

fgr 17



rohre für
wasser
und **gas**

informationen für das gas- und wasserfach
fachgemeinschaft gusseiserne rohre

ROHRE für
WASSER und
GAS

fgr 17

Fachgemeinschaft
Gußeiserne Rohre

17 Informationen für das
Gas- und Wasserfach

Inhalt

<p>Fernwasserversorgung Helmstedt Bauberrat Karl Eike Kirschner</p>	<p>Seite 5</p>	<p>Korrosionschemisches Verhalten erdverlegter duktiler Gußrohre mit Zink-Überzug und Deckbeschichtung Dr. Dipl.-Phys. Gerhard Heim</p>	<p>Seite 46</p>
<p>Die Wasserversorgung heute Dipl.-Ing. Horst Menk</p>	<p>Seite 8</p>	<p>Korrosionsverhalten duktiler Gußrohre mit Zink-Überzug, Deckbeschichtung und zusätzlicher PE-Folienumhüllung in stark aggressiven Böden Dr. Dipl.-Phys. Gerhard Heim/ Ing. (grad.) Günther Lohmann/ Dipl.-Ing. (FH) Georg Piechotta</p>	<p>Seite 52</p>
<p>Wasserversorgung Flughafen München II – Sonderbauweise im Kreuzungsbereich mit Flugbetriebsflächen Dipl.-Ing. Wolfgang Hübner</p>	<p>Seite 13</p>	<p>Anwendung duktiler Gußrohre mit Polyethylen-Umhüllung und praktische Hinweise zu ihrer Verlegung Dipl.-Ing. Bernd Heiming/ Dipl.-Ing. Heinrich Thöne</p>	<p>Seite 59</p>
<p>DVS-Richtlinien für das Schweißen an duktilen Gußrohren Dipl.-Ing. Reinhard Schaffland</p>	<p>Seite 19</p>	<p>Praktische Hinweise zur Lagerung und Verlegung von duktilen Gußrohren mit Zementmörtel (ZM)-Umhüllung Dipl.-Ing. Adolf Wolf</p>	<p>Seite 66</p>
<p>Biegewechsel- und Innendruckschwellversuche an geschweißten Rohrleitungsteilen aus duktilem Gußeisen Dipl.-Ing. Bernd Heiming/ Ing. (grad.) SFI Dietmar Scheer</p>	<p>Seite 36</p>	<p>Die neue Schlammdruckleitung zwischen den Klärwerken der Stadt Frankfurt a. M. Dr.-Ing. Lothar Gniosdorsch/ Bauberrat Alfred Pabst/ Ing. (grad.) Peter H. Hanitsch/ Ing. (grad.) Helmut Fremerey</p>	<p>Seite 41</p>

Fernwasserversorgung Helmstedt

Von Karl Eike Kirschner

Veranlassung

Durch den ständig steigenden Wasserbedarf und die Anforderungen an die Güte des Trinkwassers sowie die durch Umweltbelastungen immer knapper werdenden nutzbaren Wasservorkommen wird es zunehmend erforderlich, zur Lösung zentraler Wasserversorgungsaufgaben größere zusammenhängende Gebiete zu betrachten. Das Land Niedersachsen ist daher auf der Grundlage des Generalplanes Wasserversorgung in 46 Versorgungsräume aufgeteilt worden, die nach hydrologischen, topographischen, organisatorischen und verwaltungspolitischen Gesichtspunkten abgegrenzt wurden.

Für einen dieser Versorgungsräume, den Versorgungsraum 41 (Bild 1) – Helmstedt – wurde 1978 ein Wasserversorgungsplan von der Bezirksregierung Braunschweig aufgestellt; der erste Plan dieser Art in Niedersachsen. Den Anlaß gaben Versorgungsengpässe in mehreren Gemeinden dieses Gebietes und Planungen der Träger der Wasserversorgung, die der Abstimmung bedurften.

Charakteristik des Planungsraumes

Der zentrale Bereich des Versorgungsraumes Helmstedt wird von der Muschelkalkaufwölbung des Elms gebildet. Infolge seiner Klüftigkeit und teilweisen Verkarstung kommt ihm die größte Bedeutung für die Trinkwassererschließung zu. Von den übrigen wasserleitenden Gesteinen streichen nur schmale Zonen innerhalb nicht wasserleitender Gesteine zutage. Diese Grundwasservorkommen sind wenig ergiebig. Lediglich dort, wo das Tertiär sandig ausgebildet ist, können bedeutende Mengen Wasser gewonnen werden.

Der Versorgungsraum befindet sich in einem klimatischen Übergangsbereich zwischen dem Maritim- und Kontinental-klima. Die Niederschläge betragen im langjährigen Mittel westlich des Elms 700 mm, im Zentralbereich bis 800 mm und südöstlich des Elms teilweise unter 550 mm.

Stand der Wasserversorgung

Der Trink- und Betriebswasserbedarf wird im Versorgungsraum fast ausschließlich aus den vorhandenen Grundwasservorkommen gedeckt, die durch 48 Wassergewinnungsanlagen erschlossen werden. Die Wasserförderung wird in trockenen Jahren durch sinkende Grundwasserstände oder durch versiegende Quellen stark beeinträchtigt. Außerdem entspricht die Qualität des Wassers in einigen Versorgungspunkten nicht den Anforderungen für Trinkwasser.

Aufgrund der hydrogeologischen Kenntnisse ist die Erschließung neuer Grundwasservorkommen sowie eine erhöhte Entnahme der bisher genutzten Vorkommen nicht möglich.

Im Versorgungsraum sind insgesamt 16 verschiedene Träger für die Wasserversorgung zuständig.

Wasserbedarf und Wasserdargebot

Der Wasserbedarf wurde für das Jahr 2000 getrennt für die Bevölkerung und die Industrie ermittelt. Der Bedarf für die landwirtschaftliche Beregnung ist in diesem Gebiet unbedeutend und kann aus örtlichen Wasservorkommen gedeckt werden.

Inwieweit die örtlichen Wasservorkommen im Planungszeitraum noch für die Trinkwasserversorgung zur Verfügung stehen werden, wurde anhand verschiedener Kriterien beurteilt. Dabei schieden Wasserversorgungsanlagen aus, die aufgrund ihrer Qualität schon heute zu beanstanden sind, die sich durch Wasserschutzgebiete nicht schützen lassen oder die wegen ihrer Größe unwirtschaftlich sind. Die verbleibenden Wasservorkommen stellen das im Jahre 2000 zu erwartende Dargebot dar.

Planung

Die Bilanz (Bild 1) zwischen Dargebot und Bedarf ergibt, daß im Versorgungsraum künftig ein Wassermangel entsteht. Dieser ist aus Wasservorkommen außerhalb des Versorgungsraumes zu decken. Ein Teilbereich (Wasserverband Weddel-Lehre im Norden des Planungsraumes) wird heute und in Zukunft mit Harzwasser beliefert.

Der übrige Bereich ist nicht an eine Fernwasserversorgung angeschlossen. Zum Zeitpunkt der Planaufstellung bestand die Möglichkeit, Talsperrenwasser aus dem Harz oder Grundwasser aus dem Wasserwerk Börßum der Stahlwerke Peine-Salzgitter heranzuführen. Aufgrund der besseren Mischbarkeit mit den örtlichen Wasservorkommen wurde das Wasser aus Börßum gewählt.

Mit diesem Wasser sollen die Städte Helmstedt und Königslutter, die Samtgemeinde Nord-Elm und die Wasserverbände Reitling und Elm-Asse beliefert werden. Dazu müssen eine Haupttransportleitung von Wolfenbüttel (Anschluß an das Leitungsnetz vom Wasserwerk Börßum) nach Helmstedt und abzweigende Leitungen zu den Versorgungspunkten gebaut werden (Bild 1). Gleichzeitig wird ein Verbund zwischen den Wasserversorgungsanlagen erreicht.

Organisationsstruktur

Zur Durchführung der Maßnahmen wurden auch Änderungen der Organisationsstruktur erforderlich. Das einzelne Versorgungsunternehmen ist nicht in der Lage, den Fernwasserbezug allein durchzuführen. Alle Träger der Wasser-

versorgung müssen daher gemeinsam das Fernwasserleitungsnetz erstellen. Um diese Aufgabe zu erfüllen, wurde der Wasserverband Elm am 19. Dezember 1979 gegründet; ein Wasserbeschaffungsverband auf der Grundlage der Wasserverbandsordnung. Mitglieder sind die Städte Helmstedt und Königslutter, die Samtgemeinde Nord-Elm sowie

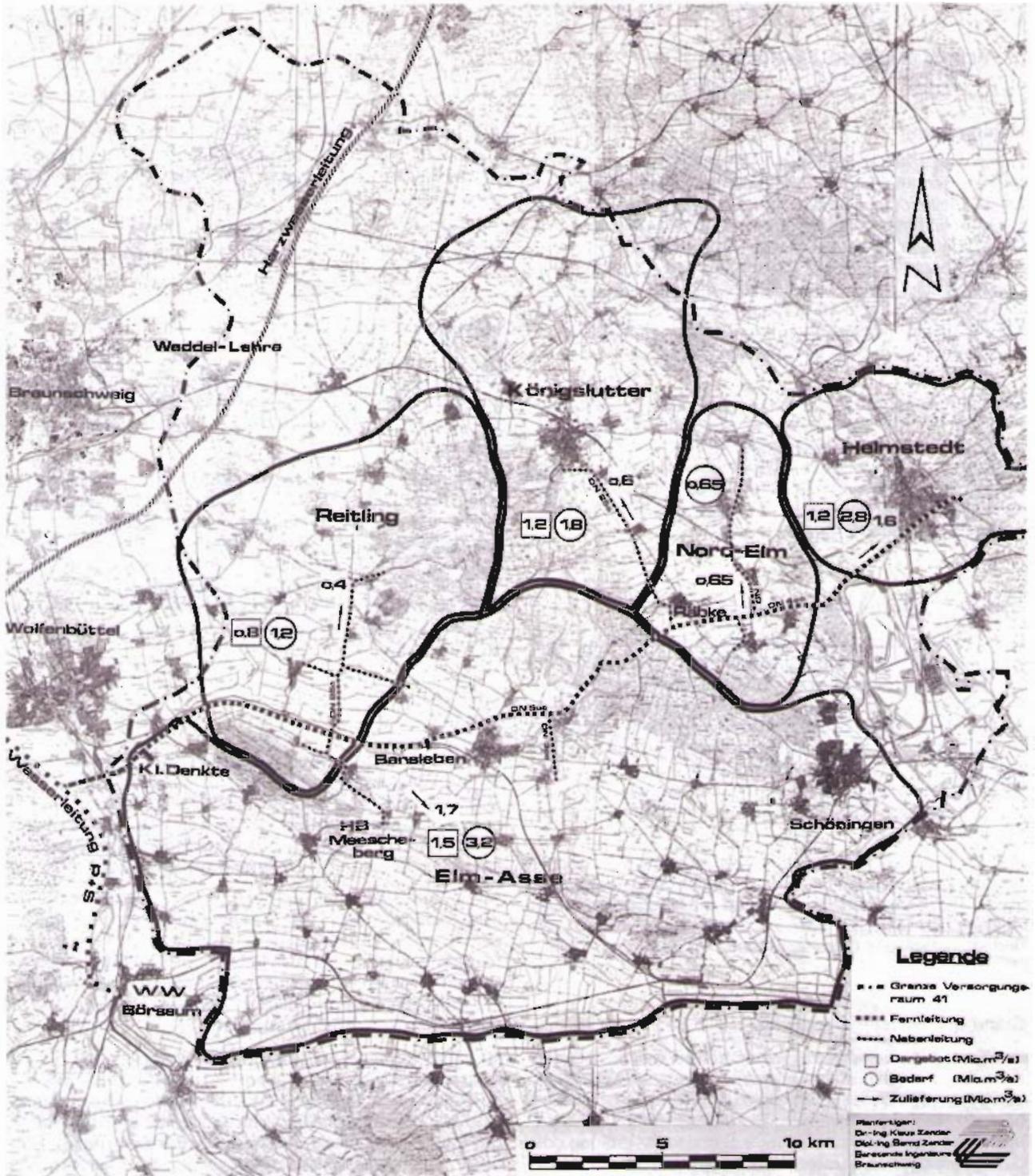


Bild 1: Versorgungsraum 41 – Helmstedt – mit Darstellung der Wasserbilanz und des Fernwasserversorgungssystems



Bild 2: Verlegung der duktilen Gußrohre DN 500, PN 16 zwischen Wolfenbüttel und Klein Denkte

die Wasserverbände Elm-Asse und Reitling. Die anderen noch im Planungsraum befindlichen Versorgungsunternehmen werden nach und nach von den 5 Mitgliedern aufgenommen.

Der Wasserverband Elm hat die Aufgabe, das Fernwasserleitungsnetz zu bauen, das Wasser zu beschaffen und an

seine Mitglieder zu verteilen. Weitere Aufgaben können ihm von den Mitgliedern, die ihre Versorgungsaufgabe zunächst wie bisher ausüben, übertragen werden.

Durchführung

Mit dem Bau der Fernwasserleitung wurde bereits am 13. Oktober 1978 begonnen. Die Hauptleitung von Wolfenbüttel bis Helmstedt ist 38 km lang und mit Rohren DN 500 bzw. DN 400 (ab Rábke) geplant (Bild 1). Fertiggestellt sind bereits das erste Teilstück der Hauptleitung von Wolfenbüttel, Ortsteil Halchter, bis Klein Denkte mit duktilen Gußrohren DN 500 (Bild 2) und die Anschlußleitung zum Wasserverband Reitling mit Rohren aus Asbestzement sowie PVC DN 250.

In den Jahren 1981/82 wird die Elmüberschreitung von Bansleben bis Rábke mit PE-umhüllten duktilen Gußrohren DN 500 durchgeführt. Für den Transport des Wassers von Klein Denkte bis Bansleben wird zunächst das Leitungsnetz des Wasserverbandes Elm-Asse mitgenutzt. Beabsichtigt ist, die Hauptleitung möglichst schnell bis Helmstedt fertigzustellen. Dies wird um so dringlicher, als eine Gefährdung der örtlichen Wasservorkommen der Stadt Helmstedt durch die Ablagerung radioaktiver Stoffe in Morsleben (DDR) nicht auszuschließen ist. Die Fernwasserleitung ist so bemessen, daß bei Ausfall der örtlichen Vorkommen durch Aufschaltung einer Druckerhöhungsstation eine Vollversorgung von Helmstedt über die Fernwasserleitung möglich ist.

Finanzierung

Die Baukosten für das Fernwasserleitungsnetz belaufen sich nach derzeitigem Kostenstand auf rd. 20,0 Mio. DM. Die Umlegung dieser Kosten auf den Wasserpreis würde zu einer nicht zumutbaren Belastung des Bürgers führen. Das Land Niedersachsen hat sich daher bereit erklärt, einen erheblichen Anteil an der Gesamtfinanzierung mitzutragen. Die Eigenmittel sind von den 5 Mitgliedern aufzubringen.

Zusammenfassung

Mit dem Bau des Fernwasserleitungssystems wird der künftige Wasserbedarf im Versorgungsraum Helmstedt sichergestellt. Gleichzeitig wird durch den Verbund die Versorgungssicherheit erhöht. Die Gemeinden haben mit dieser wichtigen Infrastrukturmaßnahme die Voraussetzung für ihre weitere städtebauliche Entwicklung geschaffen.

Die Wasserversorgung heute

Von Horst Menk

1. Vorbemerkungen

Die Versorgung der Bevölkerung, Industrie und Landwirtschaft mit ausreichendem und einwandfreiem Trink- und Brauchwasser ist eine grundlegende Voraussetzung für geordnete Lebensverhältnisse. Der vorhandene und für die Wasserversorgung nutzbare Wasserschatz ist konkurrierenden Ansprüchen unterworfen. Dabei muß der Trinkwasserversorgung unbedingt Vorrang eingeräumt werden.

Die Wasserversorgung sicherzustellen, ist ein vielschichtiges Problem, das befriedigend zu lösen nicht einfach ist. So müssen Quellen gefaßt und abgeleitet, Grundwasser erbohrt und gehoben, Rohwasser aus Seen und Flüssen im Bereich ihrer Ufer filtriert werden. Dazu muß das Wasser meistens besonders aufbereitet werden. Dann wird es mit Hilfe von Pumpwerken in großräumige Wasserbehälter gefördert und schließlich durch Rohrleitungen zu den Verwendungsstellen transportiert. Da an heißen Tagen der Wasserverbrauch etwa doppelt so groß ist wie im Jahresdurchschnitt, müssen sämtliche Anlagen für die Wasserversorgung auf die nur einige Tage im Jahr andauernde Spitzenbelastung zugeschnitten sein. Oft wird in diesem Zusammenhang die Frage gestellt: Haben wir genug Wasser?

2. Wasserdargebot

2.1 Grundwasser

In der Bundesrepublik Deutschland fließen von den Jahresniederschlägen die im Mittel mit 200 Mrd. m³ den Bodensee viermal füllen könnten, 14 % dem Untergrund als gewinnbares Grundwasser zu.

Hiervon wird heute der 4. Teil genutzt. Somit sind die Grundwasserreserven quantitativ wohl noch nicht erschöpft; jedoch sind regional nicht wenige Wasservorkommen besonders während außergewöhnlicher Trockenperioden derart überbeansprucht worden, daß Wassernotstände aufgetreten sind.

Die starke Ausbeutung des Grundwassers hat stellenweise zu einem besorgniserregenden Absinken des Grundwasserspiegels geführt. Die nachteiligen Folgen für Natur und Landschaft werden sichtbar.

Außerdem wird es allerorten in qualitativer Hinsicht bei der anhaltenden Verunreinigung der Gewässer immer schwieriger, weitere Wassermengen für die Wasserversorgung zu erschließen.

2.2 Oberflächenwasser

Die Bundesrepublik befindet sich in der günstigen Lage, in großem Umfang Oberflächenwasser aus Nachbarländern, die hydrologisch „Oberlieger“ sind, zu beziehen. Es fließen

also Wassermengen von solchen Niederschlägen zu, die außerhalb unseres Landes fallen. So liegen vom Niederschlagsgebiet des Rheins beim Verlassen der Bundesrepublik 64 % innerhalb und 36 % außerhalb der Bundesgrenzen. Vom Niederschlagsgebiet der Elbe an ihrer Mündung in die Nordsee fallen auf die Bundesrepublik sogar nur 10 %. Umgerechnet hat die Bundesrepublik einen Zugewinn an Niederschlagsgebieten, der weit über die Hälfte ihrer eigenen Fläche ausmacht. Dazu kommt noch, daß aus den anliegenden Ländern (z. B. Schweiz: Alpen; Tschechoslowakei: Sudeten und Erzgebirge) relativ hohe Abflußmengen zufließen.

Von dem zur Verfügung stehenden Dargebot an Oberflächenwasser werden heute für die industrielle Brauchwasserversorgung (Spül- und Kühlwasser) etwa 12 % und für die landwirtschaftliche Bewässerung ca. 1 % genutzt.

Die geringe Entnahme für Trinkwasserzwecke fällt hierbei wohl nicht ins Gewicht. Aber immer mehr muß für die Trinkwasserversorgung auf Oberflächenwasser zurückgegriffen werden, das durch Ableitungen aus der Industrie, aus Siedlungen und der Landwirtschaft in der Regel stark verunreinigt ist.

3. Wasserbedarf

Hier ist zu unterscheiden zwischen der öffentlichen Wasserversorgung und der Eigenwasserversorgung der Industrie sowie als weiterem, und zwar dem größtem Wasserbedarfs-träger, der öffentlichen Stromversorgung. Nach den vom Bundesinnenministerium in Auftrag gegebenen Erhebungen beträgt in der Bundesrepublik der Gesamtverbrauch z. Zt. 31,1 Mrd. m³ pro Jahr; das entspricht dem mehr als 150-fachen Inhalt des Ederstausees. Im Jahre 2000 soll der Bedarf neueren Prognosen zufolge auf 69,7 Mrd. m³ ansteigen. In Anbetracht der anhaltenden rückläufigen Bevölkerungsentwicklung und der schwächeren Wirtschaftskonjunktur wird jedoch von nicht wenigen Fachleuten der künftige Bedarf niedriger eingeschätzt.

Jährlicher Wasserbedarf in der Bundesrepublik in Mrd. m³

Bedarfsträger	1976	2000
Industrie	12,4	16,1
Öffentliche Stromversorgung	14,5	48,6
Private Haushalte, Kleingewerbe und öffentliche Einrichtungen	3,5	4,5
Landwirtschaftliche Bewässerung	0,7	0,5
Zusammen:	31,1	69,7

3.1 Öffentliche Wasserversorgung

Der spezifische Wasserbedarf im Haushalt befindet sich immer noch im Aufwärtstrend. Die vorwiegenden Gründe hierfür liegen im Lebensstandard und den damit verbundenen Folgeerscheinungen (z. B. verbesserte Hygiene, Einsatz moderner Haushaltgeräte).

Tagesverbrauch je Einwohner in l

Baden und Duschen	20–40
Wäschewaschen	20–40
WC	20–40
Körperpflege (ohne Baden)	10–15
Wohnungsreinigung	3–10
Geschirrspülen	4– 7
Trinken und Kochen	3– 6

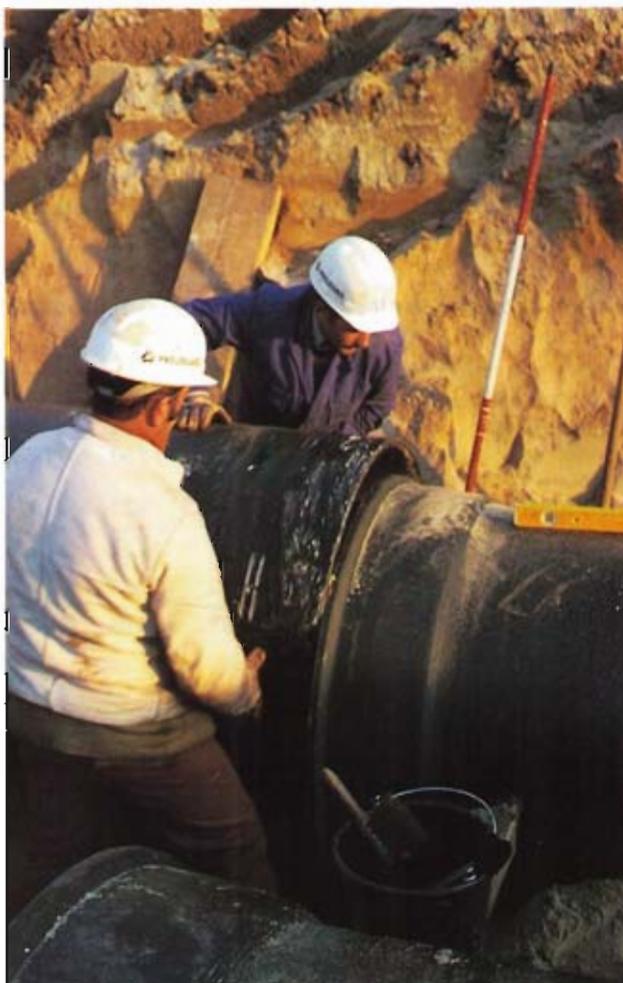
Der durchschnittliche Haushaltsverbrauch an Trinkwasser beträgt in der Bundesrepublik z. Zt. 140 l je Einwohner und Tag. Einschließlich der sonstigen Wasserabgabe aus öffentlichen Wasserversorgungsanlagen müssen heute die kommunalen Wasserwerke im Jahresmittel täglich je Einwohner 200 l bereitstellen.

Der jährliche Wasserverbrauch der privaten Haushalte beträgt 3,0 Mrd. m³ im Jahr; das sind rd. 9,7% des derzeitigen Gesamtverbrauchs. Trotz weiterhin sinkender Bevölkerungszahl wird der Bedarf nach den bisherigen Ermittlungen auf fast 4 Mrd. m³ im Jahr 2000 ansteigen.

3.2 Öffentliche Stromversorgung

Der Bedarf an elektrischer Energie ist in den letzten Jahren deutlich angestiegen. Der bis jetzt noch nicht allzu große Anteil an Kernenergie wird vermutlich erheblich zunehmen. Mit der Strommenge wächst auch die Überschuwärme, die beim Kühlprozeß anfällt. Bei Kernkraftwerken ist diese jedoch ungleich höher als bei konventionellen Wärmekraftwerken.

Da zur Abführung der Überschuwärme die Frischwasserkühlung (Entnahme des Kühlwassers aus einem Fluß und Rückführung in diesen) gegenüber anderen Kühlarten mit weitem Abstand die wirtschaftlichste ist, werden die deutschen Flüsse immer mehr in Anspruch genommen. Durch



die Aufwärmung wird der Abbau der mit dem Abwasser eingeleiteten organischen Schadstoffe beschleunigt. Da oft, besonders bei Niedrigwasserführung der Gewässer, der erforderliche Sauerstoff fehlt, treten die bekannten Gewässerschäden (Eutrophierung) auf.

Wenn die geplanten zusätzlichen Wärmekraftwerke in den bisher vorgesehenen Zeiträumen gebaut werden sollten, würde deren Kühlwasserbedarf bis zum Erreichen der Kühlkapazität der Flüsse bereits in absehbarer Zeit auf mehr als das Dreifache anwachsen. Der Wasserbedarf für die öffentliche Stromversorgung würde dann 73% des gesamten Wasserbedarfs aller Verbrauchssektoren betragen!



3.3 Industrie

1976 betrug der industrielle Wasserverbrauch in der Bundesrepublik mit 12,4 Mrd. m³ 40% des Gesamtverbrauchs. Bis zum Jahre 2000 soll er nach den bisherigen Prognosen auf rd. 16 Mrd. m³ ansteigen. Hierbei sei allerdings erwähnt, daß es nicht immer leicht ist, auf dem Industriesektor realistische Werte zu ermitteln. Denn oft sind die Betriebe bei der Preisgabe ihrer zukünftigen Entwicklung aus vielerlei Gründen, besonders aber wegen der konjunkturbedingten Wirtschaftslage, sehr zurückhaltend. Für die Entwicklung

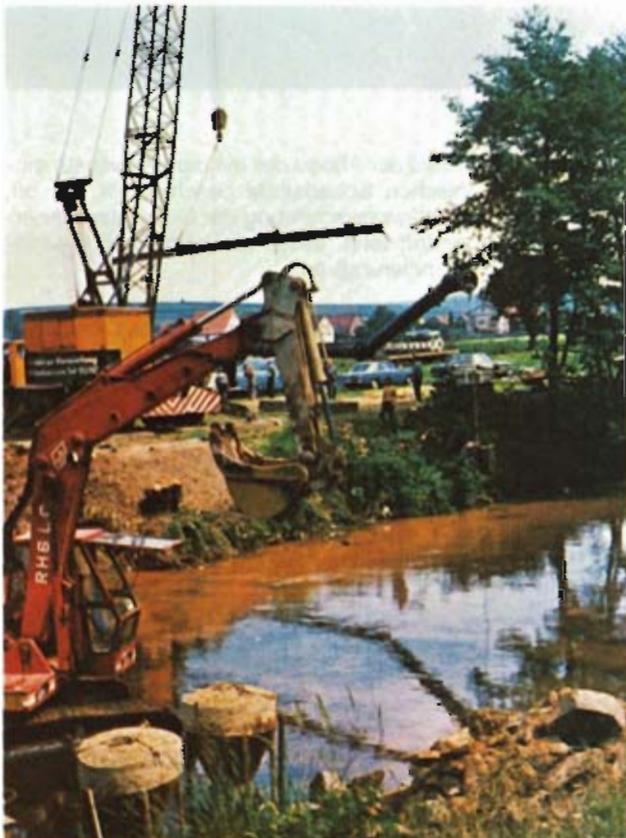
des industriellen Wasserverbrauchs könnte die folgende, allerdings schon seit längerem vorliegende Zusammenstellung des Bundesministeriums des Inneren als Anhalt dienen. Hierbei muß auch erwähnt werden, daß in den letzten Jahren nicht wenige Industriebetriebe zur Einsparung ihres Wasserverbrauchs den „Umlaufbetrieb“ eingeführt haben, bei dem im wesentlichen nur noch das Wasser ergänzt zu werden braucht, das durch Verdampfen verloren geht.

Wasserverbrauch der Industrie in Millionen m³ pro Jahr

	1961	1969	1973
Chemische Industrie	2513	3838	4382
Kohlebergbau	1235	1224	1494
Eisenschaffende Industrie	1636	1750	1868
Holzschliff, Pappe, Zellstoff und Papier	847	923	875
Mineralölverarbeitung	376	484	631
Textilindustrie	250	238	
übrige Industrie	1950	2268	2478
Zusammen:	8807	9476	11728

4. Heutige Bedarfsdeckung

Die heutigen Wasserversorgungsanlagen (derzeit 15 000 Wasserwerke; 85 % der Gesamtwassermenge werden jedoch von nur 1300 größeren Wasserversorgungsunternehmen abgegeben) fördern z. Zt.



80% aus dem Grundwasser, davon 1/3 uferfiltriertes und künstlich angereichertes Grundwasser,
12% aus Quellen,
8% aus Oberflächenwasser (z. B. Talsperren).

Hier von werden abgegeben rd. 60% an die Haushalte einschließlich Kleingewerbe und etwa 1/3 an die Industrie. Der Rest entfällt auf die öffentlichen Einrichtungen.

Die Kühlwassergewinnung geschieht bei den öffentlichen Wärmekraftwerken ausschließlich durch Eigenversorgung aus offenen Gewässern. Die Industrie deckt ihren Bedarf zu 7% durch Bezug aus öffentlichen und zu 93% aus eigenen Wasserversorgungsanlagen, die ihrerseits zu 25% aus dem Grundwasser und zu 75% aus dem Oberflächenwasser entnehmen. Obwohl für die prozentuale Bedarfsdeckung der Landwirtschaft mit derzeit 0,5 Mrd. m³ pro Jahr keine Ergebnisse vorliegen, kann man annehmen, daß sich diese von denen der Industrie nicht allzusehr unterscheiden.

5. Kommunale Wasserversorgung

Niemand möchte mehr auf die Annehmlichkeiten verzichten, die die zentrale Wasserversorgung bietet. Jeder erwartet, daß aus dem Wasserhahn – gleichgültig wofür, bei Tag oder Nacht, im Sommer oder Winter – stets die gewünschten Wassermengen in möglichst guter Qualität verfügbar sind. Vom Trinkwasser wird nicht nur verlangt, daß es klar, kühl und appetitlich ist, es muß auch hygienisch absolut einwandfrei sein. Das Trinkwasser unterliegt den strengen Vorschriften des Lebensmittelgesetzes und der Trinkwasserverordnung vom 31. 1. 1975. Die Qualität wird in den Wasserwerken laufend überwacht und die Wasserwerkseinrichtungen werden von den zuständigen Wasserwirtschaftsämtern regelmäßig auf ihren Bauzustand überprüft.

Heute sind in der Bundesrepublik etwa 95% der Bevölkerung an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen. In Hessen sind es sogar 99,9%. Allerdings gibt es noch eine größere Anzahl von Gemeinden, in denen die zentralen Wasserversorgungsanlagen erweitert und saniert werden müssen, da sie den heutigen Anforderungen nicht mehr entsprechen.

Zur Beschaffung hygienisch einwandfreien Wassers müssen ständig neue Wasservorkommen erschlossen werden. Umfangreiche wasserwirtschaftliche und geologische Untersuchungen sind notwendig, ehe Gewinnungsanlagen gebaut werden. Neuzeitliche Aufbereitungsanlagen sorgen für die vom Verbraucher erwartete Wassergüte. Mit der im Jahr 1975 von den kommunalen Wasserwerken in der Bundesrepublik geförderten Wassermenge von 4,8 Mrd. m³ könnte der Ederstausee 23 mal gefüllt werden.

Um die täglichen Verbrauchsschwankungen auszugleichen, sind Wasserbehälter erforderlich, in denen zu Zeiten geringen Wasserverbrauchs – meist während der Nachtstunden – der Wasservorrat zur Deckung der Tagesspitzen gespeichert wird. Die in der Bundesrepublik vorhandenen Reinwasserbehälter haben einen Nutzinhalt von 6,7 Mio. m³. Damit könnte ein Güterzug mit einer Länge von 2200 km voll mit Wasser beladen werden!

Hier sei noch erwähnt, daß die in der Bundesrepublik verlegten Wasserrohrleitungen die gewaltige Länge von mehr als 170 000 km aufweisen, womit sich der Äquator mehr als viermal umspannen ließe. Bereits in Kassel hat das Versorgungsnetz eine Gesamtlänge von 650 km.

6. Gruppenwasserversorgung

Wie in natürlichen Wassermangelgebieten, kann auch in Ballungsräumen, in Industriegebieten und in der Umgebung von Großstädten zur Deckung des örtlichen Bedarfs nicht genügend Wasser gewonnen werden. Für solche Gebiete muß das erforderliche Wasser durch Fernleitungen oder im Rahmen von großräumigen Gruppen-Wasserversorgungsanlagen herangeholt werden.

Für die wassermäßig benachteiligten Räume sind Sonderplanungen aufgestellt worden. Zum Teil wird die Wasserversorgung nach diesen Plänen durch weit verzweigte Verbundleitungen bereits betrieben. Weitere Maßnahmen sind in Vorbereitung. Dadurch wird wasserwirtschaftlich ein Ausgleich zwischen Wasserüberschuß- und Wassermangelgebieten geschaffen. Daß in den vergangenen Trockenjahren vielerorts die befürchteten Wassernotstände nicht eingetreten sind, war in den meisten Fällen den inzwischen errichteten Verbundsystemen zu verdanken.

Für die Durchführung der großräumigen Maßnahmen und den Betrieb der Anlagen müssen leistungsfähige überörtliche Träger vorhanden sein. Denn große Versorgungseinheiten arbeiten effektiver und in der Regel auch viel wirtschaftlicher als kleinere. Die Gruppenwasserversorgung wird zum größten Teil auf genossenschaftlicher Basis von öffentlich-rechtlichen Verbänden betrieben, die sich nach der Wasserverbandsverordnung vom 3. September 1937 konstituiert haben.

Das ist auch beim Wasserverband „Mittelhessische Wasserwerke“ (WMW) der Fall, der seiner Rechtsform nach ebenfalls ein Wasser- und Bodenverband ist. Dessen Aufgabe besteht darin, Grundwasser im Raume Stadt Allendorf, Kirchhain, Kreis Marburg-Biedenkopf zu gewinnen, aufzubereiten und über ein örtliches Fernleitungsnetz in den mittelhessischen Raum Marburg – Gießen – Wetzlar und weitere 105 Städte und Gemeinden zu liefern. Der WMW fördert zur Bedarfsdeckung von 310 000 Menschen im Mittel täglich 55 000 m³ Trinkwasser. Die bis jetzt höchste Tageswassermenge dieses Wasserverbandes betrug 91 000 m³.

7. Wasserschutzgebiete

Das Grund- und Quellwasser ist durch Nutzung und sonstige Inanspruchnahme des Grund und Bodens einer vielfältigen Gefährdung ausgesetzt. Sie entsteht durch das Einbringen oder Einleiten schädlicher Stoffe, z. B. Abwasser, Industrieabfälle, Mineralöle, in den Untergrund. Daher müssen im Interesse der öffentlichen Trinkwasserversorgung Wasserschutzgebiete eingerichtet werden. Diese sollen verhindern, daß das zu gewinnende Wasser auf dem Wege zu den Gewinnungsanlagen verunreinigt wird. Schutzgebiete sind nicht neu, wenn auch erst seit einigen Jahren in der Landschaft die Schilder „Wasserschutzgebiet“ aufgestellt sind.

Der verfügbare Wasserschatz ist bei uns leider begrenzt; er kann nicht vermehrt werden. Das für die Wasserversorgung brauchbare Wasser muß mehr als bisher geschützt werden. Denn ohne Zweifel wird es künftig schwieriger sein als heute, die Ansprüche an Sicherheit und Qualität der Wasserversorgung zu erfüllen.

Fast immer wird ein Schutzgebiet in drei Zonen unterteilt, in denen je nach dem Grad der Wassergefährdung Schutzmaßnahmen erforderlich sind. In den Trinkwasserschutzge-

bieten sind die darin gelegenen Grundstücke, besonders in der „Engeren Schutzzone“ (Zone II) einigen Nutzungsbeschränkungen unterworfen.

Der Schutz der Grundstückseigentümer, die durch die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes Nachteile erleiden können oder sogar Rechte einbüßen, ist nach den wasserrechtlichen Bestimmungen hinreichend gewährleistet. Denn das Wasserhaushaltsgesetz schreibt zwingend vor, daß ein Wasserschutzgebiet erst nach Ablauf eines förmlichen Verfahrens festgesetzt werden darf.

Daher müssen vor der Festsetzung die Betroffenen die Möglichkeit haben, angehört zu werden und ihre Einwendungen geltend zu machen.

Wenn z. B. die „engere Schutzzone“ bereits bebaut ist, was nicht selten vorkommt, oder sich wassergefährdende Anlagen nicht sofort beseitigen lassen, müssen bis zur endgültigen Beseitigung der Gefahrenherde diese wenigstens gemindert werden.

8. Alterungsprobleme bei Bohrbrunnen

Daß Bohrbrunnen als Trinkwassergewinnungsanlagen in ihrer Ergiebigkeit erheblich nachlassen, hat nicht immer seinen Grund in der übermäßigen Absenkung der Grundwasserstände durch eine zu große Wasserentnahme. Verantwortlich ist hierfür vielfach die „Brunnenalterung“. Die am häufigsten auftretende Alterungsart ist die Inkrustation



durch Verockerung oder Versinterung. Meist ist diese nur sehr schwer zu beseitigen. Chemisch-physikalische und biologische Vorgänge verursachen derartige Schäden, die schon manches Wasserversorgungsunternehmen veranlaßt haben, hiervon betroffene Brunnen aufzugeben.

Es ist anzunehmen, daß bei der Verockerung der Brunnen biologische Vorgänge eine Hauptrolle spielen. Das Redoxpotential dürfte hierbei ein wesentlicher Faktor sein. Jedenfalls sind die beteiligten Mikroorganismen nur innerhalb begrenzter Redoxpotentialspannen lebensfähig. In fast allen Böden und Erdschichten kommen Eisen- und Manganbakterien vor, die ihre „Nahrung“ aus dem strömenden Grundwasser entnehmen. Als Nahrung dient ihnen das in gelöster Form vorhandene Eisen und Mangan. Vermutlich fällt den Bakterien die Nahrungsaufnahme umso leichter, je mehr ihnen auch noch durch chemisch-physikalische Reaktion ausgeschiedenes Eisen und Mangan, bedingt durch betriebliche Vorgänge, zur Verfügung steht. Da diese Bakterien sehr unbeweglich sind, dürfte für das Nahrungsangebot die Zulaufgeschwindigkeit des Grundwassers mit ausschlaggebend sein. Zumindest wird hierdurch die Bildung von Kolonien des Eisen- und Manganbakteriums offensichtlich begünstigt.

Die „abgestorbenen“ Bakterien lassen feste Stoffe in Form von Eisen und Mangan zurück, auf denen sich dann neue Kulturen bilden. Diese Vorgänge sind durchaus mit der Bildung von Korallenriffen vergleichbar.

Erst neuerdings sind von der chemischen Industrie Verfahren entwickelt worden, mit denen aufgetretene Inkrustationen materialschonend und umweltfreundlich beseitigt werden können. Konzentrierte Salzsäure, die vielfach zur Brunnenregenerierung verwendet wird, löst Verockerungen

und Versinterungen jedoch nur bedingt auf. Jedenfalls kann Braunstein, eine Ablagerung, um die es sich in den meisten Fällen handelt, weder mit Salzsäure noch mit Schwefelsäure gelöst werden.

9. Schlußbemerkungen

Eine gesicherte Wasserversorgung ist für den Menschen und seine Umwelt unentbehrlich. Der Mensch kann bis zu zwei Monaten leben, ohne zu essen. Ein Hungerkünstler soll es sogar auf 90 Tage gebracht haben. Ohne Wasser kommt man jedoch nur wenige Tage aus. Der Mensch, der selbst zu 65 % aus Wasser besteht, würde bereits nach vier bis fünf Tagen verdursten.

Die Wirtschaft mit ihrem großen Wasserbedarf würde bei Wassermangel rasch zusammenbrechen. Ihr bisheriges Wachstum ist nicht zuletzt auf die rechtzeitige Bereitstellung ausreichender Wassermengen zurückzuführen.

In der 1977 von der UNO in Argentinien durchgeführten Welt-Wasserkonferenz, mit der eine neue Ära der Entwicklung der weltweiten Wasserwirtschaft begann, faßte deren Generalsekretär die Problematik der Wasserversorgung in die Worte zusammen: „ Es gibt zwar keinen Mangel an Wasser auf der Welt, auch wenn es an vielen Stellen fehlt; doch das Wasser ist in den seltensten Fällen gerade an dem gewünschten Platz vorzufinden.“

Diese Feststellung gilt in sehr vielen Fällen auch für unser Land. Wo das Wasser hier von Natur nicht in der geforderten Menge und Güte vorhanden ist, wird es durch Transportleitungen, vielfach über mehrere Regionen hinweg, geliefert. Dieses wird erreicht durch Druckrohrleitungen mit oft sehr großen Nennweiten.

Wasserversorgung Flughafen München II – Sonderbauweise im Kreuzungsbereich mit Flugbetriebsflächen

Von Wolfgang Hübner

Flughafenkonzept

Der neue Flughafen entsteht etwa 26 km nordöstlich des Münchner Stadtzentrums in einem dünnbesiedelten Gebiet (Bild 1). Er wird über zwei Start- und Landebahnen (S/L-Bahnen) verfügen, die jeweils 4000 m lang und 60 m breit sind. Zwischen den beiden S/L-Bahnen liegen außerhalb der Sicherheitsbereiche der Flugbetriebsflächen die Gebäude der Passagierabfertigung, der Technischen Dienste und Verwaltung, des Tanklagers, der Flugzeugwartung, der Fracht und der Luftpost. Die S-Bahn, die über Ismaning zum Flughafen verlängert wird, mündet im Zentrum des Passagierabfertigungsbereiches.

Für die sichere Wasserversorgung der verschiedenartigen Flughafenanlagen wurden weitverzweigte Trink- und Löschwassernetze entworfen, die über zwei Haupteinspeisungen (Trassen 5111 und 5113) an die zu erweiternden Anlagen der Gemeinden Oberding, Moosinning und Neuching angeschlossen werden. Ein Notverbund mit den Anlagen des Zweckverbandes Freising-Süd wurde ebenfalls aus Sicherheitsgründen geplant (Bild 2).

Teile der Wasserversorgungsanlagen, wie Notverbund, Verbindung nach Oberding und die Haupteinspeisungen sind bereits gebaut worden.

Problematik bei der Unterkreuzung von Flugbetriebsflächen

Zur Abwicklung eines reibungs- und gefahrlosen Flugverkehrs ist die Einhaltung bestimmter Sicherheitsabstände und Hindernisfreiflächen unbedingt erforderlich, d.h. daß bereits bei der Planung die internationalen und nationalen Anforderungen an die Hindernisfreiheit einfließen müssen. So waren beispielsweise bei der Ausführungsplanung der Trasse 5111 (Wasserleitung DN 500), die die Haupt-S/L-Bahn, zwei Schnellabrollwege und zwei Parallelrollbahnen unterkreuzt, folgende Sicherheitsabstände zu berücksichtigen

- 150 m breite Sicherheitsstreifen beiderseits der S/L-Bahnachse mit Hindernisfreiheit $\pm 0,0$, d.h. keine Erhebungen und keine Vertiefungen;
- seitliche, an den 150 m breiten Streifen anschließende Übergangflächen mit einer Neigung 1:10, die durch Hindernisse nicht durchstoßen werden dürfen;
- 70 m breite Sicherheitsstreifen beiderseits der Rollbahnachsen mit Hindernisfreiheit $\pm 0,0$.

Da hier einerseits durch die Aufreihung der Sicherheitsabstände klar ersichtlich wird, daß bei einem möglichen Reparaturfall zwischen den Sicherheitsflächen zu wenig Raum

(15 m) für die Instandsetzung vorhanden wäre, und andererseits eine Baumaßnahme im Sicherheitsbereich nur bei Sperrung der S/L-bzw. Rollbahnen erfolgen darf, mußte eine Lösungsmöglichkeit gefunden werden, die es im Bedarfsfall ermöglichen würde, die Wasserleitung unter Aufrechterhaltung des Flugverkehrs außerhalb der Sicherheitsbereiche zu reparieren.

Ausführungsunterlagen (AFU Bau) für Trasse 5111

Die Situation im Sicherheitsbereich der Flugbetriebsflächen führte bei Beginn der Vorplanung zu dem Lösungsvorschlag, neben der Wasserleitung weitere Medien, z.B. Kabel für Schwachstrom, Starkstrom, Wetterdienst, Flugsiche-

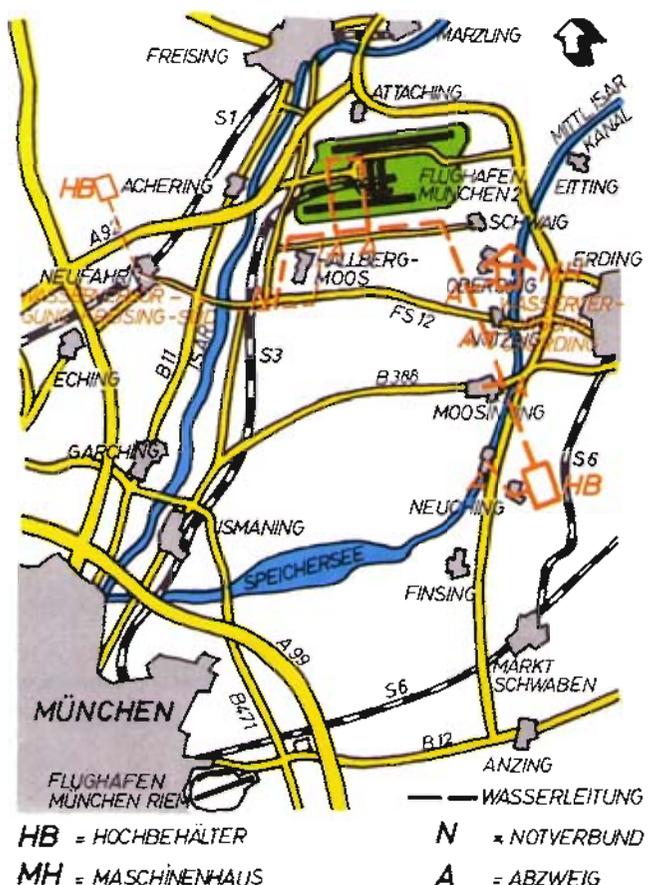


Bild 1: Lage des Flughafens München II mit Anbindung an die Wasserversorgung

nung, Zentrale Leittechnik etc. in einem wasserdichten, begehbaren Kollektor DN 2000 unter den Flugbetriebsflächen zusammenzufassen.

Bei den Untersuchungen kam erschwerend im Zusammenhang mit der Anordnung der Notausstiege und der Unterdükerung des Entwässerungsgrabens Süd (Sohle im Trassenkreuzungsbereich ca. 5,0 m unter Gelände) der hohe Grundwasserstand von im Mittel 1,5 m unter Gelände hinzu.

Die Kosten für die Kollektorrösung wurden auf ca. 2,5 Mio DM geschätzt. Im Zuge der Planungsfortschreibung in allen Teilbereichen und infolge von Planungs- und Trassenänderungen wurde bei der Erstellung der Ausführungsplanung die Kollektorvariante neuerlich kritisch mit Kosten-Nutzen-Analysen untersucht. Da inzwischen im Trassenbereich 5111 nur noch eine geringe Anzahl weiterer Medien geplant waren, wurde nach einer anderen kostengünstigeren Lösung gesucht.

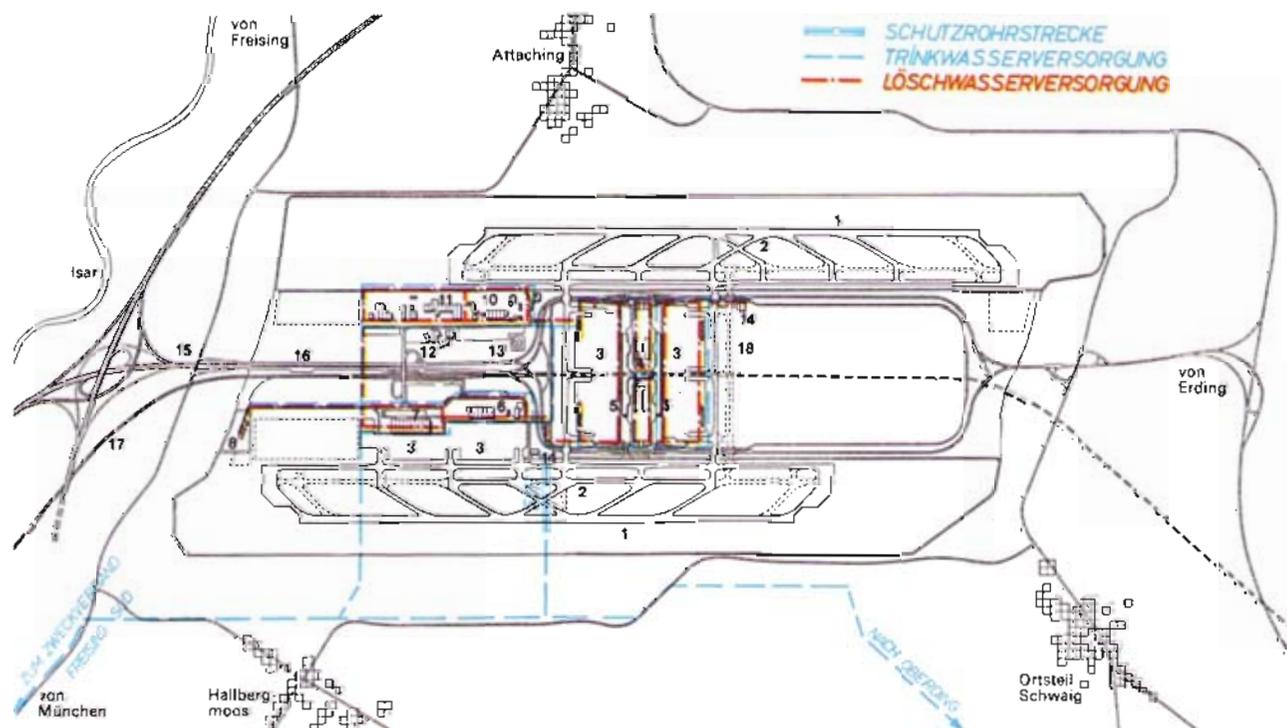
Zahlreiche Anfragen bei Baufirmen und Herstellern führten schließlich auf der Grundlage einer detaillierten Ausarbeitung des Gußrohrherstellers zu einem neuen Lösungsvorschlag. Dieser Vorschlag, der gegenüber der Kollektorrösung eine Kosteneinsparung von ca. 1,0 Mio DM brachte,

sah das Einziehen einer duktilen Gußrohrleitung DN 500 mit zugfester Verbindung TYS-K, auf Gleitkufen montiert, in ein Schutzrohr DN 900 unter dem gesamten Schutzbereich der S/L- und Rollbahnen auf insgesamt ca. 700 m Länge vor.

Bei der Schutzrohrlösung waren folgende Vorgaben zu beachten:

- Nachweis der Kräfte für das Einziehen der Leitung und der Belastung der Schutzrohrleitung
- Zugfeste und abwinkelbare Rohrverbindungen
- Montage und Druckprüfung der einzuziehenden Rohrstrecke außerhalb des Schutzrohres
- Möglichst geringe Reibungskräfte, d.h. möglichst glatte Gleitflächen und Schmierer der Gleitflächen
- Anordnung von Gleitkufen hinter jeder Rohrverbindung
- Auslegen der Gleitkufen derart, daß Verdrehen der Leitung im Schutzrohr ausgeschlossen wird
- Seilführungsrollen an den Knickpunkten im Schutzrohr, um Abrieb zu vermeiden

Aus dem Nachweis der Einzugskräfte und der Belastung der Schutzrohrleitung ergaben sich:



Flughafen München II	4 Zentralgebäude mit unterirdischem S-Bahnhof und Kontrollturm	9 Tankdienste	14 Feuerwachen
Geländenutzungs- und Funktionsplan mit Darstellung der Ausbaustufe für 12 Millionen Passagiere pro Jahr.	5 Passagierabfertigungsgebäude	10 Borddienste	15 Hauptzufahrtsstraße
1 Start- und Landebahnen	6 Luftfracht- und Luftpostgebäude	11 Technische Flughafen-dienste (Werkstätten, Geräteunterstellung und Versorgungszentrale)	16 Drive-in-Information (Vorinformation für Fluggäste mit Pkw)
2 Rollbahnen	7 Flugzeugwartungshallen	12 Verwaltungsgebäude und Zentralküche mit Kantine	17 S-Bahn
3 Flugzeugabstellflächen (Vorfelder)	8 Tanklager	13 Aussichtshügel für Besucher	18 Bereich Allgemeine Luftfahrt

Bild 2: Geländenutzungs- und Funktionsplan mit Trink- u. Löschwasserversorgung

1. Zugkräfte bei Rohrleitung DN 500 aus duktilem Gußeisen

Rohrgewicht DN 500/K 10: $G_R = 150 \text{ kg/m}$
 Rohrschellengewicht: $G_S = 150 \text{ kg/Stck.}$
 Rohrleitungslänge: $L = 714 \text{ m}$
 Gesamtgewicht der Rohrleitung: $G = \approx 125\,000 \text{ kg}$
 max. zul. Zugkraft für längskraftschlüssige Rohrverbindung TYS-K DN 500 – mit 1,5-facher Sicherheit gegenüber Bruchbelastung – $P_{zul} = 90\,000 \text{ kg}$
 max. einzuziehende Rohrlänge – mit $\mu = 0,5$ (z.B. Stahl auf Hartholz) –: $L_{max} = 1\,050 \text{ m}$

Aus der gleichen Grundlage errechnet, ergeben sich für andere Nennweiten von Leitungen aus duktilem Gußeisen folgende max. Einzugsrohrlängen:

DN	Lmax (m)	DN	Lmax (m)
300	750	600	1350
400	1100	700	1080

Für Rohrleitungen aus anderen Werkstoffen, ebenfalls mit abwinkelbaren, längskraftschlüssigen Rohrverbindungen, ergaben sich wesentlich niedrigere max. Einzugsrohrlängen.

2. Belastung der Schutzrohrleitung aus Asbestzement

Es war davon auszugehen, daß sich die Rohrschellen über jeweils 2 Kufen auf der Innenwand des Schutzrohres abstützen.

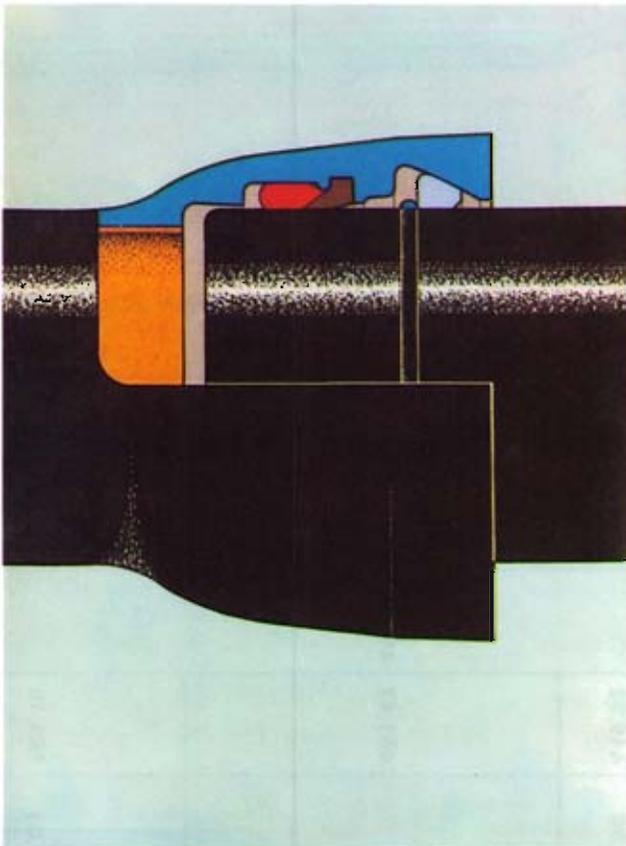


Bild 3: Längskraftschlüssige TYTON-Verbindung TYS-K (Schnittbild)



Bild 4: Abwinkelung einer TYS-K-Verbindung beim Anheben durch Kran

Auflagefläche: $F = 660 \text{ cm}^2$
 Rohrgewicht DN 500/K 10, einschl. Wasserfüllung: $G = 2130 \text{ kg/Rohr}$
 Flächenpressung: $\sigma_p = 1,6 \text{ kp/cm}^2$

Setzt man die Belastung des Schutzrohres durch die Kufen der Rohrschellen stufenförmig radial an, dann ergibt sich folgende Beanspruchung für ein AZ-Rohr mit mind. 37 mm Wanddicke:

Biegemoment: $M_b = 706 \text{ kp cm}$
 Widerstandsmoment: $W = 68,45 \text{ cm}^3$
 Ist-Spannung: $\sigma = 10,3 \text{ kp/cm}^2$
 Ringbiegefestigkeit: $\sigma_{rb} > = 470 \text{ kp/cm}^2$
 $>\sigma = 10,3 \text{ kp/cm}^2$

Folgerungen für die Materialauswahl

Das Rohrmaterial für die Transportleitung wurde entsprechend der berechneten max. einzuziehenden Leitungslänge bewertet und gewählt.

Die Entscheidung fiel für duktile Gußrohre, wobei folgende Eigenschaften der längskraftschlüssigen TYTON-Verbindung System TYS-K (Bild 3) mit ausschlaggebend waren:

- Kraftschlüssig bei großen Zugkräften
- Abwinkelbarkeit unter Belastung mindestens 1° (Bild 4)
- Sichere Montage
- Geringe Verlegezeit

Die Gleitkufen (Bild 6) wurden aus Kostengründen in verzinktem Stahlblech und die Schutzrohrleitung in Asbestzementrohren, die an den Schutzrohrenden zum Transportrohr mit DSI-Abschlußmanschetten abzudichten waren, vorgesehen.

Erstellen von Planunterlagen und Leistungsverzeichnis

Nach der lagemäßigen Fixierung der Trasse 5111 (Bild 5) wurde das optimierte Gelände und der bestehende sowie abgesenkte Grundwasserstand erhoben und im Längsschnitt dargestellt. Entsprechend diesen optimierten zukünftigen Geländehöhen wurden Schutz- und Medienrohre

von den tiefsten Punkten, den Geländemulden, bei minimaler Deckung unter den Mulden, ausgehend und unter Berücksichtigung der Abwinkelbarkeit von jeweils 1° in den Rohrverbindungen der Transportleitung angeordnet. Am tiefsten Punkt, dem Düker unter dem Entwässerungsgraben Süd, wurde zur Entleerung ein Pumpschacht vorgesehen. Der starke Grundwasserandrang – auf der gesamten Länge 1 bis 3 m Absenkung, am Düker bis zu 7 m – erforderte bei der LV-Erstellung die genaue Ermittlung der Förderwassermengen und der Brunnenabstände mit Dimensionierung der Brunnen. Bei 1 bis 1,5 m Absenkung genügten Betonbrunnenringe mit Abständen zwischen 25 und 50 m. In den tieferen Bereichen und am Düker wurden Stahlfilterbrunnen mit Abständen zwischen 10 und 30 m ausgeschrieben. Das Absenkziel der Brunnen wurde 50 bis 70 cm unter Baugrubensohle angesetzt. Der tiefe Bereich (Düker) wurde im Voraushub bis 3,0 m Tiefe und darunter in Spundung mit Schloß ausgeschrieben. Erschwerend war zu berücksichtigen, daß die Grundwasserabsenkung durch den Entwässerungsgraben Süd während der Bauarbeiten in Betrieb bleiben mußte. Dieser Tatsache wurde durch Anordnung von Überleitungsrohren DN 1000 Rechnung getragen.

Weiterhin waren bei der Berechnung der Schutzrohrbelastung die bodenmechanischen Parameter im Zusammen-

hang mit einem rollenden 750 t-Regelflugzeug zu berücksichtigen. Begünstigend auf die statischen Berechnungen wirkte sich die Bodenschichtung aus; unter etwa max. 0,7 m Humus, der im unteren Bereich teilweise mit Alm durchmischt ist, stehen quartäre Kiese bis zu einer tonigschluffigen (Flinz)-Trennschicht in 8 bis 10 m Tiefe und darunter tertiäre Kiese an.

Dies führte als Ergebnis der Berechnungen außerhalb der Flugbetriebsflächen bei Annahme des SLW 60 (Großraumlöschfahrzeug ca. 50 t) mit 50 cm Deckung über dem Schutzrohrscheitel zur Verlegung der Schutzrohrleitung im anstehenden Kiespolster mit 90°-Bettung und unter den Flugbetriebsflächen bei Annahme des 750 t-Regelflugzeuges (Boeing 747, Jumbo ca. 350 t) im Betonaufleger. Beim tiefen Dükerbereich mußten die Spundwände zur Vermeidung des hydraulischen Grundbruches 1,5 m in das Tertiär eingebunden werden. Eine Entspannung des unter Druck stehenden Grundwassers im Tertiär wurde nicht erforderlich, da die Dükersohle genügend Deckung über der waserundurchlässigen Trennschicht Quartär/Tertiär aufwies.

Nach Einarbeitung der vorgenannten Details in Planung und LV wurde die Baumaßnahme ausgeschrieben, vergeben und am 10. 11. 1980 begonnen.

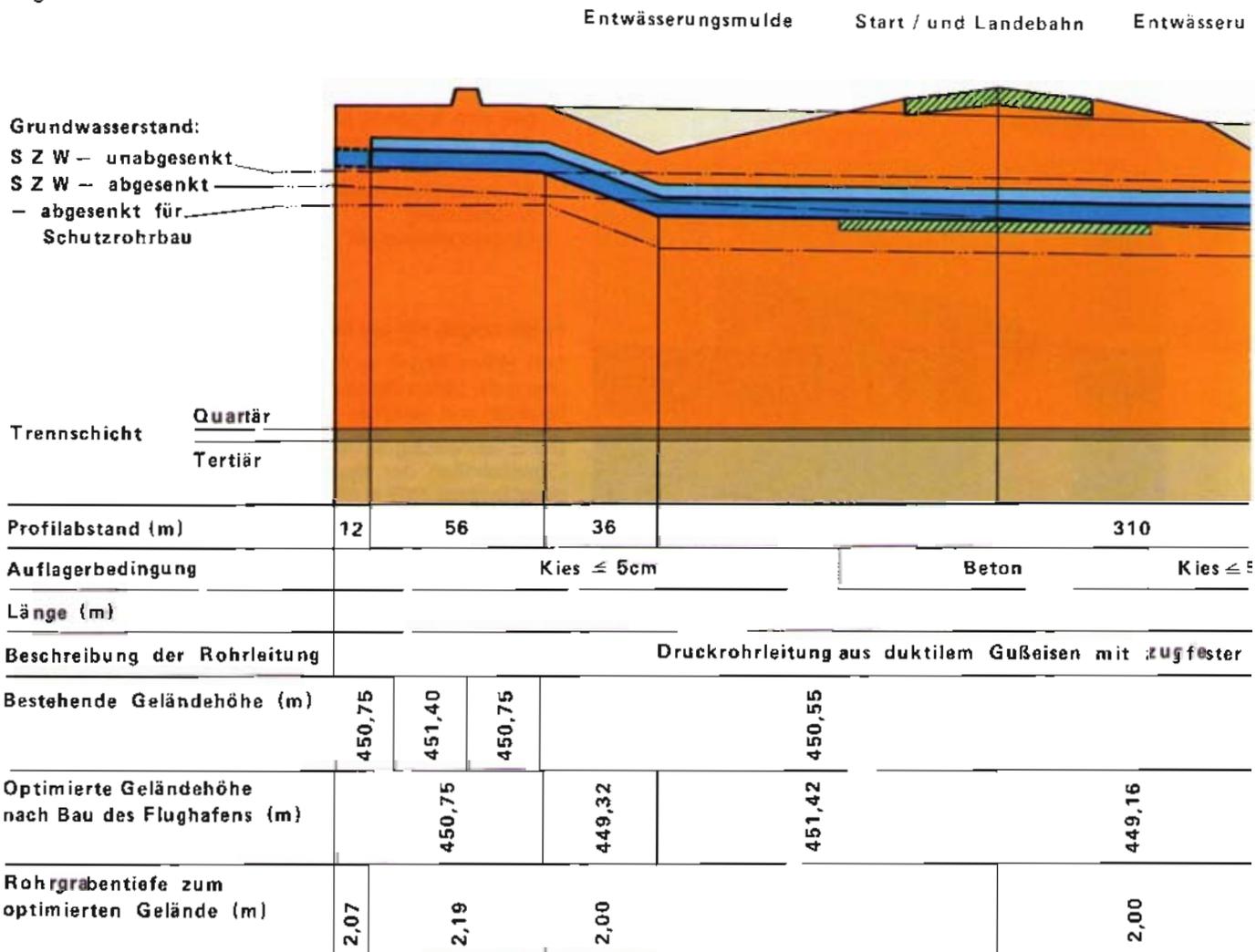


Bild 5: Längsschnitt Trasse 5111 (Schutzrohrbereich)

Bauausführung

Die Baumaßnahme mußte nach Terminplan bis Ende April 1981 fertiggestellt werden, da die Baustellen der S-Bahn und der Passagierabfertigungsgebäude ab diesem Zeitpunkt mit Wasser versorgt werden sollten.

Dieser Fertigstellungstermin bedingte, daß in den Wintermonaten gebaut werden mußte. Im Folgenden wird lediglich auf den Bauablauf im Bereich der Schutzrohrstrecke eingegangen. Nachdem das Baufeld freigemacht worden war, wurde bis auf Kreuzungsbereiche mit Straßen, Wegen und Gräben der Humus abgeschoben und die vorberechneten Wasserhaltungsbrunnen errichtet. Gleichzeitig wurde am südlichen Ende der Schutzrohrstrecke auf etwa 50 m Länge eine Montagestrecke in Form von Halbschalen (Sondervorschlag der Baufirma: mittig geschnittene Schutzrohre) und daran anschließend die eigentliche Schutzrohrleitung von Süden nach Norden in Abschnitten mit Laser verlegt, lagenweise verfüllt und gemäß den Statikvorgaben verdichtet.

Nach einem genügenden Vorlauf des Schutzrohrverlegetrupps wurden von einem zweiten Trupp an die neben der Halbschale lagernden duktilen Gußrohre DN 500 die Gleitkufen mit Gummizwischenlagen montiert und die mit Gleit-

kufen versehenen Gußrohre in der Halbschale zusammengebaut (Bild 6). Am ersten Rohr wurde eine verstärkte Kufe mit Ösen für das Zugseil angebracht. In 50 m-Abschnitten, entsprechend der Länge der Montagestrecke, wurde nach erfolgter Wasserinnendruckprobe, nach Schmieren von Halbschale und Schutzrohr im Bereich der Gleitflächen, die Transportrohrleitung mit einem an der Zugkufe befestigtem starken Stahlseil in die Schutzrohrleitung eingezogen (Bild 7). Das Zugseil wurde jeweils am nördlichen Ende des Schutzrohres an einem Widerlager (Baumstamm hinter tief verankerten Spundbohlen) mit einer Umlenkrolle angebracht, so daß die effektiv aufzubringende Zugkraft halbiert wurde.

Beim Einziehen der letzten 50 m mußte die Gesamtlast der rd. 700 m langen Leitung von ca. 125 t gezogen werden. Bei dem Zugvorgang konnte beobachtet werden, daß das Medienrohr nach Überwinden des Haftreibungswiderstandes vom Stand zum Gleiten sehr rasch, mit einer Geschwindigkeit von 25 m/Min., eingezogen werden konnte.

Nach Fertigstellen der Schutzrohrstrecke war mit einem 300 m langen Abschnitt der Transportleitung ein Zugversuch in umgekehrter Richtung vorgenommen worden. So-

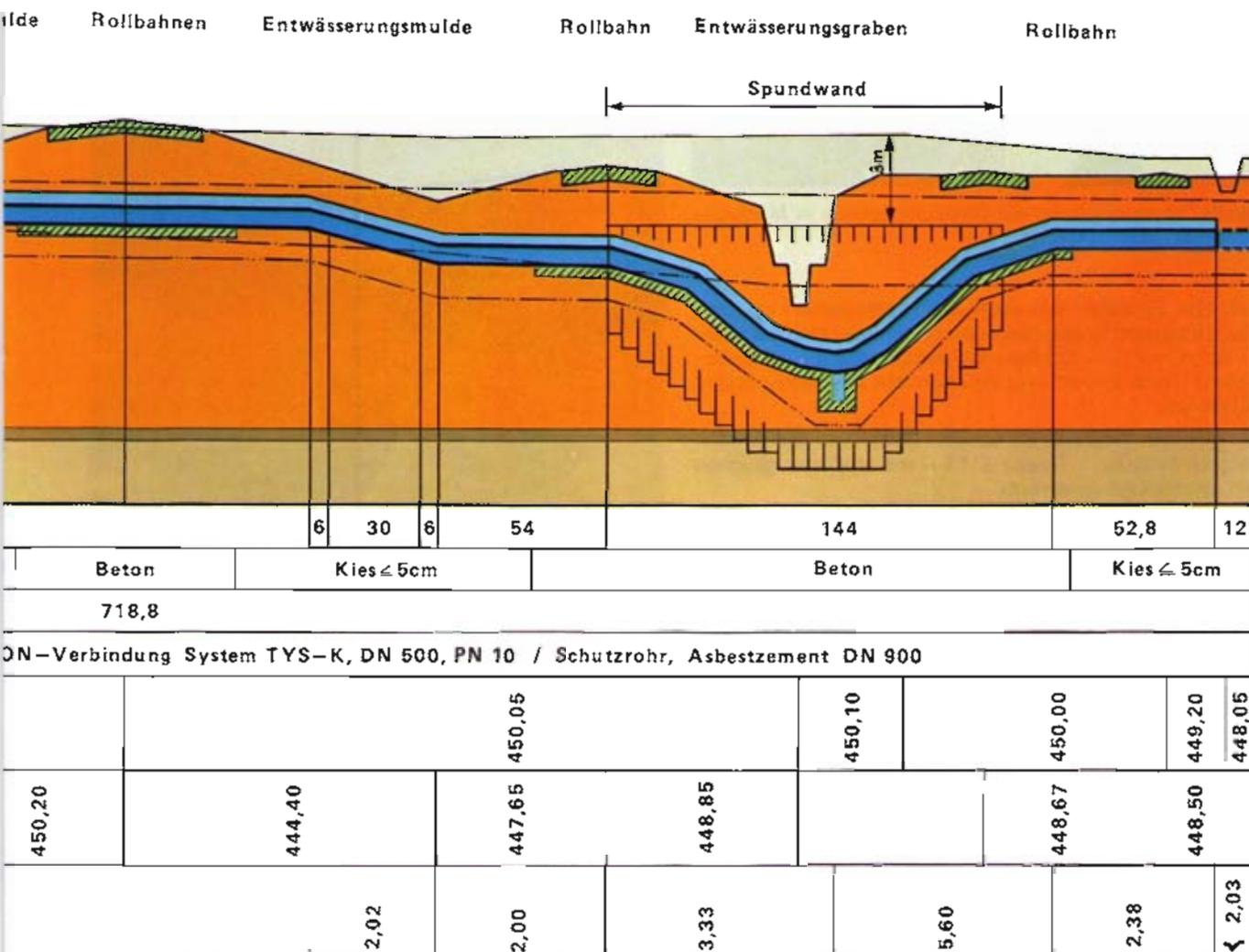




Bild 6: Transportleitung mit Gleitkufenschelle in Montage-
strecke

wohl das Einziehen wie auch das Herausziehen verliefen ohne Unterbrechungen entgegen verschiedentlich geäußerter Befürchtungen günstiger als erwartet und als vorausberechnet. Auch die Wasser-Druckproben brachten positive Ergebnisse.

Die gleichen Erfahrungen wurden beim Bau der zweiten Haupteinbindung – Trasse 5113 – mit etwa der gleichen Schutzrohrlänge gewonnen.

Folgerungen

Durch diese Schutzrohrbauweise könnten in einem gegebenenfalls erforderlichen, späteren Reparaturfall unter Aufrechterhaltung des Flugverkehrs die Hauptwasserleitungseinbindungen außerhalb der Schutzflächen herausgezogen und repariert werden.

Es ist aufgrund der gewonnenen guten Erfahrungen beabsichtigt, auch die weiteren Querungen der Schutzstreifen durch die Wasserleitungen in der gleichen Schutzrohrbauweise zu bauen.

Die Erfahrungen aus Diskussion, Planung und Bauausführung lassen den Schluß zu, daß die vorbeschriebene Schutzrohrbauweise mit duktilen Gußrohren nicht nur in Flughafenbereichen sondern für alle schwierigen längeren Unterkreuzungs- und Dükerstrecken (Bundesbahn, Autobahn, Flüsse, befestigte Stadtbereiche) eine vorteilhafte Lösung darstellt und bei Planungsarbeiten intensive Beachtung verdient.



Bild 7: Einziehen der Transportleitung in Schutzrohrstrecke

DVS-Richtlinien für das Schweißen an duktilen Gußrohren

Von Reinhard Schaffland

Im Heft 16 der fgr-Informationen für das Gas- und Wasserfach wurde über den „Stand der Ausarbeitung von DVS-Richtlinien für das Schweißen an duktilen Gußrohren“ berichtet. Inzwischen liegen diese Richtlinien als Entwürfe August bzw. Oktober 1981 mit Einspruchsfrist vor. Maßgebend sind demnach erst die endgültigen Fassungen (Weißdrucke), die nach erfolgter Einspruchsverhandlung (voraussichtlich im Frühjahr 1982) herausgegeben werden.

Hier sollen nun die Entwürfe der DVS-Richtlinien vorgestellt werden (siehe Anhang). Darüber hinaus soll erläutert werden, welche Entwicklungs- und Untersuchungsarbeiten durchgeführt worden sind, um die Schweißdurchführung, die Schweißkonstruktionen und die Schweißer Ausbildung und -prüfung auf einen sicheren technischen Stand zu bringen.

Richtlinie DVS 1502 Teil 1

In DVS 1502 Teil 1 werden Regeln für die schweißtechnischen Grundsätze von der Nahtvorbereitung über die Durchführung der Schweißarbeiten bis zur Nachbehandlung und Prüfung aufgestellt.

Bis es zu diesen Richtlinien kam, mußte aus einer Vielzahl bekannter Schweißverfahren das für duktilen Gußeisen günstigste und auch für den Baustellenbetrieb geeignete herausgesucht werden. Als dies mit der Lichtbogenhandschweißung gefunden war, galt es, die am besten geeigneten Elektroden zu ermitteln. Zu diesem Zweck wurden umfangreiche Testreihen gefahren, bei denen unterschiedlich starke Schweißraupen mit variierenden Stromstärken auf duktile Gußrohre geschweißt wurden. Prüfungen auf Risse und metallographische Untersuchungen von quer durch die Raupen gelegten Schliffen zeigten eine Überlegenheit von Eisen-Nickel-Elektroden mit ca. 50% Nickel.

Damit lagen Schweißverfahren und Schweißzusatz fest; nun ging es noch um die Ermittlung der Schweiß-Kennwerte. Dieses Thema soll ausführlich behandelt werden, weil die richtigen Schweißparameter für die Qualität der Schweißungen entscheidend sind.

Die maßgeblichen Arbeiten für die Ermittlung der Schweiß-Kennwerte ergaben sich aus einer anderen Aufgabenstellung, nämlich aus der Suche nach geeigneten Prüfstücken für die Beurteilung von Schweißern.

An dieser Aufgabe arbeiteten in einem Arbeitskreis Vertreter der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalten (SLV) Hannover und Duisburg und der 4 deutschen Gußrohrwerke. Die Proben sollten einerseits möglichst praxisnah sein, also den geplanten Schweißkonstruktionen weitgehend entsprechen, andererseits mit vertretbarem

Aufwand zu beschaffen und zu prüfen sein. Diese Forderungen wurden von den Prüfstücken Nr. 1 bis Nr. 4 nach DVS 1148 erfüllt.

Zur Prüfung ihrer Eignung wurden zuerst 180 Prüfstücke unterschiedlicher Wanddicken mit abgestuften Stromstärken und Schweißgeschwindigkeiten bei den Gußrohrwerken hergestellt und bei der SLV Hannover geprüft. Später wurden zur Abrundung der Ergebnisse noch 19 weitere Prüfstücke mit überwiegend größeren Wanddicken nachgefertigt.

Beim Schweißen wurden folgende Daten protokolliert:

- Schweißposition
- Stromstärke für alle Schweißlagen
- Schweißzeit für alle Schweißlagen

Alle Prüfstücke wurden in 3 Teile zerschnitten und folgenden Prüfungen oder Beurteilungen unterzogen:

- Biegung in Richtung WIZ (Wurzel in Zugrichtung) bis zum Bruch (siehe Bild 6 in DVS 1148) mit Bestimmung der Biegefestigkeit
- Biegung in Richtung RIZ (Raupe in Zugrichtung) bis zum Bruch mit Bestimmung der Biegefestigkeit
- Bruchaussehen (Bruchlage, Bindefehler, Poren, Risse, Schlackeneinschlüsse, Wurzelfehler)
- Nahtaussehen (Gleichmäßigkeit, Nahtübergänge, Einbrandkerben, Nahtdicke)

Die für die folgenden Ausführungen wichtigsten Daten sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Bei der Auswertung stellte sich heraus, daß bei fehlerfreien Schweißungen generell Biegefestigkeiten über 500 N/mm² in beiden Beanspruchungsrichtungen erreicht wurden. Es zeigte sich aber auch, daß der Einfluß der meisten Schweißfehler auf die Biegefestigkeit und auf die Bruchverformung gering war. Nur ein Fehler, der ursprünglich nicht in den Beurteilungsbögen vorgesehen war, beeinflusste Biegefestigkeit und Verformung gravierend, nämlich ein Unternahtriß unter der Wurzel.

Als dies erkannt war, wurden Abhängigkeiten zwischen den Unternahtrissen oder den von ihnen abhängigen Biegefestigkeiten und den Schweißparametern untersucht. Es konnte eine direkte Abhängigkeit der Biegefestigkeiten und der Häufigkeit der Unternahtrisse von einer Streckenenergie festgestellt werden. Die Streckenenergie wurde definiert als Produkt aus Stromstärke und Zeit für die einzelnen Schweißlagen, dividiert durch die Wanddicke s des in DVS 1148 in Bild 6 unten dargestellten Probenteils. Die Nahtlänge wurde nicht eingerechnet, da sie bei den Proben gleichmäßig 150 mm betrug. Die wanddickenbezogene Streckenenergie erhielt die Bezeichnung E/s.

fgr 17

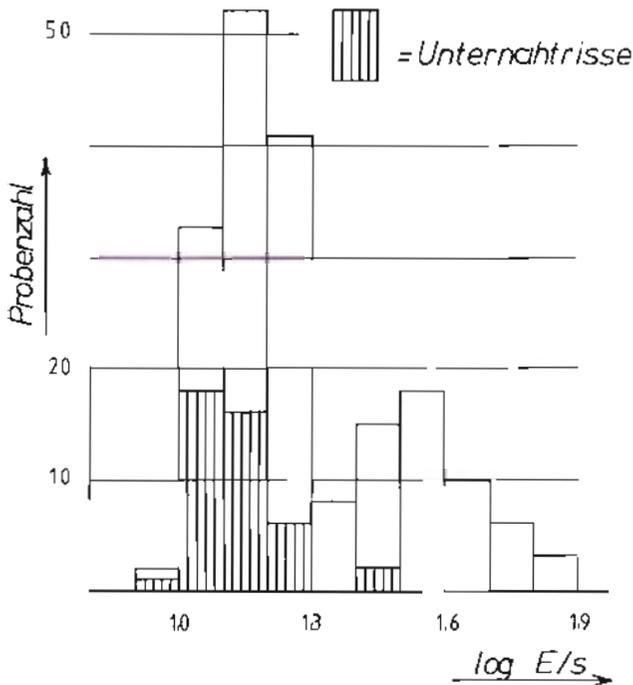


Bild 1

Bild 1 zeigt die Unternahrnisse über dem Logarithmus der Streckenenergie für ungefähr 200 Proben. Bis $\log E/s = 1,2$ treten viele Unternahrnisse auf, bis 1,3 bedeutend weniger, über 1,3 nur noch zwei.

Bild 2 mit den über $\log E/s$ aufgetragenen Biegefestigkeiten zeigt den Einfluß der Streckenenergie noch deutlicher.

Bei beiden Beanspruchungsrichtungen kommen bis $\log E/s = 1,25$ Biegefestigkeiten von weit unter bis weit über 500 N/mm^2 vor, oberhalb $\log E/s = 1,25$ liegen aber alle Biegefestigkeiten über 500 N/mm^2 , und zwar gleichmäßig bis $\log E/s = 1,9$. Das bedeutet, daß unter $\log E/s = 1,25$ immer die Gefahr von Unternahrissen mit ihren Auswirkungen auf die Biegefestigkeit gegeben ist, über 1,25 tritt dagegen dieser Fehler nicht oder zumindest nicht in gravierender Form auf.

Diese Feststellung bewahrheitete sich voll nur bis zu Wanddicken von 12 mm, bei wesentlich größeren Wanddicken zeigten sich auch bei $\log E/s > 1,25$ vereinzelte Unternahrnisse am Schweißbeginn. Sie ließen sich aber sicher vermeiden, wenn der Schweißbeginn auf 200° C vorgewärmt wurde.

Nach den Untersuchungsergebnissen konnten die 2 Tabellen im Anhang von DVS 1502 Teil 1 festgelegt werden, die nichts anderes angeben als wanddickenbezogene Mindeststreckenenergien. Eine Begrenzung der Streckenenergien nach oben ist nicht notwendig, da Werte entsprechend $\log E/s > 1,9$ beim Schweißen kaum zu verwirklichen sind.

Richtlinie DVS 1502 Teil 2

DVS 1502 Teil 2 regelt das Anschweißen von Teilen aus duktilem Gußeisen oder aus Stahl an duktile Gußrohre. Namentlich aufgeführt sind Stutzen von 1" bis 3", Abgänge von DN 80 bis DN 300 und Mauerflansche. Die Teile werden

generell mit Kehlnähten angeschweißt. Diese Tatsache irritiert anfangs jeden Schweißfachmann, der bei anderen Werkstoffen stärker an die Verwendung von V- oder HV-Nähten gewöhnt ist.

Die Überlegenheit der Kehlnähte beim Schweißen an duktilen Gußrohren konnte jedoch an einer großen Zahl von Versuchen nachgewiesen werden. Zum Beispiel lagen bei mit Kehlnähten angeschweißten Abgängen die statischen Berstdrücke um durchschnittlich 20% höher als bei mit HV-Nähten angeschweißten. Bei Innendruck-Schwellversuchen oder Biegeversuchen war die Überlegenheit noch deutlicher. Wie hoch die Belastbarkeit von Konstruktionen nach DVS 1502 Teil 2 wirklich ist, wird an anderer Stelle in diesem Heft berichtet. Hier soll nur erwähnt werden, daß sie der Belastbarkeit von in einem Stück gegossenen Teilen gleicher Dimensionierung völlig gleichkommt und daß Brüche bei statischer oder dynamischer Überbelastung durchweg nicht in der Schweißnaht entstehen.

Übrigens beweisen auch die Ergebnisse der im Abschnitt „Richtlinie DVS 1502 Teil 1“ geschilderten Biegeproben entsprechend DVS 1148, Bild 6 die Sicherheit der Schweißkonstruktionen.

Bild 3 zeigt die Original-Last-Verformungskurven von 18 bei der SLV Hannover getesteten Prüfstücken für die Biegerichtungen RIZ (a) und WIZ (b) bei Schweißungen mit $\log E/s$ um 1,2. Alle Kurven weisen eine deutliche Streckgrenze auf. Bei allen Kurven liegt die Verformung weit über den Werten, die bei der Biegung angeschweißter Abgänge auftreten.

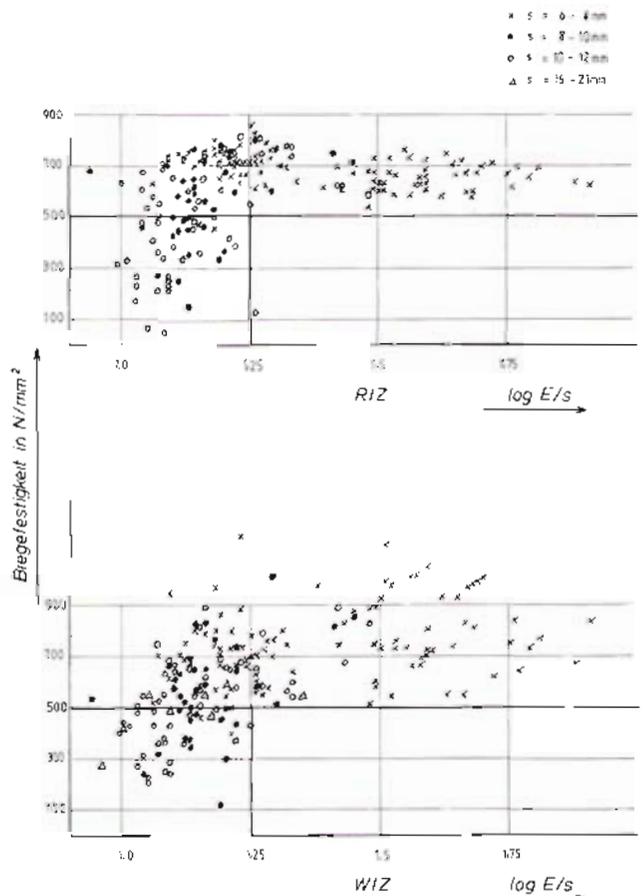


Bild 2

Dort entstehen Brüche im Hauptrohr weit bevor die Schweißnähte so stark verformt sind wie im Bild 3.

In DVS 1502 Blatt 2 sind 3 Konstruktionen aufgeführt, die in der Praxis häufig vorkommen. Darüber hinaus sind auch noch andere Schweißungen möglich, zum Beispiel an Einsteckenden oder Muffen zur Anbringung von längskraftschlüssigen Verbindungen oder für die Reparatur kleinerer Fehlstellen wie Poren und dergleichen. Bei der Planung spezieller Schweißkonstruktionen ist es ratsam, bei einem Gußrohrwerk anzufragen und sich dessen umfangreiche Erfahrung zunutze zu machen.

Richtlinie DVS 1148

DVS 1148 regelt die Prüfung von Schweißern speziell für das Schweißen an duktilen Gußrohren nach den Richtlinien DVS 1502 Teil 1 und Teil 2.

Hier soll nur auf die praktische Prüfung an den Prüfstücken 1 bis 5 eingegangen werden. Die Prüfstücke 1 bis 4 wurden in den vorherigen Abschnitten bereits mehrfach erwähnt. Sie bestehen aus 2 Rohrstücken mittlerer Wanddicke, die in 4 Positionen mit Kehlnaht senkrecht aufeinander geschweißt werden. So einfach Aufbau und Prüfung dieser Stücke sind, so aussagekräftig sind sie doch für die Beurteilung eines Schweißers.

Nach dem Bewertungsbogen (Anlage 3 zu DVS 1148) werden Nahtdicke, Nahtaussehen, Bruchaussehen, Einbrand und Schliffaussehen bewertet. Schweißungen, die den gestellten Anforderungen entsprechen sind extrem sicher. Wie die bei der SLV Hannover getesteten 180 Prüfstücke zeigen, wird eine Biegefestigkeit von über 500 N/mm² schon dann regelmäßig erreicht, wenn der Bruch bei Biegung Richtung WIZ unter ca. 45° durch die Schweißnaht verläuft; dann liegen keine Unternährnisse vor. Prüfstück 5 testet die Geschicklichkeit des Schweißers unter Baustellenbedingungen.

Zusammenfassung

Die Entwürfe der Richtlinien DVS 1502 Teil 1 und Teil 2 sowie DVS 1148 werden vorgestellt. Anhand von Versuchsserien wird die Sicherheit geschildert, die erreicht wird, wenn für Konstruktionen nach DVS 1502 Teil 2 die Schweißregeln nach DVS 1502 Teil 1 mit den Streckenergien der Tabellen eingehalten werden. DVS 1148 verlangt vom Schweißer bei der Prüfung so viel, daß seine Praxisschweißungen bei gleich guter Arbeitsweise völlig sicher sein müssen. Die Prüfstücke nach DVS 1148 haben dabei den Vorteil der Einfachheit und sind sogar für eine Fertigungsprüfung des Schweißers an der Baustelle geeignet.

Last-Verformungskurven an Proben nach Richtlinie DVS 1148

Probenbreiten ca. 60 mm, Wanddicken ca. 8 mm, Hebelarm 120 mm

a = RIZ b = WIZ

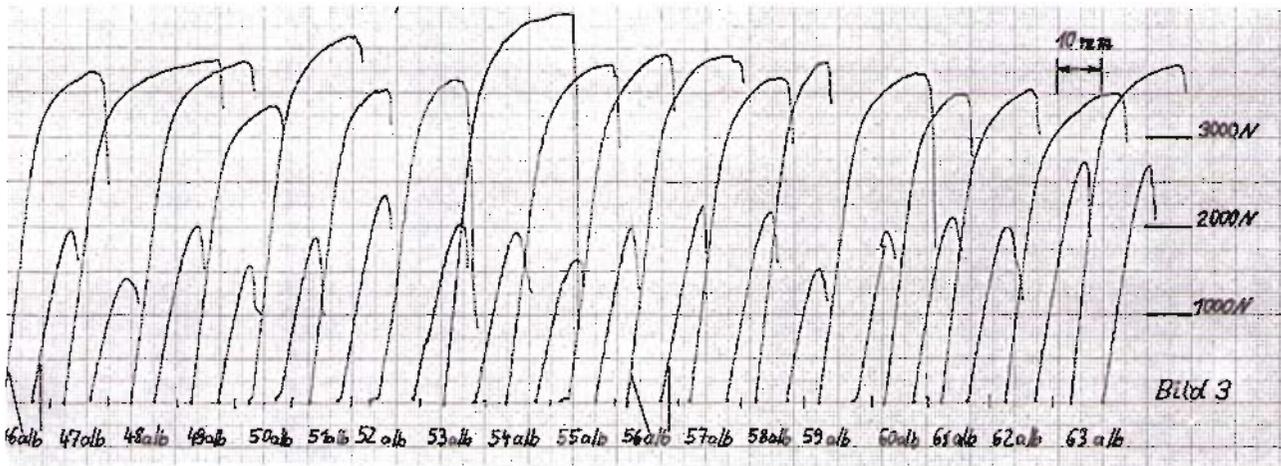


Tabelle 1: Schweißparameter und Untersuchungsergebnisse von 199 Prüfstücken

Nr.	Stromstärke für Wurzel A	Schweißzeit für Wurzel min.	logE/s	Unternaht- risse		Biegefestigkeit N/mm ²		Wanddicke des Hauptrohres mm	
				RIZ	WIZ	RIZ	WIZ		
1	130	1,80	1,53	—	—	663	764	5,7	(5–6)
2	110	1,85	1,50	—	—	632	727	6,4	(6–7)
3	110	2,50	1,59	—	—	683	811	7,0	„
4	110	2,30	1,58	—	—	630	694	6,7	„
5	130	1,55	1,49	—	—	731	580	6,5	„
6	130	1,63	1,51	—	—	624	1128	6,4	„
7	150	1,25	1,45	—	—	671	871	6,4	„
8	150	1,10	1,50	—	—	599	919	6,4	„
9	93	2,35	1,51	—	—	609	991	6,5	„
10	93	2,70	1,59	—	—	721	711	6,4	„
11	93	5,90	1,91	—	—	631	842	6,8	„
12	110	3,10	1,67	—	—	676	831	7,0	„
13	110	2,50	1,59	—	—	608	1044	6,7	„
14	130	2,65	1,68	—	—	590	814	6,9	„
15	130	3,25	1,76	—	—	614	841	7,0	„
16	130	2,60	1,70	—	—	695	1000	7,0	„
17	98	4,10	1,79	—	—	652	730	6,7	„
18	98	5,20	1,88	—	—	639	676	6,8	„
19	118	3,10	1,72	—	—	709	625	6,6	„
20	113	3,95	1,81	—	—	692	770	7,0	„
21	108	3,00	1,67	—	—	595	967	6,9	„
22	130	2,60	1,69	—	—	668	988	6,8	„
23	130	2,40	1,68	—	—	575	980	6,8	„
24	100	2,50	1,56	—	—	583	1004	6,7	„
25	100	3,75	1,75	—	—	670	754	6,8	„
26	130	1,60	1,49	—	—	604	601	6,7	„
27	130	1,70	1,52	—	—	730	549	6,6	„
28	130	1,65	1,49	—	—	637	749	6,7	„
29	150	1,05	1,38	—	—	610	970	6,5	„
30	150	1,02	1,32	—	—	691	752	7,0	„
31	150	1,30	1,48	—	—	674	511	6,4	„
32	95	2,75	1,58	—	—	648	675	6,6	„
33	95	3,30	1,65	—	—	658	923	7,0	„
34	115	2,35	1,59	—	—	630	721	7,0	„
35	115	2,50	1,63	—	—	750	551	6,8	„
36	115	2,70	1,66	—	—	717	554	6,7	„
37	195	1,90	1,59	—	—	665	724	6,9	„
38	130	1,80	1,52	—	—	678	971	6,8	„
39	130	1,85	1,55	—	—	765	733	6,6	„
40	150	1,60	1,53	—	—	585	732	7,3	(7–8)
41	110	2,35	1,57	—	—	623	1011	7,1	„
42	98	4,35	1,77	—	—	699	651	7,1	„
43	130	2,40	1,62	—	—	582	927	7,2	„
44	95	2,75	1,56	—	—	733	664	7,1	„
45	100	3,00	1,64	—	—	704	744	7,2	„
46	110	1,26	1,25	—	—	718	782	7,5	„
47	110	1,13	1,20	—	—	748	547	7,6	„
48	110	1,26	1,24	—	—	720	664	7,7	„
49	115	1,10	1,21	—	—	731	795	7,8	„
50	115	0,95	1,14	—	—	695	803	7,6	„
51	125	0,85	1,12	—	—	732	749	8,0	„
52	125	0,95	1,18	—	—	767	961	7,8	„
53	125	0,87	1,13	—	—	750	671	8,0	„
54	100	1,49	1,26	—	—	804	635	8,0	„
55	100	1,43	1,26	—	—	734	712	7,6	„
56	105	1,24	1,19	—	—	720	675	7,9	„
57	100	1,52	1,26	—	—	721	575	7,9	„
58	110	0,88	1,09	—	—	724	615	7,5	„
59	110	1,35	1,28	—	—	788	764	7,6	„

Nr.	Stromstärke für Wurzel A	Schweißzeit für Wurzel min.	logE/s	Unternaht- risse		Biegefestigkeit N/mm ²		Wanddicke des Hauptrohres mm	
				RiZ	WIZ	RiZ	WIZ		
60	110	1,20	1,21	—	—	752	731	8,0	(7–8)
61	100	1,45	1,27	—	—	674	553	7,6	„
62	105	1,60	1,34	—	—	640	641	7,5	„
63	105	1,18	1,21	—	—	707	493	7,6	„
64	100	1,11	1,15	—	—	714	585	7,7	„
65	105	1,18	1,21	—	—	721	574	7,7	„
66	105	1,06	1,12	—	—	735	694	7,9	„
67	115	1,12	1,23	—	—	662	1161	7,6	„
68	115	1,07	1,19	—	—	646	710	7,8	„
69	115	1,28	1,29	—	—	763	762	7,5	„
70	105	1,16	1,19	—	—	703	862	8,0	„
71	105	1,20	1,22	—	—	702	660	7,7	„
72	105	1,32	1,23	—	—	633	884	7,7	„
73	100	0,93	1,06	—	—	632	525	7,7	„
74	110	0,94	1,11	—	—	744	708	7,6	„
75	105	1,22	1,23	—	—	783	732	7,5	„
76	120	0,82	1,09	—	—	733	941	8,0	„
77	120	0,97	1,18	—	—	745	801	7,5	„
78	120	0,98	1,18	—	—	799	749	7,5	„
79	95	1,62	1,29	—	—	729	700	8,0	„
80	100	1,46	1,27	—	—	722	727	7,7	„
81	100	1,18	1,16	—	—	754	783	8,0	„
82	100	1,62	1,31	—	—	698	806	7,6	„
83	110	1,17	1,19	—	—	761	735	8,0	„
84	110	1,31	1,25	—	—	853	700	7,8	„
85	90	1,38	1,18	—	—	451	574	7,9	„
86	90	1,08	1,07	+	—	491	705	7,9	„
87	90	2,42	1,43	—	—	606	825	7,8	„
88	90	2,30	1,42	—	—	695	745	7,6	„
89	110	2,33	1,49	—	—	675	893	8,0	„
90	110	2,22	1,48	—	—	533	890	8,0	„
91	90	1,62	1,28	—	—	625	577	7,6	„
92	110	1,05	1,15	—	—	468	465	7,9	„
93	130	1,10	1,26	—	—	611	603	7,7	„
94	130	1,03	1,21	—	+	658	396	8,0	„
95	130	1,05	1,24	—	—	668	687	7,9	„
96	110	0,65	0,94	—	—	681	537	8,3	(8–9)
97	100	1,38	1,22	—	—	719	740	8,2	„
98	95	1,38	1,22	—	—	755	647	8,1	„
99	100	1,60	1,30	—	—	760	517	8,2	„
100	110	1,35	1,26	—	—	807	580	8,1	„
101	130	1,25	1,29	—	—	592	1002	8,1	„
102	90	2,33	1,41	—	—	752	815	8,1	„
103	110	2,12	1,45	—	—	712	877	8,1	„
104	110	1,08	1,14	+	—	584	828	8,6	„
105	110	1,12	1,16	—	—	567	656	8,4	„
106	110	1,17	1,16	—	—	715	599	8,5	„
107	90	1,27	1,13	+	+	150	341	8,4	„
108	90	1,20	1,10	—	—	491	581	8,3	„
109	110	1,03	1,13	—	—	568	453	8,2	„
110	110	1,07	1,14	—	—	614	471	8,4	„
111	90	1,25	1,04	—	—	461	240	9,6	(9–10)
112	110	1,17	1,11	+	—	442	544	9,8	„
113	110	1,20	1,12	—	+	480	528	9,9	„
114	110	1,22	1,11	—	—	576	493	10,0	„
115	130	1,28	1,22	—	+	590	435	9,9	„
116	130	1,00	1,14	—	—	768	576	9,5	„
117	130	1,12	1,19	+	+	323	121	9,3	„
118	130	1,13	1,20	—	+	673	298	9,4	„

fig 17

Nr.	Stromstärke für Wurzel A	Schweißzeit für Wurzel min.	logE/s	Unter-naht- risse		Biegefestigkeit N/mm ²		Wanddicke des Hauptrohres mm	
				RIZ	WIZ	RIZ	WIZ		
119	90	1,32	1,09	—	+	700	663	9,7	(9–10)
120	90	1,37	1,10	—	+	422	609	9,7	„
121	90	1,40	1,11	+	—	247	624	10,0	„
122	110	1,20	1,13	+	+	548	500	9,6	„
123	110	1,22	1,14	—	+	641	646	9,4	„
124	110	1,22	1,13	—	—	493	689	9,8	„
125	130	1,15	1,18	—	—	526	759	9,7	„
126	130	1,10	1,16	—	—	463	821	9,8	„
127	90	1,25	1,13	—	+	349	379	9,2	„
128	90	1,92	1,20	—	—	365	496	10,0	„
129	120	1,33	1,19	—	+	769	459	10,0	„
130	115	1,16	1,12	—	+	639	385	9,8	„
131	125	1,13	1,07	+	+	270	312	9,8	„
132	130	1,23	1,19	—	—	597	694	10,2	(10–11)
133	130	2,50	1,48	—	+	587	829	10,6	„
134	130	2,25	1,43	—	+	617	678	10,6	„
135	90	1,63	1,15	—	—	569	581	10,4	„
136	90	1,53	1,13	—	—	596	474	10,3	„
137	80	1,61	1,06	—	—	575	496	10,9	„
138	90	1,37	1,05	—	—	537	229	10,6	„
139	100	1,20	1,05	+	—	68	217	10,4	„
140	110	1,20	1,07	—	—	594	745	10,9	„
141	90	2,62	1,32	—	—	785	561	11,0	„
142	100	1,85	1,22	+	—	380	587	11,0	„
143	120	1,33	1,26	+	+	129	595	11,0	„
144	110	1,63	1,25	—	—	543	433	10,7	„
145	105	1,50	1,14	—	—	480	563	11,0	„
146	115	1,18	1,08	+	+	47	257	11,0	„
147	115	1,24	1,04	—	+	464	—	10,2	„
148	115	1,34	1,15	—	+	359	505	11,0	„
149	105	1,38	1,13	—	—	455	671	10,7	„
150	105	1,35	1,09	+	—	254	437	11,0	„
151	115	1,09	1,06	+	+	406	430	10,4	„
152	115	1,11	1,07	+	+	211	525	11,0	„
153	125	1,11	1,12	+	+	337	373	10,1	„
154	125	0,97	1,09	+	+	213	240	10,1	„
155	105	1,18	1,03	+	—	229	511	10,7	„
156	105	1,57	1,21	—	—	413	652	11,0	„
157	115	1,10	1,07	—	+	358	368	10,7	„
158	125	1,17	1,14	—	—	526	801	10,3	„
159	130	2,30	1,42	—	—	619	893	11,2	(11–12)
160	130	1,27	1,16	—	—	645	887	11,2	„
161	80	1,45	1,00	—	—	624	444	11,2	„
162	80	2,10	1,18	—	—	491	498	11,1	„
163	90	1,40	1,01	+	—	326	431	11,7	„
164	90	1,44	1,09	—	+	257	288	11,2	„
165	90	2,53	1,33	—	—	770	540	11,2	„
166	100	1,95	1,22	—	+	716	376	11,6	„
167	110	1,94	1,27	—	—	738	794	11,1	„
168	105	1,24	1,04	—	+	608	314	11,5	„
169	125	1,00	1,03	+	+	172	489	11,7	„
170	125	1,10	1,08	—	+	494	367	11,1	„
171	105	1,19	1,03	+	+	270	273	11,3	„
172	115	1,23	1,10	—	—	382	639	11,1	„
173	115	1,23	1,09	+	—	223	666	11,3	„
174	125	0,92	0,99	—	+	315	404	11,4	„
175	115	1,13	1,04	—	+	667	541	12,0	„
176	115	1,20	1,08	—	+	697	551	11,4	„
177	115	1,33	1,10	—	+	653	667	11,8	„
178	130	1,34	1,16	—	—	751	618	11,7	„

Nr.	Stromstärke für Wurzel A	Schweißzeit für Wurzel min.	logE/s	Unternaht- risse		Biegefestigkeit N/mm ²		Wanddicke des Hauptrohres mm	
				RIZ	WIZ	RIZ	WIZ		
179	130	1,06	1,08	—	+	696	624	11,9	(11–12)
180	130	1,40	1,20	—	—	751	651	11,7	„
¹⁾ 181	165	1,14	1,23	—	—	815	680	11,1	„
¹⁾ 182	165	1,22	1,26	—	—	805	649	11,3	„
¹⁾ 183	165	1,46	1,33	—	—	738	596	11,7	„
184	125	1,11	1,08	+	+	337	369	14,0	(12–16)
185	110	3,60	1,35		⁺²⁾		546	17,8	(16–20)
186	135	1,55	1,09		⁺²⁾		488	17,2	„
187	145	1,25	0,96		⁺²⁾		273	20,0	„
188	158	1,55	1,16		⁺²⁾		550	16,4	„
189	135	1,70	1,05		⁺²⁾		551	20,3	„
190	145	2,05	1,17		⁺²⁾		471	20,3	„
191	145	1,28	1,00		⁺²⁾		420	18,4	„
192	133	2,00	1,20		⁺²⁾		581	16,5	„
¹⁾ 193	160	1,95	1,28		⁺³⁾			16,3	„
¹⁾ 194	160	2,46	1,38		⁺³⁾			16,3	„
¹⁾ 195	175	1,95	1,28		⁺³⁾			17,7	„
¹⁾ 196	145	2,58	1,36		⁺³⁾			16,2	„
⁴⁾ 197	145	2,62	1,36		⁺³⁾			16,6	„
⁵⁾ 198	145	3,20	1,43		—			18,5	„
⁵⁾ 199	145	3,44	1,49		—			16,2	„

¹⁾ Mit 4 mm Ø Elektrode geschweißt, alle anderen Proben mit 3,25 mmØ

²⁾ Diese Proben wurden nur Richtung WIZ gebogen, die Unternahtrisse gehen vom Nahtbeginn 40 bis 85 mm weit in die Proben

³⁾ Diese Proben wurden ohne Kraftmessung gebrochen, die Unternahtrisse gehen vom Nahtbeginn bis max. 20 mm weit in die Proben.

⁴⁾ Auf 120° C vorgewärmt

⁵⁾ Auf 200° C vorgewärmt

DEUTSCHER
VERBAND FÜR
SCHWEISSTECHNIK e.V.

**Lichtbogenhandschweißen an Rohren aus duktilem
Gußeisen für Rohrleitungen
der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung –
Schweißtechnische Grundsätze**

**Richtlinie
DVS 1502
Teil 1
(August 1981)**



Einsprüche bis 31. Dezember 1981

Diese Richtlinie wurde in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW), der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (FGR) und dem Rohrleitungsbauverband e.V. (RBV) aufgestellt. Sie gilt in Verbindung mit dem Technischen Regelwerk des DVGW und DIN 19630.

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
 - 2 Schweißverfahren und Schweißzusatz
 - 3 Vorbereitungen zum Schweißen
 - 4 Durchführen von Schweißarbeiten
 - 4.1 Stabelektroden
 - 4.2 Stromart
 - 4.3 Nahtart
 - 4.4 Schweißkennwerte
 - 4.5 Heften
 - 4.6 Vorwärmen
 - 4.7 Schweißen
 - 5 Nachbehandlung
 - 6 Prüfung
 - 7 Mitgeltende DIN-Normen, DVGW-Regelwerk und Richtlinien
- Anhang

1 Geltungsbereich

Diese Richtlinie enthält Grundsätze für das Anschweißen von Stutzen, Abgängen und Mauerflanschen gemäß Richtlinie DVS 1502 Teil 2 an Rohre aus duktilem Gußeisen nach DIN 28 600. Sie gilt für Gasleitungen mit einem zulässigen Betriebsüberdruck bis 4 bar und für Wasserleitungen mit einem zulässigen Betriebsüberdruck gemäß DIN 28 610. Sie gilt nicht für das Schweißen an Rohren aus Grauguß nach DIN 28 500.

2 Schweißverfahren und Schweißzusatz

Anzuwenden ist das Lichtbogenhandschweißen mit Stabelektroden nach DIN 8573 Teil 1, deren Kernstab aus Nickel-Eisen besteht. Das Schweißgut hat eine gute Verformbarkeit, während die Übergangszone eine niedrigere Verformbarkeit, aber höhere Festigkeit gegenüber dem Grundwerkstoff hat.

Für das Schweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen sind nur geprüfte Schweißer nach Richtlinie DVS 1148 [6] einzusetzen, die von den für den Betrieb anerkannten Schweißaufsichtspersonen überwacht werden.

3 Vorbereitungen zum Schweißen

Bei niedrigen Außentemperaturen ist durch geeignete Maßnahmen (Einzelten, Vorwärmen, Beheizen) dafür Sorge zu tragen, daß die Rohrwandtemperaturen nicht unter +5°C sinken. Bei Regen muß der Arbeitsplatz so abgedeckt sein, daß der Bereich für das Schweißen trocken bleibt.

Bei Schweißarbeiten im Rohrgraben ist die Montagegrube so groß auszuheben, daß der Schweißer genügend Bewegungsfreiheit hat und Verunreinigungen der Schweißstelle vermieden werden. Der Schweißbereich muß metallisch blank und trocken sowie bei verzinkten Teilen zinkfrei sein. Zum Säubern der Rohroberfläche kann Schleifen oder Feilen angewendet werden.

4 Durchführen von Schweißarbeiten

4.1 Stabelektroden

Es dürfen nur solche Nickel-Eisen-Stabelektroden nach DIN 8573 Teil 1 verwendet werden, die für das Schweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen zugelassen sind¹⁾. Stabelektroden mit etwa 50 Gewichts-% Nickel im Kernstab haben sich am besten bewährt. Es kommen – in Abhängigkeit von der Wanddicke – Stabelektroden von 3,25 mm und 4 mm Durchmesser zur Anwendung, siehe Anhang, Tabellen 1 und 2.

4.2 Stromart

Das Lichtbogenhandschweißen kann sowohl mit Gleichstrom als auch mit Wechselstrom durchgeführt werden. Die Verarbeitungshinweise der Elektrodenhersteller sind zu beachten.

4.3 Nahtart

Als Nahtart wird die Kehlnaht nach DIN 1912 Teil 1 verwendet.

4.4 Schweißkennwerte

Die vom Elektrodenhersteller angegebenen Stromstärken sind Richtwerte. Die im Anhang aufgeführten Schweißkennwerte sind einzuhalten.

4.5 Heften

Zuschweißende Teile müssen an mindestens zwei Stellen geheftet werden. Die Ausläufe von Heftschweißungen sollen flach sein, damit sie überschweißt werden können; dies kann gegebenenfalls durch Schleifen erreicht werden. Angerissene Heftschweißungen sind auszuschleifen.

4.6 Vorwärmen

Bei Rohren mit Wanddicken über 12 mm ist vor dem Schweißen der Wurzellage der Schweißnahtbeginn auf etwa 200°C vorzuwärmen.

4.7 Schweißen

Die Naht ist in einem Arbeitsgang zu schweißen. Nach Arbeitsunterbrechung ist der neue Schweißnahtbeginn auf etwa 200°C vorzuwärmen.

Beim Schweißen von Zwischen- bzw. Decklagen sollen die Stabelektroden pendelnd geführt werden.

¹⁾ Zulassungsstellen sind beim Deutschen Verband für Schweißtechnik e.V., Düsseldorf, Aachener Straße 172, zu erfragen.

Diese Richtlinie wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muß jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist

DVS, Technischer Ausschuß, Arbeitsgruppe „Schweißen im Kessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau“

Nachdruck und Kopie, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.

5 Nachbehandlung

Eine thermische Nachbehandlung von Schweißverbindungen bzw. geschweißten Teilen ist nicht erforderlich.

Der Nahtbereich ist nach dem Erkalten zu säubern und mit einem Schutzanstrich, beispielsweise auf bituminöser Basis, sorgfältig nachzustreichen.

6 Prüfung

Die Schweißnähte sind nach Richtlinie DVS 1502 Teil 2 auf Dichtigkeit zu prüfen. Zusätzlich kann nach dem Farbeindringverfahren auf Oberflächenfehler geprüft werden.

Nicht auf Dichtigkeit beanspruchte Schweißnähte werden stichprobenweise auf Oberflächenfehler geprüft.

Beim Prüfen festgestellte Fehler, wie Oberflächenporen oder kleinere Risse in oder neben der Schweißnaht, müssen vor dem Ausbesserungsschweißen vollständig ausgeschliffen werden.

Fehlstellen dürfen nur einmal ausgebessert werden.

7 Mitgeltende DIN-Normen, DVGW-Regelwerk und DVS-Richtlinien

- [1] DIN 1912 Teil 1 „Zeichnerische Darstellung – Schweißen, Löten; Begriffe und Benennungen für Schweißstöße, -fugen, -nähte“.
- [2] DIN 8573 Teil 1 „Schweißzusatzwerkstoffe zum Schweißen von Gußeisen – umhüllte Stabelektroden für das Lichtbogenhandschweißen an Gußeisen mit Lamellengraphit oder mit Kugelgraphit und an Temperguß“.
- [3] DIN 19630 „Gas- und Wasserverteilungsanlagen; Rohrverlegungs-Richtlinien für Gas- und Wasserrohrnetze“.
- [4] DIN 28600 „Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen – Technische Lieferbedingungen“.
- [5] DIN 28610 „Druckrohre aus duktilem Gußeisen mit Schraubmuffen, Stopfbuchsenmuffen und TYTON®-Muffen für Gas- und Wasserleitungen; Maße“.
- [6] Richtlinie DVS 1148 „Schweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung – Prüfung von Schweißern“.

[7] Richtlinie DVS 1502 Teil 2 „Schweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung – Anschweißen von Teilen aus duktilem Gußeisen oder aus Stahl“.

[8] DIN 8551 Teil 1 „Schweißnahtvorbereitung – Fugenformen an Stahl; Gasschweißen, Lichtbogenhandschweißen und Schutzgasschweißen“.

[9] DVGW-Regelwerke „Gas“ und „Wasser“.

Alle DIN-Normen sind zu beziehen beim Beuth Verlag GmbH, Berlin, alle DVS-Richtlinien beim Deutschen Verlag für Schweißtechnik GmbH, Düsseldorf, das DVGW-Regelwerk beim ZfGW-Verlag, Frankfurt/Main.

Anhang

Tabelle 1. Stabelektroden, 3,25 mm Durchmesser.

Nennweite ²⁾ DN	Wanddicke ²⁾ s mm	Schweißgeschwindigkeit (cm/min) ¹⁾ bei Stromstärke I von			
		110 A	120 A	130 A	140 A
≤100	≤ 6	17	19	20	22
125 ... 300	≤ 8	13	14	15	16
350 ... 500	≤10	10	11	12	13
600 und 700	≤12	8	9	10	11

Tabelle 2. Stabelektroden, 4 mm Durchmesser.

Nennweite ²⁾ DN	Wanddicke ²⁾ s mm	Schweißgeschwindigkeit (cm/min) ¹⁾ bei Stromstärke I von		
		140 A	160 A	180 A
350 ... 500	≤10	13	15	17
600 und 700	≤12	11	12	14
800 und 900	≤14 ³⁾	9	10	12
1000 und 1200	≤17 ³⁾	7	8	10
1400	≤19 ³⁾	7	8	9
1600	≤21 ³⁾	6	7	8

¹⁾ Die angegebenen Schweißgeschwindigkeiten sind Maximalwerte und dürfen nicht überschritten werden.

²⁾ Die angegebenen Nennweiten DN und Wanddicken beziehen sich jeweils auf das Hauptrohr.

³⁾ Vorwärmen, siehe Abschnitt 4.6.

DEUTSCHER
VERBAND FÜR
SCHWEISSTECHNIK e.V.

Lichtbogenhandschweißen an Rohren aus duktilem
Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen
Gas- und Wasserversorgung – Anschweißen von
Teilen aus duktilem Gußeisen oder aus Stahl

Richtlinie
DVS 1502
Teil 2
(August 1981)



Einsprüche bis 31. Dezember 1981

Diese Richtlinie wurde in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Verein des Gas- und Wasserfachs e.V. (DVGW), der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (FGR) und dem Rohrleitungsbauverband e.V. (RBV) aufgestellt. Sie gilt in Verbindung mit dem Technischen Regelwerk des DVGW und DIN 19630. Die schweißtechnischen Grundsätze in Richtlinie DVS 1502 Teil 1 sind zu beachten.

Im folgenden werden besondere Anweisungen gegeben für das Anschweißen von

- Stutzen,
 - Abgängen,
 - Mauerflanschen
- an Rohre aus duktilem Gußeisen.

Inhalt:

- 1 Schweißen von Stutzen 1" bis 3" (DN 25 bis DN 80) aus duktilem Gußeisen oder aus Stahl
- 2 Schweißen von Abgängen DN 80 bis DN 300 aus duktilem Gußeisen
- 3 Schweißen von Mauerflanschen aus duktilem Gußeisen oder aus Stahl
- 4 Mitgeltende DIN-Norm, DVGW-Regelwerk und DVS-Richtlinie

1 Schweißen von Stutzen 1" bis 3" (DN 25 bis DN 80) aus duktilem Gußeisen oder aus Stahl

Die Stutzen werden in schweißfertigem Zustand angeliefert und können ohne weitere Vorbereitung mit Kehlnähten angeschweißt werden. Die Schweißnaht besteht im allgemeinen aus zwei Lagen. Die zweite Lage wird zwischen Hauptrohr und Stutzen über die Wurzel hinweg gependelt. Die fertige Naht soll flach bis leicht hohl sein und ein a -Maß von $4 \pm 0,5$ mm haben, Bild 1. Die Prüfung auf Dichtheit wird vor dem Anbohren durchgeführt. An Wasserleitungen wird mit einem Wasserinnendruck von PN + 5 bar, an Gasleitungen mit 6 bar Luft geprüft.

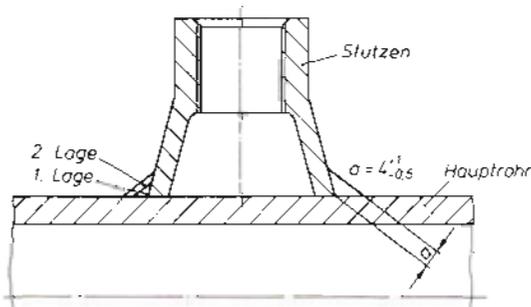


Bild 1. Schweißen von Stutzen.

2 Schweißen von Abgängen DN 80 bis DN 300 aus duktilem Gußeisen

Die Nennweite der Abgänge darf höchstens die Hälfte der Nennweite des Hauptrohres betragen.

Die Abgänge werden vorzugsweise mit Kehlnähten angeschweißt. Geschweißt wird im allgemeinen in drei Lagen. Die zweite Lage wird zwischen Wurzel und Hauptrohr, die dritte Lage zwischen Wurzel und Abgang geschweißt. Die fertige Schweißnaht soll flach bis leicht hohl sein und ein a -Maß von $0,7 s \pm 0,5$ mm am Abgang haben. Bei Abgangsnennweiten DN 250 und DN 300 kann zur Erreichung des a -Maßes noch eine gependelte Decklage geschweißt werden, Bild 2.

Die Prüfung auf Dichtheit wird vor dem Anbohren durchgeführt. An Wasserleitungen wird mit einem Wasserinnendruck von PN + 5 bar, an Gasleitungen mit 6 bar Luft geprüft.

Bei Neuverlegungen empfiehlt sich das Anschweißen von Abgängen außerhalb des Grabens. In diesem Fall kann das Hauptrohr vor dem Anschweißen des Abganges angebohrt werden. Die Innendruckprüfung wird dann zusammen mit der Druckprüfung der Rohrleitung durchgeführt.

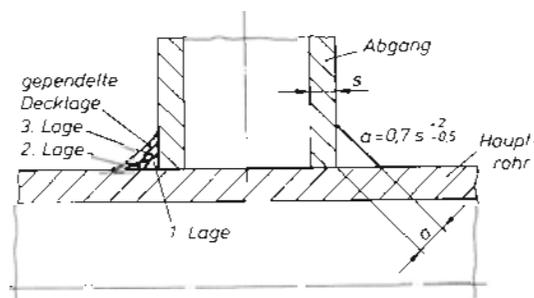


Bild 2. Schweißen von Abgängen.

3 Schweißen von Mauerflanschen aus duktilem Gußeisen oder aus Stahl

Rohre mit Mauerflanschen werden für das Einbinden in Bauwerke verwendet. Durch Schweißen ist es möglich, Mauerflansche an beliebiger Stelle des Rohrschäftes zu befestigen. Mauerflansche werden als geschlossene Ringe oder als Ringsegmente geliefert.

Geschlossene Ringe
Geschlossene Ringe werden vorwiegend bis DN 300 verwendet.

Diese Richtlinie wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muß jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist.

DVS, Technischer Ausschuß, Arbeitsgruppe „Schweißen im Kessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau“

Nachdruck und Kopie, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.

Ringsegmente

Ringsegmente werden vorzugsweise bei großen Nennweiten eingesetzt.

Schweißen

Mauerflansche werden mit Kehlnähten aufgeschweißt; dabei darf ein a -Maß von 3 mm nicht unterschritten werden.

Wegen der großen Wanddickenunterschiede zwischen Mauerflansch und Rohr ist beiderseits des Flansches eine Pufferlage zu schweißen, Bild 3.

Die Schweißnahtlänge ist nach den betrieblichen Anforderungen festzulegen. (Zulässige Schubspannung $r_{zul} = 130 \text{ N/mm}^2$). Ringsegmente können nach dem Aufschweißen miteinander geschweißt werden.

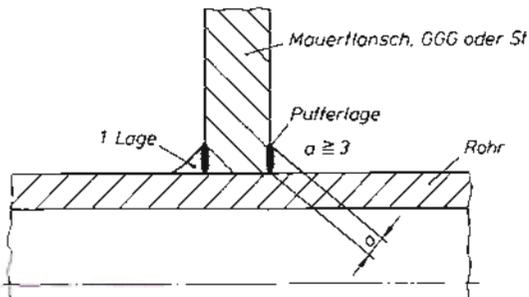


Bild 3. Schweißen von Mauerflanschen.

4 Mitgeltende DIN-Norm, DVGW-Regelwerk und DVS-Richtlinie

- [1] Richtlinie DVS 1502 Teil 1 „Schweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung – Schweißtechnische Grundsätze“. Zu beziehen beim Deutschen Verlag für Schweißtechnik GmbH, Düsseldorf.
- [2] DIN 19630 „Gas- und Wasserverteilungsanlagen; Rohrverlegungs-Richtlinien für Gas- und Wasserrohrnetze“. Zu beziehen beim Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [3] DVGW-Regelwerke „Gas“ und „Wasser“. Zu beziehen beim ZfGW-Verlag, Frankfurt/Main.

DEUTSCHER
VERBAND FÜR
SCHWEISSTECHNIK e.V.

Prüfung von Schweißern
Lichtbogenhandschweißen an Rohren aus
duktilen Gußeisen für Rohrleitungen
der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung

Richtlinie
DVS 1148
(Oktober 1981)



Einsprüche bis 31. Januar 1982

Diese Richtlinie wurde in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Verein des Gas- und Wasserfachs e.V. (DVGW), der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (FGR) und dem Rohrleitungsbauverband e.V. (RBV) aufgestellt.

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Prüfstellen
- 3 Zulassung zu den Prüfungen
- 4 Nachweis der Handfertigkeit und der Fachkenntnisse
- 5 Schweißen der Prüfstücke
- 6 Prüfstücke und Probestellen
- 7 Bewerten der Prüfstücke und der Proben
- 8 Prüfergebnis, Ersatzproben, Prüfungsbescheinigung
- 9 Wiederholungsprüfung
- 10 Mitteltende Vorschriften, DIN-Normen und DVS-Richtlinien

- Schweißfachmann
- Schweißtechniker
- Schweißfachingenieur.

Schweißfachmänner und Schweißtechniker dürfen das Schweißen der Prüfstücke beaufsichtigen und die fachkundliche Prüfung der Schweißer durchführen. Die Auswertung der Prüfstücke obliegt einer Prüfstelle. Schweißfachingenieure können die vollständige Prüfung nach Abschnitt 4 durchführen.

3 Zulassung zu den Prüfungen

An den Prüfungen dürfen nur solche Schweißer teilnehmen, die durch eine Schweißerlehre, einen DVS-Schweißerlehrgang oder eine vergleichbare Schulung im Betrieb und durch die bisherige Tätigkeit erwarten lassen, daß sie die vorgesehene Prüfung bestehen. In Zweifelsfällen wird eine Vorprüfung durchgeführt.

Vorbemerkung

Der Schweißer muß die notwendige Handfertigkeit zum gleichmäßigen Führen der Stabelektroden im kleinen Bewegungsspielraum der Schweißstelle besitzen. Er muß die im Schmelzbad schnell ablaufenden und häufig schwer zu unterscheidenden Vorgänge ständig aufmerksam beobachten und rechtzeitig durch feinfühligere Bewegungen korrigieren können.

4 Nachweis der Handfertigkeit und der Fachkenntnisse

1 Geltungsbereich

1.1

Diese DVS-Richtlinie gilt für die Prüfung der Handfertigkeit und der Fachkenntnisse solcher Schweißer, die Schweißungen mit dem Lichtbogenhandschweißen an Rohren bzw. Rohrleitungsteilen aus duktilen Gußeisen gemäß Richtlinie DVS 1502 Teil 1 und 2 ausführen sollen. Sie gilt für das Anschweißen von Teilen aus duktilen Gußeisen oder aus Stahl an Rohre aus duktilen Gußeisen. Sie soll überall dort angewendet werden, wo Auftraggeber oder für das Anwendungsgebiet zuständige Stellen den Einsatz geprüfter Schweißer verlangen.

4.1

Der Schweißer hat in der Prüfung seine praktischen Fertigkeiten nach Abschnitt 4.2 und seine fachkundlichen Kenntnisse nach Abschnitt 4.3 nachzuweisen.

4.2 Praktische Prüfung mit Probeschweißung

Im praktischen Teil der Prüfung hat der Schweißer die Prüfstücke mit dem bei der späteren Arbeit in der Praxis anzuwendenden Verfahren anzufertigen. Zu schweißen sind (siehe bildliche Darstellung Anlage 1):

- | | | |
|-----------------|---|-----------------|
| Prüfstück Nr. 1 | Winkelprüfstück | Position hü |
| Prüfstück Nr. 2 | Winkelprüfstück | Position hü/45° |
| Prüfstück Nr. 3 | Winkelprüfstück | Position s |
| Prüfstück Nr. 4 | Winkelprüfstück | Position h |
| Prüfstück Nr. 5 | Anschweißen eines Stützens DN 50 – Rohrachse w – an Hauptrohr DN 150 bis 200 – Rohrachse w – unter Baustellenbedingungen (Abstand Unterkante Rohr zum Boden 400 mm) | |

1.2

Die Güte einer Schweißverbindung hängt wesentlich von den Handfertigkeiten und Fachkenntnissen des Schweißers und von seiner Kenntnis des zu schweißenden Werkstoffes ab. Die Anwendung dieser DVS-Richtlinie gewährleistet, daß die Prüfung nach einer einheitlichen Prüfrichtlinie unter einheitlichen Bedingungen erfolgt. Eine nach dieser Richtlinie abgelegte Prüfung gewährleistet, daß der Schweißer das nach dem Stand der Technik erforderliche Mindestmaß an handwerklichen Fähigkeiten und Fachkenntnissen nachgewiesen hat.

4.3 Fachkundliche Prüfung

Im fachkundlichen Teil der Prüfung sind Kenntnisse über das Schweißverhalten von duktilen Gußeisen, allgemeine Grundkenntnisse über den Werkstoff duktilen Gußeisen sowie über die schweißtechnischen Grundsätze – siehe DVS 1502 Teil 1 – nachzuweisen.

Die Fragestellung soll die folgenden Sachgebiete einschließen:

- Verhüten von Unfällen und Brandschäden (UVV – VBG 15)
- Handhaben der Schweißgeräte und -maschinen
- Sachgemäßes Vorbereiten der Werkstücke zum Schweißen
- Vermeiden und Beseitigen von Fehlern beim Herstellen der Schweißnähte
- Einfluß von Lichtbogenlänge, Stromstärke, Blaswirkung und Polung

2 Prüfstellen

Die Prüfung wird durch Prüfstellen¹⁾ oder durch die für den Betrieb von der zuständigen Prüfstelle bestätigten Schweißaufsichtsperson vorgenommen.

2.2

Als Schweißaufsichtspersonen im Sinne von DIN 8563 Teil 2 kommen in Frage:

¹⁾ Als Prüfstellen kommen in Frage: Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalten

Diese Richtlinie wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und von der Arbeitsgruppe „Schulung und Prüfung“ genehmigt. Sie ist für DVS-Ausbildungsstätten verbindlich. Der Anwender muß jeweils prüfen, ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist.

DVS, Ausschuß für Bildungswesen, Arbeitsgruppe „Schulung und Prüfung“

Nachdruck und Kopie, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.

- Verarbeitungsregeln für duktilen Gußeisen und Nickel-Eisen-Elektroden
- Bedeutung der genormten Schweißzeichen und -sinnbilder des Arbeitsbereiches

5 Schweißen der Prüfstücke

5.1

Die Prüfstücke nach Abschnitt 4.2 werden unter Aufsicht der Prüfstelle oder der für den Betrieb von der zuständigen Prüfstelle bestätigten Schweißaufsichtsperson geschweißt.

5.2

Die Prüfstücke sind entsprechend dem Verfahren, dem Werkstoff, der Werkstückdicke und der Elektrode für das Schweißen fachgerecht vorzubereiten. Bei den Arbeitsbedingungen sollen die höchsten Anforderungen an die Handfertigkeit durch die Prüfung unter Baustellenbedingungen erfaßt sein. Die Prüfbedingungen werden protokolliert.

5.3

Ein begonnenes Prüfstück darf – wenn sich Schwierigkeiten ergeben, die nicht vom Schweißer verursacht sind – nach Verständigung der Aufsicht gewechselt werden.

5.4

Unterlaufen dem Schweißer während der Prüfung örtlich begrenzte Fehler, so darf er auf diese aufmerksam machen. In diesem Fall darf mit Zustimmung der Aufsicht der Fehler auf die in DVS 1502 Teil 1 beschriebene Weise ausgebessert werden.

5.5

Zum Nachweis einer einwandfreien Ansatzstelle muß an jedem Prüfstück in der Wurzel- und Decklage das Schweißen mindestens je einmal unterbrochen und an dieser Stelle neu begonnen werden.

6 Prüfstücke und Probeformen

6.1

Aus den Prüfstücken Nr. 1 bis 4 sind je eine Probe für die Bruchprüfung und ein Makroschliff zu entnehmen.

7 Bewerten der Prüfstücke und der Proben

7.1

Die Prüfstelle beurteilt und bewertet die Prüfstücke und Proben. Die Bewertung wird in fünf Bewertungsabschnitte unterteilt, und zwar in:

- Nahtdicke,
- Nahtaussehen,
- Bruchaussehen,
- Einbrand,
- Schliffaussehen.

Für die Einzelbeurteilung der Prüfstücke und Proben kommen in Frage:

gut oder brauchbar bzw. keine oder geringfügige

Fehler = erfüllt

= e.

schlecht bzw. unzulässige Fehler = nicht erfüllt

= ne.

Die Einzelurteile, Meßwerte und Befunde sind in den Bewertungsbogen nach Anlage 3 einzutragen.

7.2

Zum Bewerten der Prüfstücke wird die Nahtdicke an drei über die Länge der Schweißnaht gleichmäßig verteilten Stellen gemessen. Der Mittelwert aus diesen drei Meßwerten muß innerhalb der zulässigen Maßabweichungen liegen (siehe Bild 6, Anlage 1).

Das Nahtaussehen wird vor dem Aufteilen der Prüfstücke auf Nahtgeometrie, Ansätze, Gleichmäßigkeit und Einbrandkerben beurteilt.

7.3

Das Bruchaussehen wird bezüglich Bindefehler, Poren, Risse, Schlackeneinschlüsse und Wurzelfehler beurteilt.

7.4

Der Makroschliff ist auf Einbrand, Bindefehler, Poren, Risse, Schlackeneinschlüsse und Wurzelfehler zu beurteilen. Der Einbrand darf bei Kehlnähten nicht größer sein als 1/3 der Wanddicke, jedoch 3 mm nicht übersteigen.

8 Prüfergebnis, Ersatzproben, Prüfungsbescheinigung

8.1 Praktische Prüfung

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn alle Anforderungen erfüllt wurden (siehe Abschnitt 7).

8.2 Ersatzprüfstücke, Ersatzproben

Erfüllt eines der Prüfstücke oder eine Probe die Anforderungen nicht, so muß ein Ersatzprüfstück gefertigt werden.

Erfüllen mehr als eine Probe oder die Ersatzprobe die Anforderungen nicht, so gilt die Prüfung als nicht bestanden.

8.3 Fachkundliche Prüfung

Die Kenntnisse in der fachkundlichen Prüfung werden mit „e“ oder „ne“ bewertet.

8.4 Gesamturteil

Für das Gesamturteil werden die Ergebnisse des praktischen und des fachkundlichen Teils der Prüfung zusammengefaßt. Beide Teile müssen bestanden sein, um das Gesamturteil „erfüllt“ erteilen zu können.

8.5 Prüfungsbescheinigung

Die bestandene Prüfung ist auf einer Prüfungsbescheinigung zu bestätigen (siehe Anlage 2). Die einzelnen Prüfergebnisse sind auf dem Bewertungsbogen (siehe Anlage 3) anzugeben, der bei der Prüfstelle verbleibt. Alle Einschränkungen oder Ergänzungen müssen aus der Prüfungsbescheinigung ersichtlich sein, zum Beispiel Baustellenbedingungen für erdverlegte Rohrleitungen.

8.6 Nicht bestandene Prüfung

Wird die Prüfung nicht bestanden, so entscheidet die Prüfstelle oder die Schweißaufsichtsperson, ob und wann eine neue Prüfung stattfinden kann. Sie soll erst nach ausreichender Schulung durchgeführt werden.

9 Wiederholungsprüfung

9.1

Die Schweißer müssen jährlich eine Wiederholungsprüfung ablegen.

9.2

Die Wiederholungsprüfung ist im vollen Umfang einer erstmaligen Prüfung abzulegen.

9.3

Die jährliche Wiederholungsprüfung erübrigt sich, wenn die Arbeiten des Schweißers in einem seiner Prüfung entsprechenden Einsatzbereich durch die anerkannte Schweißaufsichtsperson des Betriebes oder durch eine Prüfstelle während der Fertigung auf ihre Güte hin planmäßig so überwacht werden, daß keine Zweifel an der Handfertigkeit des Schweißers im Sinne der Prüfungsanforderungen aufkommen. Zu diesem Zweck sind zu für den Schweißer unvorhergesehenen Zeitpunkten je nach Arbeitsgebiet

- a) Probeschweißungen oder Nahtabschnitte der von ihm hergestellten Nähte möglichst aus den schwierigsten Positionen mit zerstörenden Prüfverfahren zu untersuchen oder
- b) Fertigungsschweißungen mit geeigneten zerstörungsfreien Prüfverfahren zu überwachen, soweit diese Prüfungen dokumentarisch zu belegen sind.

Die Ergebnisse dieser Überwachung sind zu protokollieren und dem Auftraggeber oder der für das Anwendungsgebiet zuständigen Stelle auf Verlangen vorzulegen.

9.4

Die zuständige Stelle kann eine andere Regelung für die Wiederholungsprüfung vorsehen.

9.5

Die Wiederholungsprüfung ist stets notwendig, wenn ein Schweißer seine Tätigkeit länger als drei Monate unterbrochen hat. Dies gilt nicht, wenn der Schweißer eine gültige DIN 8560 E-R II besitzt und laufend Schweißarbeiten an Stahl ausführt. In diesem Fall hat der Schweißer folgende Arbeitsproben zu fertigen:

- 1 Prüfstück Nr. 1,
- 1 Prüfstück Nr. 3.

Die Schweißaufsicht beurteilt das Naht- und Bruchaussehen und entscheidet über den Einsatz des Schweißers.

10 Mitgeltende Vorschriften, DIN-Normen und DVS-Richtlinien

- [1] DVS 1502 Teil 1 „Lichtbogenhandschweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung – Schweißtechnische Grundsätze“.
- [2] DVS 1502 Teil 2 „–; Anschweißen von Teilen aus duktilem Gußeisen oder aus Stahl“.
- [3] DIN 1912 Teil 1 „Zeichnerische Darstellung – Schweißen, Löten; Begriffe und Benennungen für Schweißstöße, -fugen, -nähte“.
- [4] E DIN 8573 Teil 1 „Schweißzusätze zum Schweißen unlegierter und niedriglegierter Gußeisenwerkstoffe; Bezeichnung – Technische Lieferbedingungen“.
- [5] DIN 28600 „Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen – Technische Lieferbedingungen“.
- [6] UVV – VBG 15 „Schweißen, Schneiden und verwandte Arbeitsverfahren“.
- [7] DIN 8560 „Prüfung von Stahlschweißern“.
- [8] DIN 8563 Teil 1 „Sicherung der Güte von Schweißarbeiten – Allgemeine Grundsätze“.
- [9] DIN 8563 Teil 2 „–; Anforderungen an den Betrieb“.

Alle DIN-Normen sind zu beziehen beim Beuth Verlag GmbH, Berlin, alle DVS-Richtlinien beim Deutschen Verlag für Schweißtechnik GmbH, Düsseldorf, und die Unfallverhütungsvorschriften beim Carl Heymanns Verlag, Köln, oder bei den Berufsgenossenschaften.

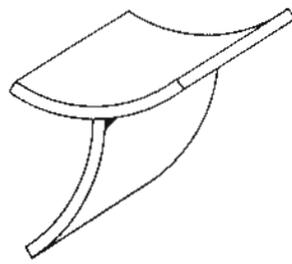


Bild 1.
Prüfstück Nr. 1, Position h.

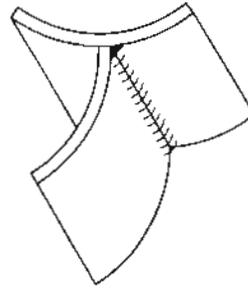


Bild 2.
Prüfstück Nr. 2, Position hü/45°.

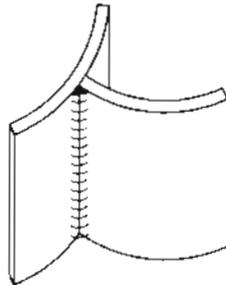


Bild 3.
Prüfstück Nr. 3, Position s.

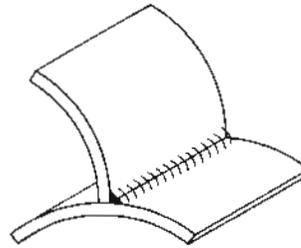


Bild 4.
Prüfstück Nr. 4, Position h.

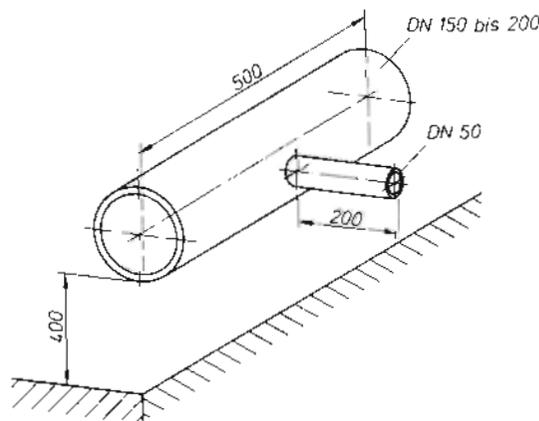


Bild 5. Prüfstück Nr. 5;
Hauptrohrachse: Position h,
Stützenachse: Position h.
Schweißen unter Baustellenbedingungen.
Abstand zum Boden 400 mm.

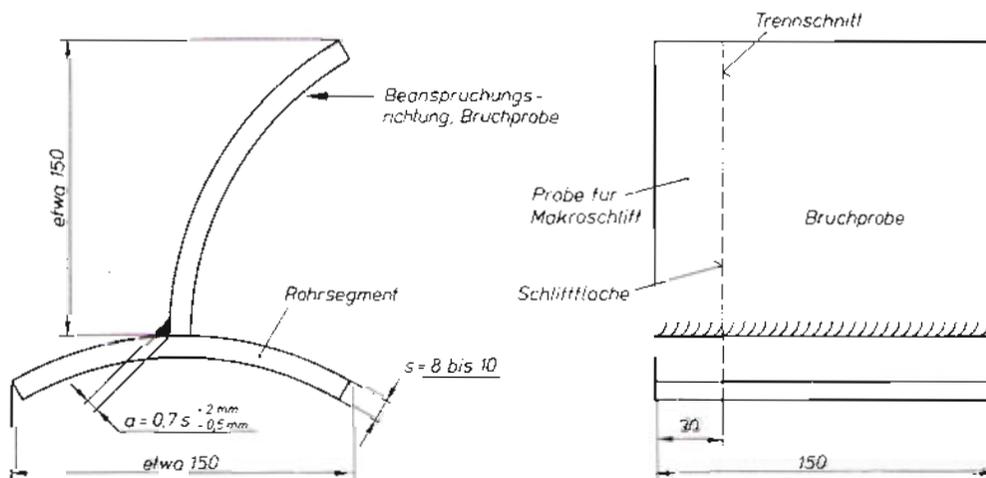


Bild 6. Prüfstücke Nr. 1, 2, 3, 4;
Abmessung, Aufteilung



Deutscher Verband für Schweißtechnik e.V.

Prüfungsbescheinigung nach Richtlinie DVS 1148

Herr _____ Kontroll-Nr./-Zeichen *)

geb. am _____ in _____

unterzog sich im Auftrag _____

am _____ der erstmaligen, Wiederholungs-Prüfung *)

nach Richtlinie DVS 1148, Prüfung von Schweißern, Schweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung

Schweißverfahren _____

Schweißposition _____ evtl. getrennt für Wurzel-, Zwischen- und Decklagen

Grundwerkstoff _____ s = _____ d = _____
 (Bezeichnung nach DIN bzw. Werkstoff-Nr., Prüfstückdicke s, Rohrdurchmesser d)

Schweißzusatz _____
 (Bezeichnung nach DIN bzw. Werkstoff-Nr. oder Firmenbezeichnung)

Vorwärmung _____ °C

Wärmenachbehandlung _____ °C und _____ min

Bemerkungen _____
 (Einschränkungen, Besonderheiten)

Zur Prüfungsbescheinigung gehört der Bewertungsbogen Nr. _____

Prüfungsergebnisse

Praktische Prüfung: *erfüllt* Gesamturteil: *erfüllt*
 Fachkundliche Prüfung: *erfüllt*

Datum der Ausstellung _____

Prüfstelle _____

*) Nichtzutreffendes ist zu streichen

(Unterschrift)

Bewertungsbogen Nr. zur Schweißerprüfung nach Richtlinie DVS 1148

Name: _____ Kontroll-Nr./Zeichen: _____

Geburtsdag: _____ Prüfungstag: _____

Schweißverfahren: _____ Grundwerkstoff: _____ Schweißzusatz: _____

Wärmebehandlung und Besonderheiten: _____

1. Beurteilung der Prüfstücke nach

Prüfstück Nr.	Schweißposition	Nahtneigungswinkel	Nahtdicke		Nahtaussehen				Bruchaussehen					Bewertung	
			Zulässiger Wert mm	Mittelwert aus 3 Meßstellen mm	Nahtgeometrie	Ansätze	Gleichmäßigkeit	Einbrandkerben	Bruchlage ¹⁾	Bindfehler	Poren	Risse	Schlackeneinschlüsse		Wurzelfehler
1	hü	0°			e	e	e	e		e	e	e	e	e	e
2	hü	45°			e	e	e	e		e	e	e	e	e	e
3	s	90°			e	e	e	e		e	e	e	e	e	e
4	h	180°			e	e	e	e		e	e	e	e	e	e
5	hü	0°			e	e	e	e	—	—	—	—	—	—	—
	s	90°			e	e	e	e	—	—	—	—	—	—	—
	h	180°			e	e	e	e	—	—	—	—	—	—	—

2. Makroschliff

Prüfstück Nr.	Schweißposition	Nahtneigungswinkel	Einbrand				Schliffaussehen					Bewertung
			Flanke 1		Flanke 2		Bindfehler	Poren	Risse	Schlackeneinschlüsse	Wurzelfehler	
			Zulässiger Wert mm	Istwert mm	Zulässiger Wert mm	Istwert mm						
1	hü	0°					e	e	e	e	e	e
2	hü	45°					e	e	e	e	e	e
3	s	90°					e	e	e	e	e	e
4	h	180°					e	e	e	e	e	e

e = erfüllt, ne = nicht erfüllt

¹⁾ S Schweißgut, Ü Übergangzone, G Grundwerkstoff

3. Prüfungsergebnisse

Praktische Prüfung: erfüllt – nicht erfüllt

Fachkundliche Prüfung: erfüllt – nicht erfüllt

Datum

Prüfstelle

(Unterschrift)

Biegewechsel- und Innendruckschwellversuche an geschweißten Rohrleitungsteilen aus duktilem Gußeisen

Von Bernd Heiming und Dietmar Scheer

In der überarbeiteten Fassung der DIN 28600¹⁾ „Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen, Technische Lieferbedingungen“ werden im Geltungsbereich Sonderformstücke aufgeführt. Die dazu in der Fußnote 1 der DIN 28600¹⁾ gegebene Erläuterung lautet wie folgt:

„Durch Konstruktionsschweißen hergestellte Sonderformstücke sind z. B. mit angeschweißten Flanschstutzen, Muffenstutzen, Flanschen oder Mauerflanschen versehene Rohrstücke, die anstelle von MMA-, T-, MMB- oder F-Stücken bzw. FFG-Rohren verwendet werden.“

Dieser Schritt wurde getan, nachdem in den letzten 9 Jahren nach der ersten Veröffentlichung zum Schweißen an duktilem Gußrohrmaterial die Schweißtechnologie soweit verbessert werden konnte, daß sie als Richtlinie DVS 1502 Teil 1 in das Regelwerk des DVS aufgenommen wird. Durch gezielte Versuche und Untersuchungen an Schweißkonstruktionen konnten Ergebnisse nachgewiesen werden, die den Einsatz dieser Sonderformstücke rechtfertigen. In Fortführung dieser Untersuchungsreihen wurden beim Staatlichen Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen Dortmund Untersuchungen an Sonderformstücken durchgeführt, und zwar Biegewechselversuche (Prüfstücke 1, 2, 3) und Innendruckschwellversuche (Prüfstücke 4, 5). Die Versuchsergebnisse sind in dem Prüfungszeugnis Nr. 130572280 des MPA Dortmund vom 19. 2. 1981 enthalten.

Biegewechselversuche

Für die Biegewechselversuche wurden 3 Prüflinge eingesetzt, die aus je einem 1000 mm langen duktilen Gußrohrabschnitt DN 200 bestanden, auf die jeweils ein 250 mm langer Stutzen DN 100 senkrecht aufgeschweißt war.

In der Tabelle 1 sind Angaben zu den Prüfstücken zusammengestellt.

Tabelle 1: Kenndaten der Prüfstücke

Prüfstück	DN 1/DN 2	Wanddicken s in mm		Werkstoffkennwerte*) der Hauptrohre		
		DN 1	DN 2	Zugfestigkeit (N/mm ²)	0,2 %-Dehngrenze (N/mm ²)	Bruchdehnung (%)
1	200/100	7	7,3	478,5	322	16
2	200/100	7,9	6,8	479	330	15
3	200/100	7,5	7,6	487	355	15

*) Mittelwerte aus jeweils 2 Zugversuchen

1) Entwurf Februar 1981

Die Wanddicken entsprechen nach DIN 28600¹⁾

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

der Klasse K 10 für geschleuderte Rohre.

Die Werkstoffkennwerte liegen über den in DIN 28600¹⁾ festgelegten Mindestwerten:

Zugfestigkeit	420 N/mm ²
0,2 %-Dehngrenze	300 N/mm ²
Bruchdehnung	10 %

Gemäß der Richtlinie DVS 1502 Teil 1 „Lichtbogenhandschweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung – Schweißtechnische Grundsätze“²⁾ wurden die Teile miteinander verschweißt. Geschweißt wurde nach dem Lichtbogenhandschweißverfahren mit einer Stabelektrode 3,25 mm Ø nach DIN 8573 ENiFeBG1. Die Stromstärke lag bei 130 bis 135 A.

Die Schweißgeschwindigkeiten sind in der Tabelle 2 zusammengefaßt.

Tabelle 2: Schweißgeschwindigkeiten

Prüfstück	Schweißgeschwindigkeit v _s	
	Wurzel cm/min	Decklage (gependelt) cm/min
1	7,9	6,4
2	10,6	7,1
3	8,5	6,3

Das a-Maß der fertigen Kehlnähte lag bei 5,5 bis 7 mm. Damit war die Forderung des Entwurfs der Richtlinie DVS 1502 Teil 2 „Lichtbogenhandschweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung – Anschweißen von Teilen aus duktilem Gußeisen oder aus Stahl“²⁾

$$a = 0,7 s + 2/ - 0,5 \text{ mm}$$

erfüllt. Bild 1 zeigt einen Schnitt durch die Kehlnaht in 4,5facher Vergrößerung. In Bild 2 sind die Gefügebestandteile im Schweißbereich in 100facher Vergrößerung wiedergegeben. Im Übergang vom Schweißgut zum Werkstoff des Stutzens sind Anteile von Martensit, Ledeburit + Martensit und Perlit, der kontinuierlich bis zum vollständig ferritischen Grundwerkstoff des Stutzens abnimmt, sichtbar gemacht.

Für den Versuch wurden die Rohrenden mit Verschlusskappen abgedichtet (siehe Bild 3) und so in die Versuchseinrichtung eingebaut.

2) Entwurf August 1981

Die Prüfkörper waren zum besseren Sichtbarmachen des ersten Anrisses mit Wasser gefüllt. Die Prüfkraft wurde parallel zur Hauptrohrachse am Ende des Anschweißstutzens eingeleitet.

Da der Abstand der Krafteinleitung zur Schweißnaht bei allen Prüfkörpern 250 mm betrug, wurden durch Variieren der Kraft von 10000 N, 20000 N und 30000 N unterschiedlich große Biegemomente an der Schweißnaht erreicht. Die Kräfte wurden so aufgebracht, daß die Mittelkraft $F_m = 0$ war. Die Kraftamplituden ergeben sich dann zu ± 10 kN, ± 20 kN und ± 30 kN. Gefordert wurde eine Grenzsprungspielzahl von $6 \cdot 10^4$ bei Schwingspielfrequenzen von 1,5 Hz für die aufzubringenden Momente ± 2500 Nm und ± 5000 Nm sowie von 3 Hz für ± 7500 Nm. Die Versuchsergebnisse sind in der Tabelle 3 zusammengefaßt.

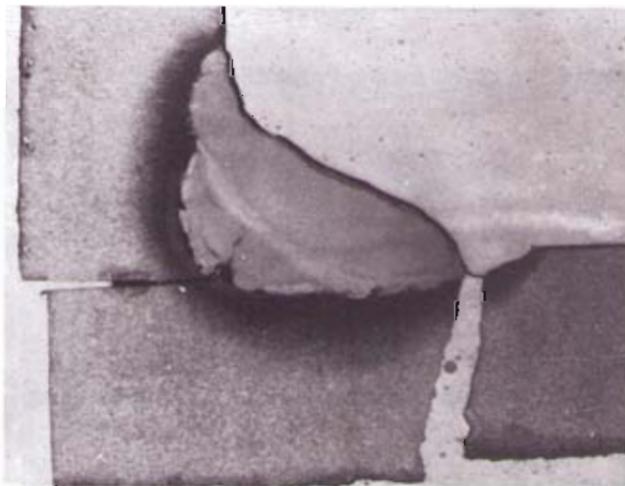


Bild 1



Bild 2

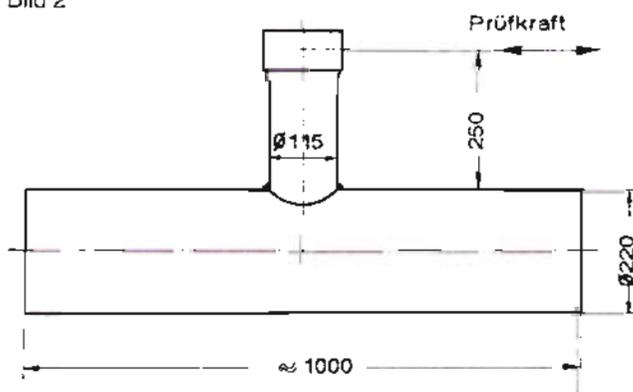


Bild 3

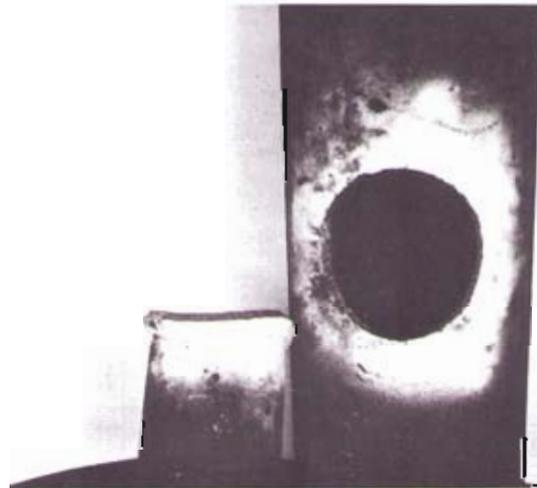


Bild 4

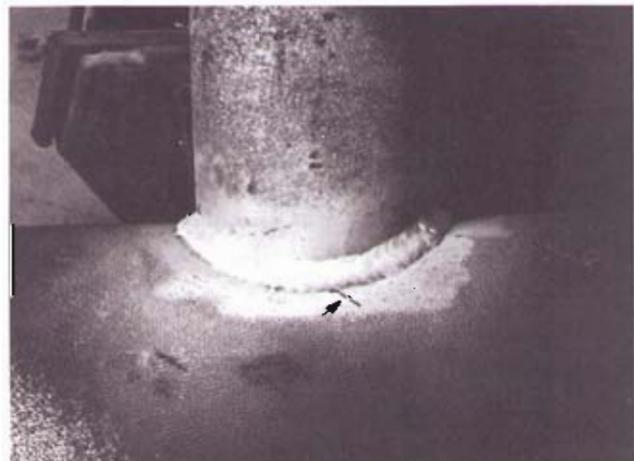


Bild 5

Tabelle 3: Versuchsergebnisse der Biegewechselversuche

Prüfstück	Biegemoment an der Schweißnaht Nm	Ergebnis
1	± 2500	Nach $6 \cdot 10^4$ Schwingspielen keine äußerlich sichtbaren Beschädigungen *
2	± 7500	Nach $9,2 \cdot 10^3$ Schwingspielen umlaufender Riß im Hauptrohr am Rande der Schweißnaht (Bild 4)
3	± 5000	Nach $5,61 \cdot 10^4$ Schwingspielen Anriß im Hauptrohr an der Schweißnaht beginnend (Bild 5)

* Rißprüfung nach dem Farbeindringverfahren

Im Bild 6 werden diese Ergebnisse verdeutlicht.

Es zeigt sich folgendes:

Prüfstück 1, das in der Schweißnaht Biegemomente von $\pm 10000 \text{ N} \times 0,25 \text{ m} = \pm 2500 \text{ Nm}$ aufzunehmen hatte, wies nach den geforderten $6 \cdot 10^4$ Schwingspielen keine Beschädigungen auf.

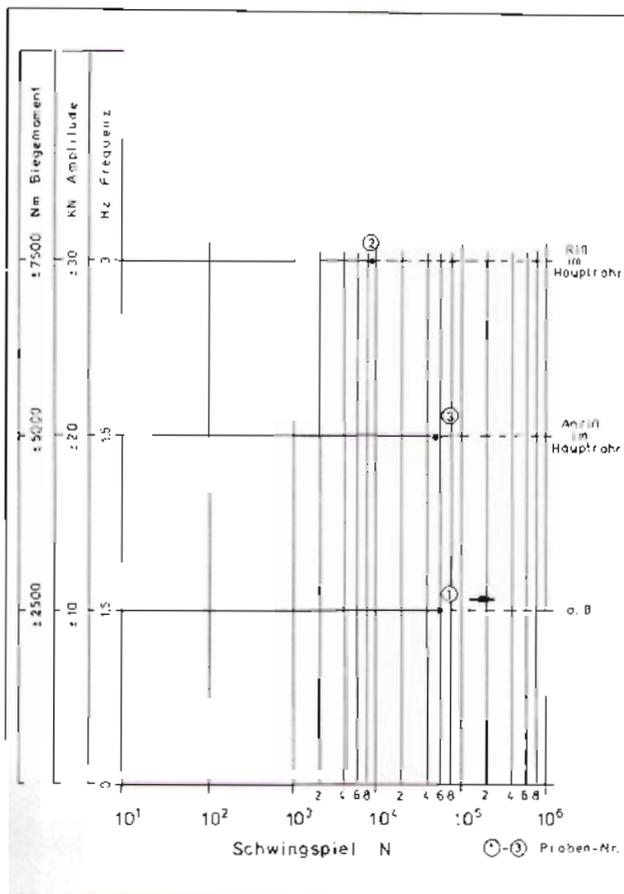


Bild 6: Biegewechselversuche an geschweißten Rohrabschnitten aus duktilem Gußeisen
Versuchsdaten und Ergebnis

Prüfstück 2, das unter extremen, in der Praxis wohl kaum vorkommenden Bedingungen geprüft wurde, versagte bei Biegemomenten von $\pm 30000 \text{ N} \times 0,25 \text{ m} = \pm 7500 \text{ Nm}$ erst nach $9,2 \cdot 10^3$ Schwingspielen.

Wie aus dem Bild 4 ersichtlich, ist der Stutzen aus dem Hauptrohr so ausgebrochen, daß die gesamte Schweißnaht am Stutzen anhaftet. Der nach dem Met-L-check-Verfahren auf Risse überprüfte, im Bild weiß erscheinende Teil, ist frei von Anrissen oder Fehlstellen.

Prüfstück 3, dessen Belastung nach Vorliegen der Ergebnisse aus den Versuchen 1 und 2 festgelegt wurde, ist mit $\pm 20000 \text{ N} \cdot 0,25 \text{ m} = \pm 5000 \text{ Nm}$ belastet worden und zeigte nach $5,61 \cdot 10^4$ Schwingspielen den ersten Anriß, der im Bild 5 deutlich sichtbar ist.

Aus den erzielten Ergebnissen ist abzuleiten, daß gemäß vorgegebener Schweißanleitung durch Kehlnaht verschweißte Rohrabschnitte aus duktilem Gußeisen in der Lage sind, dynamische Belastungen, wie Biegewechsel, aufzunehmen, die über das übliche Maß, wie sie z. B. bei Verkehrsbelastungen auftreten können, weit hinausgehen. Ergebnisse von statischen Biegeversuchen sind Anfang 1975 im Heft 10 der fgr-Informationen [1] bereits veröffent-

licht worden, allerdings mit anderen Nennweitenpaarungen. Ein Vergleich der Biegefestigkeiten ist daher nicht möglich, wohl aber ein Vergleich der Bruchausbildung und der Bruchlage; auch in diesem Fall verläuft der Riß im Auslauf der Kehlnaht durch die Wand des Hauptrohres. Die Rißlage ist also bei beiden Belastungsarten die gleiche, denn die Risse liegen in beiden Fällen im Hauptrohr und dort im Scheitel, dem Bereich der höchsten Spannungen.

Innendruckschwellversuche

Für die Innendruckschwellversuche wurden 2 Prüflinge angefertigt; Rohrabschnitt DN 400, ca. 1000 mm lang, mit vorgeschweißten Flanschen PN 25 und senkrecht mittig aufgeschweißtem Stutzen DN 200, ca. 200 mm lang, ebenfalls mit vorgeschweißtem Flansch PN 25.

Im Hauptrohr waren zusätzlich zwei Bohrungen 8 mm \varnothing als künstliche Fehlstellen eingebracht und wieder verschweißt worden.

Tabelle 4: Angaben zu den Prüfstücken

Prüfstück	DN 1/DN 2	Wanddicken s in mm		Werkstoffkennwerte*) der Hauptrohre		
		DN 1	DN 2	Zugfestigkeit (N/mm ²)	0,2 %-Dehngrenze (N/mm ²)	Bruchdehnung (%)
4	400/200	8,5	7,5	483	333,5	20,4
5	400/200	8,3	7,5	487	367	9,6

*) Mittelwerte aus jeweils 2 Zugversuchen

Die Wanddicken von Hauptrohren und Stutzen entsprechen der Klasse K 10.

Die Werkstoffkennwerte liegen bis auf die geringfügige Unterschreitung der Bruchdehnung des Prüfstückes 5 über den in DIN 28600¹⁾ festgelegten Mindestwerten.

An die Enden der Rohrabschnitte und Stutzen wurden die Flansche mit einer V-Naht nach örtlicher Vorwärmung auf 120 bis 150 °C nach dem MIG-Verfahren (Impulsstromtechnik) mit einer Drahtelektrode 1,2 mm \varnothing SGNiFe nach DIN 8573, in 2 Lagen vorgeschweißt, wobei die Decklage gependelt wurde.

Die Stromstärken lagen für DN 400 bei 120 bis 140 A und für DN 200 bei 100 bis 120 A.

Die Stutzen wurden anschließend auf die Hauptrohre aufgesetzt und entsprechend Entwurf der Richtlinie DVS 1502²⁾ mit einer Kehlnaht nach dem Lichtbogen-Handschweißverfahren verschweißt.

Es wurden Stabelektroden 3,25 mm \varnothing , ENiFeBG1 nach DIN 8573, bei Stromstärken von 135 A verwendet. Die Schweißgeschwindigkeiten gemäß Entwurf der Richtlinie DVS 1502 Teil 1 wurden eingehalten (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Schweißgeschwindigkeiten der Kehlnähte Stutzen – Hauptrohr

Prüfstück	Schweißgeschwindigkeit v _s	
	Wurzel cm/min	Decklage (gependelt) cm/min
4	9,3	7,0
5	10,5	5,6

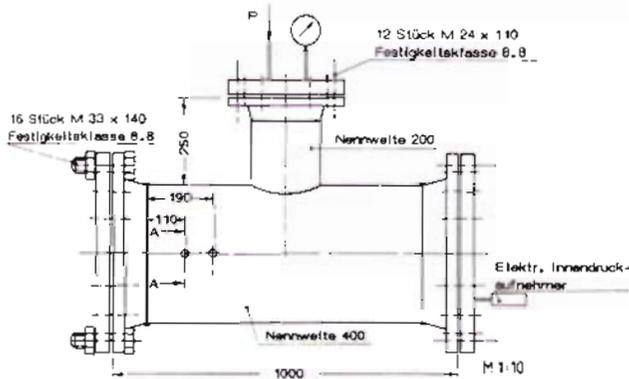


Bild 7

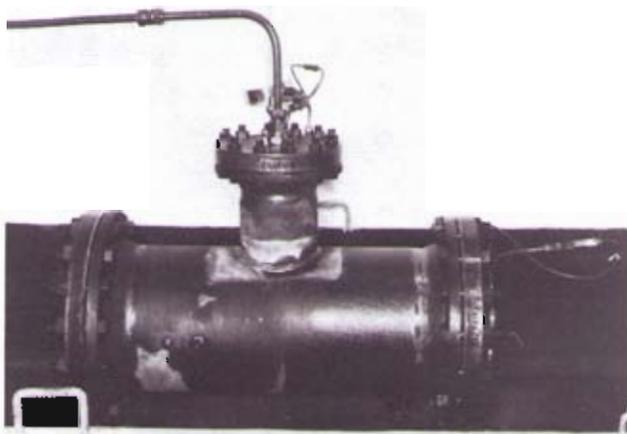


Bild 8

Die Prüfstücke wurden mit Blindflanschen verschlossen und über einen Rohranschluß im Blindflansch des Stutzens mit Hydrauliköl gefüllt. Der pulsierende Innendruck wurde ebenfalls durch diesen Rohranschluß eingeleitet und an einem Blindflansch des Hauptrohres über entsprechende Bohrungen gemessen (siehe Bild 7 und Bild 8).

Für die Innendruckschwellversuche wurde als untere Begrenzung 32 bar gewählt, da dies der Nenndruckstufe für duktile Gußrohre DN 400 Klasse K 10 entspricht.

Die obere Druckbegrenzung wurde für den ersten Versuch mit 42 bar festgelegt, mit der Überlegung, die Wirkung eventueller Druckstöße von 10 bar über dem höchstzulässigen Betriebsdruck zu untersuchen.

Gefordert wurde eine Grenz-Schwingspielzahl von $1 \cdot 10^6$ bei Schwingspielfrequenzen von ca. 4 Hz (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Versuchsergebnisse der Innendruckschwellversuche

Prüfstück	Belastung	Ergebnis
4	Unterer Prüfdruck $p_u = 32$ bar Oberer Prüfdruck $p_o = 42$ bar	Nach $1 \cdot 10^6$ Schwingspielen keine Beschädigungen oder Undichtigkeiten festgestellt
5	Unterer Prüfdruck $p_u = 32$ bar Oberer Prüfdruck $p_o = 47$ bar	Nach $0,48 \cdot 10^6$ Schwingspielen Anriß im Scheitelpunktbereich des Hauptrohres, quer zur Schweißnaht (siehe Bild 9 und Bild 10)

Ergebnisse dieser Größenordnung waren nach bekannten Berstdrücken bei statischen Innendruckversuchen zu erwarten. Gemäß einer Veröffentlichung aus dem Jahr 1977 im Heft 12 der fgv-Informationen [2] sind für die Nennweitenkombinationen 400/200 Berstdrücke von 72, 75 und 85 bar erzielt worden. Die Wanddicken von Hauptrohr und Abgang dieser Versuchsstücke entsprechen denen der Prüfstücke der Innendruckschwellversuche.

Der Vergleich zwischen statischer und dynamischer Belastung zeigt, daß bei 10^6 Lastwechseln noch über 50% der statischen Festigkeit erreicht wird. Auch die bereits 1974 durchgeführten Innendruckversuche, über die in der fgv-Informationsschrift Nr. 10 [1] berichtet wird, zeigten das gleiche Verhältnis zwischen statischer und dynamischer Belastung.

Einem schwellenden Innendruck zwischen 55 und 70 bar hielt das erste Prüfstück ohne Beschädigung stand, während das zweite Prüfstück nach $0,585 \cdot 10^6$ Lastwechseln einen Anriß zeigte.

Seinerzeit wurden mit der Nennweitenkombination 400/200 Berstdrücke von 116 und 132 bar erreicht.

Die höheren Werte der Berstdrücke bzw. der oberen Grenze der Schwellbreite sind auf die mit 9,5 bis 10,9 mm gegenüber 8,3 bis 8,5 mm stärkeren Wanddicken zurückzuführen.

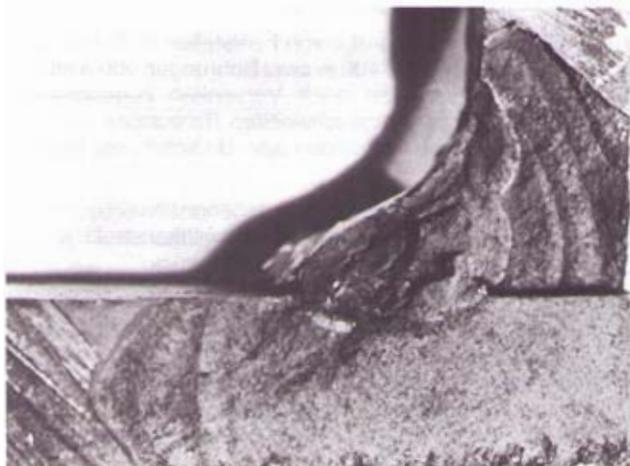


Bild 9



Bild 10

Das Verhältnis der Ergebnisse von Innendruckschwellversuchen und statischen Berstversuchen wird durch die Untersuchungen von Wellinger und Gaßmann [3] bestätigt. Diese Untersuchung über das Verhalten bei schwellender Beanspruchung ergab an Zugproben mit Gußhaut (Flachprobe) bei 10^6 Lastwechseln gegenüber dem statischen Zerreißversuch einen Abfall auf ca. 40 % und an Zugproben ohne Gußhaut (bearbeitete Rundprobe) einen Abfall auf ca. 60 %.

Die Rißlage ist bei beiden Belastungsarten identisch, denn auch bei den statischen Berstversuchen lag der Anriß im Scheitel des Hauptrohres, also stets im Bereich der höchsten Spannungen.

Die typische Rißlage ist deutlich im Bericht [2] (siehe Bild 11) und im Bericht [1] (siehe Bild 12) zu erkennen. Bei keinem dieser Versuche war die Schweißnaht Ausgangspunkt für einen Anriß.

Im Gegensatz zu früheren Innendruckversuchen, bei denen die Hauptrohre durch Verwendung gummigedichteter Muffenkappen längskraftfrei waren, wurden an den untersuchten Prüfstücken die vorgeschweißten Gußeisenflansche mit Blindflanschen verschlossen und damit zusätzliche Kräfte in Längsrichtung aufgebracht.

Somit waren die Schweißnähte der Flanschen ebenfalls den Innendruckschwellbelastungen wie die Kehlnaht des Abganges ausgesetzt. Sie zeigten bei keinem Versuch Beschädigungen oder Undichtheiten.

Im Hinblick auf die Reparatur von Fehlstellen im Schaft sind an den Hauptrohren DN 400 je zwei Bohrungen von 8 mm \varnothing eingebracht worden, die nach Versenken zugeschweißt worden sind. An den zugeschweißten Bohrungen konnten ebenfalls keine Beschädigungen oder Undichtheiten festgestellt werden.

Die statischen und dynamischen Innendruckversuche erbrachten eine gute Sicherheit der Schweißkonstruktion gegenüber dem höchstzulässigen Betriebsdruck.

Die bisher betrachteten Untersuchungen beziehen sich auf Rohre DN 400 mit der zum Anschweißen höchstzulässigen Abgangsnennweite DN 200. Anhand der Berstdruckergebnisse anderer Nennweitenkombinationen, wie sie mit ihren Ergebnissen im Bericht [2] aufgeführt sind, kann diese gleiche Sicherheit für alle vorgesehenen Nennweitenkombinationen angenommen werden.

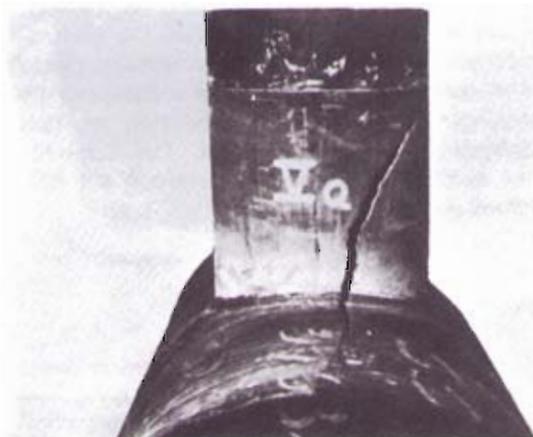


Bild 11

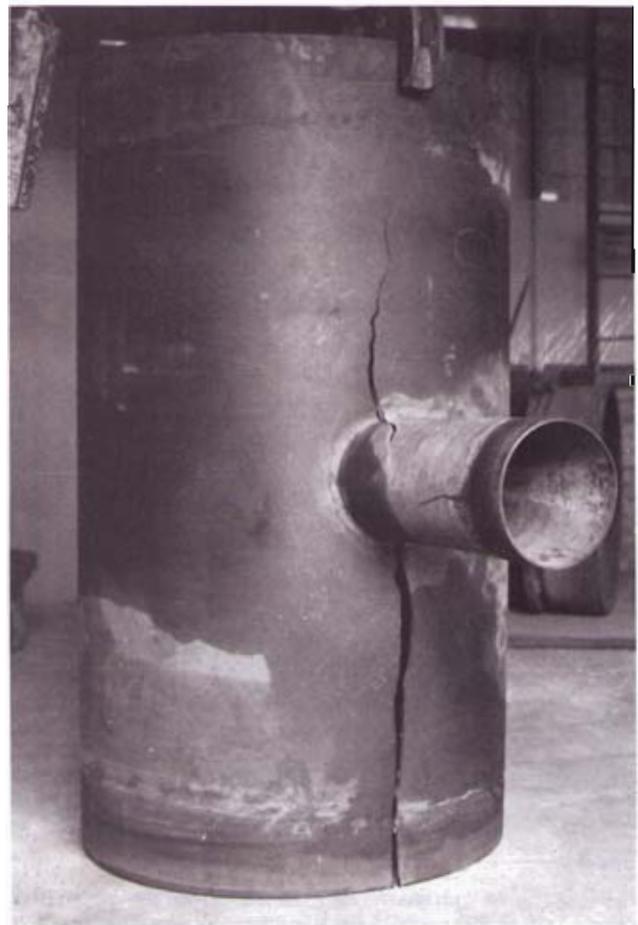


Bild 12

Zusammenfassung

Duktile Gußrohre mit angeschweißten Abgängen wurden beim MPA Dortmund Biegewechsel- und Innendruckschwellversuchen unterzogen. Bei den Innendruckschwellversuchen wurden vorgeschweißte Flansche und Fehlstellenreparaturschweißungen mitgeprüft. Die Versuche, die zum Bruch führten, weisen die Risse stets im Hauptrohr auf, und zwar an Stellen, bei denen es auch an ungeschweißten Stücken bei gleicher Belastung zum Bruch gekommen wäre.

Die Versuchsergebnisse wurden mit Ergebnissen von Untersuchungen der Jahre 1975 [1] und 1977 [2] verglichen. Sie zeigen gute Übereinstimmung.

Schrifttum

- [1] Harms, U. und Sennlaub, F.
Untersuchungen zum Anschweißen von Abgängen an duktilen Gußrohre für Wasserleitungen
fgr-Informationen Heft 10 (1975), Seite 31–40
- [2] Heimig, B.
Ergebnisse aus Berstversuchen an duktilen Gußrohren mit angeschweißten Abgängen
fgr-Informationen Heft 12 (1977), Seite 11–13
- [3] Wellinger, K. und Gaßmann, H.
Die Berechnung duktiler Schleudergußrohre
Techn.-wiss. Ber. MPA Stuttgart (1965), Heft 65.01

Die neue Schlammdruckleitung zwischen den Klärwerken der Stadt Frankfurt a.M.

Von Lothar Gniosdorsch, Alfred Pabst, Peter H. Hanitsch und Helmut Fremerey

Einleitung

Die Stadt Frankfurt a. M. führt derzeit die Neugestaltung ihrer Abwasserreinigungsanlagen mit einem Kostenaufwand von ca. 500 Mio DM durch. Dabei gilt es, die Forderungen der Aufsichtsbehörde zu erfüllen, die neben einer vollbiologischen Reinigung des Abwassers auch die Umwandlung des in dem Abwasser enthaltenen Ammoniumstickstoffes (NH_4) in Nitrat (NO_3) verlangt.

Dies erfordert den Bau von zwei je zweistufigen biologischen Klärwerken in Frankfurt a.M.-Niederrad/Griesheim und in Frankfurt a.M.-Sindlingen. Im Rahmen vieler Untersuchungen ist die Stadt Frankfurt a. M. zu dem Ergebnis gekommen, daß für ihre Verhältnisse die ordnungsgemäße Klärschlammabeseitigung am zweckmäßigsten durch eine Frischschlammverbrennung geschieht. Als Standort für diese Verbrennungsanlage wurde der des Klärwerks Sind-

lingen gewählt, da nur hier genügend Platz bereitgestellt werden konnte. Mit dem Bau der Verbrennungsanlage wurde im Herbst 1979 begonnen und im Juni 1981 der Probetrieb aufgenommen.

Während schon seit 1965 über eine Schlammdruckleitung Frischschlamm zur Ausfäulung von dem Klärwerk Sindlingen nach Niederrad gepumpt wurde, nimmt nun der Schlamm in umgekehrter Richtung seinen Weg.

Über die beiden Schlammdruckleitungen wird nachstehend berichtet.

Die alte Leitung

Die Leitung war rund 9,3 km lang und bestand aus Graugußrohren bzw. duktilen Gußrohren ohne Innenauskleidung (rd. 5,0 km) und aus PVC-Rohren (rd. 4,3 km). Das duktile



Bild 1:
Einzugsgebiet der Frankfurter Klärwerke mit Schlammdruckleitung

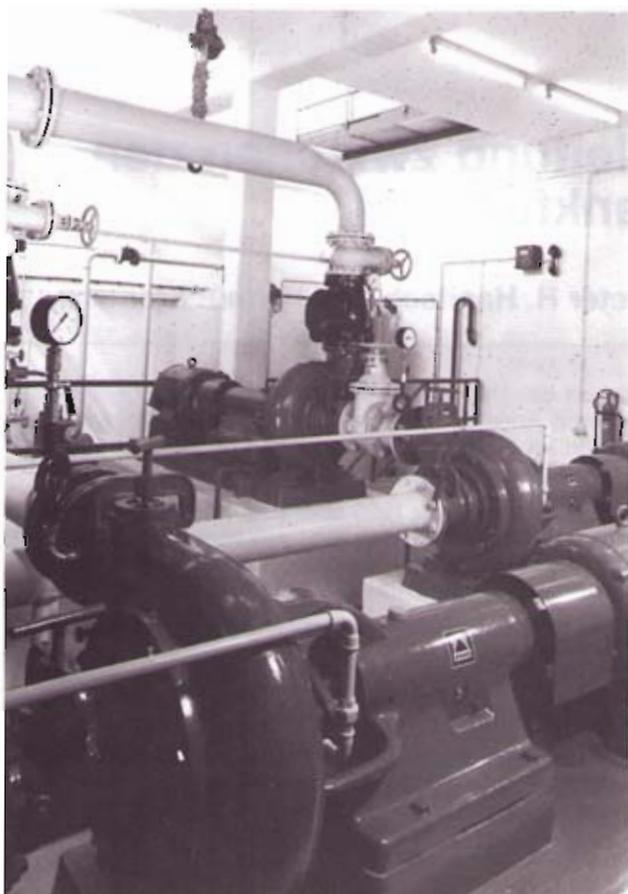


Bild 2: Schlammumpwerk Sindlingen

Gußrohr wurde vornehmlich in den Streckenabschnitten verlegt, in denen mit Setzungen u.ä. Belastungen zu rechnen war. Die Nennweite der Leitung betrug DN 200 bei Druckstufe PN 10. Von den Kosten her hätte die Entscheidung nach PVC fallen müssen, man wollte damals jedoch das Risiko verteilen, da PVC-Rohre noch wenig eingeführt waren. Die Trasse der Leitung verlief fast ausschließlich in unbebautem Gelände außerhalb der Straßen. Das Gelände ist relativ flach und weist keine extremen Hochpunkte auf. Eine Dükerung unter dem Main stellte einen Tiefpunkt dar. Der Auslauf der Leitung erfolgte staufrei im Klärwerk Niederrad. (Bild 1)

Die Pumpstation im Klärwerk Sindlingen war mit 2 hintereinandergeschalteten Pumpen, Fabrikat KSB, Typ 150-37, ausgerüstet. Diese Pumpen erbrachten zusammen einen Förderdruck von 7,8 bar abs. bei einem Förderstrom von 108 m³/h, so daß einschließlich des Vordrucks aus dem Vorlagebehälter von 0,5 bar ein maximaler Förderdruck von 8,3 bar abs. zur Verfügung stand. Dieser Förderdruck war immer ausreichend.

Gefördert wurde Mischschlamm aus dem einstufigen, teilbiologischen Klärwerk Sindlingen mit einem mittleren Feststoffgehalt von 3,4 % TS (Trockensubstanz) zur Weiterverarbeitung im Klärwerk Niederrad. Die Pumpzeit betrug ca. 5 h/d im Mittel, so daß täglich etwa 470 m³ Schlamm gefördert wurden. (Bild 2)

Die Schlammdruckleitung war seit Herbst 1965 bis Anfang Juni 1981 ohne wesentliche Störung in Betrieb. Sie wurde –

wie bereits erwähnt – aus verfahrenstechnischen Gründen aufgegeben und durch eine neue Leitung ersetzt. Die guten Erfahrungen mit der alten Schlammdruckleitung ermunterten das Stadtentwässerungsamt zur Planung der neuen Leitung in der gleichen Art und Weise.

Weitere Einzelheiten zu dieser Leitung sowie zur Bestimmung der Druckverluste für Klärschlammförderung sind aus dem Bericht [1] zu entnehmen.

Die neue Leitung

Entsprechend des durch eine Studie festgelegten Rahmens waren die beiden Klärwerke in Frankfurt-Niederrad und Frankfurt-Sindlingen wiederum durch eine Schlammdruckleitung zu verbinden, nur mit dem Unterschied, daß die Schlammbehandlung in Sindlingen stattfinden soll [2].

Die vorhandene Leitung mußte durch eine neue Leitung ersetzt werden, da in Zukunft größere Mengen mit einem höheren Feststoffgehalt über bis zu 20 h/d gepumpt werden müssen. Der erforderliche Förderdruck kann bis zu ca. 16 bar ansteigen.

Die im Bau befindliche Kläranlage in Sindlingen ist nur für ca. 1/3 der Abwassermenge von Niederrad ausgelegt. Obwohl die Schmutzbelastung des aus den Zentrifugen gewonnenen Zentrats berücksichtigt ist, könnte es bei ungenügender Leistung der biologischen Stufe nötig werden, einen Teil des hochbelasteten Zentrats nach Niederrad zurückzupumpen. Dieses kann nur über eine zweite Leitung geschehen. Desweiteren muß auch an eine eventuelle Störung an der Druckleitung gedacht werden. Aus diesen Gründen wurde eine Doppelleitung 2 × DN 300 verlegt.

Für diese Doppelleitung mußte eine neue Trasse gesucht werden, da auf der Trasse der vorhandenen Leitung über größere Strecken kein Platz für die Doppelleitung vorhanden war.

Die neue Trasse mit einer Länge von 10,5 km verläßt das Klärwerk Niederrad an der südwestlichen Grenze bis zur BAB Kassel–Darmstadt, auf der Ostseite entlang zum Frankfurter Stadtwald, um anschließend auf Wald- und Wiesenwegen bis zum Kelsterbacher Knoten zu gelangen und an den vorhandenen Düker der alten Schlammdruckleitung Anschluß zu gewinnen. Schwierigkeiten traten bei der Durchquerung des Kelsterbacher Knotens mit seinen 12 Brückenbauwerken auf; desweiteren beim Einzug der Leitungen in das Dükerrohr. Dieser Düker aus Betonrohren DN 1000 wurde im Rahmen der Verlegung der alten Druckleitung 1963/64 aufgrund eines Sondervorschlages unter Druckluft in einem Radius im Vorpreßverfahren gebaut.

Nach Entfernung der alten Druckleitung aus dem Dükerrohr wurde die neue Doppelleitung einschließlich zweier Kabelschutzrohre DN 100 für Telefon- und Steuerkabel eingezo-gen. Dieses bedurfte einer millimetergenauen Arbeit und stellte sowohl an die ausführende Firma wie auch an das Material hohe Anforderungen. (Bild 3 und Bild 4)

Die Leitung wurde nach der Verlegung verdämmt. Dieses geschah aus zwei Gründen. Erstens ist die Leitung total fixiert, zum andern wurde bei der Demontage des alten Rohres festgestellt, daß durch vom Dükerrohrscheitel herabtropfendes Kondenswasser die Oberkante des Rohres mehr oder weniger stark angegriffen wurde.

Um im Wald eine mit Jungbäumen bepflanzte Düne zu schützen, mußte diese – einschließlich der Autobahnkreuz-

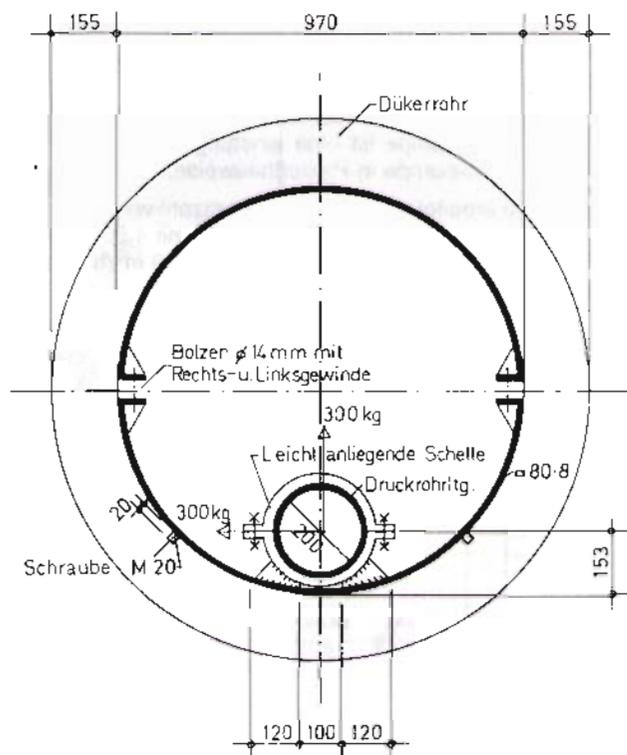


Bild 3: Dükerquerschnitt (alt)

zung – auf über 225 m mit einer Pressung DN 1200 unterfahren werden. Auf der gesamten Länge der Trasse wurden stark veränderte Bodenverhältnisse angetroffen.

Aus den Erfahrungen bei der Erstellung und dem Betrieb der alten Druckleitung fiel die Wahl auf die Verlegung von Rohren aus duktilem Gußeisen, zumal diese Rohre ohne weiteres den erhöhten Druckansprüchen (PN 16) gerecht werden und auch in Normalausführung bei Veränderungen der Leitung immer zur Verfügung stehen.

Es soll eingedickter Mischschlamm aus dem zweistufigen vollbiologischen Klärwerk Niederrad/Griesheim zur Ver-

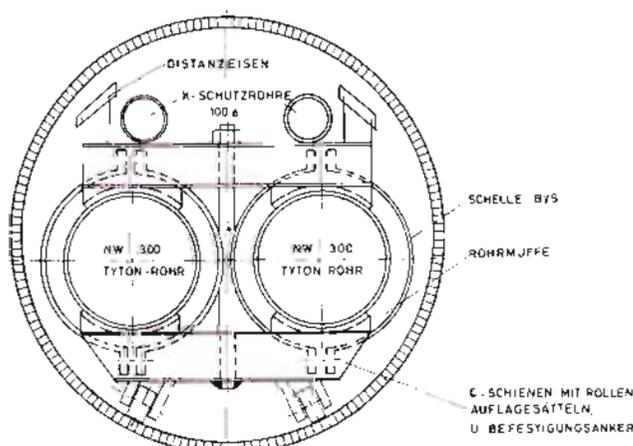


Bild 4: Dükerquerschnitt (neu)

brennung im Klärwerk Sindlingen gepumpt werden, wo er bis zur Verarbeitung gestapelt wird.

Ausgehend von einem Feststoffanfall von 150 t/d mit einem Feststoffgehalt von 3 bis 4 % TS ergibt sich eine zu fördernde Schlammmenge von 5000 bis 3750 m³/d. Bei einer gewünschten Fördergeschwindigkeit von 1 m/s und 20 bis 15 h/d Förderzeit ergibt sich eine Förderleistung von 255 m³/h für die Pumpen im Endausbau. Bis zur Erreichung der endgültigen Schlammmenge wird mit geringerer Förderzeit bei gleicher Menge gefahren.

Infolge der schwankenden Konsistenz des Fördermediums muß mit Feststoffgehalten zwischen 0 % (reines Wasser) und 7 % gerechnet werden. Aus Fördermenge und -geschwindigkeit ergibt sich für die Nennweite der Leitung DN 300.

Bei einer Leitung dieser Größenordnung sind auf jeden Fall die instationären Strömungsvorgänge sowie die daraus resultierenden Druckanstiege und -absenkungen zu untersuchen. Diese Druckstoßberechnung ist für Pumpwerk und Rohrleitung durchzuführen. Der ungünstigste Fall eines instationären Vorganges ist der Pumpenausfall bei maximalem Förderstrom. Bei der Berechnung war dem gleichartigen Auslaufverhalten der beiden hintereinander geschalteten Pumpen besonderes Augenmerk zu schenken und zu beachten, daß die Druckwellenfortpflanzungsgeschwindigkeit (Schallgeschwindigkeit) wegen möglicher Gaseinschlüsse herabgesetzt werden muß. Die Berechnung ergab, daß die instationären Druckspitzen innerhalb der Drücke des stationären Betriebes liegen. Allerdings kommt die Leitung unter Dampfdruck, d. h. es entsteht Vakuum. Die Muffenverbindung und die Auskleidung müssen in diesem Falle für den kurzzeitigen Betriebszustand „absolutes Vakuum“ geeignet sein! Außer einer Rückschlagklappe darf kein Absperrorgan zur Stillsetzung der Anlage geschlossen werden.

Die Erfahrungen bei der alten Leitung, bei welcher die Schachtabstände bei ca. 400 m lagen, ergaben, daß bei der neuen Leitung größere Abstände (zwischen 600 und 800 m) gewählt werden konnten. Jeder Schacht wurde so angeordnet, daß eine Zufahrtmöglichkeit besteht. Das ist wichtig, falls eine Durchspülung notwendig werden sollte.

Es gelangten zwei Typen von Schächten zur Ausführung. Der eine Typ ist ein reiner Revisionsschacht; bei dem anderen Typ ist es möglich, den Mengenstrom auf die andere Leitung umzustellen. In allen Schächten ist in jeden Seitenstrang ein T-Stück zwischen zwei Schiebern eingebaut. Auf dem Abgang des T-Stückes ist ein Blindflansch aufgeschraubt, in welchen ein Abgang von 2" geschweißt ist, der mit einem Ventil abgesperrt wurde. Auf diesen Abgang kann sowohl ein Feuerschlauch „B“ zur erforderlichen Spülung als auch ein Manometer zur Druckmessung montiert werden.

Bei der alten Leitung hatte sich gezeigt, daß automatische Armaturen – wie z. B. Entlüfter – nach kurzer Zeit zugesezt waren. Nach einigen Jahren Betrieb wurden derartige Armaturen ausgebaut. Bei Schlammdruckleitungen über solche Entfernungen ist auf einfache und robuste Einbauten zurückzugreifen, um den Wartungsaufwand zu minimieren.

Die Baukosten der Druckrohrleitung einschließlich der Durchpressungen und der Leitungsverlegung in den Maindüker betragen ca. 9,0 Mio DM. Die Bauzeit erstreckte sich

fgr 17

auf über 5 Jahre, wobei diese im wesentlichen von dem Bau des Kelsterbacher Knotens und der Bereitstellung der Grünfläche durch die Privateigentümer bestimmt wurde. Privatgrundstücke wurden überwiegend als Arbeitsfläche benötigt.

Schlammumpstation Niederrad

Die Hauptförderaufgabe der neuen Schlammdruckleitung ist die Förderung des eingedickten Schlammes nach Sindlingen.

Ausgehend von den bereits geschilderten Bemessungsparametern war die Förderaufgabe nur mit zwei hintereinander geschalteten Pumpen lösbar. (Bild 5 und Bild 6)

Es wurden zwei Pumpen, Fabrikat KSB, Typ KRPF 150–500 gewählt. Diese Pumpe ist eine einstufige, einflutige Freistromrad-Kreiselpumpe in Prozeßbauweise.

Eine Pumpe arbeitet mit konstanter Drehzahl von 960 min^{-1} und fördert bei bis zu 4,5% TS $255 \text{ m}^3/\text{h}$ mit 4,56 bar abs. Förderdruck. Die Förderleistung sinkt auf $180 \text{ m}^3/\text{h}$ bei 7% TS und 4,65 bar abs. Förderdruck.

GRUNDRISS

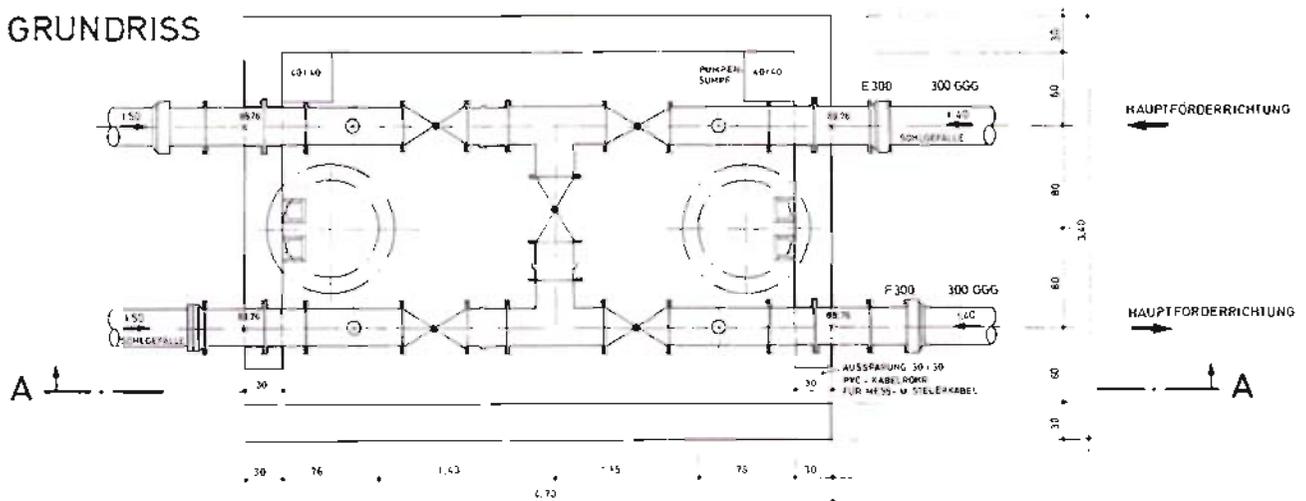


Bild 5: Revisionsschacht

GRUNDRISS

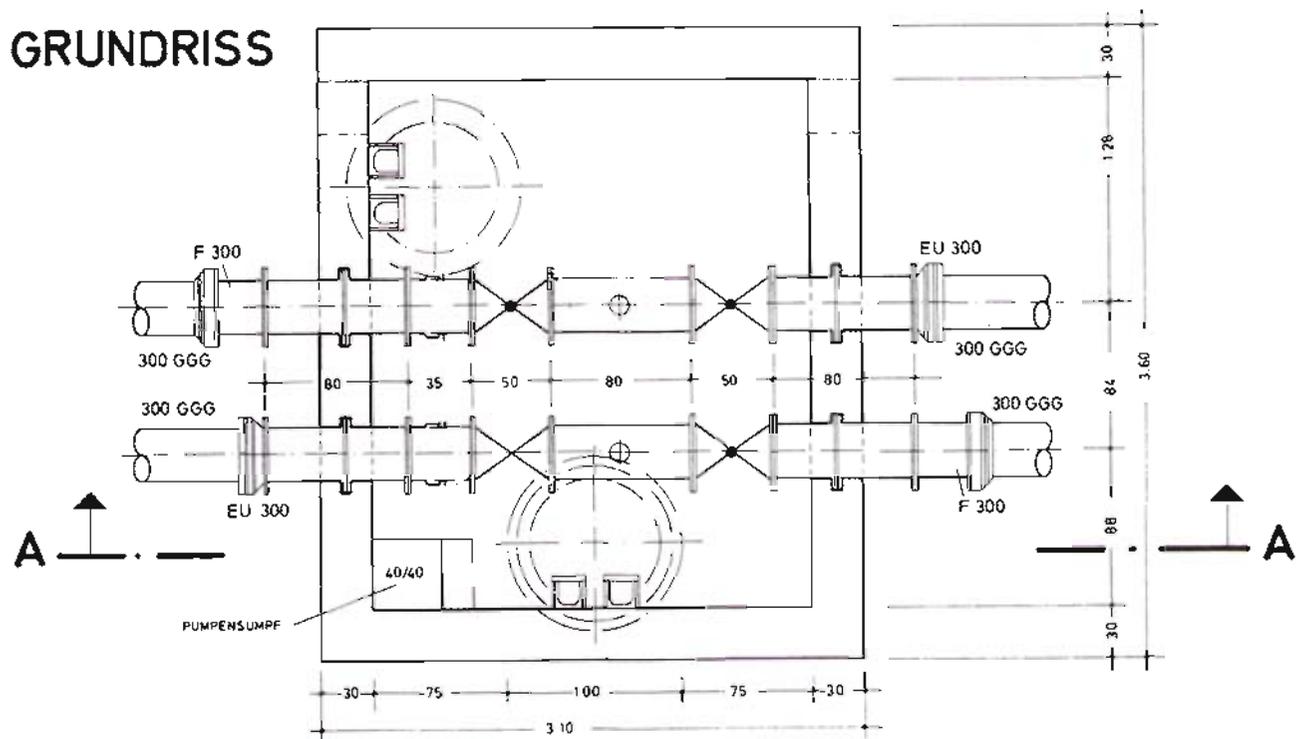


Bild 6: Revisionsschacht mit Leitungswechsel

Die zweite Pumpe erhöht bei gleicher Fördermenge den Förderdruck um 8,65 bar bei bis zu 4,5% TS bzw. 8,75 bar bei 7% TS. Damit ergibt sich der bereits erwähnte maximale Förderdruck von 13,4 bar abs. Die erforderliche Anpassung der zweiten Pumpe an den jeweils auf Grund der Feststoffverhältnisse erforderlichen Förderdruck wird durch einen drehzahlregelbaren Antrieb erreicht. Während für die erste Pumpe ein Antrieb von 55 kW erforderlich ist, benötigt die zweite Pumpe 160 kW. Die Regelung dieses Motors von 500 bis 1470 min^{-1} wird durch einen statischen Frequenzformer erreicht, weiches als Sollwert die Fördermenge vorgegeben wird. Beide Pumpen arbeiten immer gemeinsam; es sind zwei Pumpensätze installiert, von denen einer als Reserve dient.

Der mechanische Aufbau erfolgte nach den Grundsätzen für trocken aufgestellte Pumpen des ATV-Arbeitsblattes A 134 [3]. (Bild 7)



Bild 7: Neues Schlammumpwerk

Ballaststoffpumpwerk Sindlingen

Für den Fall, daß bestimmte Ballaststoffe (z. B. Zentrat) zeitweise nicht in der Kläranlage Sindlingen verarbeitet werden sollen, können solche Stoffe zur Verarbeitung in das aufnahmefähigere Klärwerk Niederrad gepumpt werden. Dazu wird die zweite Druckleitung benutzt und ein entsprechendes Pumpwerk erstellt. Es handelt sich hier um -pump-

pentechisch gesehen – reines Wasser. Deshalb kann hier auf den Einsatz von speziellen Abwasserpumpen verzichtet werden und es können die wirkungsgradmäßig wesentlich besseren Reinwasserpumpen zum Einsatz kommen. Gewählt wurde eine einstufige einflutige Mehrschaufelrad-Kreiselpumpe, Fabrikat KSB, Typ KWPK 125–500. Die Förderung ist mit 250 m^3/h bei einem Förderdruck von 8,35 bar abs. vorgesehen. Diese Förderung kann mit einer Pumpe bewältigt werden; eine zweite Pumpe wird als Reserve vorgesehen.

Es ist noch zu früh, um bereits jetzt über Betriebserfahrungen mit der neuen Leitung und den Pumpstationen zu sprechen. Erste Messungen und Erkenntnisse bestätigen jedoch die Planungsparameter.

Zusammenfassung

Der Bau und Betrieb einer Schlammdruckleitung für überwiegend kommunalen Frischschlamm ist bei sorgfältiger Planung und Auswahl des Rohrmaterials ohne größere Schwierigkeiten möglich. Jedoch sollte man vorher durch Eindickversuche des Schlammes die maximalen Eindickraten feststellen, um Pumpen und Druckleitungen entsprechend auszulegen. Bei der Materialwahl ist darauf zu achten, daß Frischschlamm bei einer Alterung (ca. über 72 Std.) in den sauren Bereich abfällt. Diese Alterung ist zwar nicht erwünscht, kann aber einschließlich der Eindickung schnell eintreten.

Wie schon erwähnt, hat die alte Leitung über Jahre voll funktioniert, und die wenigen Monate der Inbetriebnahme der neuen Leitung berechtigen zur Annahme, daß auch diese Leitung betrieblich zufriedenstellend genutzt werden kann.

Literatur

- [1] Hanitsch, P. H.
Rohrreibungsverluste bei der Förderung von Klärschlamm
Korrespondenz Abwasser, Juli 1981, S. 493–497
- [2] Gniosdorsch, L. und Pabst, A.
Die zukünftige Abwasserreinigung im Einzugsgebiet Frankfurt a. M.
Wasser und Boden, 25. Jahrgang, Heft 5 (Mai 1973), Seite 131–135
- [3] ATV-Arbeitsblatt A 134
Planung und Bau von Abwasserpumpwerken mit kleinen Zuflüssen

Korrosionschemisches Verhalten erdverlegter duktiler Gußrohre mit Zink-Überzug und Deckbeschichtung

Von Gerhard Heim

1. Einleitung

Für den Korrosionsschutz von duktilen Gußrohren, die in aggressiven Erdböden verlegt werden, wurden verschiedene Umhüllungsarten entwickelt und in der Praxis angewendet. Eine Art dieser Umhüllung stellt der im Spritzverfahren aufbrachte Zink-Überzug mit Deckbeschichtung dar. Die ersten Rohre mit dieser Umhüllung wurden vor etwa 20 Jahren in Frankreich verlegt. Ab etwa Mitte der 60er Jahre wurden dort in verstärktem Maße Rohre mit dieser Umhüllung eingesetzt. In Frankreich bestand die Möglichkeit, Rohre mit Zink-Überzug und Deckbeschichtung, die bis zu 13 Jahren im Boden lagen, aufzugraben und zu untersuchen.

In einem Gutachten [1], welches einigen Fachgremien des DVGW zur Verfügung gestellt wurde, sind die Untersuchungen und die erzielten Ergebnisse dargestellt. In einer Veröffentlichung [2] wurde bereits über diese Untersuchungen berichtet, wobei auf die weiterführenden Laboruntersuchungen verwiesen wurde. Im folgenden sollen wesentliche Gesichtspunkte dieser Untersuchungen behandelt werden.

2. Versuchsprogramm und Versuchsdurchführung

An 4 Aufgrabungsstellen in Frankreich wurden Untersuchungen an Wasserleitungsrohren aus duktilem Gußeisen, die mit einem Zink-Überzug und einer Deckbeschichtung versehen waren, vorgenommen. Da an den aufgegrabenen Rohrleitungsabschnitten gummigedichtete Rohrverbindungen vorhanden waren, können elektrochemische Einflüsse durch Langstreckenströme (long line currents) ausgeschlossen werden. In Tabelle 1 sind einige Informa-

tionen über die untersuchten Rohrleitungen zusammengestellt.

An den freigelegten Rohren wurden nach der in [2] angegebenen Art der Schichtaufbau, die Schichtdicken der einzelnen Schichten und der Zustand der Rohroberfläche nach Entfernung des Zink-Überzuges mit Deckbeschichtung ermittelt. Die aus der unmittelbaren Nähe der Rohroberflächen entnommenen Bodenproben wurden im Laboratorium untersucht und nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 9 [3] beurteilt.

An den Aufgrabungsstellen wurden Rohrstücke aus den Leitungen entnommen; hiervon wurden Teilstücke 100 mm x 100 mm herausgeschnitten und elektrochemische Versuche im Laboratorium nach der in Bild 1 dargestellten Anordnung durchgeführt. Das Oberflächenverhältnis beschichtete Oberfläche : nichtbeschichtete (blanke) Oberfläche betrug 100:1. Durch Messung des Potentials einer Bezugselektrode, die über den Rohrabchnitt im Abstand von etwa 1 bis 2 mm bewegt wurde, gegen eine feste Bezugselektrode konnte der Potentialverlauf im Elektrolyten (Leitungswasser) in bestimmten Zeitabständen ermittelt werden. Außerdem konnte als zusätzliche Information das Metall/Elektrolyt-Potential bestimmt werden.

Das Untersuchungsprogramm sah folgendes vor:

- Proben aus duktilem Gußeisen mit Zink-Überzug, Deckbeschichtung und Oxidschicht, die von Rohren aus der Werksfertigung und von den ausgebauten Rohrstücken entnommen wurden.
- Proben wie a) mit entfernter Deckbeschichtung.
- Proben wie a) mit entfernter Deckbeschichtung und entferntem Zink-Überzug.

Tabelle 1:

Ort der Untersuchung		Rohr DN	Verlegung	Betriebsdauer a
Nancy	Verlaine	200	1968	10
	Seichamps	200	1968	10
Penbron (La Baule)		150	1970	8,5
Schoenenburg (Weißenburg)		80	1965	13

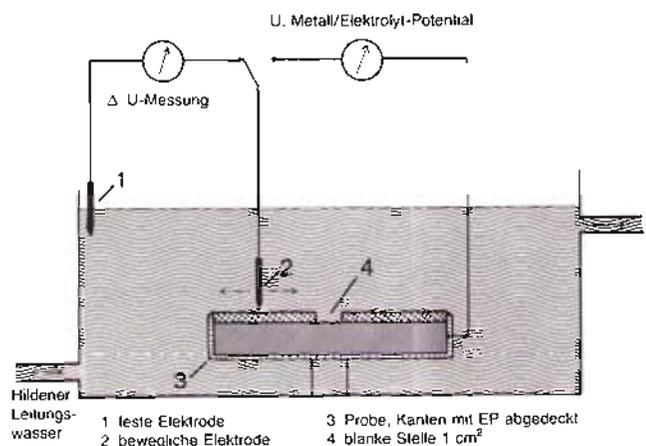


Bild 1



Bild 2



Bild 3

3. Untersuchungsergebnisse, Beobachtungen und Feststellungen

Die Beurteilung der untersuchten **Böden** nach GW 9 ergab in allen Fällen eine Einstufung der Böden in die Boden-
gruppe II, in der die aggressiven Böden zusammengefaßt
sind, Tabelle 2 enthält als Beispiel eine typische Boden-
analyse.

An sämtlichen aufgedragenen Rohren konnten im Hinblick
auf den **Zustand der Rohroberfläche** übereinstimmend
folgende Feststellungen getroffen werden:

Bei Aufgrabungslängen von etwa 2 m waren die noch gut
erhaltenen bituminösen Deckbeschichtungen zu erkennen.
Die Hämmermarken, die ein Abbild der Kokillen-Innenbe-
arbeitung darstellen, waren auf dem gesamten Umfang der
Rohroberfläche deutlich zu erkennen (Bild 2). An keiner
Stelle zeigten sich Andeutungen eines Korrosionsdurch-
bruches durch die Umhüllung. Helle Zink-Korrosionspro-
dukte auf der Rohroberfläche, die auf eine starke Auflösung
des Zinküberzuges hätten schließen lassen, waren nicht zu
bemerken.

Bei stichprobenweiser Entfernung der gesamten Umhüllung
an einzelnen Stellen waren bei der Betrachtung der
blanken Rohroberfläche keine Korrosionsangriffe zu be-
obachten.

Tabelle 2: Bodenanalyse

Probe-Nr.		Bewertungszahl
Entnahmeort	Nancy-Verlaine	
Entnahmetiefe in Meter	1,2	
Bodenart	Ton	-2
Bodenzustand 2.1		-1
2.2		0
2.3		0
Spez. Bodenwider- stand (Messzellen- wert) Ohm · cm	704	-4
Wassergehalt %	20	-1
pH-Wert	7,3	0
Gesamtacidität bis pH 7, mval/kg	0	0
rH-Wert (Belüftungszustand)	schwach belüftet	-2
Gesamtalkalität bis pH 4,8 mval/kg	53	0
Schwefelwasserstoff Sulfide, S ²⁻ mg/kg	nicht vorhanden	0
Kohle und Koksanteile g/kg	nicht vorhanden	0
Chloride Cl ⁻ , mg/kg	5,0	0
Sulfate SO ₄ ²⁻ , mg/kg	38,0	0
Abschlammbares %	94	
Summe der Bewertungszahlen		-10
Beurteilung des Bodens Bodengruppe	aggressiv II	

Bei der Überprüfung des **Schichtaufbaues der Umhüllun-
gen** zeigte sich, daß die metallischen Zink-Überzüge die
Rohroberfläche nicht mehr lückenlos bedeckten. Die Zink-
Überzüge waren in Form von mehr oder weniger zusam-
menhängenden inselförmigen Bereichen auf der Oberfläche
vorhanden. In den Oberflächenbereichen, auf denen kein
metallisches Zink mehr vorhanden war, liegen Umwand-
lungsprodukte des metallischen Zinkes in Form von Zink-
carbonaten, basischen Zinkchloriden und basischen Zink-
sulfaten vor. Bild 3 vermittelt einen anschaulichen Eindruck

vom Schichtaufbau der Umhüllung. Rechts ist der metallische Zink-Überzug nach Entfernung der Deckbeschichtung zu erkennen. Im mittleren Teil ist der Zink-Überzug abgelöst, wobei die Oxidschicht zum Vorschein kommt. Im linken Teil ist die Oxidschicht abgelöst und gibt die blanke nicht angegriffene Gußrohroberfläche wieder.

Die **Dickenmessungen** der einzelnen Schichten ergaben Werte, in Schwankungsbereichen von

- 40 bis 85 µm für die Deckbeschichtung und
- 30 bis 40 µm für den Zink-Überzug, der teils in metallischer, teils in Zinkverbindungs-Formen vorliegt.

Die **elektrochemischen Elementversuche** (Bild 1) wurden in mäßig bewegtem Hildener Stadtwasser (Tabelle 3) durchgeführt. Die Auswertung der Messungen soll an Hand der beiden in Bild 4 dargestellten Potentialweg-Kurven beschrieben werden. Im Bild 4 unten, erreichen die Potentialwerte über der blanken Stelle einen negativen Höchstpunkt. Aus dem Potentialverlauf und dem Vorzeichen der beweglichen Elektrode kann man auf die Stromrichtung im Elektrolyten schließen. In diesem Fall (Probe P.1) fließt der Strom

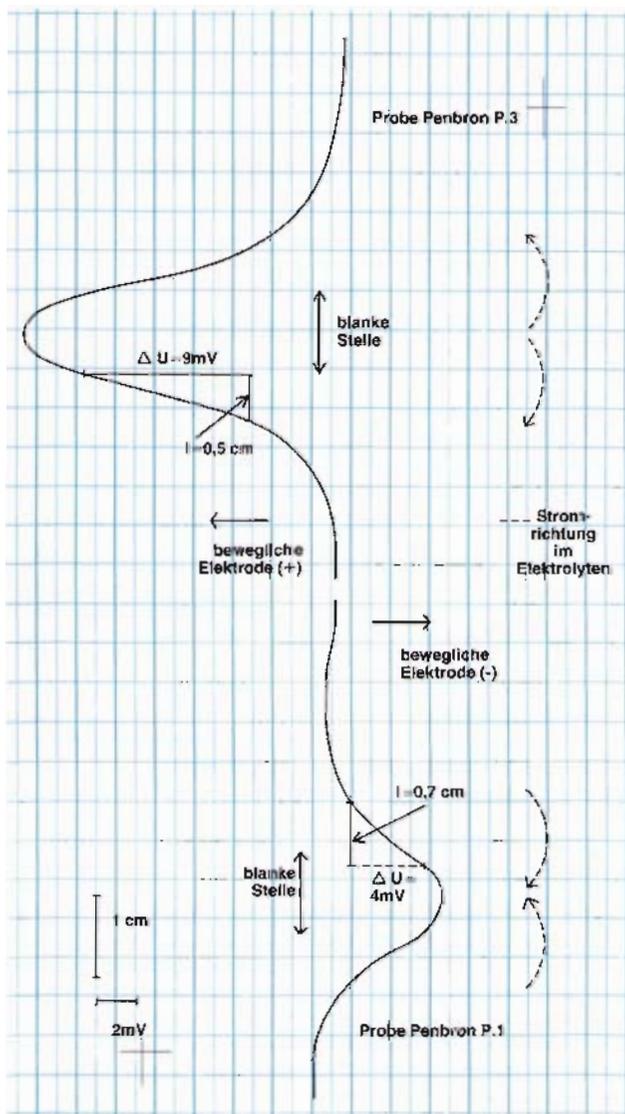


Bild 4

Tabelle 3: Stadtwasser Hilden

	Einheit der Meßgröße		
Elektr. Leitfähigkeit bei 20° C	mS/m	72	= 720µS/cm
pH-Wert (bei 20° C)	—	7,6	
pH-Wert nach CaCO ₃ -Sätt.	—	7,6±0,15	
Basekapazität bis pH 8,2	mol/m ³	0,07	≅ 3,0 mg/Liter CO ₂
Säurekapazität bis pH 4,3	mol/m ³	2,5	≅ 7,0° dKH
Summe der Erdalkalien (Härte)	mol/m ³	3,06	≅ 17,1° dGH
Nitrat	mol/m ³	0,53	≅ 33 mg/Liter NO ₃ ⁻
Chlorid	mol/m ³	2,48	≅ 88 mg/Liter Cl ⁻
Sulfat	mol/m ³	1,50	≅ 144mg/Liter SO ₄ ²⁻
Sauerstoff	g/m ³	9	

von der mit der Umhüllung bedeckten Fläche zur blanken Fläche, d.h. die blanke Fläche ist hier die Kathode in dem elektrochemischen Element. Aus dem Ohm'schen Gesetz in der Form

$$i = \frac{1}{\rho} \frac{\Delta U}{l} \quad (1)$$

kann die Stromdichte i wie folgt abgeschätzt werden:

ρ spezifischer Widerstand des Hildener Leitungswassers = 1140 Ω cm

ΔU Potentialdifferenz im Leitungswasser zwischen den in Bild 4 unten eingezeichneten Punkten = 4 mV

l zu ΔU zugehörige Länge = 0,7 cm.

Setzt man diese Werte in die Gleichung (1) ein, so ergibt die in die blanke Stelle eintretende kathodische Stromdichte $i = 5\mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$.

Bei der Probe P.3, bei der der Zink-Überzug und die Deckbeschichtung entfernt sind, d.h. bei der nur noch die Oxidschicht auf der Gußrohroberfläche vorhanden ist, sind die Potentialwerte ΔU der beweglichen Elektrode positiv gegenüber der festen Elektrode.

Hieraus ergibt sich die in Bild 4 oben angedeutete Stromrichtung. Hier tritt der Strom aus der blanken Stelle aus, d.h. die blanke Stelle ist Anode. Die anodische Austrittsströmungsdichte läßt sich in der gleichen Weise wie oben beschrieben abschätzen, wobei sich

$$i = 15,8 \mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$$

ergibt. Während einer Versuchsdauer von insgesamt 340 Tagen wurden in bestimmten Zeitabständen die kathodischen bzw. anodischen Stromdichten bestimmt und hieraus Stromdichte-Zeit-Kurven gewonnen. Bild 5 zeigt als Beispiel 3 typische Kurven für drei Oberflächenzustände; in Tabelle 4 sind die nach 340 Tagen gemessenen Stromdichten und die Metall/Elektrolyt-Potentiale zusammengefaßt.

4. Folgerungen aus den Untersuchungen

Die an vier verschiedenen Stellen durchgeführten Aufgrabungen von duktilen Gußrohren, die zwischen 8,5 und 13

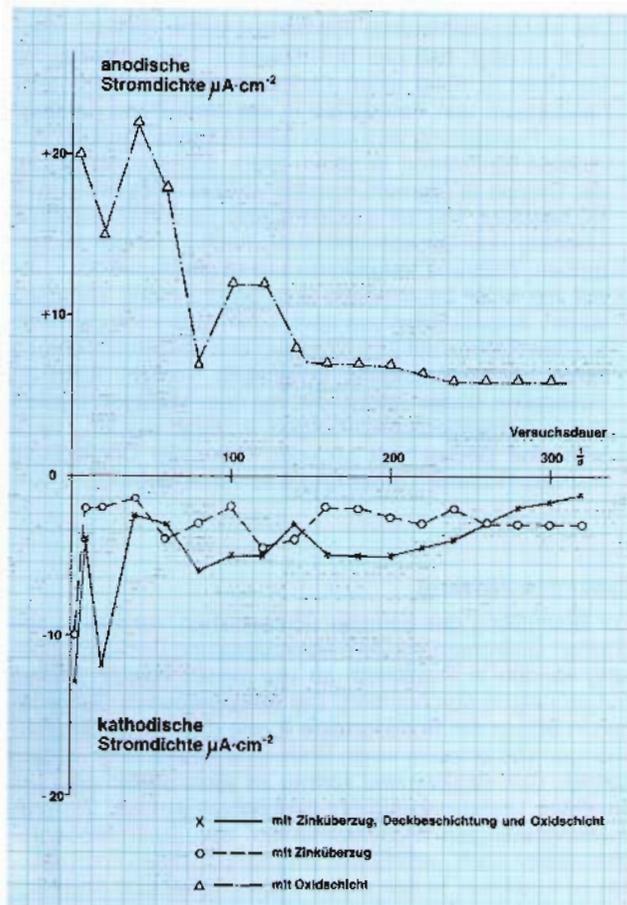


Bild 5
Tabelle 4

Jahren im Boden lagen (siehe Tabelle 1), führten hinsichtlich der Beurteilung des Zustandes der Zink-Überzüge und Deckbeschichtung zu einem übereinstimmenden Ergebnis. Die Deckbeschichtung war noch recht gut erhalten, während die darunterliegenden Zink-Überzüge gegenüber dem Ausgangszustand Veränderungen aufwiesen. Die metallischen Zink-Überzüge waren auf inselförmigen Bereichen der Oberfläche vorhanden. Die restlichen Flächen waren mit einer Schicht aus Zinkverbindung bedeckt. Bei Versuchen, diese Schicht durch Abkratzen zu entfernen, konnte eine gute Verankerung (Haftung) dieser Schichten auf der Oxidschicht festgestellt werden. Da die Deckbeschichtung und die Zinkschichten miteinander verzahnt sind, werden bei der Entfernung der Deckbeschichtung mit Methylchlorid stellenweise die Zinkschichten mitentfernt. Bei der Probe P.2 der elektrochemischen Elementversuche war dies besonders deutlich ausgeprägt (Tabelle 4):

Die charakteristischen Hämmermarken waren auf dem gesamten Rohrumfang in allen Fällen auch ohne Entfernung der Umhüllung deutlich zu erkennen. Durch stellenweise Entfernung der Umhüllungsschichten zeigten sich dann die blanken typischen Gußrohroberflächen mit den Hämmermarken. Auf den Rohroberflächen waren keine rostbraunen Korrosionsprodukte vorhanden, d. h. Korrosionsangriffe auf den Werkstoff duktilen Gußeisen sind nicht aufgetreten.

Die rund ein Jahr laufenden Laborversuche, die im mäßig bewegten Hildener Leitungswasser (Analyse siehe Tabelle 3) durchgeführt wurden, brachten die in der Tabelle 4 aufgeführten Ergebnisse. Folgende Schlüsse können gezogen werden:

- Die auf den ausgebauten Rohrstücken vorhandenen Umhüllungen (Deck-, Zink- und Oxid-Schicht) stellen einen stabilen Korrosionsschutz dar. Sie sind außerdem in der

Probenbezeichnung	Schichtaufbau	Stromdichte nach 340 d an der blanken Stelle $\mu A \cdot cm^{-2}$	Metall/Elektrolyt-Potential AgCl ges. nach 340 d
Werks- fertigung	H. 1 Deckbeschichtung Zink-Überzug Oxidschicht	kathodisch: 2	-840
	H. 2 Zink-Überzug Oxidschicht	kathodisch: 3	-720
	H. 3 Oxidschicht	anodisch: 10	-580
Penbron	P. 1 Deckbeschichtung Zink-Überzug Oxidschicht	kathodisch: 1	-590
	P. 2 vereinzelte Stellen mit Zink-Überzug Oxidschicht	anodisch: 12	-540
	P. 3 Oxidschicht	anodisch: 6	-560
Nancy- Verlaine	N. 1 Deckbeschichtung Zink-Überzug Oxidschicht	kathodisch: 3	-580
	N. 2 Oxidschicht	kathodisch: 4	-580

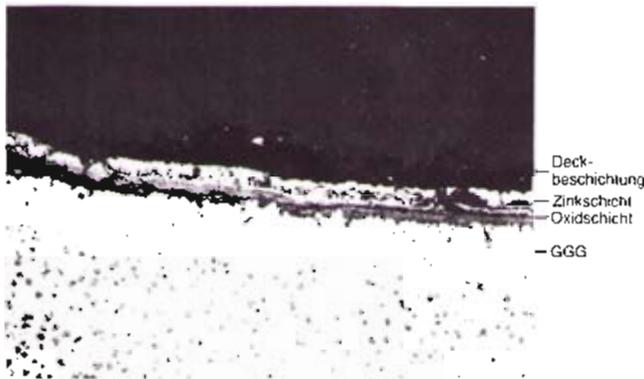


Bild 6 100:1

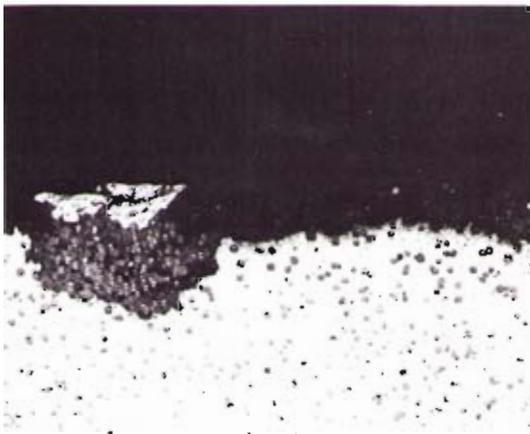


Bild 7 100:1

Lage, blanke Stellen der Gußrohroberfläche kathodisch zu schützen. Nach Ausbau dieser Proben waren die blanke Stellen ohne Korrosionsangriff. Bild 6 zeigt den Schichtaufbau der Umhüllung. Die darunterliegende Gußrohroberfläche ist nicht angegriffen.

- Die gemessenen Metall/Elektrolyt-Potentiale (Mischpotentiale) erlauben keine eindeutigen Hinweise. Man kann allerdings sagen, daß Rohre aus der Werksfertigung, bei denen die metallische Zinkschicht vollkommen vorhanden ist, entsprechend dem Potential des Zinks deutlich negativere Potentialwerte als die durch die Böden beanspruchten Proben aufweisen (siehe Tabelle 4).
- Die Rohrstücke mit Oxidschicht zeigen unter den gegebenen Versuchsbedingungen muldenförmige Korrosionsangriffe in der Größenordnung von $0,1 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$. Dies ergibt sich aus den gemessenen anodischen Stromdichten von rund $10 \mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$, die nach dem Faraday'schen Gesetz einem Korrosionsangriff von rund $0,1 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ entsprechen. Aus den nach 340 d ausgebauten Proben konnte diese Angriffsgeschwindigkeit bestätigt werden (siehe Bild 7).

Bei den im Schrifttum [4] beschriebenen Versuchen in Leitungswasser wurden nach 5jähriger Versuchszeit Abtragungsraten von $80 \mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$ gefunden, was in der Größenordnung recht gut mit den genannten Werten von $0,1 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ des Laborversuches befriedigend übereinstimmt.

- Die elektrochemischen Elementversuche haben insgesamt gezeigt, daß das Schutzsystem Zink-Überzug mit Deckbeschichtung einen Langzeitschutz auch bei Vorhandensein von Fehlstellen in der Umhüllung darstellt. Diese Feststellung wird auch durch Untersuchungen von duktilen Gußrohren in einem stark aggressiven Boden der Gruppe III (Bewertungszahl -17 bis -22) des C.d.R. [5] bestätigt. Hierbei wurden duktile Gußrohre mit Zink-Überzug und Deckbeschichtung nach 7 Jahren ausgegraben. Während Vergleichsrohre im gleichen Boden, die nur mit einer bituminösen Deckbeschichtung versehen waren, Angriffstiefen von etwa 3 mm aufwiesen, konnten bei den Rohren mit Zink-Überzug und Deckbeschichtung keine Korrosionsangriffe festgestellt werden. Auch an Fehlstellen dieser Rohre, die vor dem Verlegen bewußt durch Schlagbeanspruchungen erzeugt wurden, hatte sich eine Deckschicht gebildet. Unter der Deckschicht war das Gußeisen ohne Angriffserscheinungen.

Zusammenfassung

Zur Beurteilung des korrosionschemischen Verhaltens von duktilen Gußrohren mit Zink-Überzügen und Deckbeschichtung wurden in Frankreich an vier verschiedenen Stellen Aufgrabungen durchgeführt. Die aufgedugenen Rohre lagen in Böden der Bodengruppe II, wie dies durch Untersuchungen von entnommenen Bodenproben bestätigt werden konnte. Übereinstimmend konnte an allen Stellen eine gut erhaltene Umhüllungsschicht beobachtet werden. Die produktionsbedingten Hämmermarken der Gußrohroberflächen waren auch nach Entfernung der Schichten noch deutlich zu erkennen. In den untersuchten Fällen sind nach Beanspruchungszeiten zwischen 8,5 und 13 Jahren keine Korrosionsangriffe auf der Rohroberfläche aufgetreten.

An Rohrstücken, die aus den entnommenen Rohrproben hergestellt wurden, wurden im Laboratorium elektrochemische Elementversuche, die über ein Jahr liefen, durchgeführt. Diese Versuche haben gezeigt, daß die auf den Rohrstücken vorhandenen Zinkschichten, die aus metallischen Zink und Zinkverbindungen bestehen, recht gut auf der Oxidschicht der Gußrohroberflächen verankert sind. Sie besitzen nach einer Bodenbeanspruchung bis zu 13 Jahren eine gute Korrosionsschutzwirkung der Gußrohroberfläche und sind außerdem in der Lage kleinere blanke Stellen der Oberfläche kathodisch zu schützen.

Aus den Untersuchungen und Beobachtungen kann gefolgert werden, daß das Schutzsystem Zink-Überzug mit Deckbeschichtung, welches den Anforderungen der DIN 30674 Teil 3 entspricht [6], einen Langzeitschutz in aggressiven Böden der Bodengruppe II nach GW 9 bietet. In der vorliegenden DIN-Normvorlage [7], in der die Anwendungsbereiche der Schutzsysteme für duktile Gußrohre aufgeführt werden, ist das Schutzsystem Zink-Überzug mit Deckbeschichtung für die Bodengruppe II vorgesehen.

Schrifttum

- [1] Gutachten Nr. 520/6/80
Untersuchungen von erdverlegten duktilen Gußrohrleitungen, die mit einem Zink-Überzug und einer bituminösen Deckbeschichtung versehen sind
Korrosionstechnik Dr. Heim, Hilden

- [2] W. Wolf
Korrosionsschutz von Rohren aus duktilem Gußeisen durch Spritzverzinkung mit Deckbeschichtung
FGR-Informationsheft Nr. 16 der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre, Köln (1981), S. 17/20
- [3] DVGW-Arbeitsblatt GW 9
Merkblatt für die Beurteilung der Korrosionsgefährdung von Eisen und Stahl im Erdboden
August 1971
- [4] W. D. Gras und W. Wolf
Neuere Untersuchungsergebnisse über das Korrosionsverhalten von Rohren aus duktilem Gußeisen
FGR-Informationsheft Nr. 5 der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre, Köln (1970), S. 25/32
- [5] Centre de Recherches (CdR) de Pont-à-Mousson, Bericht Nr. 176.80
Protection par le revêtement Zinc-Pouvoir de cicatrisation des blessures du revêtement
(Schutz für Zinküberzug – Heilungsvermögen von Fehlstellen durch den Überzug)
- [6] DIN 30674 Teil 3
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen, Zinküberzug mit Deckbeschichtung
Entwurf Februar 1981
- [7] DIN 30675 Teil 2
Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen – Anwendungsbereiche
Normvorlage November 1980

Korrosionsverhalten duktiler Gußrohre mit Zink-Überzug, Deckbeschichtung und zusätzlicher PE-Folienumhüllung in stark aggressiven Böden

Von Gerhard Heim, Günther Lohmann und Georg Piechotta

1. Einleitung

Zum Korrosionsaußenschutz von Gußrohren in stark aggressiven Böden der Gruppe III nach dem DVGW-Arbeitsblatt GW 9 [1] wurden im Laufe der letzten Jahrzehnte verschiedene Schutzsysteme entwickelt. Im Zuge dieser Entwicklung wurde Anfang der 50er Jahre die Baustellenumhüllung mit Polyethylenfolien (PE-Folien) zum erstenmal angewendet. Bei diesem Schutzsystem wird zur Verhinderung eines direkten Kontaktes des heterogenen Erdbodens mit der Rohroberfläche eine PE-Folie bzw. ein PE-Schlauch lose über die Rohre gezogen. In den ersten Jahren wurde diese Umhüllungsart ausschließlich bei Gußrohren, die mit einer dünnen bituminösen Deckbeschichtung versehen waren, angewendet. Mit zunehmender Anwendung des Schutzsystems „Zinküberzug mit bituminöser Deckbeschichtung“ ging man Anfang der 70er Jahre dazu über, so geschützte duktile Gußrohre auf der Baustelle zusätzlich mit PE-Folie zu umhüllen.

In einem Gutachten [2] wurde dieses international empfohlene Schutzsystem für stark aggressive Böden an nach 4-jähriger Betriebszeit aufgegrabenen Rohrleitungen untersucht. Ergänzend dazu wurden Einerdungsversuche und Untersuchungen im Laboratorium durchgeführt.

2. Versuchsprogramm und Versuchsdurchführung

Zur Untersuchung verlegter Rohre wurden Leitungen in einem Gebiet, das durch Korrosionsangriffe an Graugußrohren bekannt ist, ausgewählt. Die Unterlagen über 18 Rohrdurchbrüche an Graugußrohren weisen den Boden als stark aggressiv aus. An 3 ausgewählten Stellen wurden je 2 Rohrverbindungen mit einigen Metern Rohr zur Untersuchung freigelegt.

Die Aufgrabungsstellen wurden mittels Bodenproben, Messung der spezifischen Bodenwiderstände nach dem Wennerverfahren und durch Augenscheinnahme der Bodenschichtung untersucht. Den Taschen der PE-Folienumhüllung wurden Proben eingesickerten Grundwassers entnommen.

Die PE-Folie wurde auf ordnungsgemäße Verlegung beurteilt. Auf die Feststellung visuell erkennbarer Fehlstellen wurde besonders geachtet. Es wurden der PE-Folie Proben zur Messung von Dicke, Reißdehnung und Zugfestigkeit entnommen.

Das Rohr/Boden-Potential wurde gegen eine unmittelbar neben den Rohren in den Boden gesteckte Kupfersulfatelektrode gemessen (Bild 1).

Für die Potential- und Strommessung wurde eine Korrosionssonde gebaut, die durch eine kleine künstlich herge-

stellte Fehlstelle der PE-Folie in das Taschenwasser eingeführt wurde.

Zur **Begutachtung der Rohroberflächen** wurden die PE-Folien im zur Untersuchung notwendigen Ausmaß herausgeschnitten.

Der bituminöse Überzug sowie die Zinkschicht wurden chemisch abgelöst. Jede Schicht wurde beurteilt und bildlich festgehalten; die Einzelschichtdicken wurden durch Messungen ermittelt.

Zur Ermittlung der mechanischen Beanspruchbarkeit der Folie wurde eine **Einerdung** von mehreren PE-folienumhüllten Rohrabchnitten unter baustellenähnlichen Bedin-



Bild 1

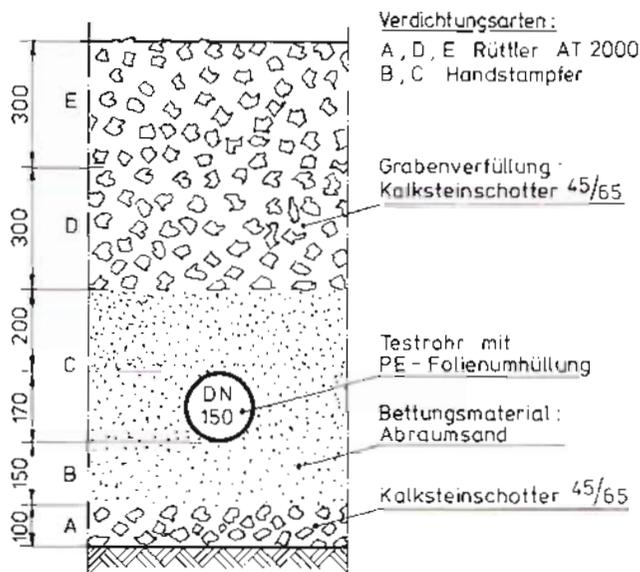


Bild 2: Einerdung, Versuchsanordnung (Maßangaben in mm)

gungen durchgeführt. Die einzelnen Schichten (Bild 2) wurden jeweils durch zehnmaliges Überfahren mit einem üblichen Baustellengerät verdichtet. Nach der Einerdung wurden die Abschnitte ausgegraben. Die Folienumhüllung wurde visuell beurteilt und auf Fehlstellen untersucht.

Aus dem **Schrifttum** [5, 6] geht hervor, daß man bei der lose um die Rohre liegenden PE-Folienumhüllung mit dem Eindringen von Grundwasser in den von der Folie und dem Rohr gebildeten Ringraum rechnen muß. Es stellt sich die Frage, ob bzw. in welchem Umfang Korrosionsvorgänge an

den vom Taschenwasser berührten Rohroberflächen auftreten. Für diese Korrosionsvorgänge sind folgende Einflußgrößen von Bedeutung:

- Größe des Taschenwasservolumens; die Höhe des Wassers über der Rohroberfläche ist für die mögliche Bildung von großflächigen Korrosionselementen von Bedeutung.
- Bewegungszustand des Taschenwassers. Bei wechselndem Grundwasserspiegel ist mit einem teilweisen Austausch des Wasser zu rechnen. Fehlstellen in der PE-Folie würden diesen Austausch begünstigen.
- Die Zusammensetzung des Taschenwassers ist ebenfalls in Betracht zu ziehen. Ein höherer Gehalt an Neutralsalzen erhöht die elektrische Leitfähigkeit und damit die Bildungsmöglichkeit von Korrosionselementen. Erfahrungsgemäß ist hierbei der Chloridgehalt von Bedeutung.
- Der Sauerstoff des Taschenwassers ist für die Korrosionsvorgänge von maßgebendem Einfluß. Von besonderem Interesse ist die Frage nach dem Verbrauch des Sauerstoffes in den geringen Taschenwasservolumina durch anfänglich einsetzende Korrosionsvorgänge.

Zum Studium der Auswirkung der genannten Einflußgrößen dienten **Laborversuche**.

Die Laboruntersuchungen wurden mit 1 m langen Rohrabschnitten DN 150 mit Tytonmuffe durchgeführt. Die Rohre waren mit einem Zinküberzug und einer Deckbeschichtung, entsprechend dem Normentwurf DIN 30674 Teil 3 [4] und zusätzlicher PE-Folienumhüllung versehen.

Zur Nachahmung des Wechsels des Grundwasserspiegels wurden die Rohrabschnitte in einem großen Kunststoff-Behälter liegend angeordnet. Der Behälter wurde mit Hildener Leitungswasser gefüllt, d. h. in diesem Zustand wurde die Praxisbedingung „Grundwasserspiegel über dem Rohrscheitel“ dargestellt. Zur Simulation des Praxiszustandes Grundwasserspiegel unter der Rohrsohle wurde das Was-

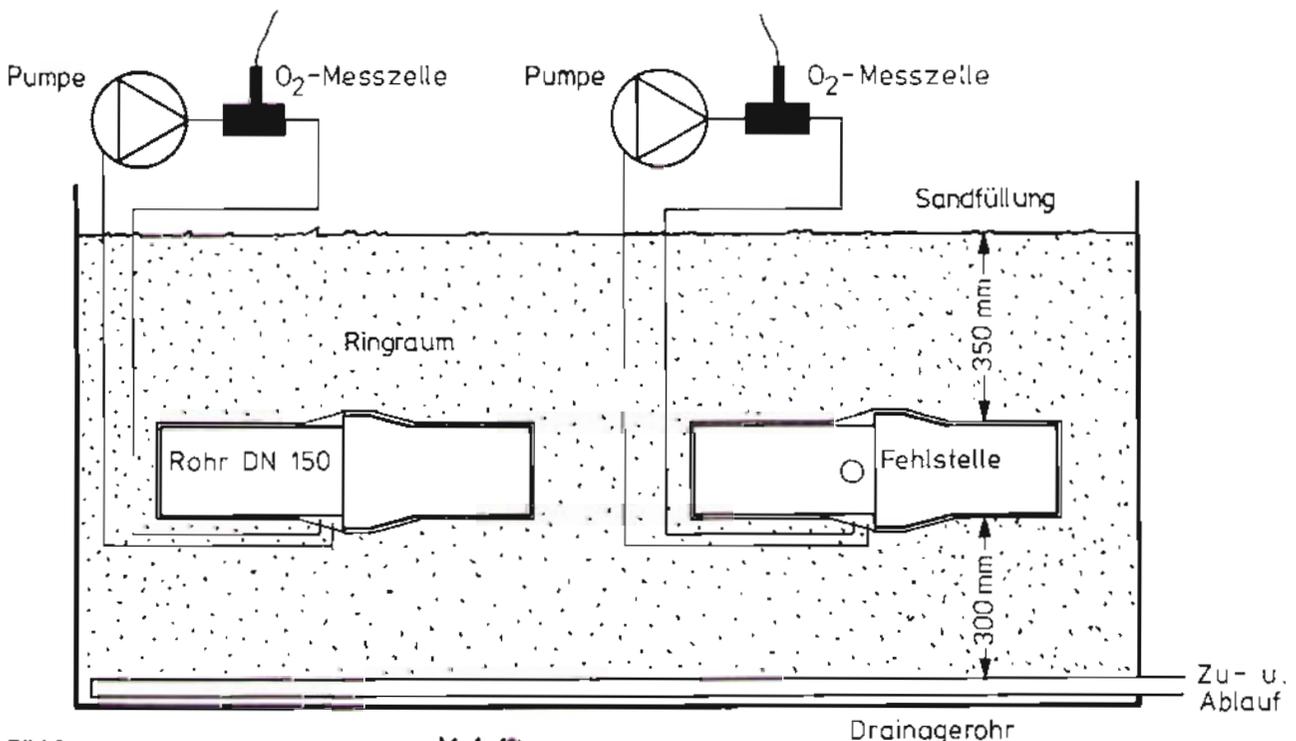


Bild 3

M 1:10

fg 17

ser in ein zweites Becken umgepumpt. Das Wasser im Kunststoff-Behälter wurde mit einer Pumpe umgewälzt und belüftet. Es wurden folgende Versuche durchgeführt:

- Versuche mit der Korrosionssonde in unbewegtem Taschenwasser. Registrierung des Korrosionsstromes i_k . Messung der Potentiale.
- Versuche mit der O_2 -Elektrode in mäßig bewegtem Taschenwasser. Anströmen des Taschenwassers an die O_2 -Elektrode mit Hilfe eines Rührmotors.

Beide Versuche wurden an Proben ohne und mit Fehlstellen in der PE-Folienumhüllung durchgeführt.

Es war von Interesse, Informationen über den Sauerstoffgehalt im Taschenwasser von umhüllten Rohren zu erhalten, die sich im Erdboden bei wechselndem Grundwasserspiegel befinden.

Es wurde die in Bild 3 dargestellte Versuchsanordnung gewählt. Die Rohrabchnitte sind in einem Stahlbehälter, der mit Sand gefüllt ist, eingebaut. Der Sandboden wird im Füllzustand soweit mit Leitungswasser durchtränkt, daß sich die Rohrabchnitte im „Grundwasser“ befinden. Für den Zustand Entleerung wird das Wasser abgelassen. Das Taschenwasser wird mit einer Pumpe über ein außerhalb des Behälters befindliches Gefäß in einem geschlossenen System für die Dauer der Messung umgepumpt. In dem Gefäß befindet sich die O_2 -Elektrode.

Zur Simulierung eines extremen Wasseraustausches wurden bei dieser Versuchsreihe zwei große Fehlstellen in der PE-Folie angebracht.

Einzelheiten der Versuchsdurchführung sind im o. a. Gutachten [2] dargestellt.

Tabelle 1: Bodenanalyse

Aufgrabung	Dühren	Bewertungszahl	Dühren	Bewertungszahl
Entnahmeort	aus der Umgebung des Rohres		Grabenwand	
Entnahmetiefe in Meter	1,5		1,5	
Bodenart	schwach sandiger Ton mit vereinzelt Schlackenteilchen	-2	schwach sandiger Ton mit vielen Schlackenteilchen	-2
Bodenzustand		-2		-2
		0		0
		-3		-3
Spez. Bodenwiderstand (Messzellenwert) Ohm · cm	1120	-3	1460	-3
Wassergehalt %	33,7	-1	22,9	-1
pH-Wert	6,3	0	6,8	0
Gesamtacidität bis pH 7, mval/kg	10,6	-2	1,3	0
rH-Wert (Belüftungszustand)	schwach belüftet	-2	schwach belüftet	-2
Gesamtalkalität bis pH 4,8, mval/kg	377	+1	97	0
Schwefelwasserstoff Sulfide, D ⁻ mg/kg	Spur	-2	Spur	-2
Kohle und Koksanteile g/kg	nicht vorhanden	0	nicht vorhanden	0
Chloride Cl ⁻ , mg/kg	18	0	11	0
Sulfate SO ₄ ⁻ , mg/kg	595	-2	440	-1
Abschlämmbares %	96		89	
Summe der Bewertungszahlen		-18		-16
Beurteilung des Bodens Bodengruppe	stark aggressiv III		stark aggressiv III	

3. Untersuchungsergebnisse, Beobachtungen und Feststellung

Wie die **Bodenuntersuchungen** zeigen, sind die Böden der drei Aufgrabungsstellen in die Bodengruppe III „stark aggressive Böden“ gemäß GW 9 einzustufen. Diese Feststellung bestätigt die vor der Verlegung durchgeführten Bodenuntersuchungen, deren Ergebnisse zur PE-Folienumhüllung der Leitungen geführt haben. Als Beispiel sind die Werte der Aufgrabungsstelle Dühren der Tabelle 1 zu entnehmen.

Erwartungsgemäß wurde in den Taschen der Umhüllung an allen Aufgrabungsstellen eingedrungenes Grundwasser festgestellt.

In der Tabelle 2 werden die Analysergebnisse des Grundwassers den Analysergebnissen des Taschenwassers von einer Aufgrabungsstelle gegenübergestellt. Die Werte weisen deutliche Unterschiede auf. Dies läßt den Schluß zu, daß an der aufgegrabenen Leitung nur ein geringer Austausch von Taschenwasser stattfindet.

Das Grundwasser besitzt einen sehr hohen Anteil an CaSO_4 . Die Ca^{2+} - und SO_4^{2-} Werte liegen im Taschenwasser deutlich niedriger. Wegen des geringen Wasseraustausches kommt es zur Ausfällung von CaSO_4 .

Tabelle 2: Grund- und Taschenwasseranalysen

Bezeichnung der Meßgröße	Einheit der Meßgröße	Aufgrabung Karlisholz					
				GW ¹⁾		TW ²⁾	
		neu	alt	neu	alt	neu	alt
1	2	3	4	5	6	7	
Farbe	-	-	ohne		ohne		
Trübung	-	-	sehr stark		stark		
Bodensatz	-	-	grau		graubraun		
Geruch	-	-	schwach faulig		schwach faulig		
Elektr. Leitfähigkeit bei 20° C	mS/m	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	208	2080	53,0	530	
pH-Wert (bei 20° C)	-	-	7,3		6,9		
Säurekapazität bis pH 4,3 (bei 20° C)	mol/m ³	°dH	5,4	15,1	7,3	20,4	
Calcium (Ca^{2+})	„	mg/l	12,61	504	6,12	245	
Magnesium (Mg^{2+})	„	„	3,94	95,6	3,45	83,7	
Summe der Erdalkalien (Härte)	„	°dH	16,55	92,4	9,57	53,5	
Natrium (Na^+)	„	mg/l	0,61	14,0	0,52	12,0	
Kalium (K^+)	„	„	0,05	1,9	0,15	5,9	
Chlorid (Cl^-)	„	„	0,34	12,1	0,37	13,1	
Sulfat (SO_4^{2-})	„	„	13,81	1327,9	5,81	558,6	

¹⁾ GW Grundwasser

²⁾ TW Taschenwasser

Bei den Wässern handelt es sich um harte Wässer, die zur Deckschichtbildung neigen. Da der Chloridgehalt niedrig bis sehr niedrig ist, besteht von dieser Seite her keine Erhöhung der Korrosionswahrscheinlichkeit. Nach den Erfahrungen mit feuerverzinktem Stahl, die man näherungsweise auf den hier vorliegenden Fall übertragen kann, kommt die gleichmäßige Flächenkorrosion des Zinks im stehenden Wasser praktisch zum Stillstand [7]. Diese Erfahrungstatsache steht in guter Übereinstimmung mit dem

später beschriebenen Zustand der Rohroberflächen, bei denen keine Anzeichen einer stärkeren Zinkkorrosion bemerkt wurden.

Die **Folienumhüllungen** zeigten an allen 3 Aufgrabungen keinerlei visuell feststellbare Verletzungen. Diese Feststellung erscheint wichtig, da zwar an zwei Aufgrabungen die Folien einwandfrei nach den Angaben der Richtlinie FGR 54 [3] aufgebracht waren (Bild 4), während bei der Verlegung an der 3. Aufgrabung die PE-Schlauchfolie seitlich gefaltet war. Hier war der Schlauch nach unten durchgesackt (Bild 5).

An jeder der Aufgrabungsstellen wurden Proben von den PE-Folien entnommen. Die Ergebnisse der Messungen der Foliendicke, der Reißdehnung und der Zugfestigkeit sind in der Tabelle 3 zusammengestellt.

Der Vergleich der gemessenen Werte mit den jeweiligen Sollwerten (Tabelle 3) zeigt eine befriedigende Übereinstimmung der Werte, d. h. die PE-Folien haben während der Beanspruchungszeit keine Qualitätseinbuße erlitten.

Die **Potentialwerte** von allen Aufgrabungen sind einheitlich auf die Kupfersulfatelektrode bezogen in Tabelle 4 zusammengestellt. Die Werte weisen auf eine weitgehende Erhaltung des Zinküberzuges und der Deckbeschichtung hin.

Die PE-Folie stellt sich als relativ gute elektrische Abschirmung der Rohroberfläche gegenüber dem Erdboden dar.



Bild 4

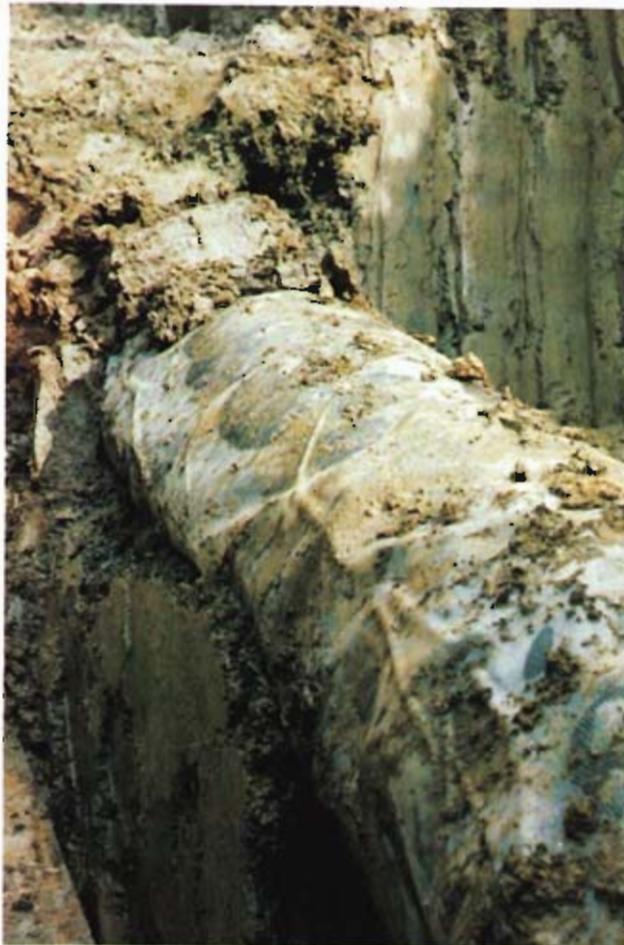


Bild 5

Tabelle 3: Meßergebnisse der Foliendicke, Reißdehnung und Zugfestigkeit

Aufgrabung	Foliendicke μm	Reißdehnung %	Zugfestigkeit $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$
Karlsholz (DN 350)	254 ± 18	382 ± 35	$13,7 \pm 1,1$
Dühren (DN 350)	244 ± 6	368 ± 51	$10,6 \pm 2,7$
Kolitzheim (DN 300)	245 ± 7	394 ± 49	$12,0 \pm 0,7$
Sollwert	200 ± 20	≥ 300	≥ 11

Erwartungsgemäß verbleibt aber ein elektrolytischer Kontakt zwischen dem äußeren Grundwasser und dem Taschenwasser. Ein Wasseraustausch ist zu erwarten.

Die **Strommessungen** zeigten an allen drei Aufgrabungen einheitlich unmittelbar bei Meßbeginn, nach Öffnen der Folien zum Einsetzen der Sonde bei dem sich das Taschenwasser mit O_2 anreichern konnte, einen relativ hohen Stromfluß, der aber schon nach einigen Minuten stark abfiel. Nach 10 Stunden stellten sich Werte von unter $10\mu\text{A}$ ein.

Tabelle 4: Potentialwerte, bezogen auf die Kupfersulfatelektrode, in mV

Aufgrabung Ort	Bezugselektrode im Boden neben dem Rohr		Bezugselektrode im Taschenwasser	
	1. Rohr	2. Rohr	$U_{\text{GGG/S}}$	$U_{\text{GGG/R}}$
1	2	3	4	5
Nr. 1 Hochbehälter Karlsholz	-980	-990	-1080	-1000
Nr. 2 Dühren	-730	-730	-1020	-960
Nr. 3 Kolitzheim	-930	-930	-1000	-920

Das Korrosionselement der Meßsonde arbeitete nach kurzer Zeit nicht mehr. Dieser Effekt ist auf Deckschichtbildung sowie auf einen sehr geringen O_2 -Gehalt des Taschenwassers zurückzuführen, diese Annahme konnte durch Laborversuche erhärtet werden.

Die **Rohroberflächen** zeigten nach Entfernung der Umhüllungen an allen drei Aufgrabungsstellen ein von Korrosionsangriffen freies Bild (Bild 6). Die bituminösen Deckbeschichtungen waren gut erhalten und frei von rostbraunen Korrosionsprodukten. Nach Ablösen der Deckbeschichtung mit Lösemitteln traten metallblanke Zinkschichten hervor. Nach Ablösen der Zinkschicht wurde die typische Glühhaut sichtbar.

Die Messungen der Schichtdicken mit einem Gerät auf magnetischer Basis ergaben für die bituminösen Deckbeschichtungen Dicken von ca. $80\mu\text{m}$, für die Zinkschichten Dicken von ca. $30\mu\text{m}$. Diese entsprechen den in dem Normentwurf [4] vorgesehenen Werten.

Nach den an Graugußrohren, die in diesem Gebiet verlegt waren, gemachten Erfahrungen, hätte man an duktilen Gußrohren, die ausschließlich mit einer bituminösen Deckschicht versehen gewesen wären, nach einer Betriebszeit von 4 Jahren mit Korrosionsangriffen von ca. 3 mm Tiefe rechnen müssen.



Bild 6

Die **Ergebnisse der Einerdungsversuche** sind positiv zu beurteilen. Nach dem Ausgraben der Probekörper zeigten sich an ihren PE-Folienumhüllungen keinerlei visuell sichtbare Verletzungen.

Die Laborversuche mit **Korrosionssonde und O₂-Elektrode** brachten nachstehende Erkenntnisse:

- Bei den Versuchen waren die Stromwerte der Sonde im Zustand Entleerung höher als im Zustand Füllung. Bei der Entleerung steht das verbleibende Taschenwasser im direkten Kontakt zur Umgebungsluft und kann sich mit O₂ anreichern. Im Zustand der Füllung findet eine O₂-Anreicherung nur auf dem Wege der Diffusion statt.
- Der O₂-Abbau im gefüllten Zustand konnte bei allen Versuchen festgestellt werden. Bei den Versuchen im mäßig bewegten Wasser ging die O₂-Zufuhr wegen der ständigen Badbewegung nicht soweit zurück, daß die O₂-Werte im Taschenwasser auf 0 sanken. Im Sandboden wurde der Sauerstoff im Zustand der Füllung nach 1 bis 2 Tagen vollständig aufgebraucht.
- Im Sandboden erfolgt die Sauerstoffabnahme im Zustand Füllung weitgehend unabhängig von dem Vorhandensein bzw. von der Abwesenheit von Fehlstellen in der PE-Folienumhüllung.
- Im Zustand Entleerung muß mit dem Eindringen von Luft in den Raum oberhalb des im Ringraum verbleibenden Restwassers gerechnet werden. Die Rohroberfläche ist in diesem Bereich somit während dieses Zustandes durch eine feuchte Atmosphäre beansprucht.

Zur Abschätzung des Korrosionsverhaltens von verzinkten duktilen Gußrohren mit PE-Folienschutz sind somit folgende verschiedene Betriebszustände zu betrachten:

- Fall A: Die Rohrleitung liegt ständig unter dem ruhenden Grundwasserspiegel. In diesem Fall wird der Sauerstoff im Taschenwasser, welches den Ringraum ausfüllt, durch die Reaktionsvorgänge nach 1 bis 2 Tagen verbraucht, wobei nur ein sehr geringer einmaliger Zinkabtrag ($< 0,03 \mu\text{m}$) erfolgt.
- Fall B: Die Rohrleitung liegt ständig **unterhalb** des niedrigsten Wasserspiegels; der Grundwasserwechsel ist $Z = 3 \text{ a}^{-1}$. Hier ist der Ringraum ebenfalls mit Taschenwasser vollgefüllt. Durch die Grundwasserschwankung tritt aber eine Wasserströmung auf, so daß das Ringraumwasser teilweise ausgetauscht wird. Hierdurch wird wieder O₂ dem Taschenwasser zugeführt. Unter dieser Bedingung beträgt die abgeschätzte Abtragungsrate $0,09 \mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$.
- Fall C: Die Rohrleitung liegt im Grundwasserschwankungsbereich. Unter dieser Bedingung tritt der Zustand Füllung und Entleerung auf. Es kommt nun auf die Dauer der Perioden Füllung bzw. Entleerung an. Je nach dem welche Periode überwiegt, wird die Abtragungsrate näher bei $0,09 \mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$ (vorwiegend Füllung) bzw. bei $5 \mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$ (vorwiegend Entleerung) liegen.
- Fall D: Die Rohrleitung liegt ständig **oberhalb** des höchsten Grundwasserspiegels. Bei dieser Bedingung muß mit einem gelegentlichen Eindringen von ge-

ringen Mengen Oberflächenwasser gerechnet werden. Hier ist also im Ringraumbereich oberhalb der eingedrungenen geringen Wassermenge eine feuchte Atmosphäre vorhanden. Da die Abtragungsrate der Oberflächenbereiche, die von der geringen Wassermenge berührt werden, vernachlässigbar gering ist, muß hier die bereits angegebene Abtragungsrate im Feuchtraum $5 \mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$ angenommen werden.

Fall E: Die Rohrleitung liegt in einer ständigen Grundwasserströmung. In diesem Fall ist immer ein bestimmter Sauerstoffgehalt im Taschenwasser vorhanden, so daß die Reaktionen ablaufen können.

Bei der Betrachtung der Fälle A + B kann man davon ausgehen, daß es selbst bei extrem langer Betriebsdauer der Rohrleitungen die Zinkschicht nicht verbraucht wird und somit kein Angriff der gußeisernen Rohrwand erfolgt.

In den Fällen C, D, E werden bei den maximal zu erwartenden Abtragungsraten von $5 \mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$ die Zinkschichten innerhalb einiger Jahre verbraucht. Danach könnte eine Abtragung des Eisenwerkstoffes mit ungefähr der gleichen Geschwindigkeit von $5 \mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$ erfolgen, wenn sich nicht schon während der Zeit, die zur Auflösung des Zinks notwendig ist, eine Deckschicht bildet, die die weiteren Reaktionen hemmt.

4. Zusammenfassung

Es wird über eine Arbeit, die die Untersuchung des Korrosionsverhaltens von verzinkten duktilen Gußrohren mit PE-Folienumhüllung in Böden der Bodenklasse III nach GW9 zum Ziel hatte, berichtet. Als Grundlage der Arbeit dienten das Schrifttum, Aufgrabungen von Rohrleitungen, Einerdungen und Laborversuche.

Aus der Veröffentlichung [5] ist zu entnehmen, daß in stark aggressiven Böden dann Korrosionsangriffe auftreten, wenn der Erdboden im Bereich von größeren Fehlstellen in der PE-Folie mit der Rohroberfläche in Berührung kommt. In Ergänzung zu dieser Veröffentlichung wird in [6] über weitere Feldversuche berichtet, die mit Rohren durchgeführt wurden, deren Außenschutz aus einer dünnen bituminösen Beschichtung bestand. Bei diesen Versuchen zeigte sich sehr deutlich, daß die Versuchsrohre, bei denen **keine** Erdböden an Fehlstellen der PE-Folie an die Rohroberfläche gelangt sind, keine Korrosionsangriffe aufweisen. Dieses Ergebnis ist umso bemerkenswerter, da bei Vergleichsversuchen mit duktilen Gußrohren ohne PE-Folie maximale Eindringungsraten [8] $w_{1, \text{max}} \sim 0,7 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ aufgetreten sind. Es sei bemerkt, daß diese Eindringungsdaten in der gleichen Größenordnung liegen, wie bei den angeführten Korrosionsfällen an Graugußrohren.

Im Hinblick auf die Verletzbarkeit der PE-Folienumhüllung haben die Untersuchungen und Beobachtungen gezeigt, daß es unter Baustellenbedingungen möglich ist, PE-Folienumhüllungen ohne sichtbare Verletzungen (Fehlstellen) zu verlegen. Auch bei langjährigen Betriebszeiten treten keine Verletzungen der PE-Folie ein.

Dieser Sachverhalt konnte an den örtlich auseinanderliegenden untersuchten Rohrleitungen, die von verschiedenen Bauunternehmen verlegt wurden, festgestellt werden. Die

Beobachtungen bei den durchgeführten Einerdungsversuchen bestätigen diese Aussage.

Bei der Beurteilung der Rohrflächen an den drei Aufgrabungsstellen konnte nach 4-jähriger Betriebszeit eine intakte Rohrumhüllung, bestehend aus Zinküberzug und bituminöser Beschichtung, beobachtet werden. Rostbraune Korrosionsprodukte, die auf einen Korrosionsangriff des Werkstoffes duktilen Gußeisen hätten schließen lassen, waren in keinem Fall vorhanden.

Der Fragenkomplex „Korrosionsvorgänge durch eingedrungenes Grundwasser“ wurde durch Versuche an den Aufgrabungen und durch Laborversuche studiert. Zunächst kann gesagt werden, daß in Übereinstimmung mit den Angaben im Schrifttum das Eindringen von Grundwasser in die durch die PE-Folie gebildete Taschen nicht verhindert wird.

Die mit der O₂-Elektrode im Sandboden durchgeführten Versuche haben den Einfluß des Sauerstoffgehaltes bei wechselndem Wasserspiegel gezeigt. Bei vollkommener Füllung des Ringraumes mit Grundwasser wird der Sauerstoff sehr schnell verbraucht, so daß es nur zu sehr geringen Abtragungsraten kommt. Wenn der Ringraum nicht vollkommen mit Wasser gefüllt ist, muß im Feuchtraum mit einer zwar noch geringen aber etwas höheren Abtragungsrate als bei Vollfüllung gerechnet werden.

Bei einer ständigen Grundwasserströmung ist im Taschenwasser immer ausreichend Sauerstoff vorhanden. In Wässern, die zur Deckschichtbildung neigen, kommt es aber nach den Untersuchungen und Beobachtungen sehr bald zu einem Stillstand der Reaktionsabläufe. Die Abtragungsrate ist dann auch hier sehr gering.

Für das günstige Korrosionsverhalten der Rohroberflächen, welches sich sowohl durch Beobachtungen und Untersuchungen an den Aufgrabungen, als auch in den Laborversuchen zeigte, sind folgende Voraussetzungen erforderlich:

- Das Schutzsystem Zinküberzug mit bituminöser Beschichtung muß den Anforderungen des Normentwurfes DIN 30674 Teil 3 [4] entsprechen.
- Die Verlegung der Rohre mit PE-Folienumhüllung muß nach der Richtlinie FGR 54 [3] erfolgen.

Das Schutzsystem Zink-Überzug, Deckbeschichtung und zusätzliche PE-Folienumhüllung ist im übrigen in der Normvorlage DIN 30675 Teil 2 [9], in der die Anwendungsbereiche der Schutzsysteme für duktile Gußrohre angegeben werden, mit aufgeführt.

Schrifttum

- [1] DVGW-Arbeitsblatt GW9
Merkblatt für die Beurteilung der Korrosionsgefährdung von Eisen und Stahl im Erdboden
August 1971
- [2] Gutachten Nr. 570/1/81
Korrosionsschutzwirkung der Polyethylenfolien-Umhüllung von duktilen Gußrohren mit Zinküberzug und Deckbeschichtung
Korrosionstechnik Dr. Heim, Hilden
- [3] FGR 54
Anleitung zum Aufbringen von PE-Folien auf Rohre und Formstücken aus duktilem Gußeisen
September 1977
- [4] DIN 30674 Teil 3
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen; Zinküberzug mit Deckbeschichtung
Entwurf Februar 1981
- [5] W. Wolf und W.-D. Gras
Verwendung von PE-Schlauchfolien für den Korrosionsschutz gußeiserner Druckrohre in Sonderfällen
fgr-Informationen Nr. 6 (1971), S. 28–34
- [6] Bericht der Firma Buderus vom 15. 1. 1980
Untersuchungen über die Korrosionsschutzwirkung von PE-Schlauchfolien ohne und mit definierten Verletzungen bei gußeisernen Druckrohren;
Ergebnisse der 10 Jahre Versuche aus dem Korrosionsfeld Varel
- [7] DIN 50930 Teil 3
Korrosionsverhalten von metallischen Werkstoffen gegenüber Wasser, Beurteilungsmaßstab für feuerverzinkte Eisenwerkstoffe
1980
- [8] DIN 50905 Blatt 3
Chemische Korrosionsuntersuchungen, Korrosionsgrößen bei ungleichmäßiger Korrosion ohne zusätzliche mechanische Beanspruchung
Januar 1975
- [9] DIN 30675 Teil 2
Äußerer Korrosionsschutz von erdverlegten Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen – Anwendungsbereiche
Normvorlage November 1980

Anwendung duktiler Gußrohre mit Polyethylen-Umhüllung und praktische Hinweise zu ihrer Verlegung

Von Bernd Heiming und Heinrich Thöne

Vorbemerkungen

Über die Fertigungstechnik [1], über Eigenschaften und Korrosionsschutzwirkung [2] sowie über die Verwendung [3] von duktilen Gußrohren mit Polyethylen-Umhüllung nach DIN 30674 Teil 1 wurde bereits an anderer Stelle ausführlich berichtet. Deshalb soll hier nur kurz auf Fragen der Herstellung, der wichtigsten Eigenschaften der Umhüllung sowie deren Güteüberwachung eingegangen werden. Zweck dieser Abhandlung soll es sein, dem Praktiker, sowohl dem Planer von Rohrleitungen als auch dem Verleger, praktische Hinweise weiterzugeben, die im Laufe der letzten Jahre gesammelt worden sind.

Herstellung

Die Polyethylen-Umhüllung besteht aus einer homogen aufgebauten Dickbeschichtung mit Hochdruckpolyethylen, die unter Verwendung eines Mittelhartklebers bei Rohren kleinerer Nennweiten im Schlauchextrusionsverfahren und bei Rohren großer Nennweiten im Wickelextrusionsverfahren auf die Rohre mit werksüblicher Oberfläche aufgebracht wird. Bei der Auswahl des Klebers waren neben der Gewährleistung der Haftfähigkeit der Umhüllung noch verschiedene weitere Kriterien zu berücksichtigen, wie zum Beispiel die Forderung, daß die thermische Belastung der frisch mit Zementmörtel ausgekleideten Rohre 50° C nicht überschreiten darf. (Bild 1 und Bild 2)

Das Schlauchextrusionsverfahren, bei dem für jede Nennweite ein spezielles Extrusionswerkzeug erforderlich ist, zum Exhaustor

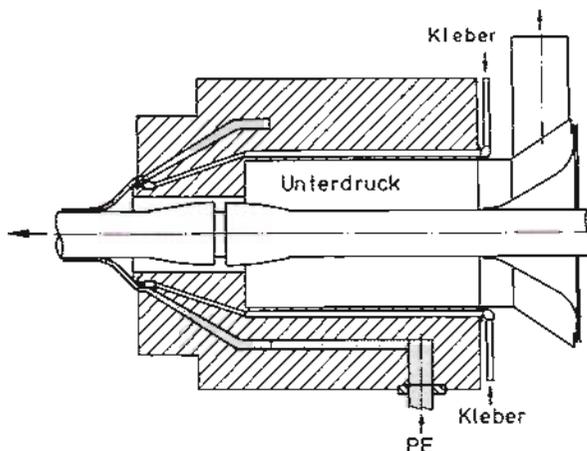


Bild 1: Prinzip des Extrusions-Schlauchverfahrens für die Polyethylen-Umhüllung von Gußrohren

eignet sich sehr gut bei Serienfertigung mit großen Stückzahlen, während das Wickelextrusionsverfahren bei häufigerem Nennweitenwechsel vorteilhaft ist, weil hier geringere Umrüstarbeiten notwendig sind. (Bild 2)

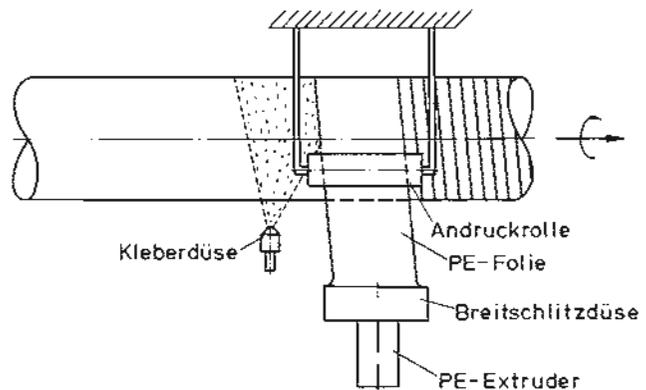


Bild 2: Prinzip des Extrusions-Wickelverfahrens für die Polyethylen-Umhüllung von Gußrohren

Qualitätseigenschaften

In Tafel 1 sind die Qualitätseigenschaften der fertigen Polyethylen-Umhüllung von duktilen Gußrohren zusammengestellt, so wie sie in der DIN 30674 Teil 1 (z. Z. Entwurf) festgelegt sind. Diese Werte stellen die Grundlage der Fertigung dar und dienen der Güteüberwachung als Entscheidungskriterien.

Einsatzmöglichkeit der Polyethylen-Umhüllung

Für den Planer ist es wichtig zu wissen, daß die Polyethylen-Umhüllung in allen Böden der Bodengruppen I, II und III gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 9 (Merkblatt für die Beurteilung der Korrosionsgefährdung von Eisen und Stahl im Erdboden) und damit in allen Aggressivitätsbereichen anwendbar ist (s. Tafel 2). Vom zuständigen DVGW-Gremium wurde die uneingeschränkte Eignung der Polyethylen-Umhüllung der Gußrohre für den genannten Bereich bestätigt. Diese Entscheidung ist auch bei der Neufassung des DVGW-Arbeitsblattes GW 5 berücksichtigt worden. Dieses Arbeitsblatt wird zur Zeit umgestaltet und soll zukünftig die Anwendungsbereiche aller gängigen Außenschutzarten für Guß- und Stahlrohre aufführen.

Tafel 1: Qualitätseigenschaften der Polyethylen-Umhüllung von duktilen Gußrohren

Art der Qualitätseigenschaften	Anforderungen an die fertige Umhüllung
1. Mindestschichtdicke	\leq DN 100 = 1,8 mm $>$ DN 100 ... 250 = 2,0 mm $>$ DN 250 ... 500 = 2,2 mm \geq DN 500 ... 800 = 2,5 mm \geq DN 800 = 3,0 mm
2. Porenfreiheit	Kein elektrischer Durchschlag bei Hochspannungsprüfung mit 25 kV
3. Spezifischer Umhüllungswiderstand	$\geq 10^6 \Omega \cdot m^2$ nach 100tägiger Lagerung in 0,1 M NaCl-Lösung
4. Schälwiderstand	≥ 20 N/cm Streifenbreite
5. Eindruckwiderstand	$\leq 0,3$ mm
6. Schlagbeständigkeit	Bei 30 Schlägen (mit 10 bis 15 Nm je nach Schichtdicke) = keine Funkendurchschläge, bei 50 Schlägen ≤ 1 Funkendurchschlag
7. Reißdehnung	≥ 200 %
8. Wärmealterung	Nach Belastung 100° C/100 d Schmelzindex-Änderung $\leq \pm 35$ %
9. Lichtalterung	Nach 100tägiger Xenonbogen-Bestrahlung Schmelzindex-Änderung $\leq \pm 35$ %

Tafel 2: Aussagen im DVGW-Arbeitsblatt GW 9

Erhöhte Korrosionsgefahr besteht bei:	
Bodenarten wie	Moor- und Torfböden Schlick- und Marschböden bindigen Böden mit viel Sulfat Böden mit Abfallstoffen
Böden mit Besonderheiten	niedrigem spezifischem Bodenwiderstand niedrigem pH-Wert und gleichzeitig höheren Aciditätswerten Anzeige von Schwefelwasserstoff hohem Salzgehalt

Leistungsfähigkeit der Polyethylen-Umhüllung

Die Polyethylen-Umhüllung stellt eine passive Rohrbeschichtung dar. Derartige Beschichtungen müssen deshalb eine zuverlässige Abschirmung des Rohres gegenüber dem Boden sicherstellen. Sie müssen weiterhin eine gute chemische Beständigkeit haben, keine Durchlässigkeit für diffusionsfähige Stoffe in kritischen Größenordnungen aufweisen und eine gute Beständigkeit gegenüber mechanischen Beanspruchungen besitzen. Über die korrosionschemische und mechanische Leistungsfähigkeit der Polyethylen-Umhüllungen liegen bereits umfangreiche Erkenntnisse vor. [2].

Im folgenden wird ausgeführt, wie Polyethylen-umhüllte Gußrohre zweckmäßig transportiert, gelagert und verlegt werden. Neben der für die Verlegung von Wasserleitungen gültigen DIN 19630 und den für die Verlegung von Gasleitungen bestehenden Richtlinien des DVGW-Regelwerkes sind für die Herstellung der Rohr- und Formstückverbindungen die entsprechenden Verlegeanleitungen anzuwenden.

Transport und Lagerung

Polyethylen-umhüllte Druckrohre aus duktilem Gußeisen sind den üblichen Transportbeanspruchungen weitgehend gewachsen. Zum Be- und Entladen sowie beim Transport an der Baustelle sind Gurte zu verwenden. Die Rohre werden am besten auf Holzbalken abgelegt. Werden Rohre im Stapel gelagert, so sind bei Zwischenlagen von mindestens 10 cm breiten Holzbalken, die etwa 1,5 m von den Rohrenden entfernt liegen sollen, die in Tafel 3 angegebenen Stapelhöhen möglich:

Tafel 3: Anzahl der Rohrlagen im Stapel

Nennweite DN	80 bis 150	200 bis 300	350 bis 500	600 und 700	800 bis 1000	≥ 1200
Anzahl der Lagen	15	10	5	3	2	1

Die Stapelhöhen sind unter vorrangiger Beachtung der Unfallverhütungsvorschriften festgelegt worden.

Verlegegeräte und Verlegung

Die Verlegung kann wie üblich durch Einschleiben mittels Baggerschaufel geschehen, wobei Schleifen über steinigem Boden zu vermeiden ist. Bei Verlegung mit dem Verlegegerät V 300 K für DN 100 bis DN 400 oder mittels Hub- oder Greifzügen bei DN 500 bis DN 1400 sind eventuell mögliche Scheuerstellen, wie in Bild 3 dargestellt, abzupolstern.



Bild 3: Verlegegerät V300K für Polyethylen-umhüllte Rohre

Schutz der Verbindung

Die montierte Verbindung kann ebenso wie das Rohr mit Polyethylen geschützt werden. Dazu bieten sich die vom Rohrersteller mitgelieferten Schrumpfschläuche an. Diese Schrumpfschläuche bestehen aus strahlenvernetztem Polyethylen und sind auf der Innenseite mit einem speziell für die bewegliche Muffenverbindung entwickelten Kleber versehen und lassen die volle Abwinkelbarkeit der Verbindung und die volle Längsbewegung der Langmuffe zu.

Der Schrumpfschlauch muß vor dem Herstellen der Verbindung über eines der beiden Rohre geschoben werden, vorteilhafterweise über die Muffe.

Bevor der Schrumpfvorgang beginnen kann, müssen die Teile der Polyethylen-Umhüllung, auf die der Schrumpfschlauch aufgeschrumpft werden soll, gesäubert und auf ca. 40° C (handwarm) vorgewärmt werden. Nachdem die zum Schutz des Klebers im Schrumpfschlauch befindliche Papiereinlage entfernt worden ist, kann der Schlauch so über die Verbindung gezogen werden, daß etwa ein Drittel auf der Muffe liegt. (Bild 4)



Bild 4: Vorwärmen mit Propangasflamme

Mit einer weich eingestellten Propangasflamme wird der Schrumpfschlauch in Höhe der Muffenstirn solange gleichmäßig erwärmt, bis der Schrumpfprozeß einsetzt und sich die Muffenkontur abzeichnet. Dann wird unter gleichmäßiger Temperatureinleitung, wobei der Brenner fächernd geführt werden soll, zuerst der Muffenteil aufgeschrumpft, dann von der Muffenstirn ausgehend der Teil des Rohr-schaftes. (Bild 5)



Bild 5: Schrumpfvorgang

Es ist darauf zu achten, daß örtlich keine zu starke Erhitzung des Schlauches erfolgt, weil dadurch kein schnelleres Schrumpfen erreicht, sondern allenfalls das Polyethylen verbrannt wird. Deshalb sollte die Flamme nicht direkt auf den Schrumpfschlauch gerichtet, sondern seitlich vorbei geführt werden.

Ein weiteres Verfahren zum Schutz der Verbindung, das sich besonders für große Nennweiten eignet, ist das Auf-schrumpfen von Schrumpfband, das ebenfalls aus strahlen-ernetztem Polyethylen besteht und vom Rohrhersteller in Rollen mitgeliefert werden kann.

Die Anwendung erfolgt so, daß von der Rolle ein Abschnitt abgetrennt wird, der größer ist als der Umfang der Verbindung, um dadurch je nach Nennweite eine Überlappung von 50 bis 100 mm zu erreichen.

Sodann wird die Papiereinlage abgezogen und das Band so auf die vorgewärmten Verbindungsteile gelegt, daß etwa ein Drittel der Bandbreite, das sind bei herkömmlichen Bändern 100 mm, auf der Muffe liegt. Das mitgelieferte „Pflaster“ wird, nachdem auch hier die beiden Papierstreifen entfernt worden sind, auf die Überlappungsstelle des Bandes gelegt und solange erwärmt, bis es sich verfärbt. Dadurch wird das Schrumpfband praktisch zu einem Schrumpfschlauch. Der Schrumpfvorgang sollte an der dem Pflaster gegenüberliegenden Rohrseite durch Erwärmen eingeleitet werden. Der heraustretende Kleber an den Seiten des geschrumpften Bandes bzw. des Schlauches zeigt an, daß der Vorgang beendet ist.

Bei ungleichmäßiger Temperaturführung kann es zu ungleichmäßigem Schrumpfen des Bandes oder des Schlauches kommen, wodurch Blasen oder Falten auftreten. Bei Nennweiten ab DN 500 ist das durch den Einsatz von zwei Brennern leicht zu vermeiden; bei kleinen Nennweiten kann durch genaues Beobachten der Schrumpfvorgang gesteuert werden.

Der Einsatz von Schrumpfband ist für große Nennweiten vorteilhafter, weil für jede Nennweite die entsprechende Länge von der Rolle abgetrennt werden kann, während bei Verwendung von Schrumpfschläuchen der entsprechende Schlauchdurchmesser für jede Nennweite vorhanden sein muß. Außerdem ist beim Schrumpfband der Schrumpfweg kürzer, weil es auf Maß geschnitten ist und eng an der Muffe anliegt, bevor es geschrumpft wird. Für das exakte Auf-schrumpfen eines Bandes von 300 mm Breite zum Schutz einer TYTON-Verbindung DN 1200 mit zwei Brennern wurden nur 5 bis 6 Minuten benötigt. (Bild 6)

Außer den beschriebenen Polyethylen-Verbindungsschutzarten können zur Isolierung auch herkömmliche Bitumenbinden eingesetzt werden, wenn sie die Anforderungen nach DIN 30672 erfüllen.

Verfüllen des Rohrgrabens

Nachdem die Verbindungen hergestellt und geschützt sind, müssen die Rohre unterstopft werden. Zum Unterstopfen und für die Überdeckung bis etwa 30 cm über Rohrscheitel sollte verdichtbares steinfreies Material benutzt werden; aus korrosionschemischer Sicht ist es völlig gleichgültig, welche Bodenart eingebracht wird.

Beim anschließenden Verfüllen des Rohrgrabens ist darauf zu achten, daß beim Einbringen und Verfestigen des Schüttgutes die bereits aufgefüllte steinfreie Lage nicht durchschlagen wird.

Auch hier ist ein Bodenaustausch aus korrosionschemischen Gründen nicht erforderlich.



Bild 6: Verbindungsisolierung mit Schrumpfband DN 1200

Kürzen der Rohre an der Baustelle

Bei den Muffenverbindungen werden die Innenflächen der Muffe und die Außenfläche des Einsteckendes als Dichtfläche benötigt. Daher ist es erforderlich, bei Schnitten an der Baustelle die Polyethylen-Umhüllung auf dem Schaft im Verbindungsbereich zu entfernen. Die abzuschälende Länge kann von dem Original-Einsteckende auf das neue Einsteckende übertragen werden, sie kann aber auch aus der Verlegeanleitung für die einzelnen Verbindungsarten entnommen werden.

Bei Teilen, die über die Einschubtiefe hinaus auf den Rohrschaft geschoben werden müssen, reicht dieses Maß nicht aus. Solche Teile sind zum Beispiel bei der Schraubmuffenverbindung Dichtring, Gleitring und Schraubring und die überschiebbaren Formstücke, wie EU- und U-Stücke. Hierzu ist eine größere Schaftlänge von der Polyethylen-Umhüllung zu befreien. Reicht dann die Länge der Verbindungsisolierung nicht aus, um das Polyethylenfreie Rohr-ende vollständig zu schützen, so ist ein weiterer Schrumpfschlauch oder eine weitere Binde zu verwenden. Weiteres Abschälen und Nachisolieren gilt auch für das nachträgliche Anbringen von Schweißraupen für die Schubsicherung. Hier ist der Bereich der Kupferschelle (vgl. Verlegeanleitung für längskraftschlüssige Verbindungen) von der Polyethylen-Umhüllung zu befreien, da die Schweißwärme sonst den Kleber aufschmilzt. Das Abschälen der Umhüllung ist wie folgt durchzuführen: Zunächst wird an der entsprechenden Stelle ein Schnitt in Umfangsrichtung und ein Schnitt in Längsrichtung ausgeführt und das abzuschälende Stück erwärmt, um den Kleber aufzuweichen. Dabei sollte die Polyethylen-Umhüllung nicht zu stark erwärmt werden, um ein Reißen des Polyethylens beim Abziehen zu vermei-

den. Die Erwärmung von innen muß bei zementmörtel ausgekleideten Rohren vermieden werden, da sie zu Schäden an der Zementmörtel-Auskleidung führt.

Der nach dem Abziehen der Polyethylen-Umhüllung noch auf dem Rohr verbleibende Kleber braucht für Wasserleitungen nicht entfernt zu werden, sondern sollte lediglich durch Anwärmen geglättet werden. Zur zügigen Weiterverlegung kann der Kleber anschließend mit kaltem Wasser abgekühlt werden. Der Kontakt des mit Kleber beschichteten Einsteckendes mit Trinkwasser ist in hygienischer und mikrobiologischer Hinsicht (Schleimbewuchs) unbedenklich. Die Untersuchungen darüber wurden von einschlägigen Fachinstituten durchgeführt. Das Einsteckende kann aber auch mit einem Schutzanstrich versehen werden.

Bei Rohren für Gasleitungen ist der Kleber zu entfernen, da er von Gasbegleitstoffen angelöst werden kann. Zum Entfernen des Klebers hat sich ein handelsüblicher Schaber mit auswechselbarer Widia-Schneide bewährt.

Darüber hinaus sind die für die jeweiligen Verbindungsart gültigen Verlegevorschriften für Gasleitungen zu beachten.

Setzen von Anbohrschellen

Anbohrschellen für Wasserleitungen können direkt auf die Polyethylen-Umhüllung aufgesetzt werden. Da der Außendurchmesser des Rohres sich um die doppelte Polyethylen-Schichtdicke vergrößert, z. B. bei DN 100 um 3,6 mm, sind die im Handel erhältlichen maßlich angepaßten Bügel zu verwenden.

Von der Verwendung der Bügel mit Abmessungen für Rohre ohne Polyethylen-Umhüllung ist abzuraten. Bei dem Aufbiegen solcher Bügel wird der erforderliche Krümmungsradius und ein fachgerechtes Anliegen der Schraubenmutter selten erreicht werden können. Bügel aus Rundstahl sind wegen des hohen Flächenpreßdruckes, die sie auf das Polyethylen ausüben, ungeeignet. Die Bügelbreite soll auch bei eckigen Querschnitten nicht unter 16 mm betragen.

Inzwischen sind neue Arten von Befestigungen für Anbohrarmaturen entwickelt worden. Edelstahlbänder bzw. gummierte Stahlbänder, aber auch moosgummigepolsterte gestellene Schellen sind erhältlich. Eine weitere Lösung stellen Gliederketten dar, bei denen durch Einhängen von losen Gliedern jede beliebige Länge, d. h. für verschiedene Durchmesser geeignete Haltebänder, hergestellt werden können. Bei den Bändern und Gliederketten ist die Verteilung des Anpreßdruckes günstiger als bei starren Bügeln, so daß die Gefahr des Fließens der Polyethylen-Umhüllung und damit evtl. Undichtheiten wesentlich verringert wird.

Das Anziehen von starren Bügeln mittels Drehmomentenschlüssels ist für den rauen Baustellenbetrieb nur bedingt einsetzbar.

Beim Setzen von Anbohrschellen auf Gasleitungen wird empfohlen, den Dichtsitz auf der Rohroberfläche von Polyethylen und Kleber zu befreien, da sonst Kleber und Polyethylen Dichtfunktionen übernehmen müssen, der Kleber aber durch Gasbegleitstoffe angelöst werden kann. Es wird die im folgenden beschriebene Arbeitsweise empfohlen:

Mittels einer umgelegten Blechmanschette mit rundem Ausschnitt, dessen Durchmesser größer ist als der Dichtungsring der Anbohrschelle, wird ein runder Schnitt an der vorgesehenen Stelle ausgeführt und die Polyethylen-„Scheibe“ entfernt. Mit einem Schaber wird diese Fläche

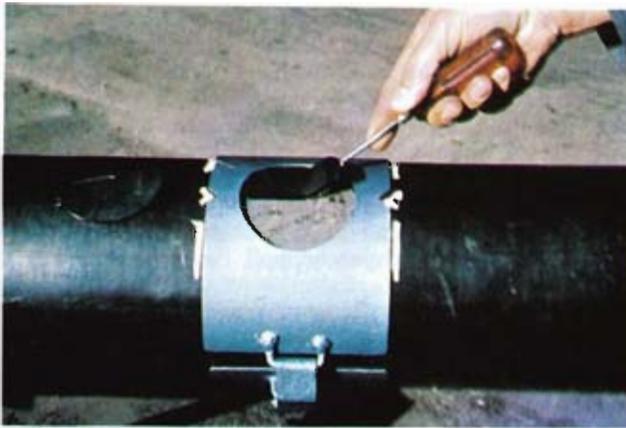


Bild 7: Aufgesetzte Schablone



Bild 8: Freischaben der Dichtungsfläche

von Kleberresten und Gußhaut befreit, anschließend die Anbohrschelle aufgesetzt und die Rohrwand durchbohrt. (Bild 7 und Bild 8)

Die je nach Größe des ausgeschnittenen Fensters außerhalb des Dichtbereiches liegende freibleibende Fläche des Rohres wird durch das Nachisolieren der Anbohrschelle geschützt.

Da es schwierig ist, an dieser Stelle eine hohlraumfreie Isolierung vorzunehmen, wird z. Z. an der serienreifen Herstellung einer einfachen und billigen Lösung zum besonderen Schutz dieser Stelle gearbeitet. Hierbei liegt ein zweiter



Bild 9: Anbohrschellen-Oberteil mit Doppeldichtung

Rundschnurring konzentrisch um den Mediumdichttring, der rohroseitige Sitz dieses Ringes liegt auf der Polyethylen-Umhüllung. Auf diese Weise wird die freie Rohroberfläche gegen den Zutritt aggressiver Medien geschützt. (Bild 9)

Die Polyethylen-umhüllten Rohre werden in der Regel bei starker Aggressivität des Bodens eingesetzt und somit sind auch die Sattel- und BÜgelteile der Anbohrschellen zu isolieren. Wegen der komplizierten Form eignet sich dazu ein bei Außentemperatur plastisches oder durch Erwärmen plastifizierbares Material, wie Petrolatumbinden und knetbare Butylkautschukmassen oder warm zu verarbeitende Bitumenbinden. Da Petrolatum und auch weich eingestelltes Butylkautschuk eine geringe Eindruckfestigkeit haben, müssen beide mit Bandagen gegen mechanische Verletzung geschützt werden. Bei Petrolatumbinden eignen sich selbstklebende Polyethylen-Folienbänder in Stärken von 0,2 bis 0,4 mm, wobei die dünnere leichter der komplizierten Form anzupassen ist. Für Butylkautschukmassen eignen sich härter eingestellte Butylkautschukbänder, die miteinander fest verschweißen. Darüber wird selbstklebendes Polyethylenband gelegt. Die Entwicklung von aufzuschumpfenden Polyethylen-Binden oder Formteilen ist wegen der komplizierten Form der Schelle und der Vielzahl der Typen nicht zuletzt wegen der Kosten, kurzfristig kaum zu erwarten. Darüber hinaus ist die Forderung einer hohlraumfreien Isolierung mit Schrumpfmateriale allein für diese Teile nicht zu erfüllen.

Bei der Verwendung von Baustellenisiermaterialien ist darauf zu achten, daß diese mit der werksseitigen Polyethylen-Umhüllung verträglich sind, sie sollten den Anforderungen nach DIN 30672 „Umhüllung aus Korrosionsschutzbinden und Schrumpfschläuchen“ entsprechen und eine DIN-DVGW-Registriernummer tragen. Darüber hinaus sind die Verarbeitungsvorschriften der einzelnen Hersteller zu beachten.

Anschweißen von Hausanschlußstutzen (bis 2" bzw. DN 50) und größeren Abgängen

Die beim Schweißen eingebrachte Wärme weicht in der Nähe der Schweißstelle den Kleber auf. Deshalb ist vor dem Schweißen eine genügend große Stelle, etwa 40 bis 50 mm größer als der anzuschweißende Hausanschlußstutzen und 80 bis 100 mm größer als der Abgang, von der Polyethylen-Umhüllung freizumachen. Auch hierzu eignet sich die zu Anfang beschriebene Schablone. Die freiliegende Rohroberfläche ist vor dem Schweißen gemäß der Schweißanleitung vorzubereiten. Die Nachisolierung der Stutzen und Abgänge sowie der freien Rohroberfläche kann in der gleichen Art vorgenommen werden, wie beim Nachisolieren von Anbohrschellen beschrieben.

Isolieren von Flanschverbindungen

Das Verhältnis Flanschdurchmesser zu Rohrschaftdurchmesser ist größer als das Verhältnis Muffendurchmesser zu Schaftdurchmesser, besonders bei kleinen Nennweiten. Die für Muffenisolierungen geeigneten Schrumpfteile sind daher wegen des geringeren Schrumpfbereiches nicht geeignet. Eine hohlraumfreie Isolierung ist mit Schrumpfmateriale allein bei Flanschen nicht zu erreichen. Die zwischen den Schrauben und in der Flanschkehle entstehenden Hohlräume müssen vorher ausgepolstert werden.

Warm zu verarbeitende Bitumenbinden sind daher für diesen Zweck besser geeignet, da sie den Konturen der Flanschverbindung besser angepaßt werden können.

Abweichend hierzu wird für besondere Fälle die Forderung erhoben, daß die Schraubengewinde frei von anhaftendem Isoliermaterial bleiben sollen, um die Flanschverbindung schneller und leichter lösen zu können. Hierzu ist ein mit entsprechend hoher Wärmeschrumpfung ausgestattetes Schrumpfmateriale entwickelt worden.

Vor dem Aufziehen des Schrumpfschlauches wird eine Stützmannschette aus Polyamid über die Flanschverbindung gelegt und darauf der Schlauch aufgeschraubt. Die Polyamidstützmannschette verhindert das Anhaften des Klebers an den Schraubenbolzen und schützt gleichzeitig den Schrumpfschlauch an den hohl liegenden Stellen vor Beschädigungen bei eingedeten Leitungen. Diese Schrumpfteile können für Flanschen bis DN 200 geliefert werden. Für größere Nennweiten ist ein Band, ähnlich dem Band für die Muffenisolierung, jedoch mit größerem Schrumpfbereich, erhältlich. (Bild 10)



Bild 10: Mit Polyethylen-Schrumpfschlauch isolierte Flanschverbindung

Isolieren von Flanschenrohren

Rohre mit angeschweißten Flanschen können werksseitig mit extrudierter Polyethylen-Umhüllung geliefert werden, jedoch reicht die Umhüllung nur bis etwa 100 mm an die Schweißnaht heran. Der freibleibende Teil wird mit der Flanschverbindung durch Verwendung von mehreren

Binden oder mit Schrumpfbändern, wie sie für die Muffenisolierung verwandt werden, auf der Baustelle nachisoliert. Bei angegossenen Flanschen kann der Schaft nicht werksseitig mit extrudierter Polyethylen-Umhüllung geliefert werden. Das Isolieren kann durch Umwickeln mit kleberbeschichtetem, wärmeschrumpfendem Spezialband auf die mit Bitumen beschichtete Oberfläche durch überlappendes, spiralförmiges Aufwickeln geschehen. Das Rohr wird dabei auf ca. 30° C vorgewärmt und das Material mittels Propangasbrennern leicht nachgeschraubt. Die Enden der Wicklungen werden mit Klebepflaster fixiert. Das Umwickeln mit warm zu verarbeitenden Bitumenbinden ist weitgehend bekannt. (Bild 11)



Bild 11: Isolieren eines Flanschenrohres DN 300 auf der Baustelle

Isolieren von Formstücken

Die Muffe der Formstücke kann durch Binden und Schrumpfschläuche, wie bei den Rohrverbindungen, mit erfaßt werden. Die Einbettung der Krümmer und Abzweige in Betonwiderlager bei nicht längskraftschlüssigen Verbindungen stellt an sich schon einen Korrosionsschutz dar. Die noch freibleibenden Flächen oder das gesamte Formstück bei längskraftschlüssigen Verbindungen kann mit Bitumenbinden geschützt werden.

Baustellenseitige Ausbesserung der Polyethylen-Umhüllung

Beschädigungen der Polyethylen-Umhüllung müssen ausgebessert werden. Die auszubessernde Stelle muß von Verunreinigungen aller Art und Feuchtigkeit gründlich befreit werden. Reste des Klebers brauchen nicht entfernt zu werden. Die Umgebung der beschädigten Stelle ist zunächst zu säubern und zu trocknen und etwa hervorstehende scharfkantige Ränder der Polyethylen-Umhüllung sind mit einem scharfen Messer abzuschneiden. Sodann wird bei Flächenverletzungen die Schadstelle mit knetbarem Butylkautschuk ausgefüllt, anschließend ein wärmeschrumpfendes Band überlappend auf die Schadstelle gelegt und mit den dazuhörenden kaltklebenden Klebestreifen fixiert. Das Band soll in einem Winkel von mind. 30° zur Rohrachse angebracht werden, dadurch bewirkt die spätere Schrumpfung des Bandes ein festeres Anliegen an der Oberfläche. (Bild 12)

Bei Poren und Schnittverletzungen entfällt das Auffüllen mit Butylkautschuk. Das aufliegende Band wird dann mit einer



Bild 12: Ausbessern einer Beschädigung der Polyethylen-Umhüllung mittels Schrumpfband

weich eingestellten Propangasflamme, ähnlich dem Aufbringen der Schrumpfschläuche, zur vollständigen Schrumpfung erwärmt.

Auch hier ist der zu beiden Seiten des Bandes heraustretende Kleber ein Indiz für die fachgerechte Durchführung der Ausbesserung. Das Ausbesserungsmaterial kann vom Rohrlieferanten mitgeliefert werden. Die Bänder sind in einer Breite von 50, 75 oder 100 mm lieferbar. Bei großflächigen Verletzungen kann auch das Material zur Muffenisolierung, d. h. Schrumpfbänder, Schrumpfschläuche oder Bitumenbinden, verwendet werden. Eine weitere Möglichkeit ist das Umwickeln mit den schon beschriebenen selbstklebenden Polyethylen-Folienbändern in einer Stärke von 0,4 mm. Hierbei sollten auch die Verletzungsstellen mit Butylkautschuk ausgepolstert werden. Das Polyethylen-Band selbst wird mit 50%iger Überlappung spiralförmig über den gesamten Rohrfumfang unter leichtem Zug aufgewickelt. (Bild 13)



Bild 13: Ausbessern einer Verletzung der Polyethylen-Umhüllung mittels selbstklebendem Polyethylen-Band

Nach Durchführung von Ausbesserungsarbeiten und Nachisolierungen wird zur Kontrolle der fachgerecht durchgeführten Arbeiten das Prüfen mit einem Hochspannungsfunkenprüfgerät empfohlen. Die Prüfspannung sollte nach der Formel für Dickbeschichtungen $5 \text{ kV Grundlast} + 5 \text{ kV je mm Schichtdicke der Rohrumhüllung}$, z. B. bei 3 mm Umhüllungsstärke 20 kV, betragen.

Durchführung der Druckprobe

Die Druckprobe bei Wasserleitungen wird unter Beachtung der DIN 4279 Teil 1 bis 3 durchgeführt. Die Verwendung von Schrumpfmateriale zur Muffenisolierung hat den Vorteil, daß evtl. Muffenundichtheiten leichter erkannt werden als bei nicht isolierten Verbindungen. Undichte Verbindungen mit tropfenweisem Wasseraustritt sind bei nicht isolierten Verbindungen, zumal bei regnerischem Wetter, schlecht festzustellen. Die Isolierung aus Schrumpfmateriale hält zunächst das austretende Wasser bis zum Aufbau eines Druckes von ca. 5 bar unter der Schrumpfmanschette zurück und platzt dann auf.

Nach einer Wartezeit von einigen Stunden sind also solche aufgeplatzten Isolierungen als undichte Verbindungen leichter zu identifizieren als das oft längere Suchen nach Tropfundichtheiten mit untergelegtem Papier.

Bei Gasleitungen für Niederdruck ist zu beachten, daß ein Schrumpfschlauch bis etwa 5 bar gegen Innendruck dicht ist und im Extremfall auch eine Verbindung ohne eingelegten Dichtring bis zu diesem Druck dicht sein kann. Gasleitungen sind also mit einem Prüfdruck über 5 bar oder, falls der Prüfdruck niedriger liegt, vor dem Muffenisolieren auf Dichtheit zu prüfen.

Schlußbetrachtung

Im vorstehenden Bericht wurde eine kurze Einführung in Herstellung, Eigenschaften und Leistungsfähigkeit der Polyethylen-Umhüllung von duktilen Gußrohren gegeben. Ausführliche praktische Hinweise zur Verlegung von duktilen Gußrohren mit Polyethylen-Umhüllung kennzeichnen den hohen Stand der Entwicklung.

Literatur

- [1] W. D. Gras, J. Rammelsberg, J. Weidelt
Duktile Gußrohre mit Polyethylen-Umhüllung
GFW-Wasser/Abwasser, 120 (1979), Heft 10, S. 468/75
- [2] W. D. Gras
Duktile Gußrohre mit einer modernen Rohrschutzumhüllung aus Polyethylen
3R International, 19 (1980), Heft 4, S. 232/36
- [3] P. Eggert
Verwendung von Druckrohren aus duktilem Gußeisen mit PE-Umhüllung bei den Hamburger Wasserwerken
fgr 16 (1981), S. 21/24

Praktische Hinweise zur Lagerung und Verlegung von duktilen Gußrohren mit Zementmörtel (ZM) -Umhüllung

Von Adolf Wolf

Über Eigenschaften, Wirkungsweise und Verwendung von duktilen Gußrohren mit Zementmörtel (ZM)-Umhüllung nach DIN 30674 Teil 2 (Vornorm in Vorbereitung) wurde bereits eingehend in der FGR-Informationsschrift Nr. 16 berichtet [1; 2]. Hier wird deshalb zur Übersichtlichkeit nur kurz der Schichtaufbau und die Herstellung der ZM-Umhüllung erwähnt.

1. Schichtaufbau

Die Rohre erhalten außen zunächst einen Zink-Überzug nach DIN 30674 Teil 3 (z. Zt. Entwurf) und unmittelbar vor dem Aufspritzen der Faserzementmörtelmischung eine Epoxydharzbeschichtung.

Nach Erhärtung der ZM-Umhüllung wird außen eine bituminöse Deckbeschichtung nach DIN 30674 Teil 4 (z. Zt. Entwurf) aufgebracht.

2. Herstellung der ZM-Umhüllung

Die ZM-Umhüllung wird auf das verzinkte, mit Epoxydharz beschichtete Rohr aufgebracht. Dies geschieht mit Hilfe einer längsverschiebbaren Spritzdüse auf das sich drehende Rohr (Bild 1).

Dieser Spritzdüse wird unter Druck von einem Mischer Zementmörtel und von einem gesonderten Behälter kontinuierlich Glasfaser zugeführt. Mit einer im Kopf der Spritzdüse befindlichen Häckselvorrichtung wird die Endlosglasfaser auf eine bestimmte Länge geschnitten und auch die Menge der Glasfaser gesteuert. Die Länge der aufgetragenen Glasfaser beträgt ca. 10 mm, ihr Mengenanteil etwa 1 bis 3%.



Bild 1

Für die ZM-Umhüllung kann ein intensiv gemischter Zementmörtel oder ein kolloidierter Zementmörtel verwendet werden.

Das Rohr wird vom freibleibenden Einsteckende bis zur Muffenstirn mit Faserzementmörtel beschichtet und erhält abschließend einen bituminösen Anstrich. Die Schichtdicke der ZM-Umhüllung beträgt – unabhängig von der Rohrennweite – im Mittel 5 mm.

3. Lagerung und Verlegung der Rohre mit ZM-Umhüllung

3.1 Lagerung

Duktile Gußrohre mit ZM-Umhüllung kommen vor allem im Bereich stark aggressiver Böden zum Einsatz. Sie sollen dort für Jahrzehnte ihren Dienst tun. Und das setzt voraus, daß sie sowohl beim Transport als auch bei der Lagerung und Verlegung entsprechend behandelt werden.

Nachstehend folgen einige praktische Hinweise:

- Auch die Rohre mit ZM-Umhüllung sollten keinesfalls vom LKW gekippt oder aneinandergeschlagen werden.
- Bei bundförmiger Lagerung sind für die Unterlage breite Bohlen zu verwenden. Auch die einzelnen Lagen sind durch breite Bohlen voneinander zu trennen.
- Werden die Rohre längs der Trasse ausgelegt, so sollen sie auf Hölzer abgesetzt und verkeilt werden.
- Bei der Lagerung auf Stapelplätzen oder auch längs der Trasse sollte stets daran gedacht werden, daß eine Überprüfung des Außenschutzes möglich sein muß. Festgestellte Fehlstellen sollten sofort ausgebessert werden.

Für die Verlegung der umhüllten Rohre gelten im übrigen nach wie vor grundsätzlich die Richtlinien der DIN 19630 sowie auch die Verlegeanleitungen der Gußrohrhersteller für die jeweils vorliegende Muffenverbindung.

3.2 Verlegung

Bei ZM-umhüllten Rohren erfolgt das **Herstellen der Muffenverbindung** mit den üblichen Verlegegeräten. Beim Verlegegerät V 300 mit Schelle ist jedoch darauf zu achten, daß der Rohrumfang durch die Umhüllung größer geworden ist und somit auch der Schellenumfang entsprechend größer sein muß.

Für das **Kürzen der Rohre** mit ZM-Umhüllung können im Prinzip die üblichen Trenngeräte verwendet werden. Als

Trennscheibe empfiehlt sich die für Stein geeignete, da man hierbei den geringsten Verschleiß hat. Nach dem Kürzen eines Rohres ist am neuen Spitzende bis zur Einstecktiefe, d. h. am Einsteckende, die Umhüllung zu entfernen. Dies erfolgt mit der Trennscheibe oder mit einer Eisensäge, indem die Umhüllung quer zur Rohrachse getrennt und dann mit einem Hammer abgeklopft wird. Nach Säuberung des so freigelegten Einsteckendes wird dieses mit einem schnelltrocknenden bituminösen Anstrich versehen.

Zum **Anbringen von Anbohrschellen** sollten im Bereich der Dichtfläche die ZM-Umhüllung so entfernt werden, daß der Dichtring der Anbohrschelle gegen die saubere Oberfläche des Gußrohres abdichtet. Nach dem Anbringen der Anbohrschelle ist die noch freiliegende Rohroberfläche entsprechend nachzuisolieren.

Beim **Anschweißen von Stutzen und Abgängen** (Bild 2) muß genauso verfahren werden wie beim Anbringen von Anbohrschellen, d. h. die ZM-Umhüllung ist im Schweißbereich zu entfernen und nach dem Anschweißen des Stutzens oder Abgangs ist die noch freiliegende Rohroberfläche nachzuisolieren.



Bild 2

Zum **Ausbessern der ZM-Umhüllung** wird (Bild 3) eine vom Rohrhersteller mitgelieferte Reparaturmischung, bestehend aus einem Zement/Sand-Gemisch und einem Wasser/Synthomer-Gemisch mit Faser, gemäß Anleitung auf die zuvor gesäuberte Fehlstelle gebracht. Die ausgebesserte Stelle wird anschließend nachisoliert.

Der **Schutz der Muffenverbindung** (Einsteckende und Muffenstirn sind nicht mit einem ZM-Schutz versehen) kann wie folgt geschehen: Durch Aufbringen einer vom Rohrhersteller mitgelieferten Gummimanschette, die vor dem Herstellen der Verbindung auf das Einsteckende aufgezogen und nach dem Herstellen der Verbindung über die Muffe gezogen wird (Bild 4), oder aber auch durch Aufbringen von handelsüblichen Korrosionsschutzbinden bzw. Schrumpfmanschetten.



Bild 3



Bild 4

Die **Bettung** der ZM-umhüllten Rohre erfolgt wie üblich. Zur Umhüllung der Rohre und zur weiteren Verfüllung des Grabens kann im allgemeinen das Aushubmaterial verwendet werden. Die Verdichtung erfolgt in gewohnter Weise.

Literatur

- [1] K. Reeh
Duktile Gußrohre mit Zementmörtel-Umhüllung
fgr-Informationen Heft 16 (1981), S. 25–35
- [2] G. Heise und W. Rink
Verwendung von duktilen Gußrohren mit Zementmörtel (ZM)-Umhüllung im Bereich des Wasserverbandes Mittelhessische Wasserwerke (WMW), Gießen
fgr-Informationen Heft 16 (1981), S. 36–39

Aus der Reihe:

„fgr Informationen für das Gas- und Wasserfach“

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

Bestellschein

Bitte übersenden Sie mir kostenlos folgende Ausgaben der fgr Informationen

Heft 10:

Heft 11:

Heft 12:

Heft 13:

Heft 14:

Heft 15:

Heft 16:

Heft 17:

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





7469

127

KOCKS

AMIRAL S. ALTINGAN

4718485