleidung entfernt und durch Einbringen von Frischmörtel, dessen genaue Rezeptur von den Formstückherstellern erfragt werden kann, ergänzt. Diese Reparaturarbeiten sollen nur bei Temperaturen oberhalb von 10°C ausgeführt werden.

Einsatzbereiche

Die Zementmörtel-Auskleidung in Formstücken ist (vgl. auch DVGW-Arbeitsblatt W 342) bei folgenden Werten der Wasseranalyse einsetzbar:

- Die Kohlensäuresumme, d.h. der Q_c ($CO_2 + HCO_3^- + CO_3^{2-}$)-Wert muß größer sein als $0,25 \text{ mol/m}^3$.
- Der mit dem Marmorlöseversuch nach DIN 38404 Teil 10, Ausgabe 5/1979, Abschnitt 3.2, erhaltene Wert muß kleiner sein als $0,7 \text{ mol/m}^3$ (\approx ca. 30 mg/l CO_2).
- Die Calciumkonzentration $C_{Ca^{2+}}$ muß mindestens $0,02 \text{ mol/m}^3 \approx$ ca. $0,8 \text{ mg Ca}^{2+}/\text{l}$ sein.
- Bei Transport kalklösender Wässer ($\text{pH} < 7,8$ und Sättigungsindex $< -0,3$) ist im Fall von Bauarbeiten an der Leitung durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen, daß die Mörtelauskleidung nicht austrocknet, auch nicht kurzzeitig.
- Wird einer der genannten Grenzwerte überschritten, bedarf der Einsatz von zementmörtelausgekleideten Formstücken einer besonderen Übereinkunft zwischen Hersteller und Anwender. Dies gilt auch dann, wenn Formstücke mit Zementmörtel-Auskleidung für den Transport von Nichttrinkwässern, z.B. Meerwasser, Solewässer, Abwässer, Grubenwässer, eingesetzt werden sollen.

Zusammenfassung

In der DIN 28600 (Januar 1983) ist festgelegt, daß Formstücke aus duktilem Gußeisen in der Regel eine Zementmörtel-Auskleidung erhalten. Bedingt durch die Aufbringung des Mörtels im Radialspritzverfahren ist als Verarbeitungshilfe ein Betonzusatzmittel erforderlich, welches den hygienischen und mikrobiologischen Anforderungen genügen muß. Berichtet wird über die Art der Ausgangsstoffe, die Frischmörtelzusammensetzung, den Erhärtungsvorgang und die Anforderungen an die erhärtete Zementmörtel-Auskleidung sowie deren Prüfungen. Weiterhin werden die Einsatzbereiche für Zementmörtel-Auskleidungen gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 342 genannt.

Verwendung von Rohren und Form- stücken aus duktilem Gußeisen im Kernkraft- werk Philippsburg 2 (KKP 2)

Von Franz Schmax

1. Vorbemerkung

Der Auftrag der Kraftwerk Union (KWU) zur Lieferung aller Rohrleitungen der Nebenkühlwasser-, Feuerlöschwasser-, Brauchwasser- und Abwasser-Systeme für das Kernkraftwerk Philippsburg (KKP), Block 2 wurde am 11. August 1980 erteilt.

Die Kernkraftwerk Philippsburg GmbH ist eine Tochtergesellschaft der Firmen Badenwerk AG und Energieversorgung Schwaben AG.

Im Auftrag der KKP hat KWU von 1970 bis 1979 Block 1 der Kraftwerksanlage errichtet. Diese Blockanlage ist ein Siedewasserreaktor mit einer elektrischen Leistung von 900 MW.

Bild 1

Im Juli 1977 wurde von KWU mit dem Bau des zweiten Kraftwerksblockes für KKP begonnen. Diese Anlage ist ein Druckwasserreaktor, dessen elektrische Leistung 1362 MW beträgt. Die Inbetriebnahme soll im Frühjahr 1985 abgeschlossen sein.

Beide Anlagen liegen auf der rechtsrheinischen Rheinschanzinsel (Bild 1), ca. 30 km nördlich von Karlsruhe in der Gemarkung Philippsburg. Bild 2 zeigt die Kraftwerksanlage mit dem in Betrieb befindlichen Block 1 und dem z. Zt. im Bau stehenden Block 2.

2. Grundsätzliche Voraussetzungen und Bestimmungen

Die während der Planung des Kernkraftwerkes KKP 2 mit den Gutachtern geführten Diskussionen zu den Auslegungsspezifikationen führten trotz an sich üblicher Betriebsbedingungen aus sicherheitstechnischen Gründen zu besonderen Anforderungen an den Werkstoff, die Ausführung und die Prüfung der Rohre und Rohrleitungsteile, den Korrosionsschutz der Bauteile aufgrund der Bodenbeschaffenheit sowie letztlich auch zur Qualifizierung des Herstellers selbst.

Die nachfolgenden Ausführungen sollen einen kleinen Einblick in die Vorarbeiten geben, um die Voraussetzungen zur Herstellung und Lieferung der Rohre und Formstücke für KKP 2 zu erfüllen.

Bereits im Jahre 1978 begannen die ersten Vorgespräche und Verhandlungen mit dem Planer, der KWU, dem TÜV Baden, der MPA Stuttgart und dem Betreiber KKP.

Ziel dieser Gespräche war es, Konstruktionsdetails, Werkstoffanforderungen, Ausführungen,

Lage der Stadt Philippsburg

Diese geografische Karte kann aus lizenzrechtlichen Gründen nicht abgebildet werden.

Prüfbedingungen und Abwicklung festzulegen. Diese fanden ihren Niederschlag in Werkstoffprüfblättern, Bauprüfplänen und Beschichtungsblättern, d.h. in Richtlinien für jedes einzelne Bauteil von der Herstellung über die Prüfung bis hin zur Dokumentation.

Hier sind besonders die Rohre und Formstücke zu erwähnen, die entsprechend den Anforderungen der Rahmenspezifikation „Basissicherheit“ herzustellen waren. Es handelt sich hier um Rohre und Formstücke der Nennweiten DN 400, DN 600 und DN 700 mit Einzelprüfung und Dokumentation nach jedem Herstellungs- bzw. Fertigungsschritt. Diese Bauteile unterliegen in ihrer Anforderung – Verfügbarkeit auch bei Erdbeben – höchsten Prüfbedingungen.

Ergänzend zu den bereits vorliegenden Erfahrungswerten waren in einer Reihe von internen und externen Versuchen Nachweise über Werkstoff- und Funktionsverhalten zu erbringen. Als Grundvoraussetzung für den Hersteller galten die Zulassung nach AD-WO „Allgemeine Grundsätze für Werkstoffe“ und HPO „Allgemeine Grundsätze für Auslegung, Herstellung und erstmalige Prüfung“.

Neben einer Reihe weiterer Forderungen ging es u.a. auch darum, die Qualifizierung durch die KWU nach AVS 100 „Arbeitsvorschrift für Qualitätssicherung bei der Herstellung von Komponenten für äußere Systeme – KKP 2“ zu erfüllen. In diesem Rahmen wurden nach einem Qualitätssicherungsplan alle Fertigungseinrichtungen und Betriebsabteilungen, die mit der Abwicklung des Auftrages berührt wurden, überprüft; ferner wurden Einzelheiten für die Ausführung und Abwicklung sowie für die Verantwortlichkeiten festgeschrieben.

Bild 2 (freig. v. Reg.-Präs. Stuttgart Nr. 2/53000 C)



Weit über 100 QS-Anweisungen, Prüfblätter und Dokumentations-Formblätter waren die Folge.

3. Einsatzbereich der duktilen Gußrohre und Formstücke

Einen allgemeinen Überblick über die bei einem Kernkraftwerk vorhandenen Einrichtungen, wie z.B. Reaktorgebäude, Reaktorhilfsanlagengebäude, Maschinenhaus, Kühltürme, zeigt der Lageplan Bild 3.

Als Verbindungsglied zwischen diesen Gebäudeanlagen, so z.B. für das konventionelle Nebenkühlwasser-, Notspeisewasser-, Feuerlöschwasser-, Reservewasser- und gesicherte Nebenkühlwasser-System, wurden Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen in den Nennweiten DN 100 bis DN 900 und den Druckstufen PN 10 bis PN 16 verwendet.

Die vorgenannten Systeme sind unterschiedlichen sicherheitstechnischen Bestimmungen unterworfen. Entsprechend dem Verwendungszweck ergaben sich für die Rohre und Formstücke Anforderungen, die über den Rahmen der Technischen Lieferbedingungen gemäß DIN 28600 hinausgingen.

Eine wesentliche Anforderung für einige oder mehrere Systeme ist die funktionelle Sicherheit bei eventuell auftretenden Erdbeben. Diese Anforderung führte letztlich zu der Wahl von duktilen Gußrohren und Formstücken mit TYTON-Verbindung und mit einer Schubsicherung nach dem System TYS (Bild 4 und Bild 5).

Ferner wurde geplant, den Anteil von Flanschverbindungen so klein wie möglich zu halten. So sind an den Stellen, wo die Anordnung von Flansch-

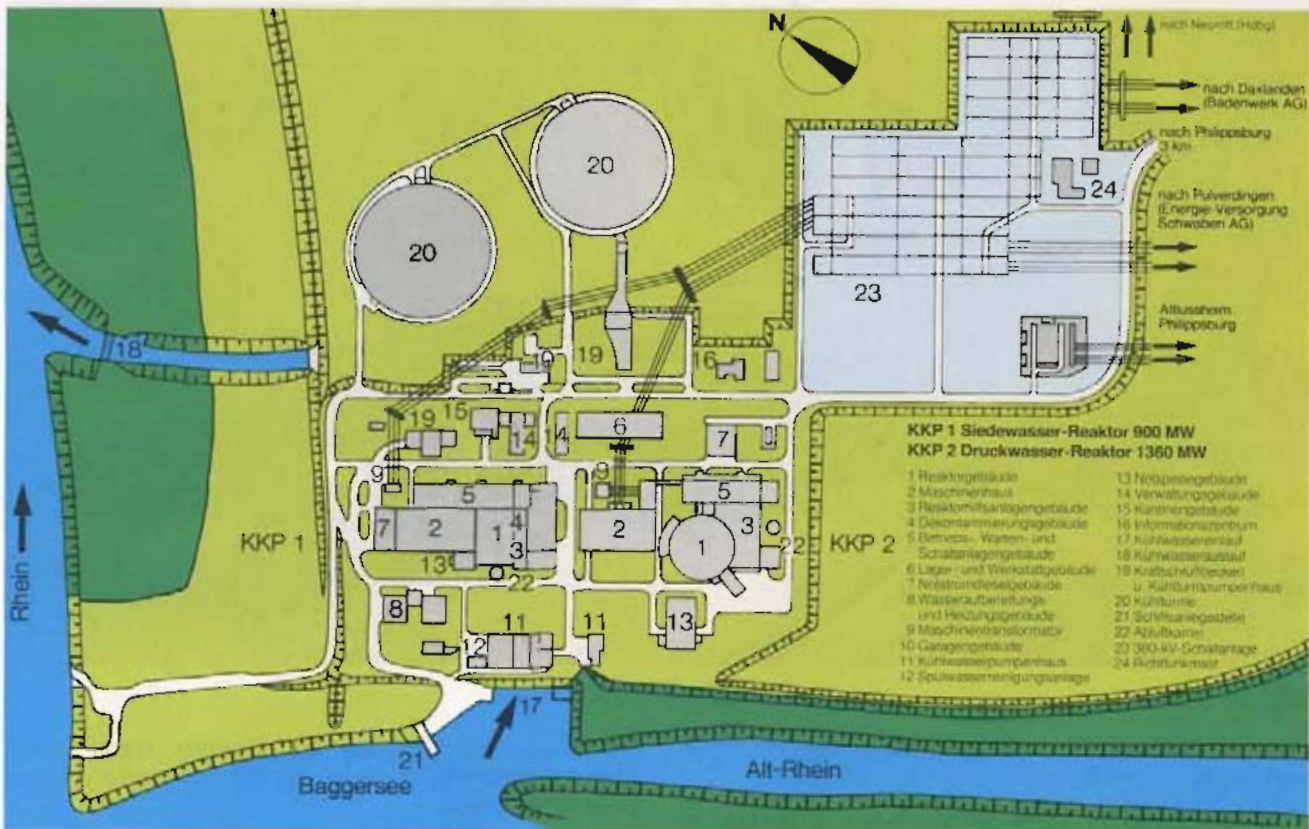


Bild 3

verbindungen unumgänglich war, in deren unmittelbarer Nähe Doppelmuffenstücke (MM-Stücke) vorgesehen worden, um eine ausreichende Beweglichkeit sicherzustellen (Bild 6).

Bereits im KKP 1 sind duktile Gußrohre DN 400 eingesetzt worden.

Nicht zuletzt führten die hierbei gemachten guten Erfahrungen dazu, daß von seiten des Betreibers beim Bau des Kernkraftwerkes KKP 2 wieder die Wahl auf duktile Gußrohre fiel, und zwar in dem eingangs genannten Umfang.

4. Ausführung der Rohre, Formstücke und Zubehörteile

Die Herstellung sowie die Auskleidung der Rohre und Formstücke erfolgte nach besonderen KWU-/TÜV-Richtlinien. Diese Richtlinien basieren auf bestehenden Normen, beinhalten jedoch mehr oder weniger zusätzliche Anforderungen. Die Außenbeschichtung erfolgte aufgrund eines Bodengutachtens mit der Klassifizierung III, stark aggressiv.

Die duktilen **Gußrohre** der Klasse K 10 mit TYS-Schubsicherung sind innen mit Zementmörtel ausgekleidet. Der Muffen-Innenbereich und zum Teil auch der -Außenbereich sowie das Einsteckende der Rohre sind mit Teerepoxidharz beschichtet. Außen sind alle Rohre mit einer Zementmörtel-Umhüllung (Faserzementmörtel-Umhüllung mit Bitumen-Deckbeschichtung) versehen. Die Schweißraupen am Einsteckende sind zum Teil nach dem üblichen Kaltschweißverfahren und darüber hinaus für die höchste Anforderung nach Basissicherheit in einem eigens entwickelten Warmschweißverfahren materialgleich ausgeführt worden.

Bedingt durch die räumliche Konzentration bei der Anordnung der Leitungen und im Hinblick auf die Zielsetzung Erdbebensicherheit, möglichst nur bedingt bewegliche Muffenverbindungen zu verwenden, ergab sich ein extrem hoher Anteil von Glattröhren in Längen ab 0,5 m und von Formstücken.

Bei den Glattröhren gab es zwei Ausführungen: einmal solche mit vorher bekannten Baulängen und zum anderen solche mit Baulängen, die sich durch Maßaufnahme bei der Verlegung ergaben. Beide Ausführungen wurden montagefertig mit Schweißraupen an den Einsteckenden angeliefert.

Die duktilen **Formstücke** PN 16 mit TYS-Schubsicherung haben eine Zementmörtel-Auskleidung. Sie sind ebenfalls – wie die Rohre – im Muffen-Innenbereich und ferner im ganzen Außenbereich mit Teerepoxidharz beschichtet. Bei den F-Stücken sind die Raupen jedoch nicht aufgeschweißt, sondern durch mechanische Bearbeitung am Stück hergestellt worden.

Auch bei den **Zubehörteilen**, wie z.B. bei den Halterungen und Schrauben für die Schubsicherung sowie beim Polyethylen-Schrumpfschlauch für den Verbindungsschutz waren mehr oder weniger konstruktive Maßnahmen erforderlich bzw. besondere Ausführungsdetails zu beachten.

Praktisch jedes Teil wurde nach einem vorher abgestimmten Kennzeichnungsschema, das den Einsatzbereich und die Teil-Nr. beinhaltet, versehen. Ziel dieser Kennzeichnung ist es, den Werdegang eines Teils bis zum Einbau lückenlos aufzeigen und dokumentieren zu können.

Ohne auf die Einzelheiten der Ausführung noch näher einzugehen, kann gesagt werden, daß der Ferti-



Bild 4

gungsablauf vom Hersteller hohe Anforderungen verlangte.

5. Besonderheiten bei der Verlegung der Rohre und Formstücke

Bei der Errichtung eines Kernkraftwerkes arbeiten auf einem flächenmäßig eng begrenzten Raum zeitweise mehr als 3000 Menschen gleichzeitig. Schon allein diese Tatsache macht deutlich, daß von allen Beteiligten viel Umsicht und termingerechtes Arbeiten gefordert wird.

Voraussetzung für die Entnahme der Rohre, Formstücke und Zubehörteile vom Lager auf der Baustelle durch den Verleger war eine vorherige Überprüfung der Ausführung und Dokumentation durch die KWU bzw. durch den TÜV Baden.

Die Verlegung erfolgte auf offener, abgerüttelter Sohle, die mit Basaltsplitt aufbereitet wurde. An den Verbindungsstellen wurden besondere Kopflöcher von ca. 1 m² vorgesehen, um eine ergänzende Sichtkontrolle bei der Druckprüfung vornehmen zu können und anschließend ein problemloses Aufschumpfen des Polyethylen-Schlauches zu ermöglichen.

Die örtlichen Gegebenheiten, u.a. an manchen Stellen der Verlauf mehrerer Leitungen unmittelbar neben- und übereinander, ließen keine Verlegung mittels Bagger zu. Ferner lagen kurze Teilabschnitte mit vielen Umlenkungen und Abgängen vor, so daß der Verleger gleichzeitig an verschiedenen Bereichen präsent sein mußte, um den Baufortschritt sicherzustellen.

Die Anordnung der Leitungen mit der Zielsetzung, möglichst viele Muffenverbindungen zu verwenden, hatte den bereits erwähnten hohen Anteil an Formstücken und Glattrohren zur Folge.

Die Bilder 4 bis 6 zeigen z.B. 2 Leitungen, die unmittelbar nebeneinander verlaufen.

Bild 5 zeigt ferner ein eingebautes Glattrohr mit einem noch nicht aufgeschumpften Polyethylen-

Schlauch, Bild 6 das unmittelbar nach einer Flanschverbindung angeordnete besondere Doppelmuffenstück.

Die Montage der Verbindungen erfolgte im Regelfall mittels Hubzügen und zum Teil mit speziell entwickelten Einrichtungen, wie z.B. bei den kurzen Glattrohren. In allen Fällen ging es darum, Beschädigungen der Teerepoxidharz-Beschichtung bei den Formstücken und Rohren zu vermeiden. Dies erforderte von dem Verleger besondere Erfahrung und Umsicht.

Im Hinblick auf eine zügige Verlegung vor Ort haben sich als günstig herausgestellt: die Vormontage von Formstücken mit Glattrohren auf dem Lager der Baustelle sowie die Anlieferung von Glattrohren und Muffenrohren mit vorgegebenen Baulängen und werkseitig aufgetragenen Schweißraupen.

Bild 5





6. Schlußbemerkung

Die Abwicklung des Auftrages, d.h. die Verwendung von duktilen Gußrohren und Formstücken beim Bau des Kernkraftwerkes Philippsburg, hat von allen Beteiligten hohe Anforderungen und Umsicht verlangt.

Das duktile Gußeisen hat den Beweis angetreten, daß es auch diesen extremen Qualitätsanforderungen gerecht wird.

Veröffentlichung der Bilder mit freil. Genehmigung der Kraftwerk-Union

Bild 6

FGR 33 – Eine Norm für die einheitliche Kennzeichnung duktiler Gußrohre und Formstücke

Von Bernd Heiming

Von alters her ist der Mensch bestrebt, Dinge zu kennzeichnen, sei es zum Zeichnen seines Eigentums, als Unterscheidungsmöglichkeit gleichartiger Dinge oder als Qualitätshinweis. Alle diese Kennzeichnungsarten dienen einer genauen Zuordnung zu Hersteller, Warensorte und Warenart. Um diese Kennzeichnung für den interessierten Personenkreis deutlich zu machen und zu vereinheitlichen, wurde von den deutschen Herstellern von Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen, die in der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (FGR) zusammengeschlossen sind, eine verbindliche Norm erstellt: die FGR-Norm 33. Hierin wird allen Forderungen der einschlägigen DIN-Normen hinsichtlich der Kennzeichnung Rechnung getragen.

Die Norm FGR 33 vom Februar 1983 ist in die Teile 1 bis 3 aufgeteilt, um die in unterschiedlichen Verfahren hergestellten Bauteile genau zu erfassen. So werden behandelt:

In FGR 33 Teil 1

Blatt 1 die Muffenrohre und in
Blatt 2 die Flanschenrohre.

In FGR 33 Teil 2

Blatt 1 die Muffenformstücke und in
Blatt 2 die Flanschenformstücke.

FGR 33 Teil 3 zeigt die bildliche Darstellung hierzu.

In übersichtlicher Weise ist in FGR 33 Teil 1 Blatt 1 die für Muffenrohre aus duktilem Gußeisen übliche Kennzeichnung zusammengefaßt; dabei wird beschrieben, welches Merkmal auf welche Art an-

gebracht und an welcher Stelle des Rohres diese Kennzeichnung zu finden ist. So sind beispielsweise die allgemeinen unveränderlichen Kennzeichen für Werkstoff, Hersteller, Nennweite und Herstelljahr in der Muffe eingegossen, während die Wanddickenklassen auf der Muffenstirn oder auf dem Rohrschaft farblich dargestellt werden, wobei aus der Farbe – rot für Wasser, gelb für Gas und rot bzw. braun für Abwasser – auf das Durchflußmedium hingewiesen wird. Die möglichen Rohraußenschutzarten, wie sie in DIN 30674 in den Teilen 1 bis 4 beschrieben sind, werden auf dem Rohrschaft in weißer oder silberner Farbe in Verbindung mit dem Verbandszeichen DIN gekennzeichnet.

Bei den Flanschenrohren aus duktilem Gußeisen wird nach der Anbringungsart der Flansche unterschieden. Unter Abschnitt 1 werden in FGR 33 Teil 1 Blatt 2 die Rohre mit angeschweißten oder aufgeschweißten Flanschen – FFS-Rohre – behandelt und im Abschnitt 2 die Rohre mit angegossenen Flanschen, kurz FFG-Rohre genannt.

Bei den FFS-Rohren ist das Herstellerzeichen und die Nennweite auf der Flanschrückseite eingegossen. Die Druckstufe, für die die Flansche nach DIN 28604 bis DIN 28607 ausgelegt sind, ist bei FFS-Rohren entweder auf der Flanschrückseite eingegossen oder wird – wie die Rohrlänge – auf den Rohrschaft aufgeschrieben.

Bei den Flanschenrohren mit angegossenen Flanschen findet man diese Kennzeichnungen auf dem Rohrschaft oder an einem Flanschübergang angegossen. Da diese Rohre modellabhängig in Standardlängen gefertigt werden, kann die Angabe der Rohrlänge ebenfalls angegossen werden.

Bei den im Sandguß hergestellten Muffenformstücken (siehe FGR 33 Teil 2 Blatt 1) und Flanschenformstücken (siehe FGR 33 Teil 2 Blatt 2) werden alle wesentlichen Kennzeichnungen auf dem Schaft angegossen. Lediglich die Formstücke, die für den Einsatz in Gasleitungen vorgesehen sind, erhalten nach bestandener Prüfung zusätzlich eine gelbe Farbmarkierung, aus der auch der zulässige Druckstufenbereich abzulesen ist.

In FGR 33 Teil 3 sind nun die hier pauschal abgehandelten Kennzeichnungen in Beispielen bildlich dargestellt.

Mit dieser FGR-Norm ist eine wesentliche Vereinfachung und Vereinheitlichung der Kennzeichnung von Rohrleitungsteilen aus duktilem Gußeisen erreicht worden, die sowohl dem Verleger an der Baustelle, dem Händler auf dem Lager als auch dem Hersteller bei der Zusammenstellung von Kommissionen der unterschiedlichsten Bauteile von Nutzen ist.

**Kennzeichnung von Rohren und Formstücken
aus duktilem Gußeisen
Muffenrohre**

**FGR 33
Teil 1
Blatt 1**

Grundsätzlich gelten die Festlegungen zur Kennzeichnung von Rohren aus duktilem Gußeisen in DIN 28600, DIN 19690 sowie DIN 30674 Teil 1 bis Teil 4.

Es gelten folgende Festlegungen:

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

Merkmale	Klasse K	art	Markierungs- farbe	lage	
Werkstoff		3 Kerben oder 3 Punkte	–	auf der Muffenstirn	
			–	in der Muffe eingegossen	
Kenndaten		Herstellerzeichen Herstellungsjahr Nennweite	–	in der Muffe eingegossen	
Durchflußmedium	7	4 Striche	rot	Muffenstirn	
	8	3 Striche	rot		
	9	2 Striche	rot		
	10	keine	–		
	Wasser	11	K 11	rot	Muffenstirn oder auf dem Schaft
		12	K 12	rot	
	Gas bis 4 bar	8	3 Striche	gelb	Muffenstirn
		9	2 Striche	gelb	
		10	1 Strich	gelb	
	Gas > 4 bis 16 bar	9	2 Striche	gelb	Muffenstirn; zusätzlich 1 umlaufender Ring hinter der Muffe, ca. 5 cm breit
10		1 Strich	gelb		
Abwasser	7	mind. 20 cm langer Strich	rot	Muffenstirn	
		–	braun	ggf. zusätzliche Kennzeichnung	
Außenschutz	Polyethylen	DIN-PE	weiß oder silber	auf dem Schaft	
	Zementmörtel	DIN-ZM			
	Zink + Bitumen	DIN-Zn			
	Bitumen	DIN-Bt			

Kennzeichnung von Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen Flanschenrohre

FGR 33
Teil 1
Blatt 2

1. FFS-Rohre

Merkmal	Markierungsart	Markierungslage
Nenndruckstufen PN 10 ¹⁾	ohne	—
16 ¹⁾ 25 ²⁾ 40 ²⁾	eingegossen	Flanschrückseite
Länge	aufgeschrieben	Rohrschaft
Herstellerzeichen Nennweite	eingegossen	Flanschrückseite
Herstellungsjahr	aufgeschrieben	Rohrschaft
	eingegossen oder	Flanschrückseite

2. FFG-Rohre

Nenndruckstufen PN 10 ³⁾	ohne	—
16 ^{1) 3)} 25 ²⁾ 40 ²⁾	aufgegossen	auf dem Rohrschaft oder Flanschenübergang
Länge	aufgegossen	Rohrschaft
Herstellerzeichen Nennweite Werkstoff Herstellungsjahr	aufgegossen	Rohrschaft

¹⁾ Bis DN 300 einschl. entfällt die ein- oder aufgegossene Druckstufenangabe. Statt dessen wird die Druckstufe aufgeschrieben.

²⁾ Bis DN 100 einschl. entfällt die ein- oder aufgegossene Druckstufenangabe. Statt dessen wird die Druckstufe aufgeschrieben.

³⁾ Rohre für Gasleitungen >4 bar bis 16 bar erhalten hinter einem Flansch einen ca. 5 cm breiten umlaufenden gelben Ring.

Kennzeichnung von Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen Muffenformstücke

FGR 33
Teil 2
Blatt 1

Grundsätzlich gelten die Festlegungen zur Kennzeichnung von Formstücken
aus duktilem Gußeisen in DIN 28 600 und DIN 19 690

Es gelten folgende Festlegungen:

Merkmal	art	Markierungs- lage
Werkstoff	3 Punkte aufgegossen	auf dem Schaft
Herstellerzeichen Nennweiten Jahreszahl ¹⁾	Kurzzeichen aufgegossen	auf dem Schaft
Gas bis 4 bar	1 gelber Strich	Muffenstirn
Gas >4 bis 16 bar	1 umlaufender gelber Ring, ca. 5 cm breit	hinter der Muffe
Zentri-Winkel	11; 22; 30; 45 aufgegossen	auf dem Schaft
Zusätzliche Kennzeichnung	z.B. Kom.-Nr. aufgegossen oder farblich aufgebracht	Muffenstirn oder auf dem Schaft

¹⁾ Bis DN 300 einschl. kann die Angabe des Herstellungsjahres entfallen.

Kennzeichnung von Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen Flanschenformstücke

FGR 33
Teil 2
Blatt 2

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

Merkmal	art	Markierungs- lage
Werkstoff	3 Punkte aufgegossen	Flanschübergang oder Schaft
Herstellerzeichen Nennweiten Jahreszahl ¹⁾	Kurzzeichen aufgegossen	auf dem Schaft
Nenndruckstufen PN 10	ohne	—
16 ²⁾ 25 ³⁾ 40 ³⁾	aufgegossen	auf dem Schaft oder Übergang Schaft/Flansche
bis 4 bar	1 gelber Strich	auf der Flanschvorderseite
Gas	>4 bar bis 16 bar	1 gelber Ring ca. 5 cm breit
Zentri-Winkel	11; 22; 30; 45 aufgegossen	auf dem Schaft
Zusätzliche Kennzeichnung	z.B. Kom.-Nr. aufgegossen oder farblich aufgetragen	auf dem Schaft

¹⁾ Bis DN 300 einschl. kann die Angabe des Herstellungsjahres entfallen.

²⁾ Bis DN 300 einschl. entfällt die Angabe der Druckstufe. Statt dessen wird die Druckstufe aufgeschrieben.

³⁾ Bis DN 100 einschl. entfällt die Angabe der Druckstufe. Statt dessen wird die Druckstufe aufgeschrieben.

**Kennzeichnung von Rohren und Formstücken
aus duktilem Gußeisen
Bildliche Darstellungen**

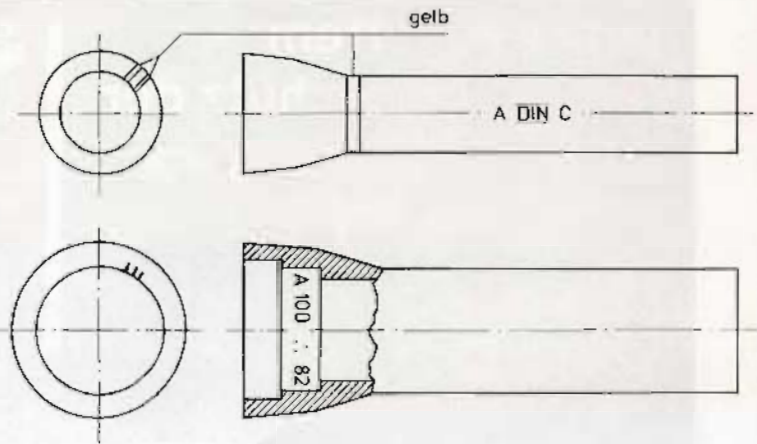
FGR 33
Teil 3

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

Muffenrohre

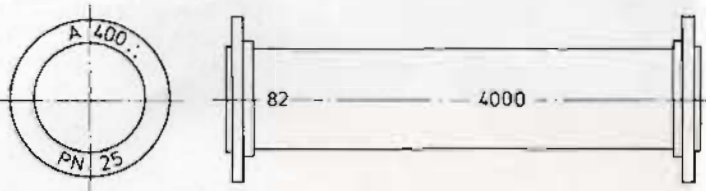
Gas >4 bis 16 bar
Umhüllungsart C
Wanddickenklasse K 9

Herstellerzeichen A
Nennweite DN 100
Werkstoff
Herstellungsjahr 82



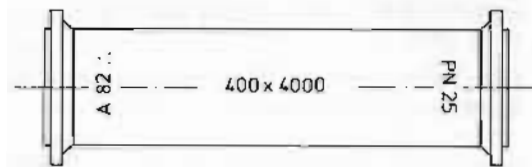
Flanschenrohr FFS

Hersteller A
Nennweite DN 400
Werkstoff
Nenndruckstufe PN 25
Länge 4000
Herstellungsjahr 82



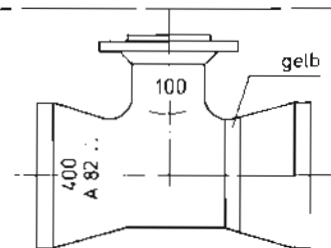
Flanschenrohr FFG

Hersteller A
Nennweite DN 400
Werkstoff
Nenndruckstufe PN 25
Herstellungsjahr 82



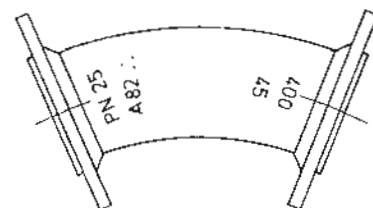
Muffenformstück
MMA 400 x 100

für Gas >4 bis 16 bar
Hersteller A
Werkstoff
Herstellungsjahr 82



Flanschenformstück FFK 45°

Hersteller A
Nennweite DN 400
Werkstoff
Nenndruckstufe PN 25
Herstellungsjahr 82



Duktile Gußrohre mit Polyethylen-Umhüllung und integriertem Verbindungsschutz der Muffenverbindung von DN 100 bis DN 400

Von Jürgen Rammelsberg

1. Ausgangssituation

Zum Ende der siebziger Jahre wurden Korrosionsschutz-Überzüge für duktile Gußrohre weiterentwickelt, die in Böden jeglicher Aggressivität entsprechend DVGW-Arbeitsblatt GW 9 [1] einsetzbar sind.

Bei der inzwischen genormten PE-Umhüllung (DIN 30674 Teil 1, September 1982) [2] sowie der ZM-Umhüllung (DIN 30674 Teil 2, Entwurf November 1982) [3] reicht der Korrosionsschutz von der Muffenstirn bis kurz vor den Dichtbereich des Einsteckendes. Das Einsteckende und die Muffenstirn sind nicht beschichtet, so daß eine baustellenseitige Nachisolierung des Verbindungsbereiches zur lückenlosen Isolierung der Rohrleitung erforderlich wird (Bild 1).

Bei Gußrohren mit PE-Umhüllung hat diese Nachisolierung mehrere Anforderungen zu erfüllen:

- Anforderungen entsprechend DIN 30672 [4] mit insbesondere hohen Werten für den Umhüllungswiderstand
- Haftfestigkeit auf der duktilen Gußrohroberfläche bzw. auf der im Werk aufgetragenen Rohrumhüllung
- möglichst hohlraumfreie Anlage über die gestufte Kontur der Muffenverbindung
- Aufnahme von Längsverschiebungen und Abwinkelungen der Muffenverbindung ohne Verlust des Umhüllungswiderstandes
- Zusätzlich soll die Nachisolierung einfach und sicher auch unter erschwerten Umweltbedingungen (Nässe, Schmutz), aufzubringen sein.

Hierzu haben sich unter anderem Schrumpfschläuche oder Schrumpfbänder aus vernetztem Polyethylen bewährt, die dieses Anforderungsprofil zufriedenstellend erfüllen. Sie werden mittels Propangasflamme warm auf den Verbindungsbereich aufgeschumpft.

In speziellen Prüfungen, die zusätzlich zu den in DIN 30672 beschriebenen Tests zu bestehen waren, wurde sichergestellt, daß die auf dem Markt

angebotenen Schrumpfschlauchtypen auch die gußrohrspezifischen Anforderungen erfüllen. Dabei wurde besonders die Aufrechterhaltung eines Umhüllungswiderstandes von $> 10^6 \Omega \cdot \text{m}^2$ nach je 50 Längsverschiebungen und Abwinkelungen des Einsteckendes in der Muffe gefordert.

In den ersten 4 Jahren seit der Einführung der PE-Umhüllung duktiler Gußrohre wurde diese Nachisolationstechnik ohne nennenswerte Probleme eingesetzt [5], [6], [7], jedoch mehrten sich die Stimmen, die eine weniger aufwendige, aber ebenso sichere Lösung forderten. Diese Forderung war Anlaß zur Entwicklung eines PE-umhüllten Gußrohres mit integriertem Verbindungsschutz.

Der vorliegende Beitrag befaßt sich mit der konstruktiven Gestaltung, der Fertigungstechnik, den technischen Funktionsnachweisen sowie mit der speziellen Montagetechnik dieser Langmuffe mit Verbindungsschutz, bei der eine nachträgliche Isolierung des Verbindungsbereiches entfällt.

2. Konstruktive Gestaltung

Ausgangspunkt der Entwicklung war die bewährte Steckmuffen-Verbindung System TYTON® in der Ausführung B der DIN 28603 [8], die als „TYTON-Langmuffe“ besonders in Gebieten eingesetzt wird, wo größere Erdsetzungsbewegungen auftreten. Die in DIN 28603 veröffentlichten Verbindungsmaße – Durchmesser von Muffeneingang und Einsteckende sowie die dazu gehörenden Toleranzen – lassen die Montage eines durchgehend mit Polyethylen beschichteten Einsteckendes nicht zu, weil die in DIN 30674 Teil 1 festgelegte Mindestschichtdicke z. B. bei DN 100 mindestens 1,8 mm betragen muß und dadurch der Rohraußendurchmesser zu groß wird.

Um ein durchgehend mit PE umhülltes Einsteckendes montierbar zu machen, wurde im ersten Schritt der Durchmesser des Muffeneingangs um die doppelte PE-Schichtdicke vergrößert, so daß die Montierbarkeit gewährleistet war. Zur Vermeidung einer übergroßen Dichtringkompression wurde dann der Dichtwulstdurchmesser des TYTON-Ringes um einen Teil der PE-Schichtdicke verringert.

Bild 1: Duktiles Gußrohr mit TYTON®-Langmuffen-Verbindung, PE-Umhüllung nach DIN 30674 Teil 1 und Nachisolierung durch Schrumpfschlauch aus vernetztem Polyethylen

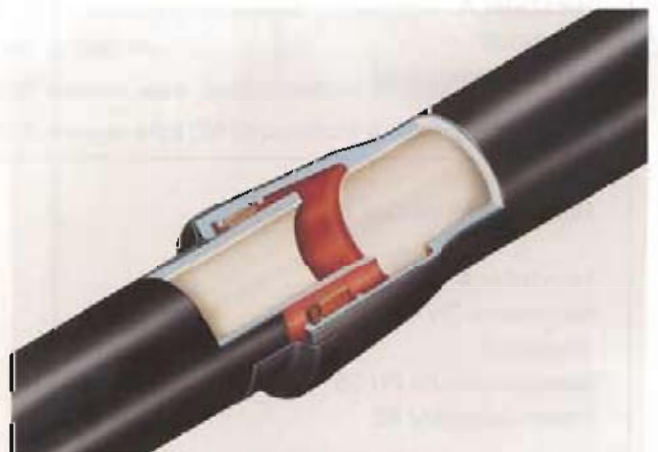




Bild 2: Duktiles Gußrohr mit PE-Umhüllung und integriertem Verbindungsschutz der Muffenverbindung

In einem dritten Schritt der konstruktiven Überlegungen wurde der Muffeneingang noch einmal geringfügig erweitert, um in dem entstehenden Spalt Platz für den im Bild 2 dargestellten Fortsatz des Dichtringes aus Naturkautschuk zu schaffen. Der Fortsatz umgreift die Muffenstirn und ist werkseitig bereits mit der PE-Umhüllung verklebt, so daß aggressive Bodenbestandteile keinen Zugang zur Muffe des Gußrohres finden.

Die beschriebene Lösung (patentrechtlich geschützt unter Nr. 2855646), das duktile Gußrohr mit PE-Umhüllung und Verbindungsschutz, wird im folgenden Text kurz Rohr mit Verbindungsschutz genannt.

3. Fertigungstechnische Besonderheiten

Das abgeänderte Muffenprofil wird durch einen besonderen Muffenkern in einer Normalkokille erzeugt. Die Rohre durchlaufen den betriebsüblichen Herstellprozeß und werden in gewohnter Weise wärmebehandelt, geputzt, geprüft und innen mit Zementmörtel ausgekleidet. Nach der Reifung der ZM-Auskleidung wird das Muffeninnenprofil mit Bitumenlack gestrichen.

Unmittelbar vor Einlauf in die PE-Schlauchbeschichtungsanlage (DN 100 bis DN 400) wird der spezielle Dichtring in die Muffe eingelegt. Bei der in [9] eingehend beschriebenen Technik der Polyethylen-Umhüllung wird der mit flüssigem Kleber von innen beschichtete PE-Schlauch auf das Rohr

aufgezogen. Er verklebt sich dabei fest und dicht mit der zur Muffenaußenkontur bündig liegenden, zylindrischen Dichtringaußenfläche. Die PE-Umhüllung der fertigen Rohre wird an den Enden beschnitten; an der Muffe bleibt ein Überstand von 5 bis 10 mm bestehen, der einen gewissen Längsschrumpf beim Abkühlen oder bei der Lagerung ausgleicht.

Das Polyethylen am Einsteckende wird bündig mit dem Rohrende abgeschnitten, wobei eine Fase am PE den Rundungsradius des Rohres fortsetzt. Nach einer Endkontrolle des gesamten Rohres werden die Rohrenden mit Kappen aus Polyethylen verschlossen.

4. Funktionsnachweise

Die Modifizierung einer bewährten Konstruktion erfordert umfangreiche Nachweise dafür, daß

- die Modifizierung das gewünschte Ergebnis sicherstellt (hier den Korrosionsschutz) und
- der traditionelle Verwendungszweck des Produktes trotzdem möglichst ungeschmälert weiter bestehen bleibt.

Im folgenden Abschnitt werden die Nachweis-Experimente beschrieben, die teilweise in eigenen, aber auch bei gutachtlich nachzuweisenden Prüfungen in fremden Laboratorien durchgeführt wurden.

4.1 Einschubkräfte bei der Verbindungsmon- tage

Die Einschubkräfte von Steckmuffen-Verbindun- gen hängen im wesentlichen von der aufzubringen- den Kompressionsarbeit am Dichtwulst ab; Rau- higkeitseinflüsse werden durch geeignete Gleitmit- tel weitgehend aufgehoben.

Tabelle 1: Einschubkräfte in Abhängigkeit von den Dichtspaltverhältnissen bei der Steckmuffen-Verbindung TYTON® und dem Verbindungsschutz

DN	Einschubkräfte in kp			
	TYTON®-Spalt		Verbindungsschutz- Spalt	
	min.	max.	min.	max.
100	320	50	500	100
200	1200	350	1700	300
400	1800	700	2200	600

Tabelle 1 zeigt, daß im Bereich von Maximalspalten, wo die Dichtringverpressung relativ niedrig ist, die Einschubkräfte beim Vergleich beider Systeme etwa in derselben Größenordnung liegen. Bei den Minimalspalten sind die Einschubkräfte des Verbindungs- schutzes höher als beim TYTON-System, weil in diesem Extremfall der Hartgummiteil des Dichtringes zusätzlich zwischen Zentrierbund und Einsteckende verpreßt werden muß. Diese gering- fällig höhere Einschubkraft läßt sich jedoch, wie Verlegeversuche gezeigt haben, mit den gebräuch- lichen Verlegegeräten mühelos aufbringen.

4.1.1 Verlegung bei hohen Temperaturen

Sowohl Polyethylen als auch der bei der PE-Umhül- lung eingesetzte Mittelhartkleber sind Thermo- plaste, deren mechanische Festigkeit mit zuneh- mender Temperatur abnimmt. Die PE-Umhüllung des Einsteckendes könnte beim Einschieben in den trichterförmig ausgebildeten Dichtring axial gestaucht werden. Eine Verschiebung des Poly- ethylens auf dem Einsteckende, wie sie im Bild 3 skizziert ist, tritt selbst unter extrem enger Tole- ranzlage der Muffenverbindung erst bei einer Rohrtemperatur von etwa 70°C auf. Diese Rohr- temperatur wurde selbst unter extrem hochsom- merlichen Verhältnissen in Deutschland noch nicht erreicht. Die höchste bisher gemessene Rohroberflächentemperatur bei direkter Sonnen- einstrahlung auf dem Rohrlager lag bei 60°C und einer Lufttemperatur von 40°C im Schatten.

4.2 Funktionsfähigkeit des Verbindungsschutz- zes

Um sicherzustellen, daß unter extrem ungünstigen Verhältnissen (Maximaltoleranz des Verbindung- spaltes, dezentrierte Einbaulage) der Verbindungs- schutz den hohen Anforderungen des Rohrnetzbe- triebes genügt, wurden umfangreiche Versuchsrei- hen durchgeführt, deren wichtigste Ergebnisse in

Tabelle 2: Versagen von dezentrierten max. Spalt- verbindungen bei Wasserinnendruck für die Nennweiten DN 100 bis DN 400

DN	Dezentrier- kraft kp	Dezentrier- weg aus zentrischer Lage mm	Versagens- druck bar	max. Be- triebsdruck bar
100	1 000	2,0	160	25
150		3,1		25
200	4 000	2,7	> 100	25
300				20
400	5 200	2,5	> 40	16

Tabelle 2 zusammengefaßt sind. Daraus geht her- vor, daß die für die Nennweiten DN 100 bis DN 400 gewählten Nenndruckstufen einen großen Sicher- heitsabstand von den experimentell nachgewiese- nen Funktionsgrenzen besitzen.

Die bei der im Bergsenkungsgebiet bewährten TYTON-Langmuffe geforderte Beweglichkeit der Muffenverbindung wurde bei der Entwicklung der Muffenverbindung mit Verbindungsschutz voll bei- behalten.

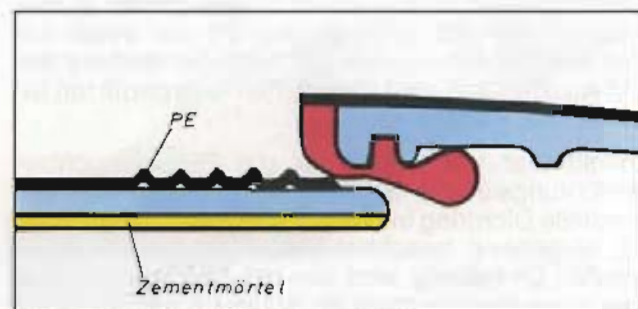
Tabelle 3: Längsbeweglichkeit und Abwinkelbar- keit der Steckverbindung mit integrier- tem Verbindungsschutz

DN	Längsverschiebung des Einsteckendes mm	Abwinkelbarkeit der Verbindung grd
100	60	5
150	63	5
200	65	5
250	68	5
300	69	5
400	73	4

Die Länge der hinter der Dichtkammer angeordne- ten „Abwinkelungskammer“ (Tabelle 3) ermöglicht Verschiebungen in Längsrichtung; dabei können die erwarteten Wege für Zerrungen oder Pressun- gen in der genannten Kammer vorgehalten werden.

Die bei der bewährten TYTON-Langmuffe mögli-

Bild 3: Zusammenschieben der PE-Umhüllung bei minimalem Spalt und bei einer Rohrtempe- ratur von 70°C



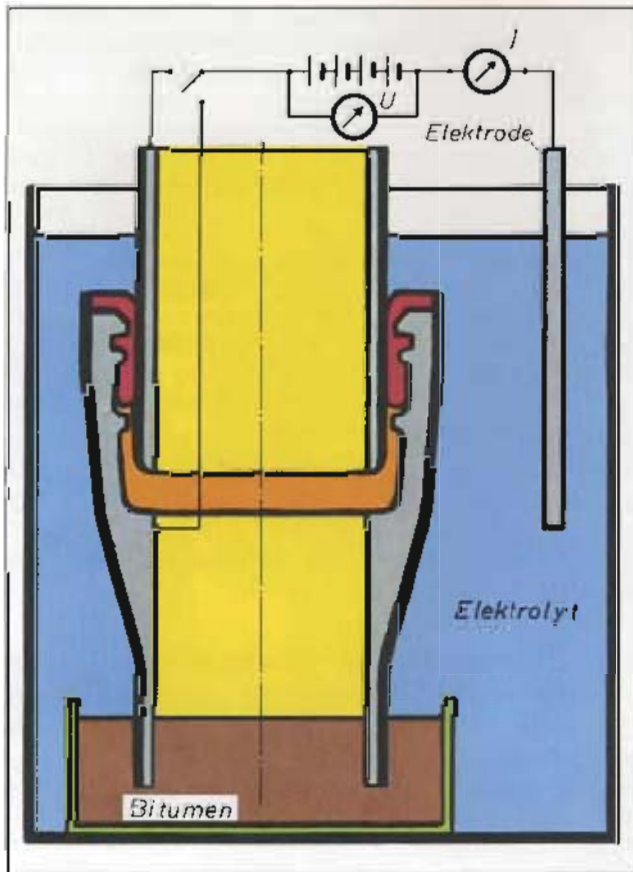


Bild 4: Meßanordnung des spezifischen Umhüllungswiderstandes von Muffenverbindungen mit PE-Umhüllung und Verbindungsschutz

che Abwinkelbarkeit ist durch eine geringfügige Öffnung des Durchmessers der Rippe zwischen Dicht- und Abwinkelungskammer auf das PE-umhüllte Einsteckende eingestellt worden. Die zulässigen Winkel, die bei der Rohrverlegung zur Einsparung von Bögen ausgenutzt werden dürfen, sind ebenfalls in Tabelle 3 aufgeführt.

4.3 Nachweis der Schutzwirkung gegenüber äußeren Korrosionsangriffen

Die bisher praktizierte, baustellenseitig aufzubringende Verbindungsisolierung richtete sich neben den gußrohrspezifischen Gegebenheiten nach den Anforderungen der DIN 30672.

Nach Abschnitt 4.2.6 wurden für die Nachumhüllung von PE-umhüllten Gußrohrverbindungen der spezifische Umhüllungswiderstand mit der Beanspruchungskategorie C ($> 10^8 \Omega \cdot \text{m}^2$) sowie nach Abschnitt 4.2.3 die Schälfestigkeit mit der Beanspruchungskategorie A (2 N/cm Schälfestigkeit) festgelegt. Für die neuentwickelte Gußrohrverbindung mit integriertem Verbindungsschutz war die Beibehaltung dieser Eigenschaften gefordert und in geeigneter Weise nachzuweisen.

4.3.1 Spezifischer Umhüllungswiderstand

Für die Messung des Umhüllungswiderstandes beim Engler-Bunte-Institut wurden statt der elektronenleitfähigen rußgefüllten Dichtringe elektrisch nicht leitende Dichtringe eingesetzt.

Die Muffenverbindungen von ca. 80 cm Länge wurden entsprechend DIN 30674 Teil 1, Abschnitt 5.9 geprüft. Das Muffenrohr wurde mit Bitumen vergossen; der Widerstand von eingeschobenem Einsteckende und Muffenrohr konnte getrennt gemessen werden. Eine schematische Darstellung der Meßanordnung gibt Bild 4 wieder.

Als Elektrolytlösungen wurden neben der in der Norm vorgeschriebenen 0,1 M NaCl-Lösung auch 0,1 M Salzsäure und 0,1 M Natronlauge eingesetzt, da in der Praxis saure und alkalische Bodenlösungen auftreten können und hier im Gegensatz zur zitierten Norm auch der Kleber geprüft werden sollte, der u. U. durch nicht neutral reagierende Lösungen eher angegriffen werden könnte.

Die spezifischen Umhüllungswiderstände der Muffen und Einsteckenden in den verschiedenen Elektrolytlösungen wurden über einen Zeitraum von 100 Tagen regelmäßig gemessen. Dabei lagen sämtliche Werte über dem geforderten Grenzwert von $10^8 \Omega \cdot \text{m}^2$.

Die Klebezone zwischen Dichtring und PE-Umhüllung, die hierbei primär geprüft werden sollte, wurde durch die aufgeführten Elektrolytlösungen in 100 Tagen nicht beeinträchtigt.

Der weitgehend konstante Verlauf der Meßwerte über die gesamte Prüfzeit läßt einen gleichbleibend hohen Umhüllungswiderstand des Verbindungsschutzes über mehrere Jahrzehnte erwarten, wie er auch für die Rohrumhüllung aus PE erfahrungsgemäß gegeben ist.

4.3.2 Schälfestigkeit der Verklebung zwischen PE und Gummi

Der gleichbleibend hohe Umhüllungswiderstand des Verbindungsschutzes von $> 10^8 \Omega \cdot \text{m}^2$ ist dann gewährleistet, wenn die Verklebung zwischen PE und Dichtringaußenfläche durch Kräfte, die bei Transport, Lagerung, Montage und Erdsetzungen auftreten können, nicht geschädigt wird.

Die Höhe der Schälfestigkeit zwischen PE und Gummi wird durch eine spezielle Vorbehandlung der Klebefläche des Dichtringes erzielt und analog der Schälfestigkeit nach DIN 30674 Teil 1, Abschnitt 5.5, Prüfverfahren I ermittelt. Die PE-Umhüllung wurde so eingeschnitten, daß ein auf dem Dichtring haftender Streifen von 10 mm Breite abgezogen werden konnte. Die Abzugsgeschwindigkeit betrug 10 mm/min.

Zwischen der außen liegenden Stirnfläche der Dichtringe und der PE-Umhüllung bildet sich ein Wulst aus abgestreiftem oder herausgepreßtem Mittelhart-Schmelzkleber, der bei den Messungen mit erfaßt wurde. Der positive Einfluß dieses Wulstes auf die Verklebung wurde bei der Auswertung nicht eliminiert.

In der Tabelle 4 sind die Meßwerte von insgesamt 17 Muffen zusammengestellt, deren Schälfestigkeit

- in frischem Zustand
- nach einer Alterung von 10 Tagen bei 50°C warmer Luft

Tabelle 4: Schälfestigkeit zwischen PE und Gummi, gemessen an frischen und verschieden gealterten Prüfstücken

Prüfstück	Schälfestigkeit PE/Gummi in N/cm		
	Mindestwert	Höchstwert	Mittelwert
frisch	24	71	42
	14	83	43
	22	76	43
	36	94	60
	33	76	58
gealtert 10 Tage in Luft bei 50°C	28	78	38
	37	63	50
	20	70	40
	15	74	35
gealtert 100 Tage in Luft bei 23°C	16	77	43
	26	65	44
	13	45	25
	22	63	42
Lagerung 100 Tage in 0,1 M Na OH bei 23°C	17	88	49
	15	47	31
	20	58	39
	24	54	42
DIN 30672 C	4		

- nach einer Lagerung von 100 Tagen bei 23°C warmer Luft (Normalklima)
- nach einer Lagerung von 100 Tagen in 0,1 M Natronlauge

bestimmt wurde. Die Haftfestigkeit in N ist für die 10 mm breite Verklebungszone zwischen PE-Umhüllung und Dichtring angegeben, wobei diese Werte durch den Klebewulst teilweise erhöht wurden. In der Tabelle sind daher neben den Mittelwerten auch Minimal- und Maximalwerte aufgeführt, wobei gemäß DIN 30672 Abschnitt 5.5.3 die ersten und letzten 20 mm nicht gewertet wurden.

Sämtliche Werte liegen weit über den nach DIN 30672 Abschnitt 4.2.3 für die Schälfestigkeit von Korrosionsschutzumhüllungen auf Werksumhüllungen in der Beanspruchungsklasse C geforderten Mindestwerten von 4 N/10 mm Streifenbreite, die hier vergleichsweise als Anforderungen für die Haftfestigkeit der PE-Umhüllung auf einem hochmolekularen Produkt herangezogen werden könnten. Die Schälfestigkeit übertrifft sogar den in DIN 30672 für die Haftfestigkeit von Korrosionsschutzumhüllungen auf der Stahloberfläche geforderten Mindestwert von 8 N/10 mm Streifenbreite (Beanspruchungsklasse C) und liegt im Mittel auch noch über der nach DIN 30674 Teil 1 für den Schälwider-

stand der PE-Umhüllung auf der Rohroberfläche geforderten Grenze von 20 N/10 mm Streifenbreite. Dabei wurde auch noch die Zusatzanforderung erfüllt, daß die zur Mittelwertbildung benutzte Meßkurve kein Streckenelement von 20 mm Länge enthalten darf, bei dem die mittlere Abzugskraft den geforderten Sollwert von 20 N/10 mm um mehr als 25% unterschreitet.

Ein negativer Einfluß auf die Schälfestigkeit nach 100-tägiger Lagerung in 0,1 M Natronlauge, durch die die Einwirkung alkalischer Bodenlösungen in einem verschärften Test geprüft wurde, ließ sich ebensowenig wie eine Veränderung der Schälfestigkeit durch die anderen beschriebenen Alterungsbedingungen feststellen.

Eine Beeinträchtigung des hohen Korrosionsschutzwertes durch äußere Kräfte, wie sie bei sachgerechten Transport-, Behandlungs- und Montagebedingungen auf die Verbindung einwirken können, ist nicht zu befürchten.

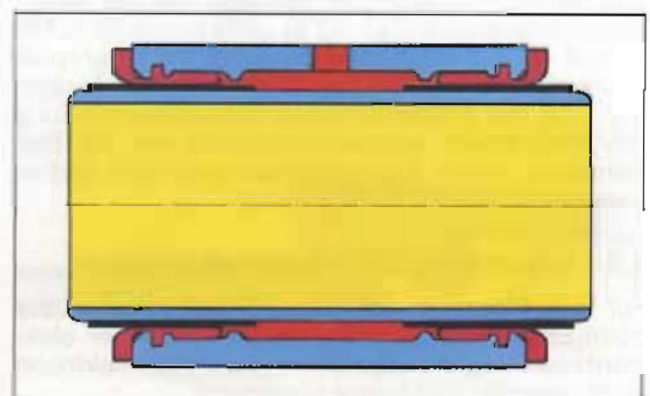
4.3.3 Sicherheit des Einsteckendes gegen Unterwanderung

Die bis in den wasserführenden Muffenraum hineinragende Polyethylen-Umhüllung des Einsteckendes ist langfristig Bedingungen ausgesetzt, die zu einem Haftungsverlust führen können. Kunststoffumhüllungen von erdverlegten Rohrleitungen können infolge von Diffusionsvorgängen von Wasserdampf- und Sauerstoffmolekülen durch die Umhüllung hindurch ihre anfangs gute Haftfestigkeit verlieren. Der ungünstigste Fall würde in einer völligen Enthftung der Umhüllung bestehen, wobei das unter Druck stehende Wasser sogar bis zur Lage des Dichtringsitzes zwischen Umhüllung und Rohrwerkstoff vordringen dürfte. Die Polyethylen-Umhüllung muß in diesem Fall gemeinsam mit dem Dichtwulst des modifizierten TYTON-Ringes als zusammengesetztes Dichtteil fungieren. Eine Dichtheitsprüfung an vollständig enthfteten Prüfstücken sollte dieses Verhalten simulieren.

Zur Enthftung wird über einen Temperaturgradienten von 50°C in der Umhüllung ein Diffusionsstrom von Wasserdampfmoekülen erzeugt, die an der gekühlten Rohrwand kondensieren.

Hierzu fließt durch das Rohrinne ein ständiger Kühlwasserstrom mit einer Eintrittstemperatur von ca. 10°C, während die PE-Umhüllung von etwa

Bild 5: Prüfstück für Dichtheitsversuch mit enthfteter PE-Umhüllung



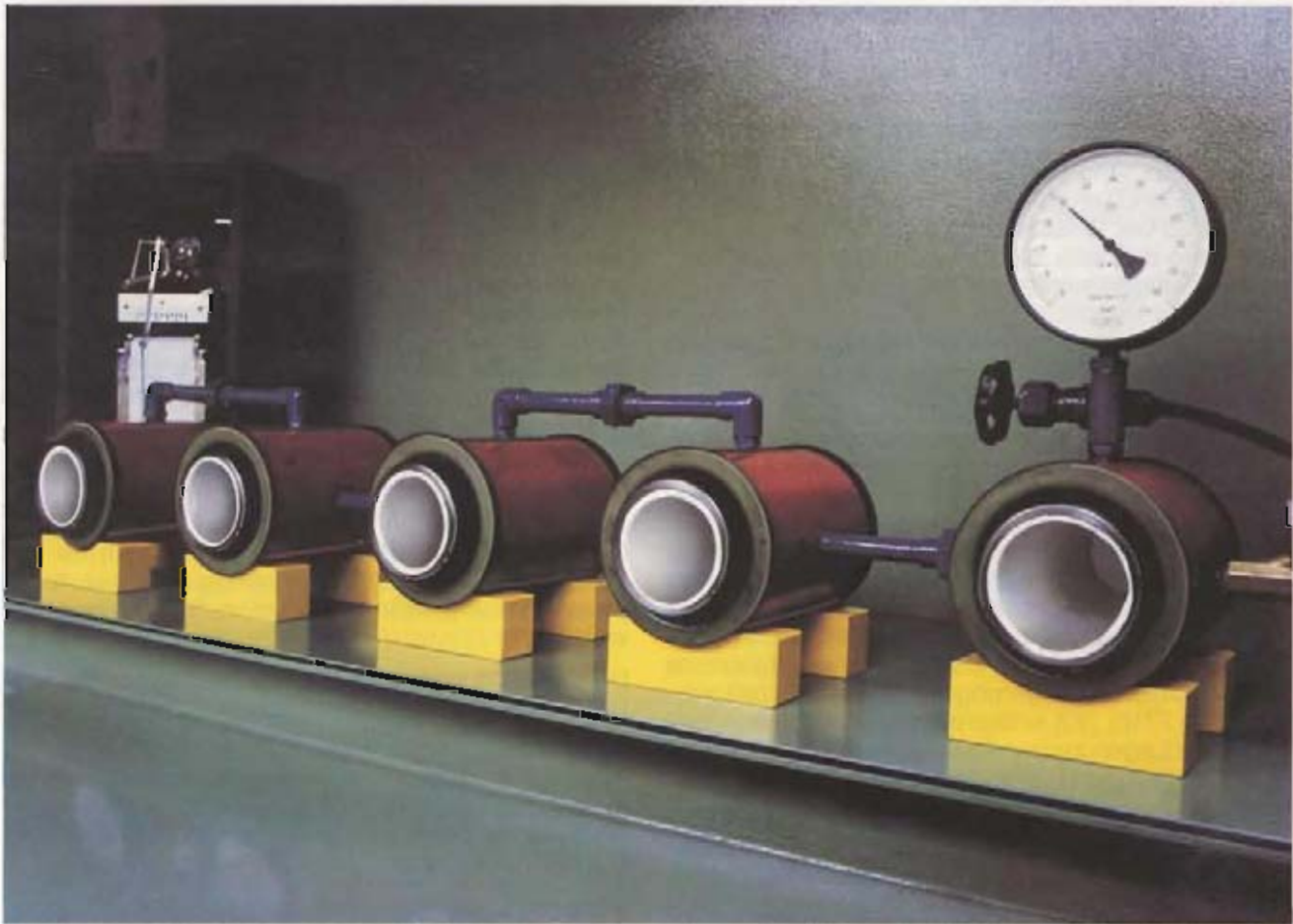


Bild 6: PE-Verbindungsschutz: Dauerversuchsaufbau

60°C warmem Wasser umgeben ist. Durch diese Maßnahmen tritt nach 5 bis 6 Wochen eine vollständige Enthaftung ein. Dabei bleibt der Kleber am Polyethylen haften, während die Metalloberfläche bei einem Schälversuch rückstandslos sauber bleibt.

Derart enthaftete Rohrabschnitte wurden in der in Bild 5 und Bild 6 dargestellten Versuchsanordnung 14 Tage unter Wasserinnendruck von 16 bar gehalten; die außerhalb des Dichtringes liegenden Umhüllungsenden wurden täglich mehrfach auf beginnende Wasserdurchtritte abgesucht, ohne daß die geringste Feuchtigkeitsspur entdeckt werden konnte.

Nach Ablauf dieser Versuchszeit wurden die Prüf-

Tabelle 5: Dichtheitsprüfung an Rohrstücken mit enthafteter PE-Umhüllung

Prüf- stück Nr.	Wasser- austritt am Rohrende	Unterwanderung der enthafteten PE-Umhüllung	
		vor dem Dichtring	hinter dem Dichtring
1	nein	nein	nein
2	nein	2x2 mm Rohr/Kleber 5x10 mm Kleber/PE	nein
3	nein	nein	nein
4	nein	5x5 mm Kleber/PE	nein
5	nein	5x10; 2x2; 5x10 mm Kleber/PE	nein

stücke demontiert und vom Engler-Bunte-Institut auf etwaige Unterwanderungen untersucht. Die Tabelle 5 enthält die dabei festgestellten Beobachtungen.

Eine Ablösung der PE-Umhüllung von der Oberfläche des Prüflings war nicht zu bemerken. Daraufhin wurde die PE-Umhüllung in etwa 10 mm breiten Ringen – beginnend von der Innenseite – abgelöst und auf Unterwanderungsmerkmale untersucht. Hierbei wurde festgestellt, daß der Schmelzkleber an den Schnittkanten zwischen PE-Umhüllung und Rohroberfläche an den meisten Stellen etwas herausgequollen war, wodurch sich an diesen Stellen eine gewisse Verklebung der sonst weitestgehend enthafteten PE-Umhüllung auf der Rohroberfläche ergab. Geringfügige Unterwanderungen konnten nur an ganz wenigen Stellen der Rohrstücke festgestellt werden. Dabei war Wasser auf maximal 5 mm Breite ca. 10 mm tief zwischen die PE- und die Kleberschicht eingedrungen (siehe Tabelle 5).

Nur in einem Fall war die Rohroberfläche auf einer Fläche von ca. 4 mm² unmittelbar an der Schnittkante feucht und leicht korrodiert (Prüfstück Nr. 2). Aufgrund einer kleinen Vertiefung in der Rohroberfläche war an dieser Stelle eine Luftblase unter dem Kleber eingeschlossen worden. In keinem Fall war das Wasser auch nur annähernd in den Bereich der Dichtringe vorgedrungen. Damit erwiesen sich alle Prüfstücke auch bei vollständig enthafteten PE-Umhüllungen über 14 Tage bei 16 bar Überdruck als wasserdicht.

Bei einer Fortführung der Unterwanderungsversuche – weitere 5 Tage mit 16 bar und anschließend weitere 7 Tage mit 25 bar – ergab sich praktisch keine Veränderung der Ergebnisse gegenüber der vorangegangenen 14-tägigen Prüfung mit 16 bar.

Diese vom Engler-Bunte-Institut begutachteten Versuche sind um weitere, mehrwöchige Belastungen mit 25 bar Wasserinnendruck fortgesetzt worden, ohne daß sich der Befund gegenüber den ersten Prüfungen verändert hat.

4.3.4 Alterungsverhalten des werkseitig eingelegten Dichtringes

Während bei den bisher üblichen duktilen Gußrohren der Dichtring erst unmittelbar vor der Verbindungsmontage in die Muffe eingelegt wird, muß er bei dem Rohrsystem mit Verbindungsschutz bereits im Werk vor dem Aufbringen der PE-Umhüllung in die Muffe eingesetzt werden. Obwohl die Rohrenden durch Schutzkappen verschlossen werden, ist der Dichtring während der Lagerung beim Rohrhersteller und Verbraucher Umwelteinflüssen ausgesetzt, die nicht den empfohlenen Richtlinien für die Lagerung von Gummi-Erzeugnissen (DIN 7716) [10] entsprechen. Diese unkontrollierbaren Lagerungsbedingungen hat das Engler-Bunte-Institut durch eine verschärfte Alterungsprüfung simuliert.

Das Alterungsverhalten von Dichtringen wird allgemein (siehe DIN 3535 Teil 3 [11] und DIN 28617 [12]) durch die Änderung von Reißfestigkeit und Reißdehnung nach 7tägiger Alterung bei 70°C bestimmt. Der zusätzliche Alterungseffekt der vormontierten Dichtringe während der Lagerung der Rohre unter nicht „normgerechten“ Bedingungen wurde durch eine auf 21 Tage verlängerte Alterungsprüfung abgedeckt.

Da sich möglicherweise erhöhte Feuchtigkeit ebenfalls negativ auswirkt, wurden Proben von Dichtringen untersucht, die 21 Tage bei 40 ± 3°C und 100 % relativer Luftfeuchtigkeit (Schwitzwas-

ser-Klima nach DIN 50017 [13]) gelagert worden waren.

Die durch diese Beanspruchungen eingetretenen Eigenschaftsänderungen sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Zum Vergleich sind die Anfangswerte den Sollwerten nach DIN 3535 Teil 3 bzw. DIN 28617 gegenübergestellt. Neben den nach Alterung gemessenen Werten sind in Klammern auch die Änderungen gegenüber den Ausgangswerten aufgeführt. Die Eigenschaftsänderungen liegen innerhalb der in den Normen für eine 7tägige Alterung gesetzten Grenzen (Härteänderung ± 10 Shore A, Reißfestigkeitsänderung < 25 %, Reißdehnungsänderung weiche Mischung < 25 %, harte Mischung < 40 %).

Auch einem verstärkten Ozonangriff in verunreinigter Industrielatmosphäre wurde durch eine verschärfte Ozonprüfung der Dichtringe in der Muffe (9 Tage bei [50 ± 5] pphm O₃, [55 ± 10] % rel. Feuchte und [25 ± 2] °C) Rechnung getragen. Nach dieser Prüfung ließen sich keine Ozonrisse nachweisen.

Da die Dichtringe durch Schutzkappen vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt werden, wurde auf eine Prüfung der Lichtalterung verzichtet.

Insgesamt zeigte der Naturkautschuk-Dichtring eine gute Beständigkeit gegenüber verschärfter Alterung in trockener, feuchter und ozonhaltiger warmer Luft.

4.3.5 Hygienische und mikrobiologische Eigenschaften der PE-Umhüllung

Bei herkömmlichen Gußrohren ist das in den Muffeninnenraum hineinragende Einsteckende mit Bitumenlack gestrichen, für den ein Prüfzeugnis über die Untersuchung gemäß KTW-Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes vorliegt.

Bei dem Rohrsystem mit Verbindungsschutz stehen im Muffenraum sowohl die PE-Umhüllung als auch die Klebefuge am Einsteckende mit dem

Tabelle 6: Eigenschaftsänderungen der Gummimischungen nach 21-tägiger Alterung bei 70°C bzw. in Schwitzwasserklima

Eigenschaft	Einheit	Gummimischung	Sollwert	Anfangswert	Wärmealterung*	Schwitzwasser*
Härte	Shore-A	weich	55 ± 5	51	54 (+ 3)	52 (+ 1)
		hart	85 ± 5	85	89 (+ 4)	85 (± 0)
Reißfestigkeit	N/mm ²	weich	≥ 17	22,3	17,7 (- 21)	21,5 (- 4)
		hart	> 10	12,1	11,0 (- 9)	11,4 (- 6)
Reißdehnung	%	weich	> 500	560	470 (- 16)	555 (- 1)
		hart	> 160	200	120 (- 40)	190 (- 5)
Druck-Verformungsrest (72 h bei 23°C)	%	weich	≤ 7	4	6 (+ 2)	4 (± 0)

*Die eingeklammerten Werte geben die Änderungen gegenüber den Anfangswerten wieder, für die Härte in Shore-A, sonst in %

Trinkwasser in Berührung.

Die hygienische Unbedenklichkeit des eingesetzten Mittelhart-Schmelzklebers wurde nach einer Prüfung durch das Engler-Bunte-Institut bescheinigt.

Ein entsprechendes Prüfzeugnis für das Polyethylen liegt vor.

Sowohl die mikrobiologischen Untersuchungen des Klebers als auch des LDPE-Materials führte das Hygiene-Institut der Universität Bonn durch. Beide Stoffe sind als mikrobiologisch unbedenklich anzusehen und für den Einsatz im Trinkwasser aus mikrobiologischer Sicht geeignet.

5. Verlegevorteile beim Einsatz des duktilen Gußrohres mit PE-Umhüllung und integriertem Korrosionsschutz der Muffenverbindung

Die Verletechnik von duktilen Gußrohren mit PE-Umhüllung und Verbindungsschutz ist weniger aufwendig als die von PE-umhüllten Gußrohren in der Standardausführung. An Aufwand entfällt im wesentlichen

- das Beschaffen und Aufbringen von PE-Schrumpfschläuchen oder Korrosionsschutzbinden
- das Reinigen der Muffen
- das Einlegen der Dichtringe
- das Freischälen des Einsteckendes gekürzter Rohre
- das Anschleifen einer Abrundung am Einsteckende gekürzter Rohre.

Wie bei allen mit Kappen geschützten Gußrohren mit PE-Umhüllung verringert sich auch bei der Ausführung mit Verbindungsschutz der Aufwand für die Desinfizierung der Leitung.

Die Verlegung mit Muffenformstücken des normalen Programms nach DIN 28622 bis DIN 28634 erfordert ein Abschälen der Polyethylen-Umhüllung des Rohreinsteckendes.

Die von der „Verlegeanleitung für Druckrohre aus duktilem Gußeisen mit PE-Umhüllung“ in Standardausführung abweichenden Arbeitsschritte werden in den folgenden speziellen Vorschriften für die Verlegung dargestellt. Daraus wird auch ersichtlich, daß mit einfachen Maßnahmen der Anschluß an die normale Steck- oder Schraubmuffe sowie an unbeschichtete Rohrleitungsteile hergestellt werden kann.

Grundsätzlich gilt die „Verlegeanleitung für Druckrohre aus duktilem Gußeisen mit PE-Umhüllung“ [14] hinsichtlich Lagerung, Verlegegeräte, Verfüllen des Rohrgrabens, Setzen von Anbohrschellen und Schweißen sowie für das Ausbessern von Fehlstellen auch für diese neue Schutzart. Für das Auf- und Abladen der Rohre ist besonders darauf hinzuweisen, daß in keinem Fall Haken in der Muffe angeschlagen werden dürfen, weil dabei der eingelegte Dichtring beschädigt oder in seiner Lage verändert wird.

Insbesondere gilt:

Verlegung

Vor dem Herstellen der Verbindung sind folgende Schritte notwendig:

Erst unmittelbar vor dem Herstellen der Verbindung sind die Schutzkappen vom Muffenende und vom Einsteckende zu entfernen. Die über dem Muffenrand vorstehende PE-Umhüllung kann verbleiben.

Das Herstellen der Verbindung geschieht durch Ineinanderstecken von Einsteckende und Muffe bis zur Einsteck-Markierung, nachdem vorher Gleitmittel auf den Dichtring und auf das PE des Einsteckendes gestrichen worden ist.

Kürzen der Rohre

Duktile Gußrohre mit PE-Umhüllung und Verbindungsschutz werden mit einer Trennschleifmaschine auf die gewünschte Baulänge gekürzt. Nach dem Trennschnitt wird die PE-Umhüllung mit einem Messer unter etwa 45° Neigung angefasst. Das Anfasen des Rohrendes und das Freischälen des Einsteckendes entfallen. Die Einsteck-Markierung ist vom Original-Einsteckende zu übertragen.

Einbau von Formstücken

Duktile Formstücke besitzen nicht den werkseitig vorbereiteten Verbindungsschutz. Für den Einbau von Formstücken sind nachstehende Hinweise zu beachten:

Rohrschaft trifft auf ein Formstück mit normaler Steckmuffe oder Schraubmuffe

Die PE-Umhüllung muß an den Einsteckenden zur Herstellung der Verbindung entfernt werden. Die freizuschälende Rohrlänge ist der Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: Freischäl-Längen der PE-Umhüllung beim Einbau von Formstücken

DN	Freischäl-Länge in mm bei	
	TYTON-Muffe	Schraubmuffe
100	88	88
150	94	94
200	100	100
250	105	106
300	110	110
400	110	116

Beim Einbau von Überschiebern ist das Maß für das „Überschieben“ zu dem Freischälmaß hinzuzurechnen.

Die erforderliche Nachisolierung der Formstück-Muffenverbindung mittels Schrumpfschlauch, Schrumpfband oder Korrosionsschutz-Binde ist gemäß Seite 3 der „Verlegeanleitung für Druckrohre aus duktilem Gußeisen mit PE-Umhüllung“ [14] (Standardausführung) durchzuführen.

Je nach Lage des Überschiebers kann ein Stück unbeschichtetes Einsteckende, das von der nachträglichen Muffenisolierung nicht erfaßt ist, frei bleiben. Dieses freie Ende ist entweder durch Auf-

schrumpfen eines weiteren Schrumpfschlauches oder -bandes oder mit Binden zu isolieren. Im Falle des Schrumpfschlauches ist darauf zu achten, daß dieser vor Herstellung der Verbindung aufgeschoben werden muß. Schrumpfbänder haben den Vorteil, daß sie auch nachträglich aufgebracht werden können.

Rohrmuffe mit Verbindungsschutz trifft auf einen Formstückschaft

Lösung 1: Aus der Muffe mit Verbindungsschutz wird der mitbeschichtete Sonderdichtring entfernt, dafür ein „Übergangsdichtring“ (mit normalem TYTON-Profil und einvulkanisierten Zentrier-Stahlstücken in der Haltekralle) eingesetzt. Der Formstückschaft wird eingeschoben und die Verbindung in üblicher Weise nachisoliert (Bild 7). Der Übergangsdichtring wird vom Rohrhersteller geliefert.

Lösung 2: Zwischen Rohrmuffe mit Verbindungsschutz und Formstückschaft wird ein PE-umhülltes Rohr (ggfs. Kurzrohr) mit normaler TYTON-Muffe eingefügt. Das freigeschälte Ende dieses Rohres wird abgetrennt, dann das PE-umhüllte Einsteckende des Zwischenrohres in der Muffe mit Verbindungsschutz montiert. Der Formstückschaft wird in die Muffe des Zwischenrohres geschoben, die Verbindung in üblicher Weise nachisoliert.

Anschluß an liegende, nicht PE-umhüllte Leitungen

Beim Anbinden von Gußrohren mit PE-Umhüllung und Verbindungsschutz an bereits liegende, nicht PE-umhüllte Rohre ist sinngemäß wie beim Einbau von Formstücken mit Einsteckende zu verfahren.

Schubsicherung

Als Lösung für DN 100 bis DN 200 und bis PN 16 ist der TYTON-SIT-Ring anwendbar. Dazu ist der eingeklebte Dichtring gegen den TYTON-SIT-Dichtring auszutauschen und das einzusteckende Rohrende freizuschälen. Eine Nachisolierung ist erforderlich. Die TYTON-SIT-Lösung für größere Nennweiten wird noch geprüft.

Hochspannungsprüfung an der verlegten Leitung

Vor dem Absenken in den Rohrgraben sind die Rohre mit 20 KV auf Verletzungen der Umhüllung zu überprüfen. Dabei ist zu beachten, daß die Elektronenleitfähigkeit der Dichtringe Funkendurchschläge an den Ringen anzeigt, die jedoch ohne Bedeutung sind. Zweckmäßigerweise wird das Funkenprüfgerät an der äußeren Rille des Dichtringes geerdet.

6. Anwendungsbereich

Duktile Gußrohre mit PE-Umhüllung nach DIN 30674 Teil 1, Ausgabe Sept. 1982, sind als erdverlegte Leitungsteile in allen Bodengruppen (I, II und III) nach DVGW-Arbeitsblatt GW 9 einsetzbar. Sie sind auch zur Verlegung in Salz-, Brack- und Süßwasser geeignet. Diese Kriterien gelten ebenfalls für die Ausführung mit Verbindungsschutz.

Durch die gegenüber der normalen TYTON-Lang-

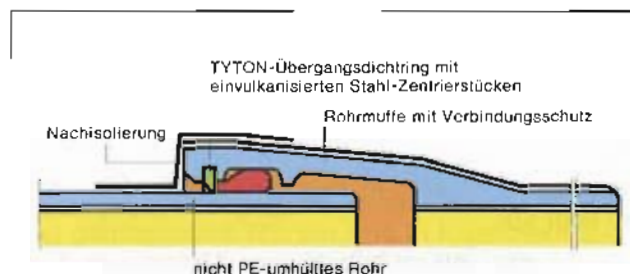


Bild 7: Formstückschaft bzw. Einsteckende eines nicht PE-umhüllten Rohres in einer Rohrmuffe mit Verbindungsschutz

muffen-Verbindung veränderten Verhältnisse im Bereich des Dichtringsitzes ist der Einsatz auf Roh- und Trinkwasser begrenzt. Der Nenndruckbereich ist zunächst auf max. PN 25 festgelegt.

7. Erste Praxiserfahrungen

Nach den ersten Verlegungen von mehreren Probestrecken mit Rohren DN 100 und DN 200 wurden noch geringe Änderungen an der Ausführung der Rohrverschlußkappen vorgenommen; das eigentliche Rohrsystem wurde wegen seiner Verlegevorteile von den Abnehmern begrüßt. Die Leitungen leisten seit etwa drei Jahren zuverlässig ihren Dienst. Eine kürzlich auf das neue System umgestellte Trinkwassereinspeisung DN 200 des Herstellerwerkes erfüllt ebenfalls zufriedenstellend die hohen an sie gestellten Zuverlässigkeitsanforderungen.

8. Zusammenfassung

Die Weiterentwicklung des duktilen Gußrohres mit PE-Umhüllung zu einem Rohr, das auch im Verbindungsbereich ohne zusätzliche Baustellenarbeiten auskommt, wird beschrieben. Die Funktionssicherheit wird anhand umfangreicher Prüfungen, auch durch neutrale Gutachten, dargestellt. Die besonderen Hinweise für die Verlegung sowie erste praktische Verlegeerfahrungen zeigen, daß mit diesem Rohr ein weiterer Schritt zu Vereinfachung der Rohrverlegung bei gestiegenem Gebrauchswert getan werden konnte.

Literatur

- [1] DVGW-Arbeitsblatt GW 9 (August 1971)
Merkblatt für die Beurteilung der Korrosionsgefährdung von Eisen und Stahl im Erdboden
- [2] DIN 30674 Teil 1 (September 1982)
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen; Polyethylen-Umhüllung
- [3] DIN 30674 Teil 2, Entwurf (November 1982)
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen; Zementmörtel (ZM)-Umhüllung
- [4] DIN 30672 (August 1979)
Umhüllungen aus Korrosionsschutzbinden und Schrumpfschläuchen für erdverlegte Rohrleitungen

- [5] W. D. Gras
Duktile Gußrohre mit einer modernen Rohr-
schutzhülle aus Polyethylen
3 R international, 19 (1980), Heft 4, S. 232/36
- [6] P. Eggert
Verwendung von Druckrohren aus duktilem
Gußeisen mit PE-Umhüllung bei den Hambur-
ger Wasserwerken
fgr 16 (1981), S. 21/24
- [7] B. Heiming, H. Thöne
Anwendung duktiler Gußrohre mit Polyethy-
len-Umhüllung und praktische Hinweise zu
ihrer Verlegung
fgr 17 (1982), S. 59/65
- [8] DIN 28603 (November 1982)
Rohre und Formstücke aus duktilem Guß-
eisen; Steckmuffen-Verbindungen; Anschluß-
maße und Massen
- [9] W. D. Gras, J. Rammelsberg, J. Weidelt
Duktile Gußrohre mit Polyethylen-Umhüllung
GWF-Wasser/Abwasser 120 (1979), Heft 10,
S. 468/75
- [10] DIN 7716 (Februar 1975)
Gummierzeugnisse; Richtlinien für Lagerung,
Reinigung und Wartung
- [11] DIN 3535 Teil 3 (April 1982)
Dichtungen für die Gasversorgung; Sicher-
heitstechnische Anforderungen und Prüfung
von Werkstoffen
- [12] DIN 28617 (Mai 1976)
Dichtringe für Druckrohre und Formstücke
aus Gußeisen für Wasserleitungen; Anfor-
derungen und Prüfung
- [13] DIN 50017 Entwurf (Dezember 1982)
Klimate und ihre technische Anwendung;
Beanspruchung in Kondenswasser-Klimaten
- [14] Verlegeanleitung für Druckrohre und Form-
stücke aus duktilem Gußeisen mit Polyethy-
len-Umhüllung
Thyssen Schalker Verein GmbH;
Ausgabe Januar 1981

Aus der Reihe:

„FGR-Informationen für das Gas- und Wasserfach“

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

Bestellschein

Bitte übersenden Sie mir kostenlos folgende Ausgaben der FGR-Informationen

FGR 10: FGR 11: FGR 12: FGR 13:
FGR 14: FGR 15: FGR 16: FGR 17:
FGR 18: FGR 19:

Gewünschtes bitte ankreuzen.

Name: _____

Anschrift: _____

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

Name: _____

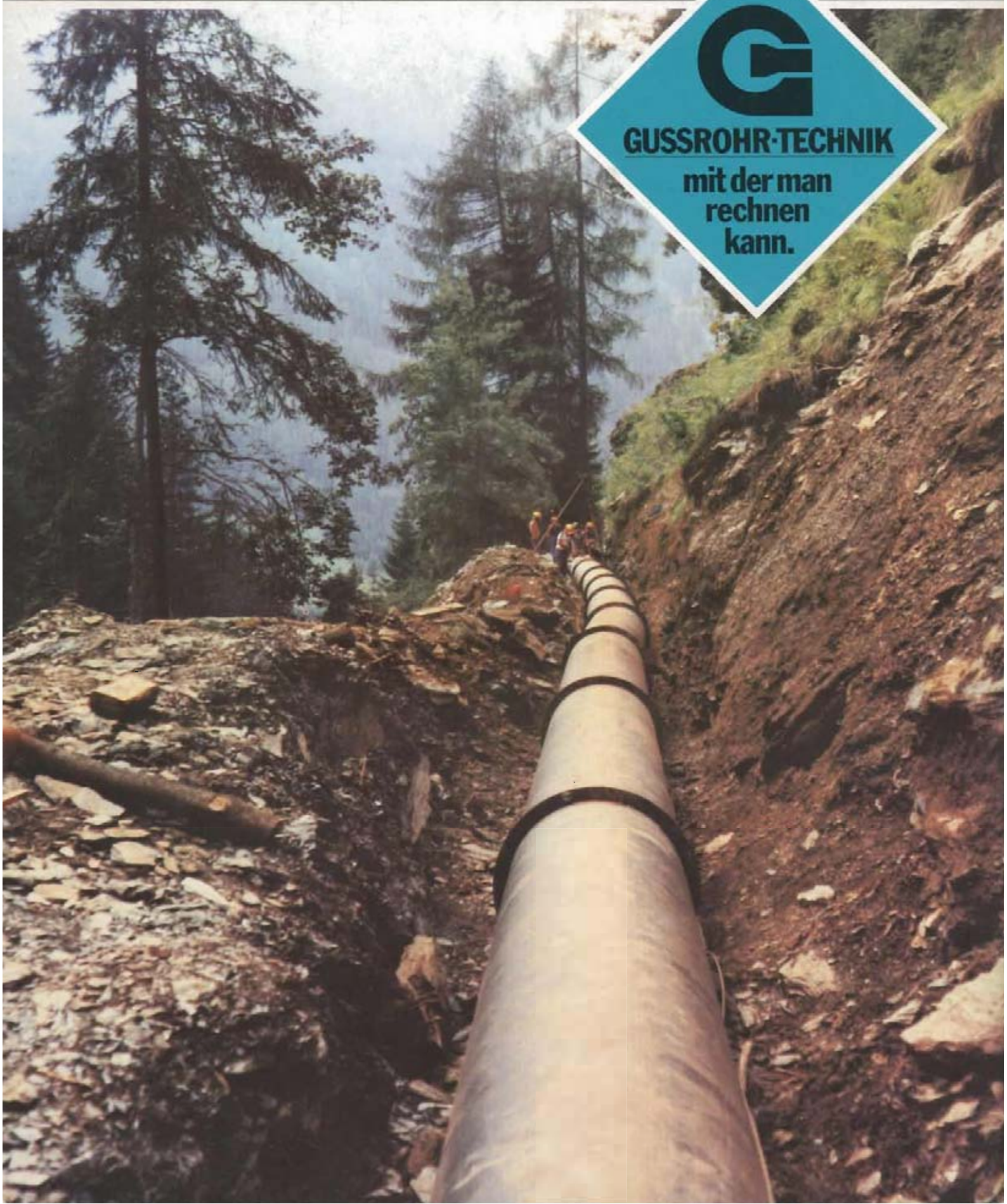
Bisherige Anschrift: _____

Neue Anschrift: _____

Unsere Anschrift:

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





GUSSROHR-TECHNIK

**mit der man
rechnen
kann.**