

fgr 18

rohre für
wasser
und **gas**

informationen für das gas- und wasserfach
fachgemeinschaft gusseiserne rohre



fgr 18

Veranstaltung Fachgemeinschaft Gußeisernes Rohr
Königsplatz 10, 5000 Köln 1
Telefon 20111-25054

Veranstaltung Fachgemeinschaft Gußeisernes Rohr
Königsplatz 10, 5000 Köln 1

Februar 1983

ROHRE für WASSER und GAS

fgr 18

Fachgemeinschaft
Gußeiserne Rohre

18 Informationen für das
Gas- und Wasserfach

Die Fotos der Titelseite und der Rückseite dieses Heftes zeigen duktile Gußrohre DN 1000 mit TYTON-Muffen und Zementmörtel-Auskleidung für die ca. 17,6 km lange Zubringerleitung von der Talsperre Nonnweiler zur Blies.

Inhalt

Verlegung duktiler Gußrohre DN 400, DN 600, DN 700 und DN 1000 für eine Turbinenleitung unter extremen Schwierigkeiten im alpinen Gelände

Ing. Luis Vigl

Seite 5

Abwasserentsorgung und Wasserversorgung bei extremem Geländegefälle – dargestellt an einem Beispiel aus der Stadt Landstuhl

Ing. (grad.) Willi Asal
Dr.-Ing. Karl Peter Kiefhaber

Seite 11

Die Abwasserdruckleitung zwischen Lüneburg und den Rieselfeldern in Bardowick

Bauoberamtsrat
Ing. (grad.) Günter Reinecke

Seite 15

Beeinflussung von Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen durch Gleich- und Wechselströme aus fremden Strom-Anlagen

Dr. Dipl.-Phys. Gerhard Heim
Dr.-Ing. Wolf-Dietrich Gras

Seite 17

Besondere Hinweise und Verlegebedingungen für Entwässerungskanäle und -leitungen aus duktilem Gußeisen

Ing. (grad.) Karl Niederländer

Seite 32

Steckmuffen-Verbindungen für Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen

Ing. (grad.) Horst Nöh

Seite 43

Schlagbiege- und Biegewechselversuche an geschweißten Rohrleitungsteilen aus duktilem Gußeisen

Dipl.-Ing. Bernd Heimig

Seite 46

Schweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen – Anschweißen von Stützen aus Stahl und von Abgängen aus duktilem Gußeisen

SFM Diethard Krüger

Seite 49

Wasser aus der Talsperre Nonnweiler

Dipl.-Volkswirt Heinz Zöller

Seite 52

Das Druckrohrleitungssystem zur Zentralkläranlage Bremerhaven

Geschäftsführer Alfred Gralle
Dipl.-Ing. Bernd Heimig

Seite 57

Verlegung duktiler Gußrohre DN 400, DN 600, DN 700 und DN 1000 für eine Turbinenleitung unter extremen Schwierigkeiten im alpinen Gelände

Von Luis Vigl

Im Zuge der Erweiterung des Kraftwerkes Frass/Kärnten in Österreich mußte eine 8133 m lange Turbinendruckrohrleitung, bestehend aus zwei Beileitungen (A und B) und einer Sammelleitung (C) (siehe Bild 1) in einem Zeitraum von 5 Monaten in alpinem, nur teilweise befahrbarem Gelände inklusive aller Rodungs- und Wegbauarbeiten betriebsfertig hergestellt werden. Dabei durfte das vorhandene Wegsystem nur kurzfristig durch den Bauablauf unterbrochen werden.

Mit den Bauarbeiten wurde im Juni 1981 begonnen. Die Trasse war auf einer Länge von 6200 m in einem Weg eingeplant. Da dieser Weg nur kurzfristig für die baueigenen Transporte gesperrt werden konnte (244 Fertigbetonfuhrten für Sandfänge und Bachfassungen sowie Widerlager), wurde das sogenannte „Auf-Zu-System“ unter Berücksichtigung aller Konsequenzen für die Verlegung der Rohre angewendet. Bei dieser Verlegungsmethode wird jedes Rohr nach der Montage sofort wieder zugeschüttet.

Im Abschnitt Rassingbach z.B., auf einer Länge von 1750 m, wurde der dort einem Dschungel ähnliche Gra-

ben durch ein Holzfällerkommando gerodet und mit Raupenfahrzeugen geräumt (Bild 2). Mit jeder eingebauten Rohrlänge wurde der Fahrweg, geeignet für Schwerfahrzeuge, mitgezogen.

Im Hinblick auf die zuvor beschriebene Aufgabenstellung, die extremen alpinen Bodenverhältnisse und das deshalb erforderliche „Auf-Zu-System“ bei der Rohrverlegung sowie unter Berücksichtigung aller Konsequenzen und Spätfolgen des Risikos entschied man sich bei diesem Projekt für den Einsatz duktiler Gußrohre.

Duktile Gußrohre und Formstücke

Für die Turbinenleitung wurden folgende Rohr- und Formstückmengen verwendet:

1.970 t duktile Gußrohre

(C) 3.585 m	DN 700	max. 40 bar
(A) 2.798 m	DN 1000 und DN 600	max. 30 bar
(B) 1.750 m	DN 600 und DN 400	max. 30 bar
8.133 m	DN 400 – DN 1000	max. 40 bar

Bild 1: Übersicht über die beiden Beileitungen und die Sammelleitung

a = Kraftwerk Frass

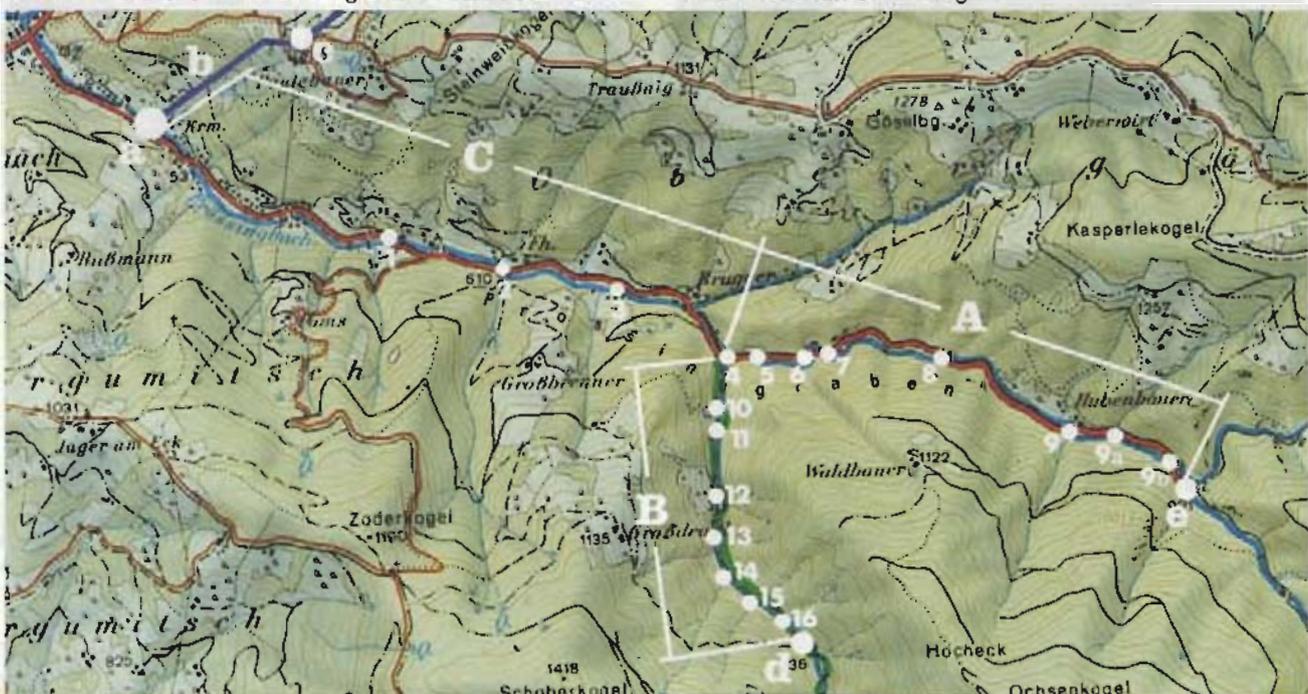
b = bestehende St. Leitung DN 600

c = Wasserschloß und Leitung zum Frassbach

d = Bachfassung und Sandfang Rassingbach NN 917

e = Bachfassung und Sandfang Prössingbach NN 910

1-16 = Bachunterführungen



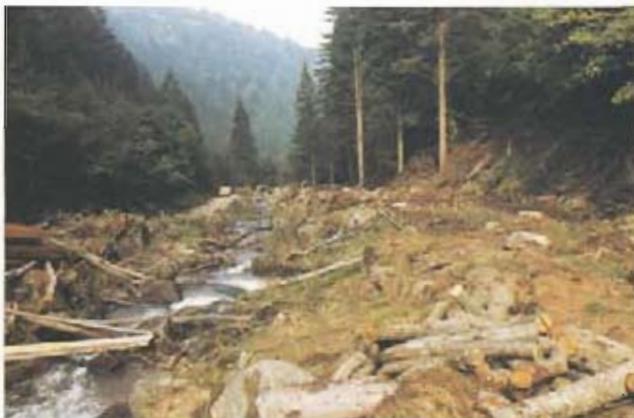


Bild 2: Roden der Trasse

12 t Formstücke aus duktilem Gußeisen

32 St. MMK	11° – 45°	DN 600
12 St. MMK	11° – 30°	DN 700
2 St. MMK	11° – 22°	DN 400
2 St. MMK	22°	DN 1000
21 St. MMA,U,EU,F,MMR		DN 700, 600, 400
69 St. MMK,MMA,U,EU,F,MMR		DN 400 – DN 1000

Transport und Lagerung der Rohre

Ca. 2000 t Rohrmaterial mußten 3 bis 10 km von der örtlichen Bahnstation Frantschach bei Wolfsberg bis zur Einbaustelle mit Allradfahrzeugen transportiert werden (ca. 400 LKW-Fuhren).

Bild 3: Granitblockwerk



Die Lagerung in den engen V-Tälern war nur kleinräumig und an exponierten Stellen möglich. Fallweise wurden die Rohre im Bachbett des daneben fließenden Bergbaches gelagert. Bei großen Schlag- und Gewitterregen waren sie Wildbachbedingungen ausgesetzt. Schäden wurden dadurch keine festgestellt.

Die Transportschäden im Trassenbereich waren geringfügig. Durch die Steilheit des Transportweges flippte ab und zu ein Rohr aus dem Transportpaket aus, so daß das Glattende zu Schaden kam.

Bei dem gesamten Transportvolumen von ca. 2000 t mußten 6 Rohrenden von ca. 20 cm Länge abgeschnitten und geschliffen werden; das war ein Gesamtverlust von ca. 1,5 m bezogen auf alle Nennweiten.

Bodenverhältnisse

Die Bodenverhältnisse im gesamten Trassenbereich stellten sich als wesentlich schwieriger heraus, als es die Voruntersuchungen erwarten ließen. Das grobe Granitblockwerk, das in diesen V-Tälern eingelagert ist (Bild 3), war nur geringfügig mit Schwemmaterial in seinen Hohlräumen verdichtet. Die kompakten Felszonen der Talstufen wiesen Stärken von 15 bis 20 m in der Breite auf. Diese Geologie bestimmte jeweils das Volumen des Grabenaushubes. Felsblöcke bis zu 12 m³ konnten durch die schweren Bagger gerade noch ausgehoben werden. 5600 m³ bestanden aus Blöcken in Größen von min. 0,5 m³ und max. 12 m³.

Ein Verziehen der Rohre unter Ausnutzung der zulässigen Abwinkelung war nur fallweise möglich.

Bild 4: Das sogenannte „Auf-Zu-System“



Als Folge dieser unkalkulierbaren Volumenbildung im Aushub war ein permanenter Antransport von geeignetem Füllmaterial für die Umhüllung der eingebauten Rohre notwendig (ca. 9500 bis 10000 m³ Hangschotter).

Der einzig mögliche Arbeitsablauf war daher – wie bereits erwähnt – das „Auf-Zu-System“ (Bild 4). Auf diese große Verantwortlichkeit war auch die Arbeitsmoral der Verlegegruppen aufgebaut.

Rohrverlegung

Ein mittleres Bauunternehmen wurde mit dem gesamten Arbeitsvolumen betraut. Geschultes Verlegepersonal war nicht vorhanden.

Die Rohrleger mußten aus dem ortsansässigen Betrieb ausgesucht werden. Bei der Wahl wurde Wert auf eine abgeschlossene Berufsausbildung gelegt; man entschied sich für Leute aus dem Bergbauernstand, bei denen Zähigkeit, Ausdauer, Gesundheit, Verlässlichkeit und Mut Grundelemente sind.

3 junge Männer aus diesem Kreis, 22 bis 26 Jahre alt, wurden eingeschult. Die Firmen mußten dafür haften, daß sie aus dem Arbeitsablauf „Rohrverlegung“ bis zur Beendigung der Arbeit nicht abgezogen wurden.

Eine kurze, prägnante Einweisung in die Technologie und Montage von duktilen Gußrohren mit sofortigem Übergang in die Praxis war der Start für den Bau der Turbinenleitung.

Nach einem Monat schon konnte eine erfreuliche Selbst-

ständigkeit bei jedem Rohrleger festgestellt werden. Das Präparieren der TYTON-Verbindungen wurde auch in den schwierigsten Situationen (Wassereinbrüche, Versandung, Regen) gründlich durchgeführt. Insgesamt mußten 1600 Rohrverbindungen hergestellt werden.

Die beschränkte Bauzeit für die Bewältigung all dieser Hindernisse und Schwierigkeiten diktierte eine streng kalkulierte Tagesleistung von 100 bis 110 m. Die zahlreichen Bachunterführungen gestatteten jedoch in diesen Abschnitten nur Leistungen von 6 bis 12 m pro Tag. Sa hatte zur Folge, daß dieser Zeitverlust durch Tagesleistungen bis zu 160 m kompensiert werden mußte.

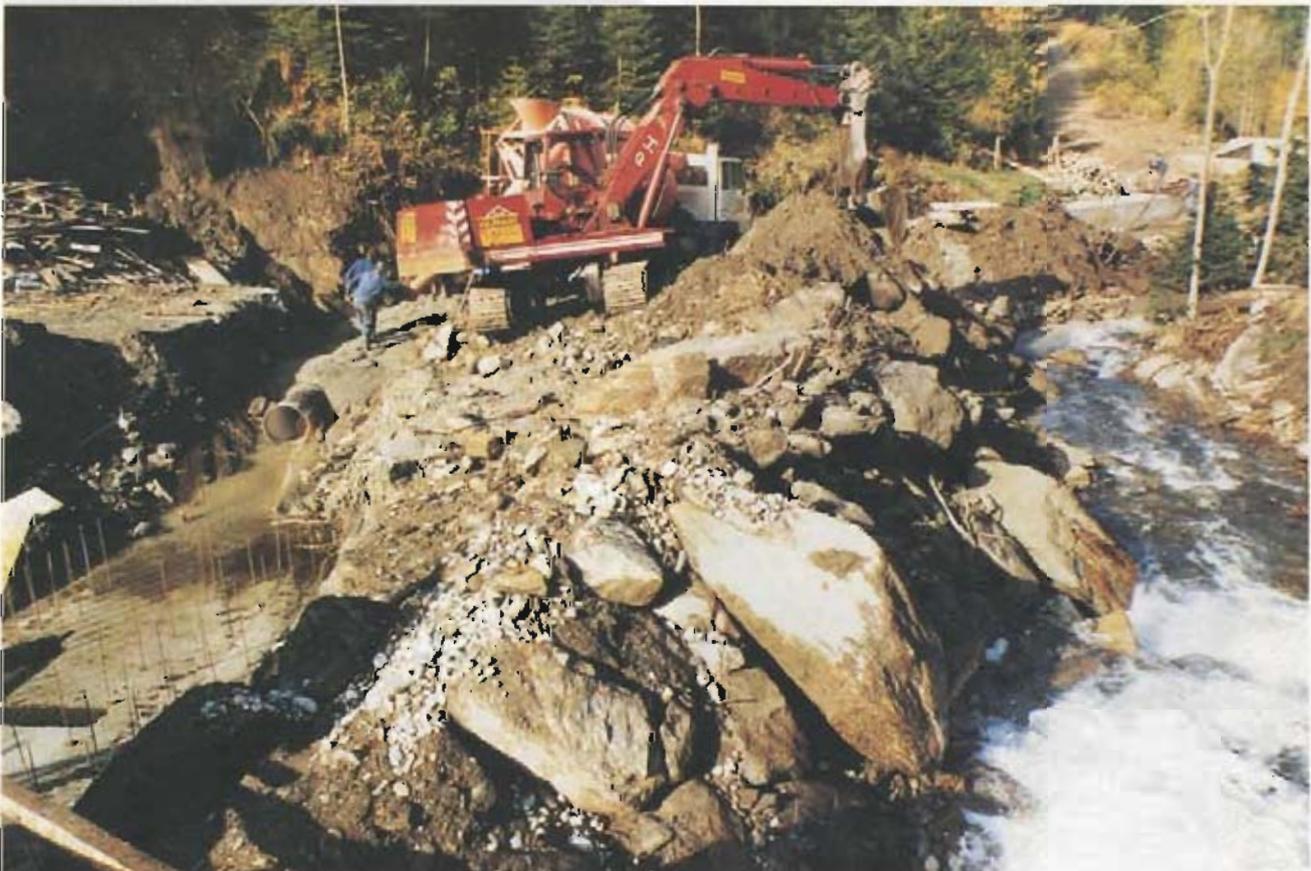
Bachunterführungen

17 mal mußte ein voll fließender Bergbach (Somerschüttung 1500 l/s) mit der Rohrleitung unterfahren werden (siehe hierzu Bild 5).

Um jeden Hoch- und Tiefpunkt im Leitungssystem auszuschließen, ergaben sich bei den Bachunterführungen auf Grund des tief eingeschnittenen Bachbettes außerordentliche Mehrtiefen (bis zu 7 m). Jede Bachunterführung mußte schon ca. 100 m vorher auf diese Tiefe hin angefahren werden, ebensolang war die Auslaufstrecke.

Somit war jede Bachunterführung in der Erdbewegung äußerst aufwendig (Bild 6). Die damit verbundenen Spreng- und Wasserhaltungsarbeiten erforderten besondere Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit in der Rohrverlegung. Des öfteren mußte der Rohrleger für die Innenkontrolle mit dem Seil gesichert werden, damit er

Bild 5: Bachunterführung DN 600



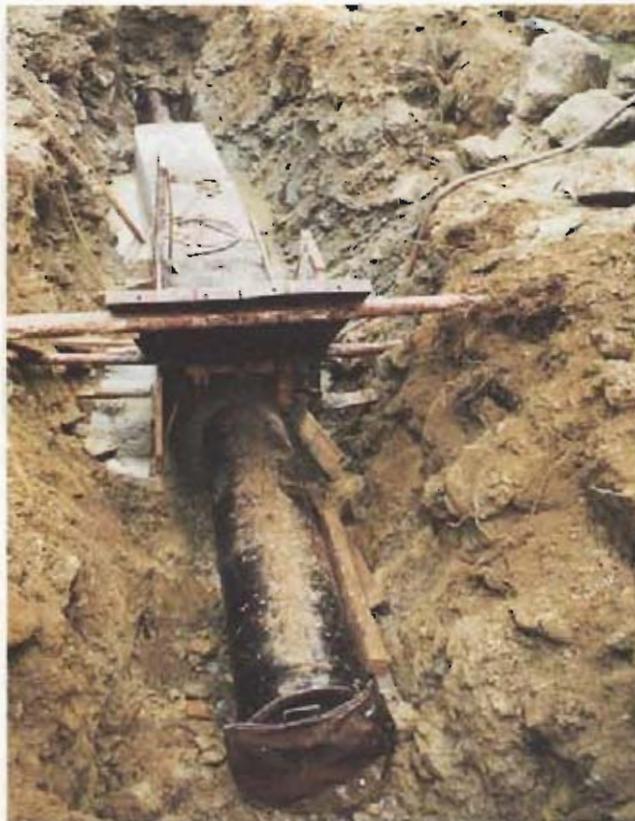


Bild 6: Bachunterführung DN 800

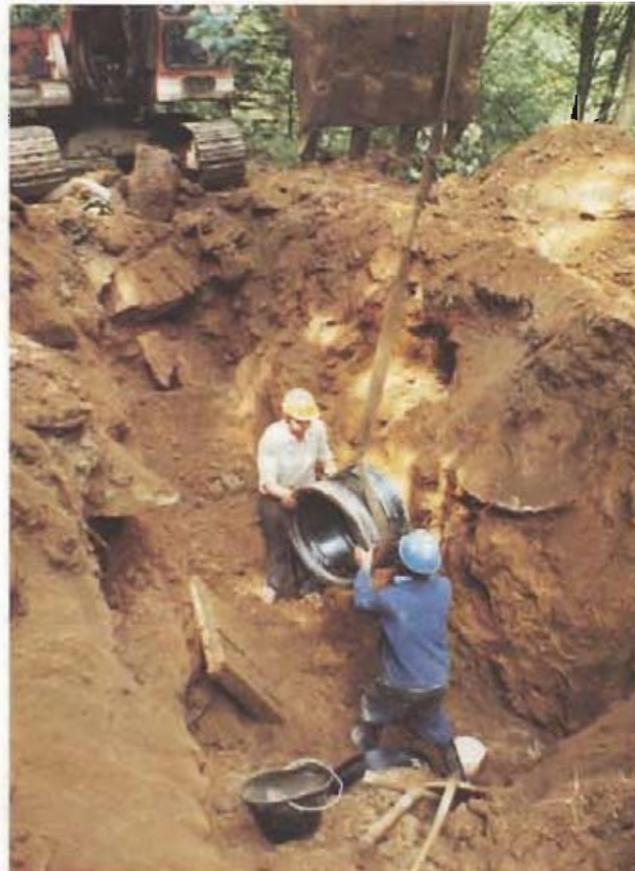


Bild 8: MMK-Stück DN 700

Bild 7: Rohrleitungsstrecke DN 600



nicht im Rohr weggespült wurde. Bei kaltem Wetter und Wassertemperaturen von 8 bis 9°C ein gefährliches Experiment.

Die Betonummantelung im Unterführungsbereich wurde mit Transportbeton ausgeführt. Durchschnittliche Mengen 15 bis 20 m³ (siehe Bild 6).

Formstücke

Das extreme Gelände gestattete nur im geringsten Ausmaß lang gezogene gleichmäßige Abwinkelungen in den Muffenverbindungen (Bild 7). Die oft sehr kurzen Folgen von Richtungsänderungen in horizontaler und vertikaler Richtung konnten nur mit äußerst geschicktem Einsatz von Bögen bewältigt werden (Bild 8). Die räumlichen Verzüge mußten präzise vorkalkuliert und vor Ort angewiesen werden, da der Verlegeraum meist aus dem kompakten Fels ausgesprengt werden mußte (Bild 9).

Die MMK-Stücke nahmen, neben den MMR- und MMA-Stücken, den größten Anteil an Formstücken ein.

Starke Gegensätze, kompakter Fels und grobes Granitblockwerk, kennzeichneten den Verlauf der Trassen. Die Widerlagerbauten für die Bögen wurden stets jedem einzelnen Fall angepaßt; die Abstützung der gerechneten Kräfte erfolgte auf den nächstliegenden Fels oder auf das Blockwerk. Die eingebauten Betonmassen geben darüber Aufschluß. Insgesamt betrug der Betonaufwand im Rohrleitungsbau 923 m³. Dafür waren 153 Fertigbetonfuhrten von ca. 6 m³ erforderlich.



Bild 9: Anschluß der Beileitung DN 400 (B) an die Sammelleitung DN 700 (C)

Um einen Kraftschluß und das Ausziehen der bergseitigen Muffen bei U-Stücken auszuschließen, mußte der Einbau von volumengerechten Rückhaltelagern sehr sorgfältig vollzogen werden. Das U-Stück selbst mit der Stopfbuchsenverbindung wurde wasserdicht verpackt und mit einem gewaschenen Kieskoffer umgeben. Spätere Revisionsarbeiten sind daher mühelos durchzuführen.

Dasselbe System der Konservierung und Verfüllung wurde auch beim Einbau der Flanschverbindungen von EU- und F-Stücken angewendet. Die als Mannlöcher eingebauten MMA-Stücke (Revisionsöffnungen) wurden durch Schächte zugänglich gemacht.

Innenkontrolle

Die Innenkontrolle im Zuge der Verlegung ist der wichtigste Nachweis für die korrekt ausgeführte Steckmuffenverbindung. Die Abwinkelungstoleranzen in horizontaler und vertikaler Richtung unterliegen demselben Prüfvorgang.

Das abschnittsweise Durchfahren der Leitung mit Speziialschlitzen gibt neben der Muffenkontrolle die Möglichkeit, Schäden an der Zementmörtelauskleidung auszubessern (Bild 10). Bei DN 700 gab es Fahrstrecken bis zu 2500 m; die Fahrzeit betrug 1¼ Stunden.

Bei DN 400 und DN 500 erfolgte die Innenkontrolle rohweise durch Ausleuchten.

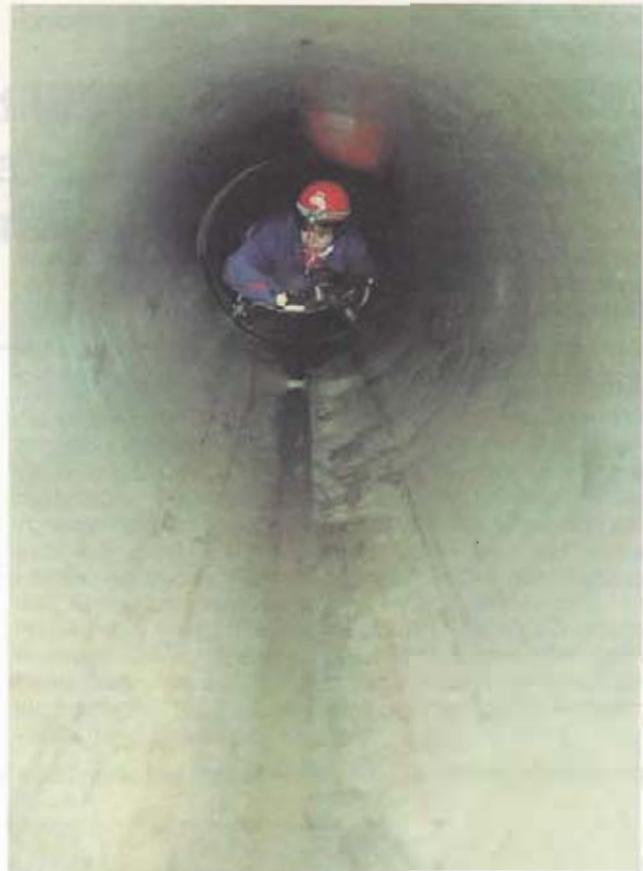


Bild 10: Kontrolle der Rohrleitung DN 700

Druckprüfung

Zur Vorbereitung der Druckprüfung wurde das Füllen der Leitung mit den in der Verlegeanleitung angegebenen Füllmengen durchgeführt. Der gefüllte Rohrstrang wurde mindestens 25 h unter Zuführung derselben Mengen ausgespiegelt, so daß für die Zementmörtelauskleidung unbegrenzt Sättigungswasser zur Verfügung stand.

Bild 11: Abdrück-Element für den Bereich DN 500 bis DN 800



Mit dem Ausspiegelvorgang wurde auch eine einwandfreie Entlüftung der Leitung gewährleistet.

Die Teilstreckenlängen von 1700 und 2500 m wurden jeweils mit 30 bar abgedrückt. Der Druckverlust nach 25 h Stehzeit lag zwischen 0,05 und 0,1 bar.

Die Kosten und arbeitsaufwendigen Vorbereitungen zur Druckprüfung über Einsatz von F-, X-, EU-Stücken usw. konnten durch ein besonders entwickeltes Abdrückelement, das für mehrere Nennweiten anwendbar ist, wesentlich vereinfacht werden (siehe Bild 11).

Schlußbemerkung

Die 8133 m lange Turbinenleitung, für max. PN 40 ausgelegt, wurde innerhalb von 5 Monaten gebaut und im No-

vember 1981 betriebsfertig übergeben. Die Turbinenleitung besteht aus einer Sammelleitung DN 700, aus einer Beileitung DN 1000 und DN 600 sowie aus einer Beileitung DN 600 und DN 400. Beileitungen sind solche Leitungen, die Einzugsgebiete oberhalb der Wasserspeicher durch Hangrohrleitungen und Stollen miteinander verbinden.

Die Druckprüfungen verliefen alle positiv; es mußte keine Prüfung wiederholt werden.

Das Kraftwerk Frass ist seit einem Jahr störungsfrei in Betrieb; es leistet 5000 kW.

Weitere Anlagen dieser Art sind in der Planung oder bereits im Bau.

Abwasserentsorgung und Wasserversorgung bei extremem Geländegefälle – dargestellt an einem Beispiel aus der Stadt Landstuhl

Von Willi Asal und Karl Peter Kiefhaber

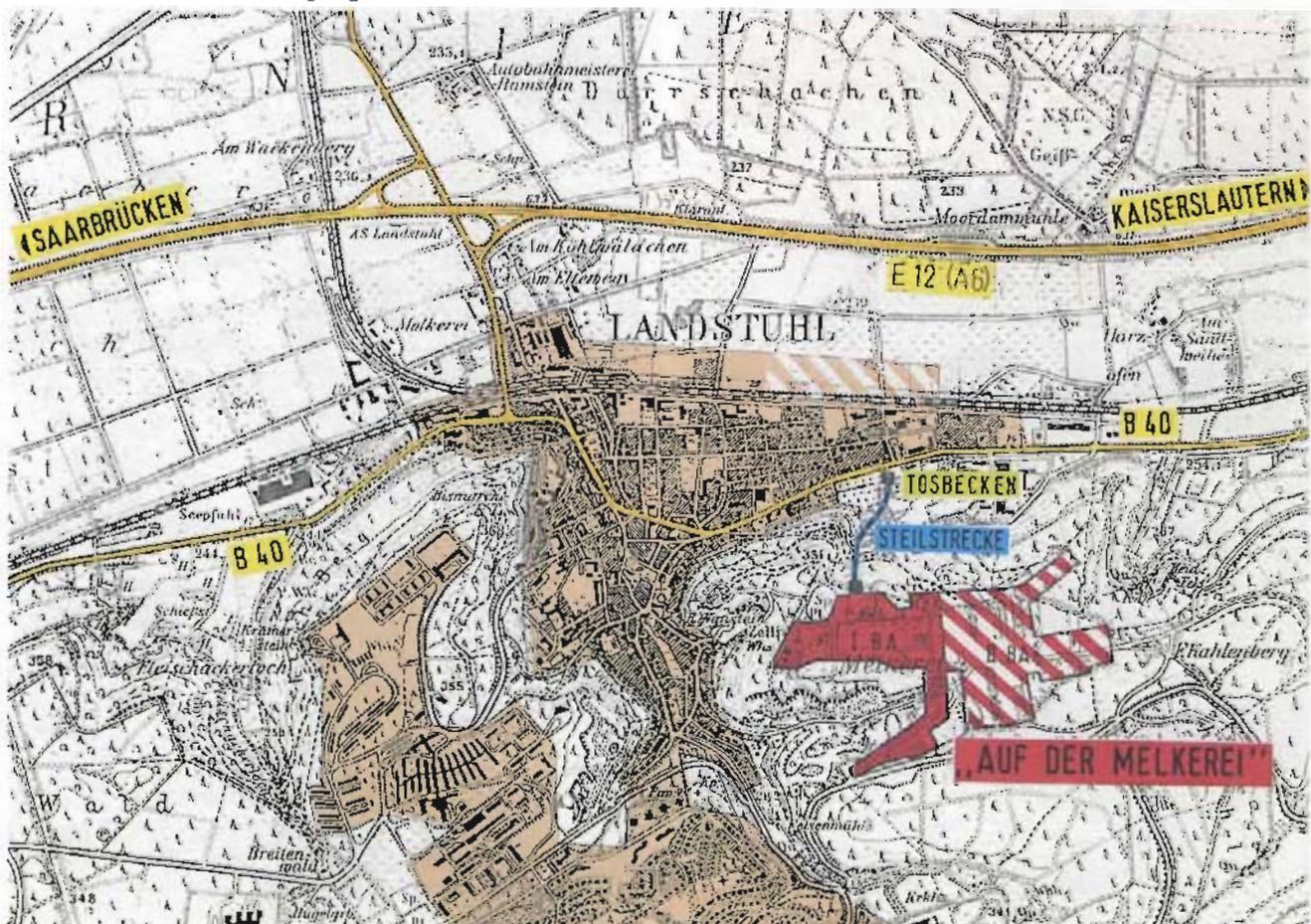
1. Einleitung – Hintergrund

Die Stadt Landstuhl liegt westlich von Kaiserslautern, direkt am Aufstieg zur Sickinger Höhe. Im Rahmen des Regionalen Raumordnungsplanes Westpfalz ist Landstuhl als Mittelzentrum eingestuft. Diese Zentralitätsfunktion bedeutet für die Stadt einen zukünftigen Ausbau der Bereiche Gewerbe (Schaffung von Arbeitsplätzen), Wohnen und Freizeit. Ein Schritt in diese Richtung stellt die Ausweisung des Neubaugebietes „Auf der Melkere“ dar (siehe Bild 1).

In diesem Neubaugebiet sollen auf ca. 40 ha Fläche in zwei etwa gleichgroßen Bauabschnitten rund 870 Wohneinheiten für ca. 2.600 Einwohner geschaffen werden.

Bild 1: Stadt Landstuhl mit Neubaugebiet „Auf der Melkere“ und Trasse der Steilstrecke für die Abwasserbeseitigung und Wasserversorgung

Seinen besonderen Reiz erhält das Neubaugebiet durch die exponierte Lage oberhalb des ersten Steilaufstiegs zur Sickinger Höhe sowie die für den Pfälzer Wald typische Umgebung, sowohl in topographischer als auch in botanischer Hinsicht. Gerade die im Pfälzer Wald häufig vorkommenden topographischen Verhältnisse, wie sie auch bei diesem Neubaugebiet zu finden sind (steile Hänge, Abbrüche, Felsen etc.), führen bei der Planung der Abwasserentsorgung und Wasserversorgung zu Problemen, welche häufig attraktive, raumordnerisch sinnvolle Baumaßnahmen scheitern lassen. Bei dem Baugebiet „Auf der Melkere“ wurde eine solche „Problemstrecke“ für die Abwasserentsorgung und Wasserversorgung bewältigt.



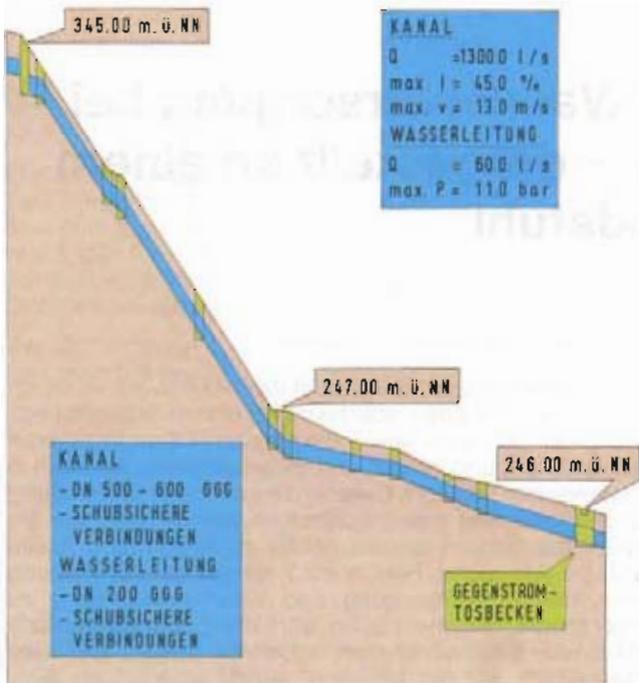


Bild 2: Schematischer Längsschnitt der Steilstrecke

Bild 3: Ausschnitt aus der Abwasserleitung in der Steilstrecke



2. Problematik

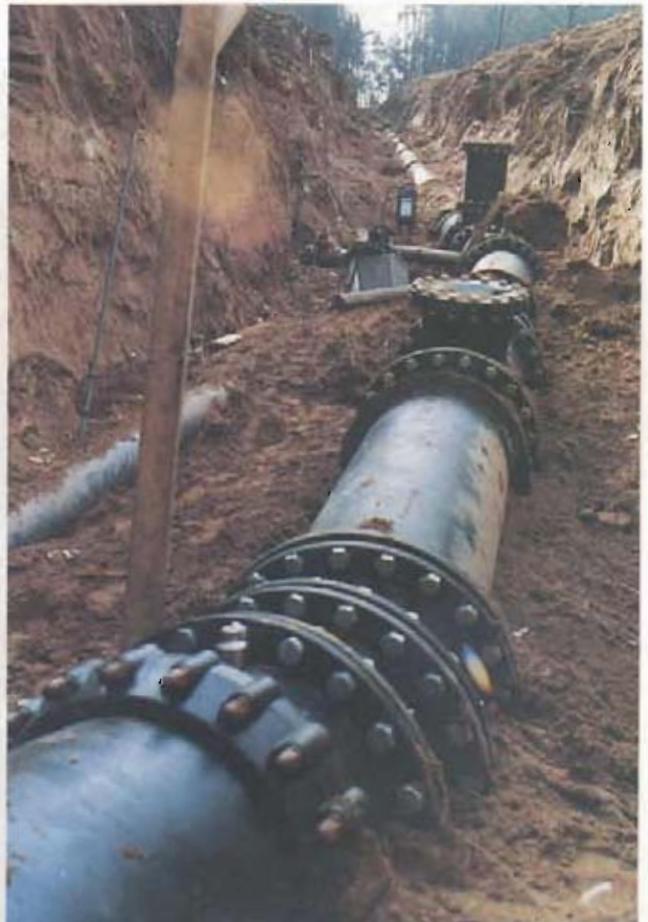
Der erste Bauabschnitt des Neubaugebietes, der sich z. Zt. in der Realisierung befindet, liegt zwischen 340 und 350 m ü. NN. Die natürlichen Gefälleverhältnisse sowie die Randbedingungen, welche durch die bestehende Bebauung in der Stadt selbst gegeben sind, machten eine Abführung der Abwässer (Kanalisation im Mischsystem) nach zwei Seiten erforderlich. Während die Abwasserabfuhr nach Süden ohne Probleme durchzuführen war, mußte im Norden ein Steilhang, zum bestehenden Kanal hin, überwunden werden (siehe auch Bild 1).

Hier war ein Kanal von etwa 380 m Länge mit einer Höhendifferenz von etwa 100 m (maximales Geländegefälle ca. 45 ‰), zur Abführung von 1.300 l/s Abwasser, zu konzipieren.

Parallel zu dieser nördlichen Entsorgungsleitung war es erforderlich, auf der gleichen Strecke eine Wasserversorgungsleitung (max. Wassermenge = 60 l/s) für das nördlich des Baugebietes in der Ebene gelegene Gewerbegebiet (siehe auch Schraffur in Abbildung 1) zu planen.

Wie bei der Kanalisationsleitung waren auch bei der Wasserversorgungsleitung besondere bauliche Vorkehrungen erforderlich, die nachfolgend kurz erläutert werden.

Bild 4: Rohrverbindungen und Wartungsöffnungen der Abwasserleitung



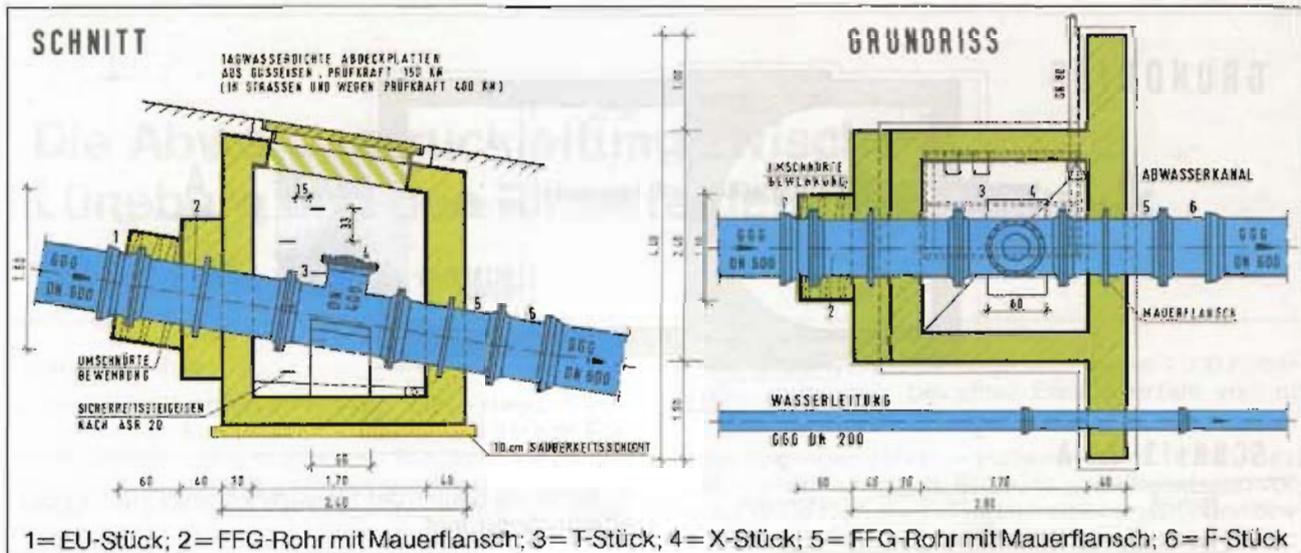


Bild 5: Prinzipieller Aufbau der Schächte in der Steilstrecke

3. Problemlösung

3.1. Abwasserentsorgung

Bild 2 zeigt, zur nochmaligen Verdeutlichung der topographischen Verhältnisse, einen schematischen Längsschnitt der Kanaltrasse im Bereich des Steilhang-Abstieges.

In der ersten Teilstrecke fällt dabei das Gelände auf einer Länge von ca. 170 m um 78 m ab, in der zweiten Teilstrecke auf ca. 210 m um 20 m ab (dies entspricht etwa 45% bzw. 10% Gefälle).

Insbesondere aufgrund des sehr großen Gefälles in der ersten Teilstrecke (und der daraus resultierenden Fließgeschwindigkeiten von bis zu 13 m/s) wurden duktile

Gußrohre DN 500 und DN 600 mit längskraftschlüssigen Rohrverbindungen (System TYS bzw. Flanschverbindungen) gewählt.

Bild 3 und 4 zeigen Ausschnitte dieser Kanalstrecke. In Bild 4 ist im Vordergrund eine schubgesicherte Muffenverbindung (TYS) zu erkennen, dahinter drei Flanschverbindungen an einem Bogenstück bzw. an werksseitig abgelängten geraden Rohrstücken (FFK).

Ebenfalls auf Bild 4 zu sehen sind zwei Revisionsöffnungen. Die an diesen Stellen später errichteten Schächte sind prinzipiell ähnlich dem in Bild 5 im Grundriß und Schnitt dargestellten. Über zwei Mauerflansche (siehe auch Bild 4) werden die Längskräfte sowohl hang- als auch talseitig vom Kanalrohr auf die Schachtwandung übertragen. Die Ableitung der Schubkräfte auf das umge-

Bild 6: Schachtbauwerk in der Steilstrecke



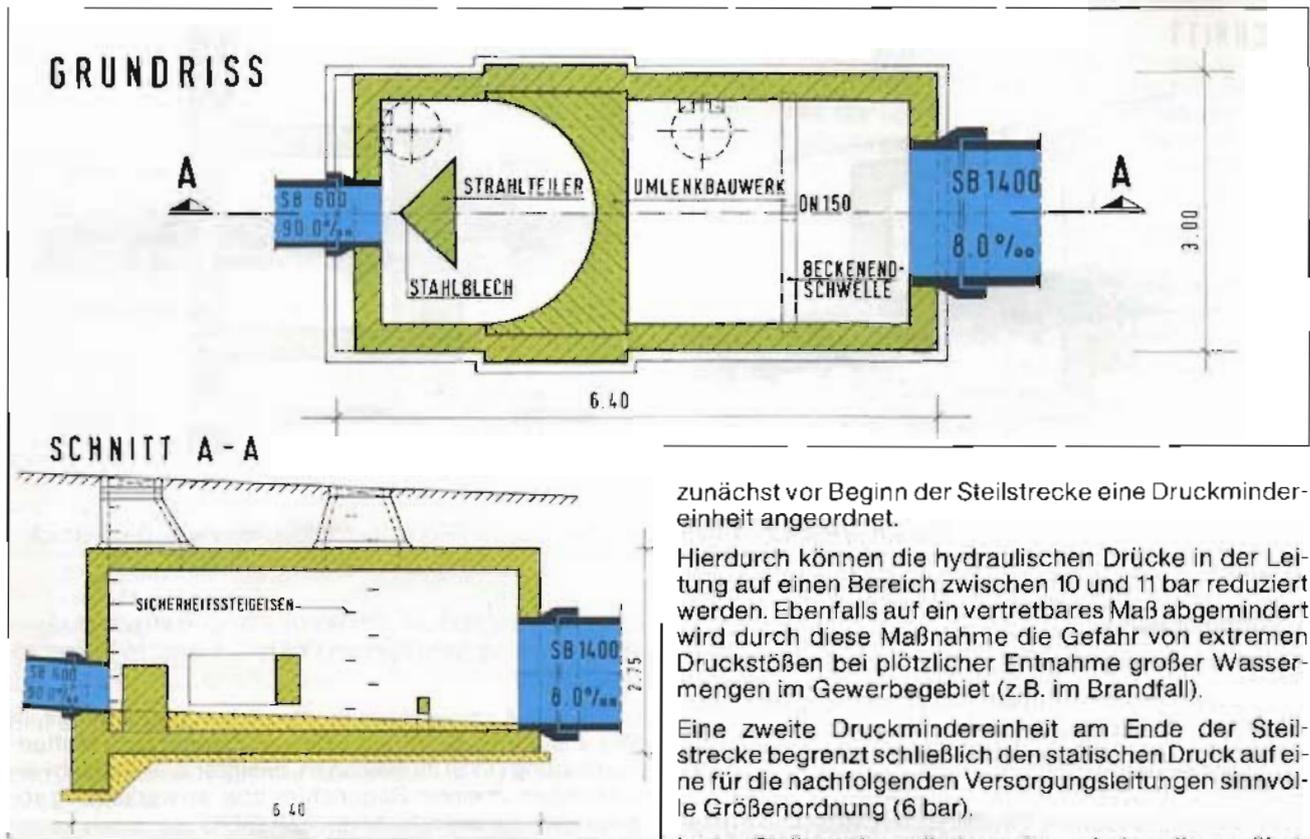


Bild 7: Gegenstrom-Tosbecken

bende Erdrreich erfolgt vom Schachtbauwerk aus zusätzlich über zwei seitlich angeordnete Flügel. Bild 6 zeigt ein solches Schachtbauwerk im Vordergrund. Im Hintergrund zu erkennen ist die Vorbereitung der Schalung für einen weiteren Schacht. Ebenfalls problematisch bei Abwasserleitungen in Steilstrecken ist die Energieumwandlung (Geschwindigkeitsverringerung) am Ende solcher Strecken. Im vorliegenden Fall wurde zu diesem Zweck ein sogenanntes „Gegenstrom-Tosbecken“ angeordnet. Bild 7 zeigt den Aufbau dieses Beckens in Grundriß und Schnitt. Das bergseitig einschließende Wasser wird dabei durch einen dreieckförmigen Strahlteiler geteilt (1. Energieumwandlung). Die beiden Teilströme werden dann im Umlenkbauwerk aufeinander geführt (2. Energieumwandlung). Zusätzlich vergleichmäßigt wird der Abfluß schließlich durch die vor dem weiterführenden Rohr angeordnete Bodenschwelle (3. Energieumwandlung). Der Vorteil dieses Typs von Energieumwandlungsbauwerk ist, daß keine Bildung einer stehenden Welle bzw. Ausbildung eines Wechselsprunges erforderlich ist und damit das Tosbecken bei den sehr unterschiedlichen Wassermengen mit der gleichen Effizienz arbeitet.

3.2. Wasserversorgung

Wie bereits in Abschnitt 2 erwähnt, wurde in der gleichen Trasse – neben dem Abwasserkanal – eine Wasserleitung zur Versorgung des nördlich des Baugebietes „Auf der Melkerei“ im Tal liegenden Gewerbegebietes verlegt, und zwar ebenfalls aus duktilen Gußrohren. Auch für die Wasserleitung ergaben sich Probleme infolge des großen Höhenunterschiedes. Aus diesem Grund wurde

zunächst vor Beginn der Steilstrecke eine Druckminderereinheit angeordnet.

Hierdurch können die hydraulischen Drücke in der Leitung auf einen Bereich zwischen 10 und 11 bar reduziert werden. Ebenfalls auf ein vertretbares Maß abgemindert wird durch diese Maßnahme die Gefahr von extremen Druckstößen bei plötzlicher Entnahme großer Wassermengen im Gewerbegebiet (z.B. im Brandfall).

Eine zweite Druckminderereinheit am Ende der Steilstrecke begrenzt schließlich den statischen Druck auf eine für die nachfolgenden Versorgungsleitungen sinnvolle Größenordnung (6 bar).

In der Steilstrecke selbst wurden, wie bereits erwähnt, auch bei der Wasserversorgungsleitung längskraftschlüssige Rohrverbindungen (TYSK) gewählt. Zur Ableitung der Längskräfte in den umgebenden Boden wurde die Leitung durch Aussparungen in den Flügeln der Schachtbauwerke hindurch geführt (siehe Bild 5 und 8) und später durch Rohrschellen und Bänder kraftschlüssig mit den Schächten verbunden.

4. Schlußbemerkung

An einem Beispiel aus der Stadt Landstuhl wird gezeigt, daß auch unter schwierigen topographischen Verhältnissen, wie bei Steilhängen, duktile Gußrohre mit längskraftschlüssigen/schubgesicherten Rohrverbindungen eine optimale technische und wirtschaftliche Problemlösung für Abwasserentsorgungs- und Wasserversorgungsleitungen bieten.

Bild 8: Einbindung der Wasserversorgungsleitung in die Schachtbauwerke



Die Abwasserdruckleitung zwischen Lüneburg und den Riesefeldern in Bardowick

Von Günter Reinecke

1. Vorgeschichte

Die Stadt Lüneburg hat bereits sehr früh – etwa um 1854 bis 1855 – mit dem Bau der ersten unterirdischen Entwässerungsleitungen begonnen. Sämtliche Leitungen bestanden damals aus gemauerten Eiprofilrohren und führten auf dem direkten Wege in die Ilmenau, einen Nebenfluß der Elbe. Lüneburg hatte zu dieser Zeit rd. 13 500 Einwohner.

Bis 1892 war das damalige Stadtgebiet bis auf einige unbedeutende Straßenzüge unterirdisch entwässert. Die Entwässerung erfolgte nach dem Mischsystem.

Durch die Zunahme der Bevölkerung und auch durch den steigenden Wasserverbrauch kam es bald zu unerträglichen Verunreinigungen im Flußlauf. Um die Dicksstoffe einigermaßen hygienisch zu beseitigen, wurde 1897 das Kübelssystem eingeführt. Die Kübel faßten 20 l Inhalt, wurden wöchentlich gewechselt, der Inhalt land-

wirtschaftlich verwertet. Insgesamt waren 4 500 Kübelaborte vorhanden, bei einer Einwohnerzahl von rd. 26 000.

In den folgenden Jahren – insbesondere 1908, 1914 und 1934 – wurden baureife Entwürfe von Kläranlagen vorgelegt, die jedoch alle aus wirtschaftlichen Gründen bzw. nahenden Kriegereignissen nicht zur Ausführung gekommen sind.

2. Bau der Druckleitung

Im Zuge der „landwirtschaftlichen Erzeugungsschiacht“ – ein Begriff aus dem 3. Reich – wurde 1935 die Genehmigung erteilt, in Bardowick Rieselfelder anzulegen sowie in Lüneburg eine Pumpstation mit einer Druckleitung zu bauen, um das gesamte anfallende Abwasser landwirtschaftlich zu verwerten. Die Druckleitung besteht aus gußeisernen Rohren mit einem Innendurchmesser von 450 mm. Die Dichtung der Stöße erfolgte durch die Schraubmuffe „Union“ mit einem Gummiring.

Bild 1: 1936: Düker DN 450 durch die Ilmenau; Verlegearbeiten





Bild 2: Aufnahmen der alten Leitung

Leider lassen sich aus der damaligen Zeit keine Bauakten mehr auffinden. Aus dem städtischen Archiv war zu erfahren, daß 1942 durch den sogenannten „Bormann-Erlaß“ sämtliche Akten der NS-Behörden zu vernichten waren.

Nachfolgend einige technische Daten der Leitung:

Länge rd. 5500 m
 1 Düker durch die Ilmenau mit Notauslaß, L = 34 m (Bild 1)
 tiefste Lage + 4,40 m NN
 Hochpunkt + 13,30 m NN
 sowie entsprechende Entlüftungen und einige Entnahmestutzen, vermutlich für landwirtschaftliche Beregnungen

3. Betrieb der Leitung

Die Inbetriebnahme der Pumpstation mit der Druckrohrleitung erfolgte 1936/37. Die täglich nur durch einen Grobrechen und Sandfang vorgereinigte gepumpte Abwassermenge schwankt durch das Mischgebiet sehr: Etwa 4 000 bis 10 000 m³/Tag.

Pumpengröße:

1937 bis 1954: 2 x 300 m³/h und 2 x 600 m³/h
 1954 bis 1959: 1 x 300 m³/h und 1 x 600 m³/h
 2 x 900 m³/h (Neuinstallation)

Betriebsstörungen, Verstopfungen usw. hat es bis heute nicht gegeben.

4. Bau des Klärwerks

Der stetige Anstieg der Bevölkerung sowie der immer höher werdende Wasserverbrauch machten es notwendig, für die Stadt Lüneburg ein Klärwerk zu bauen. Hierbei ergab es sich als recht vorteilhaft, den ausgefaulten Schlamm vermisch mit gereinigtem Abwasser durch die alte Druckleitung nach Bardowick zu fördern und dort nach wie vor landwirtschaftlich zu nutzen.

Durch die Lage des neuen Klärwerks mußte 1956 ein Teil der alten Druckleitung umgelegt werden (Bilder 2 bis 4) und später an das neue Pumpwerk im Betriebsgebäude angeschlossen werden. Der Ilmenau-Düker konnte entfallen; es verkürzte sich die Länge der Rohrleitung auf 3200 m. Die vorhandenen Pumpen wurden entsprechend umgerüstet (von 900 auf 500 m³/h) und konnten weiter verwendet werden.



Bild 3: Verlegung der neuen Druckrohre DN 450 mit Grundwasserabsenkung



Bild 4: Sicherung von 4 Bögen 22 1/2°

Die Inbetriebnahme des Klärwerks erfolgte 1959; entsprechende Erweiterungsbauten folgten 1969 und 1981.

5. Ausblick

Nach nunmehr über 45jähriger Betriebszeit der Druckleitung und Inbetriebnahme des Klärwerks für eine Reinigungsleistung von 320 000 EGW werden täglich rd. 250 m³ ausgefaulter Schlamm vermisch mit gereinigtem Abwasser nach Bardowick auf die Rieselfelder bzw. in die Schlammfelder durch diese Leitung gepumpt. Die landwirtschaftliche Unterbringung des Schlammes hat sich als äußerst kostengünstig erwiesen. Der Aufwand beträgt weit unter 0,50 DM/m³.

Betriebsstörungen haben sich im Zusammenhang mit der Druckleitung nicht ergeben.

Schwierigkeiten bereitet allerdings ein Problem, daß jetzt eine früher brach liegende Sand- und Heidefläche zum Gewerbegebiet ausgewiesen wurde. Die Sicherung der Rohrleitung wurde durch entsprechende Rechte gewährleistet, schließt jedoch nicht aus, daß von Betrieben die Leitung überbaut wird.

Weiterhin wird die Schlammaufbringungsverordnung eine Veränderung in der Beschickung der Rieselfelder mit ausgefaultem Schlamm bringen.

Beeinflussung von Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen durch Gleich- und Wechselströme aus fremden Strom-Anlagen

Von Gerhard Heim und Wolf-Dietrich Gras

1. Problemstellung

Bei der elektrischen Beeinflussung von erdverlegten metallischen Rohrleitungen durch fremde Strom-Anlagen werden auf Grund der Auswirkungen 2 verschiedene Arten unterschieden, je nachdem die Beeinflussung durch Gleichstrom oder Wechselstrom erfolgt. Unter **Gleichstrom**-Beeinflussung ist das Auftreten unzulässiger Rohr-Potentiale bzw. -Ströme auf der beeinflussten Rohrleitung durch Streuströme aus Gleichstrom-Anlagen, wie z.B. Gleichstrom-Bahnen oder kathodische Korrosionsschutz-Anlagen, zu verstehen. Durch diese Beeinflussungsart stellt sich die Frage einer möglichen Korrosionsgefährdung der Rohrleitung. Unter **Wechselstrom**-Beeinflussung ist das Auftreten zu hoher Wechselspannungen zwischen Rohrleitung und Erdboden durch induktive, ohmsche oder kapazitive Auswirkungen fremder Hochspannungs-Anlagen, wie z.B. Hochspannungsfreileitungen, elektrifizierte Bundesbahnstrecken oder Hochspannungskabel, zu verstehen. Durch diese Effekte stellt sich die Frage einer möglichen Gefährdung von Personen, die mit der Rohrleitung bei Arbeiten an der Leitung in Berührung kommen.

Im Zuge der Neubearbeitung der DIN 28600 [1] für Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen ist u. a. der Gesamtbereich der Rohrmüllungen völlig neu geregelt worden, wobei hinsichtlich der Einzelheiten auf eine zusammenfassende Darstellung der Verfasser aus dem Jahr 1982 [2] zu verweisen ist. Nachdem vom DVGW die Lieferbedingungen für die Rohrmüllungen in der Normenreihe DIN 30674, Teil 1 bis 5 [3] und die Einsatzbereiche in der DIN 30675, Teil 2 [4] festgelegt worden sind bzw. werden, erschien es zur Abrundung notwendig, einen zusammenfassenden Überblick über elektrische Beeinflussungsmöglichkeiten von Gußrohr-Leitungen durch fremde Stromanlagen zu veröffentlichen. Die Veröffentlichung baut dabei in ihren wesentlichen Sachausagen auf gutachtlichen Erhebungen auf, mit denen der erstgenannte Verfasser von der Gußrohr-Herstellerseite beauftragt worden ist. Die vorliegende Arbeit hat den Charakter einer Studie auf der Basis des heutigen Wissensstandes. In ihr wird nicht jeder der in der Praxis denkbaren Einzelfälle erfaßt, sondern es werden die Gesetzmäßigkeiten der Beeinflussung und daraus der abgeschätzte mögliche Beeinflussungsumfang für den größten Teil der konkreten Beeinflussungsarten dargestellt.

2. Umfang der Arbeit

Die maßgebenden Einflußgrößen für die elektrische Beeinflussung einer erdverlegten Gußrohrleitung sind:

- Die Art des beeinflussenden Fremdstromes (Gleichstrom oder Wechselstrom).
- Die elektrische Längsleitfähigkeit der Rohrleitung, gekennzeichnet durch den Rohrlängswiderstandsbelag R'_R (Definition s. Kapitel 3) und in diesem Zusammenhang die Auswirkung gummigedichteter Rohrverbindungen ohne bzw. mit Längskraftschlüssigkeit.
- Die Beschaffenheit der Rohrmüllung, gekennzeichnet durch den Rohrableitungsbelag G' bzw. den spezifischen Ausbreitungswiderstand r_A (Definitionen s. Kapitel 3).
- Die räumliche Lage der Rohrleitung in bezug auf störende Fremdstrom-Anlagen.

Unter Berücksichtigung dieser Gegebenheiten erstreckt sich die vorliegende Arbeit auf

- die 2 Teilbereiche der Beeinflussung durch Gleichströme bzw. Wechselströme,
- 3 verschiedene Fälle hinsichtlich des Zustandes der Längskraftschlüssigkeit der Rohrleitung,
- 5 Rohrmüllungsarten gemäß DIN 30674, Teil 1 bis 5 [3],
- die wichtigsten Konstellationen der räumlichen Lage Rohrleitung/Fremdstromanlage.

Im einzelnen sind noch folgende Erläuterungen zu geben:

2.1 Betrachtete Fälle der Längskraftschlüssigkeit

Gummigedichtete Gußrohrverbindungen ergeben infolge der isolierenden Wirkung des Dichtringes für die Rohrleitung einen ziemlich hohen Längswiderstand in der Größenordnung von ca. $10^4 \text{ Ohm} \cdot \text{km}^{-1}$ [5]. Zur Auswirkung längskraftschlüssiger Rohrverbindungen ist in Anlehnung an DIN 30675, Teil 2 [4] folgendes zu sagen: Sofern die eingebauten Kraftübertragungselemente aus Metall hergestellt und nicht isoliert sind, ergibt sich unter Innendruckbelastung infolge Abstützung von Metall gegen Metall eine elektrische Leitfähigkeit von unterschiedlichen Größenordnungen (Anm.: Übergangswiderstände der Rohrverbindungen liegen im Milli-ohm- bis Ohm-Bereich [6]). Wenn die Kraftübertragung durch elektrisch nicht leitende Elemente erfolgt, wird die elektrische Leitfähigkeit der Verbindung nicht erhöht.

Anm.: Im nachfolgenden Text wird zur Vereinfachung an Stelle des Begriffes „längskraftschlüssig“ „schubgesichert“ verwendet.

Es werden für die Beeinflussungsbetrachtungen folgende 3 Fälle des schubgesicherten Leitungszustandes zugrunde gelegt:

- **Fall 1:** Gußrohrleitung mit Tyton-Rohrverbindungen, nicht schubgesichert. Als Mittelwert aus früheren Messungen [5] an Wasserleitungsrohren DN 100 wurde ein Übergangswiderstand von 60 Ω /Verbindung verwendet.
- **Fall 2:** Gußrohrleitung bis DN 300 mit Tyton-Rohrverbindung, durchgehend schubgesichert. Als Richtwert aus früheren Messungen [6] wurde ein Übergangswiderstand von $30 \cdot 10^{-3} \Omega$ /Verbindung, entsprechend einem Rohrlängswiderstandsbelag R'_R von $5 \cdot 10^{-3} \Omega/m$ verwendet.
- **Fall 3:** Gußrohrleitung bis DN 300 mit Tyton-Rohrverbindung, schubgesichert, jedoch in Abständen von jeweils 100 m eine nicht schubgesicherte Rohrverbindung eingebaut. Als Richtwert für Leitungsabschnitte ≤ 100 m kann R'_R gleichfalls mit $5 \cdot 10^{-3} \Omega/m$ angesetzt werden.

Schubsicherungsmodelle mit elektrisch nicht leitenden Bauelementen wären bei einer Betrachtung wie Fall 1 zu werten.

2.2. Betrachtete Rohrumhüllungssysteme

In die Beeinflussungsbetrachtungen werden folgende 5 Rohrumhüllungsarten einbezogen:

- Polyethylen-Umhüllung gemäß DIN 30674, Teil 1 [3],
- Zementmörtel-Umhüllung gem. DIN 30674, Teil 2 [3],

- Zinküberzug mit Deckbeschichtung gemäß DIN 30674, Teil 3 [3],
- Bitumenbeschichtung gemäß DIN 30674, Teil 4 [3],
- PE-Folienumhüllung gemäß DIN 30674, Teil 5 [3].

Die erforderlichen Angaben über die Ausbreitungswiderstände dieser Rohrumhüllungen werden separat im Kapitel 4 gemacht.

Einen Überblick über den Gesamtumfang der dargestellten Beeinflussungsmöglichkeiten vermittelt Tabelle 1.

3. Definitionen wichtiger Begriffe

Für verschiedene im Text verwendete Begriffe werden zum leichteren Verständnis nachfolgende Definitionen (In Anlehnung an DIN-Vorlage 30676 [7]) gegeben:

- spezifischer Ausbreitungswiderstand r_A
Der spezifische Ausbreitungswiderstand r_A ist das Produkt aus dem Ausbreitungswiderstand R_A und der Rohroberfläche. Der Ausbreitungswiderstand R_A ist der Widerstand z.B. zwischen der Rohrleitung und der Bezugserde. In der Praxis kann er mittels Sonde und Hilfsleiter oder gegen niederohmige Erder gemessen werden.
- Bezugselektrode
Bezugselektrode ist eine unpolarisierbare Meßelektrode zum Bestimmen eines Potentials im Erdboden, deren Spannung gegenüber der Standard-Wasserstoffelektrode einen bekannten, konstanten Wert hat. Beim Messen von Wechselspannung genügt ein Metallstab.
- Bezugserde
Bezugserde (ferne Erde) ist ein ferner, elektrisch unbeeinflusster Bereich des Erdbodens mit gleichbleibendem Potential.
- Rohrableitungsbelag G'
Rohrableitungsbelag ist der reziproke Wert des auf die Längeneinheit bezogenen Ausbreitungswiderstandes ($\Omega^{-1} \cdot m^{-1} = S/m$).

Tabelle 1: Übersicht über den Gesamtumfang der behandelten Beeinflussungsmöglichkeiten

Arten der Beeinflussung	Angaben über mögliche Beeinflussungen in Abhängigkeit von Schubsicherungszustand und Rohrumhüllungsarten enthalten für		
	Fall 1 (Rohrleitung nicht schubgesichert)	Fall 2 (Rohrleitung durchgehend schubgesichert)	Fall 3 (Rohrleitung schubgesichert) + je 1 Unterbrechung/100 m)
	Umhüllungsarten: PE-Umhüllung, ZM-Umhüllung, Zinküberzug mit Deckbeschichtung, Bitumenbeschichtung, Folien-Umhüllung		
Beeinflussung durch Gleichströme			
- aus Gleichstrombahnen (Verlauf Rohrleitung/Bahnschiene: parallele oder schräge Näherung, Kreuzung)	Kapitel 5.1	Kapitel 5.1	Kapitel 5.1
- aus kathodischen Schutzanlagen (anodische bzw. kathodische Spannungstrichter)	Kapitel 5.2	Kapitel 5.2	Kapitel 5.2
Beeinflussung durch Wechselströme			
- aus Hochspannungsfreileitungen bzw. elektrifizierten Bundesbahnstrecken (induktive, ohmsche und kapazitive Beeinflussungen)	Kapitel 6.2 – 6.4	Kapitel 6.2 – 6.4	Kapitel 6.2 – 6.4
- aus Hochspannungskabeln	Kapitel 6.5	Kapitel 6.5	Kapitel 6.5

- Rohrlängswiderstandsbelag R'_R
Der Rohrlängswiderstandsbelag ist der elektrische Widerstand pro Längeneinheit ($\Omega \cdot m^{-1}$) in Rohrlängsrichtung. Er setzt sich aus dem elektrischen Widerstand des Eisenquerschnittes der Rohrwand und dem Widerstand der metallenen leitenden Rohrverbindungsstellen zusammen.
- Rohrleitungspotential U_R
Das Rohrleitungspotential U_R ist die Wechselspannung der Rohrleitung gegen ferne Erde (Bezugserde, s. oben).
- Spannungstrichter
Ein Spannungstrichter ist der Bereich des Erdbodens in der Nähe einer stromdurchflossenen Elektrode (z.B. Objekt, Erde) in dem durch das Fließen des Stromes ein meßbarer Spannungsabfall (mindestens einige mV/m) auftritt.
- Umhüllungswiderstand R_U
Umhüllungswiderstand R_U ist der elektrische Widerstand zwischen einem umhüllten metallischen Objekt und dem Erdboden. Er wird im wesentlichen durch die Anzahl und Größe der Fehlstellen in der isolierten Umhüllung bestimmt und ist daher ein Maß für die Güte der Umhüllung.
Der spezifische Umhüllungswiderstand r_U ist das Produkt aus Umhüllungswiderstand und Fläche.

4. Angaben über die Ausbreitungswiderstände von Gußrohren ohne und mit Umhüllungen

Außer dem Rohrlängswiderstandsbelag R'_R spielt für Beeinflussungsrechnungen der Rohrableitungsbelag G' , bzw. der mit dieser Kenngröße verknüpfte spezifische Ausbreitungswiderstand r_A der Rohrleitung eine sehr maßgebende Rolle. Niedrige r_A -Werte haben z.B. bei Gleichstrombeeinflussungen niedrige Austrittsstromdichten im anodischen Rohrleitungsbereich zur Folge.

Bei Rohrleitungen mit elektrisch isolierenden Umhüllungen wird an Stelle des spezifischen Ausbreitungswiderstandes r_A vom spezifischen Umhüllungswiderstand r_U gesprochen. Diese letztgenannte Kenngröße ist in ihrer Höhe direkt proportional dem Gesamtwiderstand der parallelgeschalteten Ausbreitungswiderstände der an einzelnen Fehlstellen freiliegenden Eisenflächen. Es wird deshalb auch zwischen dem spezifischen Umhüllungswiderstand r_U^0 einer Umhüllung ohne jede Fehlstelle und einem spezifischen Umhüllungswiderstand r_U einer Umhüllung mit einigen wenigen kleinen Fehlstellen unterschieden.

Für die Betrachtung der Beeinflussungsfragen an Gußrohren mit PE-Umhüllung konnten praxisangelehnte r_U -Werte aus Veröffentlichungen über kathodisch geschützte Stahlrohrleitungen entnommen werden [8, 9]. Diese Werte lassen sich mit Hilfe einer sehr einfachen Formel aus der Messung der Ein- und Ausschaltpotentiale sowie der Schutzstromdichte zurückrechnen.

Bei den 4 anderen Gußrohr-Umhüllungen standen dagegen keine verwertbaren Literaturangaben über die Ausbreitungswiderstände zur Verfügung. Deshalb sind diese Widerstände von unbeschichteten Gußrohrabschnitten und Rohrabschnitten mit ZM-Umhüllung, Zinküberzug, ohne und mit Bitumen-Deckbeschichtung sowie Folienumhüllung ohne und mit kleinen Verletzungen im Laboratorium durch Messung der Wechselstrom-Widerstände zwischen 2 koaxialen Rohren in Elektrolytlösungen mit bekanntem spezifischem Widerstand ($\rho_E = 1000 \Omega \text{ cm}$) ermittelt worden.

Nach Abschluß der Untersuchungen wurde für die Beeinflussungsbetrachtungen folgender Erkenntnisstand zu Grunde gelegt:

- Gußrohre mit Glühhaut, unbeschichtet $r_A = 1 \Omega m^2$
- Gußrohre mit PE-Umhüllung $r_U = 10^5 \Omega m^2$
(Anm.: mit einer theoretisch angenommenen sehr geringen Fehlstellenrate von 1 Fehlstelle auf ca. 100 bis 1000 m²)
- Gußrohre mit ZM-Umhüllung $r_A \approx 10 \Omega m^2$
- Gußrohre mit Zink-Überzug + Deckbeschichtung (neu und nach 4 Jahren) $r_A = 1 \text{ bis } 10 \Omega m^2$
- Gußrohre mit Bitumenbeschichtung $r_A = 1 \text{ bis } 10 \Omega m^2$
- Gußrohre mit Folienumhüllung (2 Fehlstellen) $r_A = 10 \Omega m^2$

In erster Näherung war somit davon auszugehen, daß

- mit Ausnahme der PE-Umhüllung für alle übrigen Umhüllungsarten ein einheitlicher Ausbreitungswiderstand in der Größenordnung von 1 bis $10 \Omega m^2$ zugrunde gelegt werden konnte,
- und diese daher bei verschiedenen Beeinflussungsarten auch mehr oder weniger gemeinsam abgehandelt werden konnten.

5. Beeinflussung durch Gleichströme

5.1. Beeinflussung durch Streuströme aus Gleichstrombahnen

Der Vorgang der Beeinflussung einer Rohrleitung durch Gleichstrombahnen ist aus der Skizze im Bild 1 ersichtlich. Der von den Schienen kommende Teilstrom tritt schwerpunktmäßig im Bereich $x = L$ in die Rohrleitung ein und in Höhe der Speisestation der Gleichstrombahn im Bereich $x = 0$ wieder aus, um über den Erdboden zur Schiene zurückzufließen. Durch den austretenden Strom $I'_{q \text{ max}}$ wird der Eisenwerkstoff anodisch aufgelöst.

Die Beeinflussungsmöglichkeiten von Gußrohrleitungen werden, differenziert nach den verschiedenen Umhüllungsarten, nachfolgend in Kapitel 5.1.1 und 5.1.2 beschrieben.

5.1.1 Angaben zur PE-Umhüllung

Bei dieser Umhüllungsart liegt, sofern man vereinzelt kleine Fehlstellen ($N = 10^{-2}$ bis 10^{-3} Anzahl/m²) in die Betrachtung miteinbezieht und deren Größe und Verteilung nicht bekannt sind, ein ungleichmäßiger Rohrableitungsbelag vor. Deshalb kann die für die Berechnung von Stromaustrittsdichten in anodischen Rohrleitungsbereichen existierende Formel (vgl. Kap. 5.1.2) nicht angewendet werden, da bei ihr ein homogener Ableitungsbelag Voraussetzung ist.

Für die Beurteilung der Beeinflussungsmöglichkeiten muß somit von 2 anderen Kriterien ausgegangen werden, die miteinander kombiniert werden müssen. Um zu konkreten Zahlenwerten zu kommen, ist von der Bestimmung in DIN 57150/VDE 0150 [10] auszugehen, daß die zulässigen Potentialdifferenzen im Schienennetz im zeitlichen Mittel 1V/km betragen. Dies bedeutet, daß auch im Boden keine größeren Potentialdifferenzen als 1V/km bzw. 1mV/m vorhanden sind. Nach [11, 12] besteht keine Korrosionsgefahr durch Beeinflussung, wenn das Rohr/Bodenpotential U_{R-Cu} sich nicht um mehr als 100 mV in positiver Richtung ändert.

Tabelle 2: Übersicht über mögliche Beeinflussungen von Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen durch Gleichstrom-Bahnen in Abhängigkeit von Schubsicherungszustand, Umhüllungsart und Lage Rohrleitung/Bahnschiene

Art der Rohr-Umhüllung	Angaben über den Umfang der Beeinflussung			
	Paralleler Verlauf bzw. schräge Näherung Rohrleitung/Schiene		Kreuzung Rohrleitung/Schiene	
	Fall 1 (Rohrleitung nicht schubgesichert) u. Fall 3 (Rohrleitg. schubgesichert + 1 Unterbrechg./100m)	Fall 2 (Rohrleitung durchgehend schubgesichert)	Fall 1 (Rohrleitung nicht schubgesichert) u. Fall 3 (Rohrleitg. schubgesichert + 1 Unterbrechg./100m)	Fall 2 (Rohrleitung durchgehend schubgesichert)
Polyethylen-umhüllung		Bei Parallelverlauf bzw. Näherung auf einer Strecke $L \leq 100$ m keine gefährliche Beeinflussung. Bei $L > 100$ m in Extremfällen Beeinflussung möglich, da Rohr/Boden-Potential $> +100$ mV werden kann . Abhilfe: Berechnung durchführen und erforderlichenfalls Fall 3 anwenden.	Zur Zeit keine generelle Aussage möglich, da Berechnungen zu kompliziert sind und nur mit Hilfe spezieller Computer-Programme durchgeführt werden können (gilt für alle 5 Rohrumhüllungsarten).	
Zementmörtel-umhüllung bzw. Zinküberzug mit Deckbeschichtung bzw. Bitumen-Beschichtung bzw. Folien-Umhüllung	Keine nachteilige Beeinflussung, da die zulässige Änderung des Rohr/Boden-Potentials von max + 100 mV nach DIN 57 150 [10] bzw. AfK-Empfehlung Nr. 2 [11] nicht überschritten wird. (Anm.: Die Potentialänderung an der Rohrleitung beträgt max. +6 mV pro Rohrlänge.)	Keine nachteilige Beeinflussung, da selbst bei extremen Bedingungen die maximale Stromdichte n. Gleichung (1-7) nur 24 mA/m^2 beträgt und damit die Abtragungsrate $w_{\text{max}} = 28 \text{ } \mu\text{m/a}^{1)}$ gering ist. Derzeit liegen keine Erfahrungen vor, ob bei ZM-Umhüllungen bzw. Folienumhüllungen örtlich begrenzte Stromaustrittsflächen vorhanden sind. Die Abtragungsrate "w" nimmt bei $L > 210$ m (bei obigem Rechenwert 210 m zugrunde gelegt!) nicht mehr zu, mit steigender Rohrennweite dagegen noch weiter ab. Die Abtragungsrate "w" verringert sich ferner – bei Erhöhung des Abstandes "a" zwischen Rohrleitung und Schiene von 10 m (Rechenbasis!) auf 100 m um ca. 20%, – bei Erhöhung des Bodenwiderstandes von $1000 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ (Rechenbasis) auf $10000 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ um ca. 30 %	Prognose: Korrosionsgefährdung sehr unwahrscheinlich.	Prognose: Möglichkeit einer Korrosionsgefahr nicht auszuschließen.

1) a bedeutet annum (Jahr)

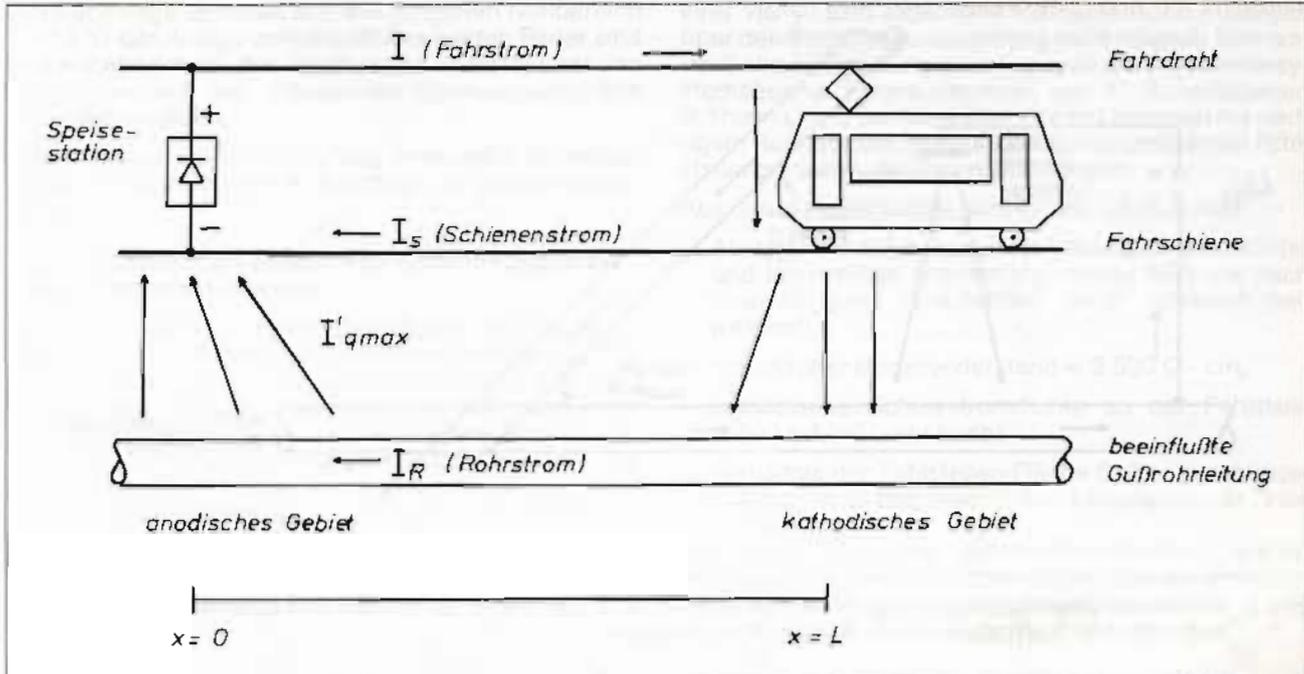


Bild 1: Beeinflussung einer Rohrleitung durch Gleichstrom aus einer Gleichstrom-Bahn

Die Aussagen über den Umfang eventueller Beeinflussungen sind in Abhängigkeit vom Schubsicherungszustand der Rohrleitung und der räumlichen Lage der Rohrleitung zu den Schienen der Gleichstrombahn in Tabelle 2 zusammengestellt.

5.1.2 Angaben zu ZM-Umhüllung, Zinküberzug mit Deckbeschichtung, Bitumenbeschichtung, Folien-Umhüllung

Für den Schubsicherungsfall 2 (durchgehend schubgesichert) kann die quantitative Abschätzung der Beeinflussung nach einer in der Literatur [13] angegebenen Formel vorgenommen werden, da gleichmäßige Werte für den Rohrlängswiderstandsbelag R'_R und den Rohrleitungsbelag G' gegeben sind. Für den pro Längeneinheit austretenden größten Strom I'_{qmax} (A/km) gilt für den ungünstigsten Fall der konzentrierten Stromeinspeisung die Gleichung:

$$I'_{qmax} = I \cdot \frac{R'_S}{Z} \tan h \frac{\alpha \cdot L}{2} \quad (5 - 1)$$

Die Bedeutung der einzelnen Kenngrößen ist im Nachtrag zu dieser Arbeit erläutert. Nach entsprechender Umformung dieser Gleichung ergeben sich für den Fall eines sehr hohen Schienenstromes von 200 A (gemittelt über das Jahr unter Einbeziehung der Nachtzeit) und weiterer Extremmaßnahmen folgende Werte (Berechnungen siehe gleichfalls im Nachtrag):

- Stromaustrittsdichte $J_{max} = 24 \text{ mA/m}^2$
- Abtragungsrate $w = 28 \text{ } \mu\text{m/a}$

Mit Hilfe der im Nachtrag aufgeführten Formel (5 - 7) lassen sich auch Berechnungen über den Einfluß größerer Rohrnennweiten, Veränderungen im Abstand Rohrleitung/Fahrschiene und Erhöhung des spezifischen Bodenwiderstandes durchführen.

Für die Schubsicherungsfälle 1 und 3 (siehe Kapitel 2.1) ist für die Anwendung der o.g. Gleichung (5 - 1) zwar die Voraussetzung eines homogenen Rohrleitungsbelages G' erfüllt, nicht jedoch für den homogenen Rohrlängswiderstandsbelag R'_R . Deshalb gelten für diese beiden Fälle die oben besprochenen Kriterien der DIN 57150/VDE 0150 [10] und der AfK-Empfehlung Nr. 2 [11].

Die Aussagen über den Umfang eventueller Beeinflussungen sind in Abhängigkeit vom Schubsicherungszustand der Rohrleitung und der räumlichen Lage der Rohrleitung zu den Schienen der Gleichstrombahn in Tabelle 2 zusammengestellt.

5.2. Beeinflussung durch Streuströme aus kathodischen Schutzanlagen

Beim kathodischen Korrosionsschutz (KKS) wird im Bereich der stromeinspeisenden bzw. stromliefernden Anoden ein anodischer Spannungstrichter und im Gesamtbereich der geschützten Rohrleitung ein kathodischer Spannungstrichter erzeugt [12]. Bei der Beurteilung von Beeinflussungsfragen sind daher beide Bereiche getrennt zu betrachten. Der Vorgang der Beeinflussung ist aus den Bildern 2 und 3 ersichtlich. Im Falle einer Beeinflussung durch den anodischen Spannungstrichter tritt der Teilstrom im Bereich der Kreuzung oder starken Näherung mit der kathodisch geschützten Leitung wieder aus und kann u. U. an dieser Stelle eine Korrosion der Gußrohrleitung auslösen. Bei einer Beeinflussung durch den kathodischen Spannungstrichter wird ein Teil des kathodischen Schutzstromes von der Gußrohrleitung aufgenommen. Dieser Teilstrom tritt in den Erdboden über und fließt zur kathodisch geschützten Leitung zurück, wobei an den Stromaustrittsstellen eine Korrosionsgefahr bestehen kann.

Die Beeinflussungsmöglichkeiten von Gußrohrleitungen

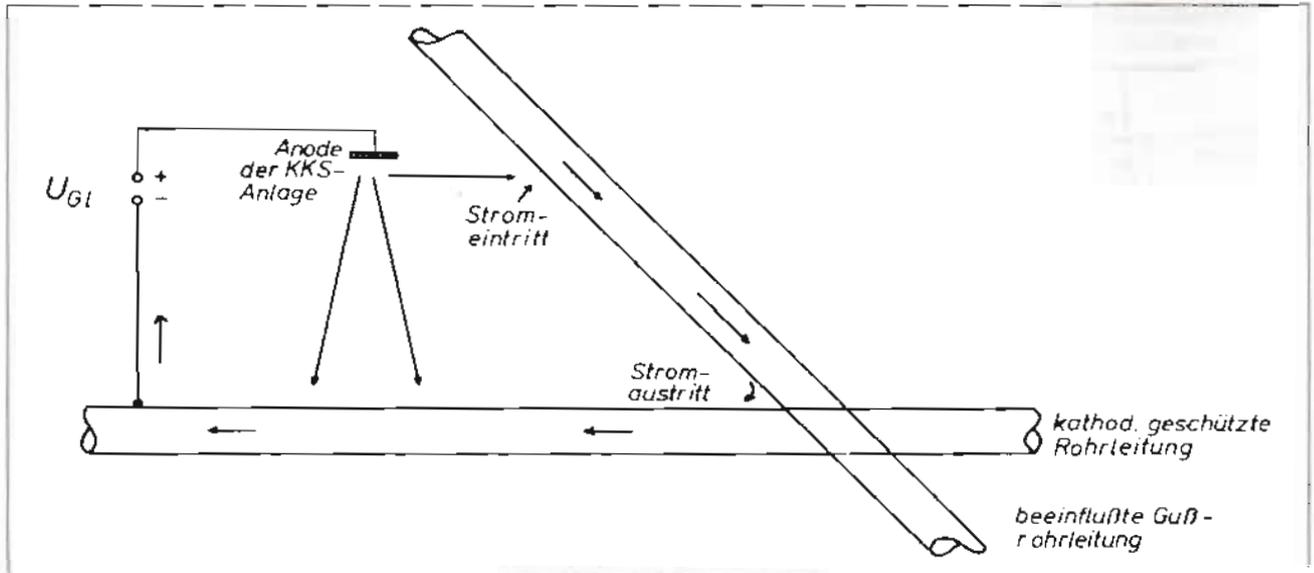


Bild 2: Prinzip der Beeinflussungsmöglichkeit von Gußrohrleitungen durch den anodischen Spannungstrichter einer kathodischen Korrosionsschutz-Anlage (KKS-Anlage)

werden, differenziert nach anodischem bzw. kathodischem Spannungstrichter, nachfolgend in Kapitel 5.2.1 bis 5.2.3 beschrieben.

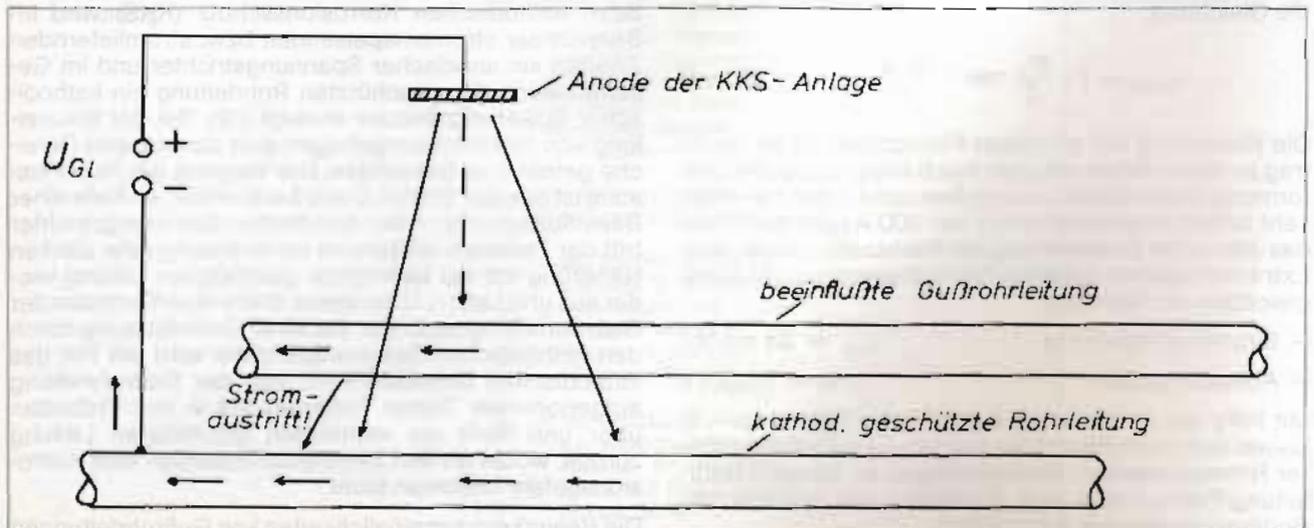
5.2.1 Angaben zum anodischen Spannungstrichter von Fremdstromanoden

Die größte Beeinflussungsgefahr besteht nur in dem Nahbereich einer Fremdstromanoden-Anlage, in dem die Spannung eines Punktes der Erdoberfläche gegen ferne Bezugselektroden den Grenzwert von 0,5 V überschreitet [14].

Für die konkrete Prüfung einer eventuellen Beeinflussungsgefahr ist es somit erforderlich, die sog. 0,5V-Grenze für die verschiedenen Formen von Fremdstromanoden-Anlagen (Horizontalanoden, Vertikalnaden, Tiefenanoden) zu ermitteln. Zu diesem Zweck sind beim Betreiber der KKS-Anlage folgende Angaben zu beschaffen:

- U_{Gl} = Gleichrichter-Ausgangsspannung
Anm.: daraus ist die Spannung U_a durch Abziehen von 2 V (Polarisationsspannung der Anoden!) zu errechnen.
 - L = Länge der Horizontalanoden-Anlage bzw. der Tiefenanoden-Anlage bzw. des Abstandes der beiden äußersten Vertikalnaden, jeweils einschließlich der vorhandenen Kokseinbettung.
 - Mittelpunkt der Anodenanlage
- Mit den Werten für U_a und L wird dann
- für Horizontalanoden- bzw. Vertikalnaden-Anlagen aus Bild 4 sowie
 - für Tiefenanoden-Anlagen aus Bild 5
- der Halbmesser r des Kreises um den Mittelpunkt der

Bild 3: Prinzip der Beeinflussungsmöglichkeit von Gußrohrleitungen durch den kathodischen Spannungstrichter einer kathodisch geschützten Rohrleitung



Anodenanlage ermittelt, der den kritischen Nahbereich ($> 0,5 \text{ V}$) der Anlage umschließt. Die beiden Bilder sind aus Angaben in der AfK-Empfehlung Nr. 9 [15] über den Potentialverlauf des anodischen Spannungstrichters entwickelt worden.

Die Aussagen über den Umfang eventueller Beeinflussungen sind in Tabelle 3, Abschnitt „A“ zusammengestellt.

5.2.2 Angaben zum anodischen Spannungstrichter von galvanischen Anoden

Infolge der relativ geringen Potentialdifferenz (max $0,5 \text{ V}$) zwischen den üblichen galvanischen Anoden aus Magnesium bzw. Zink und der zu schützenden Rohrleitung aus Eisenwerkstoffen ist der anodische Spannungstrichter nicht sehr ausgedehnt und daher eine Korrosionsgefährdung einer Gußrohrleitung bei Abständen von $> 1 \text{ m}$ von galvanischen Anoden nach den praktischen Erfahrungen nicht gegeben (vgl. auch Tabelle 3, Abschnitt „B“).

5.2.3 Angaben zum kathodischen Spannungstrichter

Bei der Betrachtung wird davon ausgegangen, daß die beeinflusste Gußrohrleitung nicht gleichzeitig auch den anodischen Spannungstrichter durchquert. Die für eine Beeinflussungsprüfung maßgebenden Einflußgrößen sind in Tabelle 4, 1. Spalte aufgeführt. Infolge

ihrer Vielfalt sind allgemeine mathematische Aussagen über den Beeinflussungsumfang nicht möglich. Eine wesentliche Hilfestellung geben jedoch die Ergebnisse systematischer Untersuchungen von F. Schwarzbauer, B. Thiem und E. Sachsenröder [16] an Leitungen mit niedrigem Rohrlängswiderstandsbelag und definierten Fehlstellengrößen in den Rohrhüllungen.

Aus dieser Arbeit lassen sich für die 4 Eckpunkte

- Abstand $a = 0,2 \text{ m}$ zwischen kathodisch geschützter und beeinflusster Rohrleitung (dieses Maß soll nach einschlägigen Vorschriften nicht unterschritten werden!),
- spezifischer Bodenwiderstand = $3\,500 \, \Omega \cdot \text{cm}$,
- kathodische Schutzstromdichte an der Fehlstelle = 300 mA/m^2 (sehr hoch),
- Verhältnis der Fehlstellen-Fläche S_1 (bei geschützter Leitung) zu S_2 (bei beeinflusster Leitung) von $10 : 1$ bis $1 : 10$,

folgende Werte für die Austritts-Stromdichte J_a und die Abtragungsrate w an der beeinflussten Leitung ermitteln:

S_1/S_2	$J_a \text{ (mA} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}$	$w \text{ (}\mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1}\text{)}$
10 : 1	45	52
1 : 1	3,6	4
1 : 10	1,5	2

Bild 4: Abhängigkeit des Radius r des Kreises der kritischen $0,5 \text{ V}$ -Grenze von der Länge L der Horizontal- bzw. Vertikal-Anodenanlage und der reduzierten Gleichrichterspannung U_A

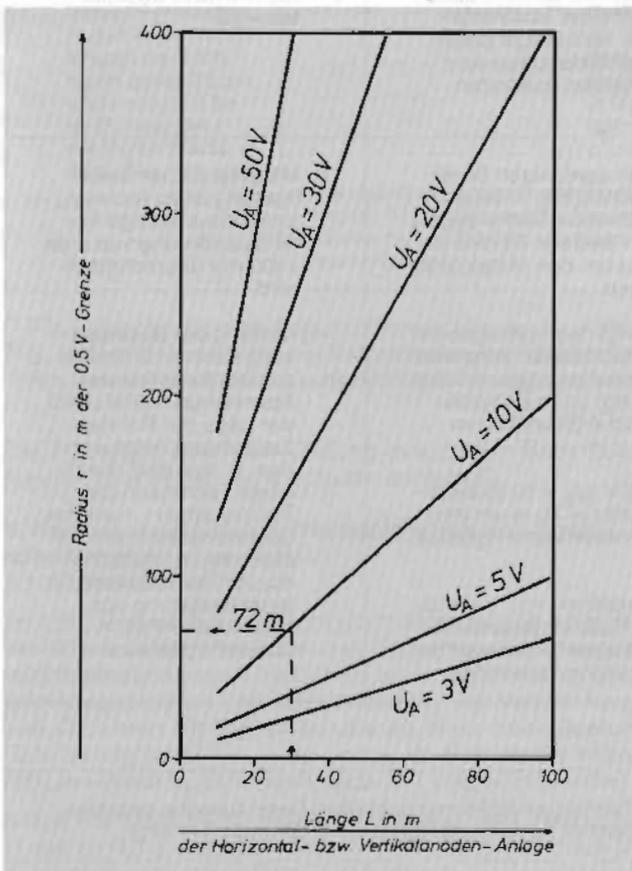


Bild 5: Abhängigkeit des Radius r des Kreises der kritischen $0,5 \text{ V}$ -Grenze von der Länge L der Tiefenanoden-Anlage und der reduzierten Gleichrichterspannung U_A

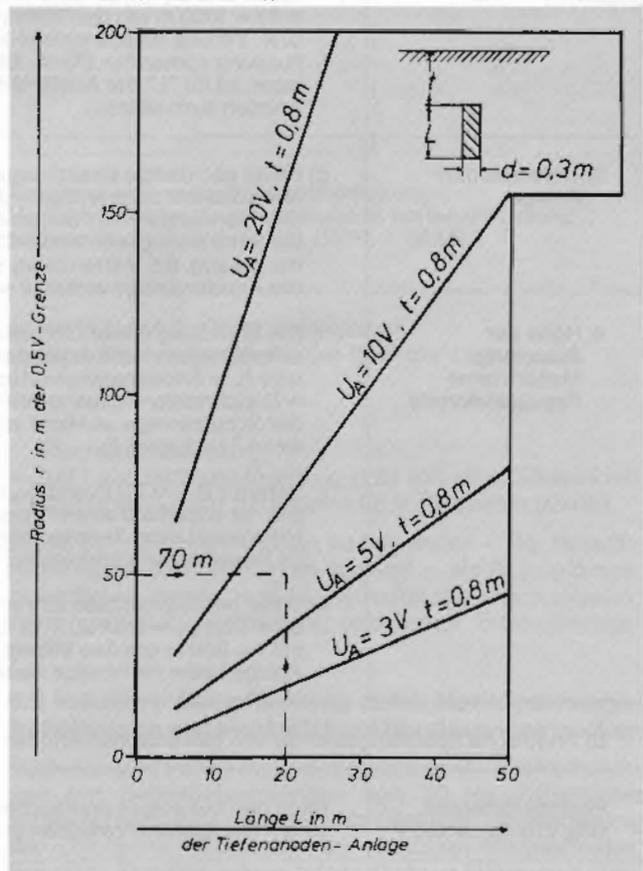


Tabelle 3: Übersicht über mögliche Beeinflussungen von Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen durch Gleichströme aus kathodischen Schutzanlagen (**anodische Spannungstrichter**)

Beeinflussungs-Kriterien	Umfang der Beeinflussung in Abhängigkeit von Schubsicherungszustand und Rohrumhüllung		
	Fall 1 (Rohrleitung nicht schubgesichert)	Fall 2 (Rohrleitung durchgehend schubgesichert)	Fall 3 (Rohrleitung schubgesichert) + je 1 Unterbrechung/100 m)
Rohrumhüllungen: PE-Umhüllung, ZM-Umhüllung, Zink-Überzug, Bitumenbeschichtung, Folien-Umhüllung			
A) Anodische Spannungstrichter von Fremdstrom-Anoden			
1. Horizontal- bzw. Vertikal-Anodenanlage	a) Keine nachteilige Beeinflussung in denjenigen Bereichen des anodischen Spannungstrichters, in denen die Spannung eines Punktes der Erdoberfläche gegen die ferne Bezugselektrode $< 0,5$ V beträgt. Es muß somit die sog. 0,5 V-Grenze als Kreis um den Mittelpunkt der Anodenanlage ermittelt werden.		e) Mit gefährlicher Beeinflussung ist zu rechnen, wenn die zulässige Potentialänderung von max +100 mV überschritten wird.
2. Höhe der Spannung Meßort/ferne Bezugselektrode	b) Die Ermittlung dieser Grenze erfolgt nach Erfragen der erforderlichen Kenndaten der kathodischen Schutzanlage (L = Anodenanlagen-Ausdehnungslänge und U_{GI} = Gleichrichter-Ausgangsspannung) beim Betreiber der Schutzanlage an Hand von Bild 3 (Einzelheiten siehe Text Kap. 5.2). c) Sofern z.B. $L = 30$ m und $U_{GI} = 12$ V ($U_A = 10$ V) betragen, ist außerhalb eines Kreises mit $r = 72$ m um den Mittelpunkt einer Horizontal-Anodenanlage keine nachteilige Beeinflussung vorhanden. d) Unter praxisgerechten Extremannahmen von $L = \max 100$ m und $U_A = \max 50$ V ist außerhalb eines Kreises mit $r = 1000$ m um den Mittelpunkt einer Horizontal- bzw. Vertikal-Anodenanlage keine nachteilige Beeinflussung vorhanden (Anm.: Bei Vertikal-Anoden-Anlagen ist für "L" der Abstand der beiden äußersten Anoden einzusetzen).		f) Umfang der Beeinflussung kann im Einzelfall aus der Kenntnis des Spannungstrichters und der Lage der Rohrleitung abgeschätzt werden. Hierzu sind durch einen Fachmann die Äquipotential-Linien des Spannungstrichters aufzuzeichnen und dann ab-zuprüfen, ob die Potentialänderung von max +100 mV nicht überschritten wird.
3. Tiefenanoden-Anlage	g) Keine nachteilige Beeinflussung in denjenigen Bereichen des anodischen Spannungstrichters, in denen die Spannung eines Punktes der Erdoberfläche gegen die ferne Bezugselektrode $< 0,5$ V beträgt. Es muß somit die sog. 0,5 V-Grenze als Kreis um den Mittelpunkt der Anodenanlage ermittelt werden.		l) Mit gefährlicher Beeinflussung ist zu rechnen, wenn die zulässige Potentialänderung von max +100 mV überschritten wird.
4. Höhe der Spannung Meßort/ferne Bezugselektrode	h) Die Ermittlung dieser Grenze erfolgt nach Erfragen der erforderlichen Kenndaten der kathodischen Schutzanlage (L = Anodenanlagen-Ausdehnungslänge und U_{GI} = Gleichrichter-Ausgangsspannung) beim Betreiber der Schutzanlage an Hand von Bild 4 (Einzelheiten siehe Text Kap. 5.2). i) Sofern z.B. $L = 20$ m und $U_{GI} = 12$ V ($U_A = 10$ V) betragen, ist außerhalb eines Kreises mit $r = 70$ m um den Mittelpunkt einer Tiefenanoden-Anlage keine nachteilige Beeinflussung vorhanden. k) Unter praxisgerechten Extremannahmen von $L = \max 50$ m und $U_A = \max 20$ V ist außerhalb eines Kreises mit $r = 350$ m um den Mittelpunkt einer Tiefenanoden-Anlage keine nachteilige Beeinflussung vorhanden.		m) Umfang der Beeinflussung kann im Einzelfall aus der Kenntnis des Spannungstrichters und der Lage der Rohrleitung abgeschätzt werden. Hierzu sind durch einen Fachmann die Äquipotential-Linien des Spannungstrichters aufzuzeichnen und dann ab-zuprüfen, ob die Potentialänderung von max +100 mV nicht überschritten wird.
B) Anodische Spannungstrichter von galvanischen Anoden			
Potentialdifferenz (Mg, Zn)/Fe ca. 0,5 V	Nach den bisherigen praktischen Erfahrungen ist keine nachteilige Beeinflussung gegeben, sofern der Abstand zwischen galvanischer Anode und Rohrleitung oberhalb 1 m liegt.		

Tabelle 4: Übersicht über mögliche Beeinflussungen von Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen durch Gleichströme aus kathodischen Schutzanlagen (**kathodische** Spannungstrichter)

Beeinflussungs-Kriterien	Umfang der Beeinflussung in Abhängigkeit von Schub sicherungs zustand und Rohrumhüllung			
	Fall 1 (Rohrleitung nicht schub gesichert)	Fall 2 (Rohrleitung durchgehend schub gesichert)		Fall 3 (Rohrleitung schub gesichert + je 1 Unterbrechung/100 m)
	PE-Umhüllung, ZM-Umhüllung, Zinküberzug, Bitumenbeschichtung, Folie	PE-Umhüllung, ZM-Umhüllung, Folien-Umhüllung	Zink-Überzug, Bitumenbeschichtung	PE-Umhüllung, ZM-Umhüllung, Zinküberzug, Bitumenbeschichtung, Folie
1. Abstand der kathodisch geschützten und der evtl. beeinflussten Leitung = > 0,2 m ³⁾		Bei einem Fehlstellenverhältnis von $S_1/S_2 = 1:10$ und $S_1/S_2 = 1:1^2)$	Es besteht keine Korrosionsgefahr, da sowohl der Zinküberzug als auch die Bitumenbeschichtung auf Grund ihrer Beschaffenheit als Schutzsysteme mit großen S_2 - Werten zu betrachten sind.	
2. Rohrlängswiderstandsbelag der Gußrohrleitung	Es ist nicht mit einer Korrosionsgefährdung zu rechnen, da infolge des hohen Rohrlängswiderstandsbelages der Gußrohrleitung die Stromaufnahme im kathodischen Spannungstrichter sehr gering ist.	besteht keine Korrosionsgefahr, da die Abtragsrate an der beeinflussten Rohrleitung nur $2 \mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$ bzw. $4 \mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$ beträgt.	Bei einem Verhältnis der Fehlstellenfläche von $S_1/S_2 = 1:10^2)$ beträgt die Abtragsrate nur $2 \mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$	Keine Aussage möglich. Eine mögliche Korrosionsgefährdung hängt sehr stark von der Ausdehnung des kathodischen Spannungstrichters und der jeweiligen Lage der kathodisch geschützten Leitung und der beeinflussten Leitung ab.
3. Schutzstromdichte der kathodisch geschützten Rohrleitung ¹⁾		Bei einem Verhältnis der Fehlstellenflächen von $S_1/S_2 \geq 10:1^2)$ muß mit einer Korrosionsgefahr gerechnet werden, da die Abtragsrate an der Gußrohrleitung $\geq 50 \mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$ beträgt.		
4. Art der Rohrumhüllungen				
5. Verhältnis der direkt benachbarten Fehlstellen in den Rohrumhüllungen der kathodisch geschützten und eventuell beeinflussten Rohrleitungen (siehe Anm. 2)				
Hinsichtlich ergänzender Einzelheiten ist auf eine spezielle Veröffentlichung von F. Schwarzbauer, B. Thiem und E. Sachsenröder: Leitungsabstände bei Beeinflussung durch den kathodischen Korrosionsschutz (gwf-gas/erdgas 120, (1979) S. 384/91) zu verweisen.				

¹⁾ Für Betrachtung eine Schutzstromdichte an der Fehlstelle von 300 mA/m^2 zugrunde gelegt.

²⁾ S_1 = Fehlstellenfläche der kathodisch geschützten Leitung, S_2 = Fehlstellenfläche der Gußrohr-Leitung.

³⁾ Abstandsmaß soll nicht unterschritten werden.

Die Aussagen über den Umfang eventueller Beeinflussungen sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

6. Beeinflussung durch Wechselströme aus Hochspannungsanlagen

6.1 Allgemeines

Im Einflußbereich von Hochspannungsanlagen können durch induktive, ohmsche und kapazitive Kopplungen Wechselspannungen zwischen einer Rohrleitung und dem umgebenden Erdreich entstehen. Zur Vermeidung von Gefahren für Personen, die an einer beeinflussten Rohrleitung beim Bau oder später im Betrieb arbeiten, müssen diese Spannungen nach [17] begrenzt werden

- bei Kurzzeitbeeinflussung (KB) mit einer Einwirkzeit bis zu 0,5 s auf höchstens 1000 V (Erdkurzschluß in Hochspannungsnetzen $\geq 110 \text{ kV}$ mit niederohmiger

Sternpunktserdung)

- bei Langzeitbeeinflussung (LB) mit einer Einwirkzeit von über 3 s auf höchstens 65 V (Betriebsströme).

Diese Spannungen werden im folgenden – der Sprachregelung in den Richtlinien folgend – als Rohrleitungspotential U_R bezeichnet. U_R bedeutet die Wechsellspannung zwischen Rohrleitung und ferner Erde (Bezugs-erde).

6.2 Induktive Beeinflussung durch Hochspannungsfreileitungen und elektrifizierte Bundesbahnstrecken

Betriebs- und Fehlerströme in Hochspannungsfreileitungen mit Betriebsfrequenzen von 50 Hz (öffentliche Stromversorgung) und 16 2/3 Hz (Bahnstromversorgung der Deutschen Bundesbahn) erzeugen Magnetfelder. Bei einer Parallelführung oder schrägen Näherung einer

Rohrleitung mit einer Hochspannungsfreileitung induzieren diese Magnetfelder Wechselspannungen in der Rohrleitung. Die induzierten Längsspannungen verursachen ihrerseits Wechselströme in der Rohrleitung und Spannungen zwischen der Rohrleitung und dem umgebenden Erdreich, die wegen der möglichen Unfallgefahr die in 6.1 genannten Grenzwerte nicht überschreiten dürfen.

Anhand des Bildes 6 soll die induktive Beeinflussung von Rohrleitungen unter Berücksichtigung der Einflußgrößen „Rohrlängswiderstand“ und „Umhüllungssystem“ besprochen werden.

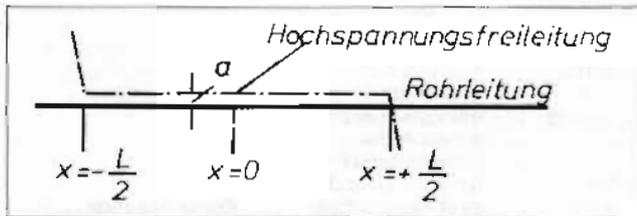


Bild 6: Beeinflussung einer Rohrleitung durch Wechselstrom aus einer Hochspannungsfreileitung bei Parallelführung

Die Abschätzung der Rohrleitungspotentiale U_R und der in den Rohrleitungen fließenden Ströme I_R kann durch Anwendung der Leitungstheorie durchgeführt werden. Im folgenden sollen nur die Endformeln angegeben werden; auf die Ableitung dieser Formeln wird verzichtet und auf das Schrifttum verwiesen [17, 18, 19, 20].

Für die Fälle 1 und 3 ergeben sich aus der Leitungstheorie für das maximale Rohrleitungspotential $U_{R,max}$, welches an den beiden durch elektrisch isolierende Rohrverbindungen gebildeten Rohrlängen (6 m) bzw. Rohrleitungsabschnitten (100 m) auftritt, folgende Beziehung:

$$|U_{R,max}| = \frac{|E|}{|\gamma|} \tan h \frac{|\gamma|L}{2} \quad (6-1)$$

Der maximale Rohrstrom ist:

$$|I_{R,max}| = \frac{|E|}{|\gamma| |Z_w|} \left| \left(1 - \frac{1}{\cos h \frac{|\gamma|L}{2}} \right) \right| \quad (6-2)$$

In diesen Gleichungen bedeuten:

$|E|$ Betrag der induzierten Längsfeldstärke im ideal isolierten Leiter ($V \cdot km^{-1}$)

$|\gamma|$ Betrag des Übertragungsmaßes der Rohrleitung (km^{-1})

$|Z_w|$ Betrag des Wellenwiderstandes (Ω)

L Länge der Parallelführung Rohrleitung/Hochspannungsanlage (km)

Im Fall 2 gelten folgende Gleichungen:

$$|U_{R,max}| = \frac{|E|}{2|\gamma|} \cdot \left| \left(1 - e^{-\gamma L} \right) \right| \quad (6-3)$$

$$|I_{R,max}| = \frac{|E|}{|\gamma| |Z_w|} \cdot \left| \left(1 - e^{-\gamma \frac{L}{2}} \right) \right| \quad (6-4)$$

Der Betrag der induzierten Längsfeldstärke $|E|$, der für ideal isolierte metallische Leiter gilt, kann nach [17] berechnet werden. In Bild 7 ist $\left| \frac{E^*}{|E^*|} \right|$ für die beiden Frequenzen 16 2/3 und 50 Hz, für den Reduktionsfaktor $r = 1$ und den Erwartungsfaktor $w = 1$ in Abhängigkeit von Abstand a der Parallelführung dargestellt. Die beiden Kurven des Bildes 7 gelten für folgende Fälle:

- 50 Hz- und 16 2/3 Hz-Erdkurzschlußströme
- 16 2/3 Hz-Fahrströme.

Werte für die durch Betriebsströme in 50 Hz-Drehstrom-Freileitungen induzierten Längsfeldstärken $|E_B|$ können für jeden Einzelfall nach [17], in dem auf weiteres Schrifttum hingewiesen wird, ermittelt werden.

Die in Gleichungen (6-1) bis (6-4) einzusetzende induzierte Längsfeldstärke $|E_K|$ für die Kurzzeitbeeinflussung (KB) und $|E_B|$ für die Langzeitbeeinflussung (LB) in der Dimension $V \cdot km^{-1}$ können nach der Gleichung

$$|E_{K,B}| = r \cdot w \cdot |E_{K,B}| \cdot \left| \frac{E^*}{|E^*|} \right| \quad (6-5)$$

berechnet werden.

Das Übertragungsmaß γ berücksichtigt die Abweichung von einem ideal isolierten Leiter und ist vom Rohrlängswiderstandsbelag R'_R und vom Ableitungsbelag G' bzw. vom Ausbreitungswiderstand r_A abhängig. Im Rahmen der eingangs erwähnten gutachtlichen Erhebungen wurden für die Abschätzung der Rohrleitungspotentiale und -Ströme eine Reihe von γ -Werten und $|Z_w|$ -Werten rechnerisch ermittelt und die maßgebenden Wert in Spalte 3 bzw. 4 der Tabelle 5 aufgeführt. Für die Umhüllungssysteme ZM-Umhüllung, Zinküberzug, Bitumenbeschichtung und Folienumhüllung wurden im Hinblick auf unterschiedliche Bodenwiderstände drei in Betracht kommende r_A -Werte gewählt.

Bild 7: Abhängigkeit der induzierten Längsfeldstärke vom Abstand Rohrleitung/induzierendem Leiter bei Parallelführung der Rohrleitung und Hochspannungsfreileitung bzw. elektrifizierten Bundesbahnstrecke

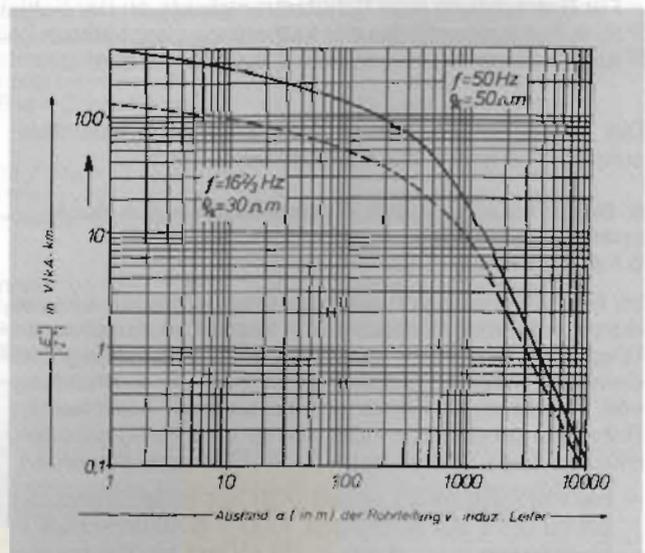


Tabelle 5: Übersicht über abgeschätzte Rohrleitungspotentiale und Rohrströme bei induktiver Kurzzeit- und Langzeitbeeinflussung von Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen durch Hochspannungsfreileitungen und elektrifizierte Bundesbahnstrecken.

Art der Rohr-Umhüllung	Ausbreitungs-widerstand r_A $\Omega \cdot m^2$	Übertragungsmaß γ der Rohrleitung km^{-1}	Wellenwiderstand Z_w Ω	Bezugsgröße der Werte-angabe	Werte in Abhängigkeit von Schubsicherungszustand, Rohrumhüllung, Wechselstromfrequenz und Beeinflussungsdauer											
					Fall 1 (Rohrleitung nicht schub-gesichert)				Fall 2 (Rohrleitung durchgehend schub-gesichert)							
					Fall 3 (Rohrleitung schub-gesichert + 1 Unterbrechg./100 m)				f = 50 Hz		f = 16 2/3 Hz		f = 50 Hz		f = 16 2/3 Hz	
					KB ³⁾		LB ⁴⁾		KB ³⁾		LB ⁴⁾		KB ³⁾		LB ⁴⁾	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
Polyethylen-Umhüllung	10 ⁵	0,14	39	$ U_{R,max} $ ¹⁾ V	200	9	6	2	14300	600	1125	161				
				$ I_{R,max} $ ²⁾ A	0	0	0	0	733	31	58	8				
Zementmörtel-Umhüllung bzw.	10	12,0	0,4	$ U_{R,max} $ V	200	9	6	2	166	7	13	2				
				$ I_{R,max} $ A	0	0	0	0	834	35	65	5				
Zinküberzug mit Deckbeschichtung bzw.	30	7,0	0,7	$ U_{R,max} $ V	200	9	6	2	286	12	23	3				
				$ I_{R,max} $ A	0	0	0	0	817	34	64	9				
Bitumen-Beschichtung bzw. Folien-Umhüllung	200	2,8	1,8	$ U_{R,max} $ V	200	9	6	2	715	30	56	8				
				$ I_{R,max} $ A	0	0	0	0	800	33	63	9				

1) maximales Rohrleitungspotential 2) maximaler Rohrstrom 3) Kurzzeit-Beeinflussung 4) Langzeit-Beeinflussung

Für die Abschätzung von $|U_{R,max}|$ und $|I_{R,max}|$ werden folgende extreme Bedingungen angenommen:

- 380 kV Doppelleitung mit Tannenbaum-Mastform (f = 50 Hz) Viererbündel 4 x 240/40 mm² Al/St, thermischer Grenzstrom $I_g = 2,4$ kA; $r = 0,65$; $a \approx 20$ m (dies entspricht dem Abstand der Rohrleitung von der vertikalen Projektion des äußersten Leiterseiles); Erdkurzschlußstrom $I_k = 40$ kA
- elektrifizierte Bundesbahnstrecke (f = 16 2/3 Hz), $I_g = 1$ kA, $I_k = 10$ kA, Schienenreduktionsfaktor $r = 0,5$. Mit $a = 10$ m wurde der unter praktischen Bedingungen geringstmögliche Abstand Rohrleitung/Bahngleis gewählt.

In der Tabelle 5 sind die unter der Annahme dieser Bedingungen berechneten Werte zusammengestellt, die folgende Aussagen ermöglichen:

- Im Falle 1 und 3 liegen die ermittelten $|U_{R,max}|$ -Werte für sämtliche Umhüllungssysteme deutlich unter den in 6.1 angegebenen Grenzspannungen. Die Rohrströme sind vernachlässigbar gering.
- Für den Fall 2 ergeben sich für das Umhüllungssystem PE unzulässig hohe Spannungen bei den angegebenen extremen Bedingungen. Durch Berechnung kann gezeigt werden, daß bei Abständen $a > 1000$ m unter

sonst unveränderten Bedingungen die zulässigen Spannungen unterschritten werden. Für Abstände zwischen 20 und 1000 m sowie andere nicht extreme Bedingungen müssen im Einzelfall Abschätzungen für $|U_{R,max}|$ und $|I_{R,max}|$ nach [17] durchgeführt werden.

- Für die übrigen Umhüllungssysteme liegen die $|U_{R,max}|$ -Werte der Tabelle 5 (Spalte 10 und 12) im Fall 2 deutlich unter den zulässigen Spannungen.
- die maximalen Rohrströme erreichen im Fall 2 bei 50 Hz Werte von einigen hundert Ampere, die für die Dauer von etwa 0,5 s fließen. Bei der Langzeitbeeinflussung liegen diese Werte bei einigen zehn Ampere, die im zeitlichen Mittel dauernd fließen. Die Frage, ob die abgeschätzten $|I_{R,max}|$ -Werte einen Einfluß auf die Übergangswiderstände der Rohrverbindungen haben, muß offen bleiben.

Diese Aussagen sind in der Zeile induktive Beeinflussung der Tabelle 6 zur allgemeinen Übersicht aufgeführt.

6.3 Ohmsche Beeinflussung

Beim Verlegen von Rohrleitungen im Bereich von spannungsführenden Leitern besteht für Personen große Gefahr bei unmittelbarer Berührung dieser Leiter, z.B. mit Baugeräten. Die in [17] angegebenen Maßnahmen sind unbedingt zu beachten.

Tabelle 6: Übersicht über mögliche Beeinflussungen von Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen durch Wechselströme aus Hochspannungsanlagen

Beeinflussungsart und -Kriterien	Umfang der Beeinflussung in Abhängigkeit von Schubsicherungszustand und Rohrumhüllung		
	Fall 1 (Rohrleitung nicht schubgesichert)	Fall 2 (Rohrleitung durchgehend schubgesichert)	Fall 3 (Rohrleitung schubgesichert + 1 Unterbrechung/100 m)
	PE-Umhüllung, ZM-Umhüllung, Zinküberzug, Bitumenbeschichtung, Folienumhüllung	PE-Umhüllung	ZM-Umhüllung, Zinküberzug, Bitumenbeschichtung, Folienumhüllung
A) Hochspannungsfreileitungen und elektrifizierte Bundesbahnstrecken			
Induktive Beeinflussung durch Betriebs- und Fehlerströme von Anlagen mit 50 Hz bzw. 16 2/3 Hz.	Die zulässigen Rohrleitungs-Potentiale werden deutlich unterschritten, und es besteht keine Gefahr für Personen. Die Rohrströme sind vernachlässigbar gering.	Bei extremen Bedingungen treten unzulässig hohe Rohrleitungspotentiale bei Abständen < 1000 m auf, bei Abständen > 1000 m besteht keine Gefahr. Bei anderen, nicht extremen Bedingungen Abschätzung nach [17] erforderlich. Eventl. Abhilfe: siehe AfK-Empfehlung Nr. 3 [17].	Selbst unter Annahme extremer Bedingungen werden die zulässigen Rohrleitungspotentiale nicht überschritten, und es besteht keine Gefahr für Personen. Es ist derzeit ungeklärt, ob hohe Rohrströme einen Einfluß auf die Übergangswiderstände der Rohrverbindungen haben.
Ohmsche Beeinflussung durch Spannungstrichter von Freileitungsmasten und Erdungsanlagen	Zur Vermeidung einer gefährlichen Beeinflussung müssen folgende Bedingungen eingehalten werden: <ul style="list-style-type: none"> - Freileitungsmasten: Abstand Rohrleitung/Mastfundament bzw. Masteckstiel bei Netzen ≥ 110 kV mind. 10 m und bei 15 kV Fahr- bzw. Speiseleitung mind. 3 m. - Erdungsanlagen: Abstand Rohrleitung/äußerer Rand Erdungsanlage bei 220 und 380 kV-Netzen mind. 300 m, bei 110 kV-Netzen mit niederohmiger Sternpunkterdung mind. 100 m, bei 110 kV-Netzen mit isoliertem Sternpunkt oder Erdschlußkompensation sowie 110 kV-Bahnstromnetzen mind. 50 m, bei Netzen ≤ 110 kV mind. 10 m. 		
Kapazitive Beeinflussung	Bei Gußrohr-Leitungen tritt keine kapazitive Beeinflussung auf		
B) Hochspannungskabel			
Siehe Kapitel 6.5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zur Vermeidung einer Lichtbogenbildung im Fehlerfall soll der lichte Abstand Rohrleitung/Hochspannungskabel bei Kreuzungen mind. 0,2 m, bei Parallelführungen mind. 0,4 m betragen. 2. Bei einem Abstand von 0,4 m ist keine induktive Beeinflussung zu befürchten 		

Eine andere ohmsche Beeinflussung von Rohrleitungen kann durch Spannungstrichter von Freileitungsmasten und Erdungsanlagen erfolgen. Zur Vermeidung einer gefährlichen Beeinflussung müssen nach [17] die in der Tabelle 6 eingetragenen Abstände eingehalten werden. Diese Abstände gelten für sämtliche Umhüllungssysteme und für die Fälle 2 und 3. Im Fall 1 können geringere Abstände zugelassen werden, was aber im Einzelfall überprüft werden muß.

6.4. Kapazitive Beeinflussung

Diese Art der Beeinflussung tritt nur bei längeren Rohrleitungssträngen, die auf gut isolierenden Unterlagen (z.B. auf Hölzern) liegen, auf. Da Gußrohre direkt in den Rohrgraben gelegt und miteinander verbunden werden, ist keine kapazitive Beeinflussung zu erwarten (siehe Tabelle 6).

6.5. Hochspannungskabel

Zur Vermeidung einer Lichtbogenbildung im Fehlerfall zwischen Rohrleitung und Hochspannungskabel soll bei Kreuzungen ein lichter Mindestabstand von 0,2 m eingehalten werden [17]. Bei Parallelführungen wird ein lichter Abstand von mindestens 0,4 m verlangt.

Die Phasenleiter von Hochspannungskabeln sind im allgemeinen verdreht, so daß keine nennenswerten Langzeitbeeinflussung durch Betriebsströme – wie sie bei Hochspannungsfreileitungen möglich sind (siehe Abschnitt 6.2) – auftreten. Weiterhin sind Hochspannungskabel mit einer metallischen Umhüllung versehen, so daß hierdurch ein sehr niedriger Reduktionsfaktor vorhanden ist. Eine unzulässige induktive Beeinflussung von Gußrohrleitungen in unmittelbarer Nachbarschaft von Hochspannungskabeln (Abstand 0,4 m) ist nicht zu befürchten (siehe Tabelle 6).

7. Zusammenfassung

In Form einer Studie auf der Basis des heutigen Wissensstandes wird ein Überblick über die Gesetzmäßigkeiten sowie den daraus abgeschätzten Beeinflussungsumfang an Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen unter Berücksichtigung der wichtigsten Beeinflussungsarten vermittelt. Die Betrachtungen beziehen sich auf die Art des beeinflussenden Fremdstromes, 3 verschiedene Fälle hinsichtlich des Zustandes der Längskraftschlüssigkeit der Rohrleitung, 5 verschiedene Rohrumhüllungsarten und die wichtigsten Konstellationen der räumlichen Lage Rohrleitung/Fremdstromanlage. In Tabelle 2 bis 4 und 6 sind die wichtigsten Schlußfolgerungen zusammengefaßt; in konkreten Fällen ist jedoch auch eine Durchsicht der zugehörigen Textkapitel für eine sachgerechte Urteilsfindung erforderlich.

Literatur

- [1] DIN 28600
Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen, Technische Lieferbedingungen
Weißdruck-Vorlage 1982 und Entwurf Februar 1981
- [2] Heim, G. und W.D. Gras
Außenseitiger Korrosionsschutz von Rohren aus duktilem Gußeisen *gwf-gas/erdgas* 123 (1982), S. 537/43
- [3] DIN 30674
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen
– Teil 1: Polyethylen-Umhüllung
Weißdruck September 1982
– Teil 2: Zementmörtel-Umhüllung
Gelbdruck-Vorlage Oktober 1981
– Teil 3: Zink-Überzug mit Deckbeschichtung
Weißdruck September 1982
– Teil 4: Beschichtung mit Bitumen
Weißdruck-Vorlage Oktober 1982
– Teil 5: Polyethylen-Folienumhüllung
Gelbdruck-Vorlage Oktober 1982
- [4] DIN 30675 Teil 2
Außerer Korrosionsschutz von erdverlegten Rohr-
- leitungen aus duktilem Gußeisen, Einsatzbereiche
Gelbdruck-Vorlage Oktober 1982
- [5] Gras, W. D.
Unveröffentlichte Untersuchungen 1969
- [6] Unveröffentlichte Untersuchungen von Thyssen
Schalker Verein GmbH, Gelsenkirchen, 1976 und 1981
- [7] DIN 30676 bzw. DVGW-Arbeitsblatt GW 10/GW 12
Planung, Errichtung und Betrieb des kathodischen
Korrosionsschutzes
Beide: Vorlage Oktober 1981
- [8] v. Baeckmann, W. und W. Schwenk:
Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes;
Verlag Chemie, 1980, S. 128/32
- [9] Pickelmann, P.:
Erfahrungen mit dem passiven Korrosionsschutz
von erdverlegten Rohrleitungen;
DVGW-Schriftenreihe Gas (1978) Nr. 23, S. 195/203
- [10] DIN 57150/VDE:
VDE-Bestimmung zum Schutz gegen Korrosion
durch Streuströme aus Gleichstromanlagen
August 1975
- [11] AfK-Empfehlung Nr. 2:
Neubearbeitung, persönl. Mitteilung J. Pohl
- [12] v. Baeckmann, W. und W. Schwenk:
Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes,
Verlag Chemie, 1980, S. 225
- [13] v. Baeckmann, W. und W. Schwenk:
Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes,
Verlag Chemie, 1980, S. 445
- [14] v. Baeckmann, W. und W. Schwenk:
Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes,
Verlag Chemie, 1980, S. 226
- [15] AfK-Empfehlung Nr. 9
Lokaler kathodischer Korrosionsschutz von unter-
irdischen Anlagen in Verbindung mit Stahlbeton-
fundamenten
- [16] Schwarzbauer, F., B. Thiem und E. Sachsenröder:
Leistungsabstände bei Beeinflussung durch den
kathodischen Korrosionsschutz,
gwf-gas/erdgas 120 (1979) S. 384/91
- [17] AfK-Empfehlung Nr. 3:
Maßnahmen beim Bau und Betrieb von Rohrleitun-
gen im Einflußbereich von Hochspannungslei-
tungen
Entw. März 1981
- [18] v. Baeckmann, W. und W. Schwenk:
Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes,
Verlag Chemie, 1980, S. 409/30
- [19] Röhrli, G.:
Berechnung der induzierten Längsspannungen an
hochspannungsbeeinflussten Rohrleitungen,
Elektrische Bahnen 38 (1967) S. 19/22
- [20] Böcker, H. und D. Oeding:
Induktionsspannungen an Pipelines in Trassen von
Hochspannungsleitungen,
Elektrizitätswirtschaft 65 (1966) S. 157/70
- [21] J. Pohl, persönliche Mitteilung
- [22] v. Baeckmann, W. und W. Schwenk:
Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes,
Verlag Chemie, 1980, S. 89
- [23] DIN 50905 Blatt 2:
Chemische Korrosionsuntersuchungen, Korro-
sionsgrößen bei gleichmäßiger Flächenkorrosion
Januar 1975

8. Nachtrag

Für den pro Längeneinheit austretenden größten Strom $I'_{q,max}$ (A/km) gilt für den ungünstigsten Fall der konzentrierten Stromspeisung nach [13] folgende Beziehung:

$$I'_{q,max} = I \cdot \frac{R'_s}{Z} \tan h \frac{\alpha L}{2} \quad (5-1)$$

In dieser Gleichung bedeuten:

$\frac{I}{A}$ = Fahrstrom der Gleichstrombahn (A \triangleq Ampère)

$$\alpha = \sqrt{G' (R'_s + R'_R)} \quad (5-2)$$

$\frac{\alpha}{\text{km}^{-1}}$ = Dämpfungsbelag

$$\frac{Z}{\Omega} = \sqrt{\frac{1}{G' (R'_s + R'_R)}} \quad \text{charakteristischer Widerstand} \quad (5-3)$$

$\frac{R'_s}{\Omega \cdot \text{km}^{-1}}$ = Widerstandsbelag der Fahrschiene

$\frac{R'_R}{\Omega \cdot \text{km}^{-1}}$ = Widerstandsbelag der Rohrleitung

$\frac{G'_{s-R}}{\text{s} \cdot \text{km}^{-1}}$ = Ableitungsbelag zwischen Fahrschiene und Rohrleitung

$\frac{L}{\text{km}}$ = Länge der Parallelführung
Rohrleitung/Fahrschiene

Der Term $\tan h \frac{\alpha L}{2}$ in Gleichung (5-1) erreicht für Werte von $\frac{\alpha L}{2} \sim 2$ den Wert 1, dh. $I'_{q,max}$ nimmt bei Parallelführung der Länge $\frac{L^*}{\text{km}} \geq \frac{4}{\alpha}$ nicht mehr zu. (5-4)

Für die Größe G'_{s-R} gilt:

$$G'_{s-R} = \frac{1}{R_{s-R} \cdot L} \quad (5-5)$$

Hierbei ist nach [21] für die Systeme nach 5.1.2 die Beziehung

$$R_{s-R} = \frac{\rho_E}{2 \pi L} \cdot \ln \frac{a^2 + t^2}{r_s \cdot r_R} \quad (5-6)$$

anzusetzen.
Es bedeuten:

$\frac{R_{s-R}}{\Omega}$ Widerstand zwischen Fahrschiene und Rohrleitung

$\frac{L}{\text{m}}$ Länge der Parallelführung

$\frac{\rho_E}{\Omega \text{m}}$ Spezifischer Bodenwiderstand

$\frac{a}{\text{m}}$ Abstand Fahrschiene/Rohrleitung

$\frac{t}{\text{m}}$ Verlegungstiefe der Rohrleitung

$\frac{r_s}{\text{m}}$ Ersatzradius der Fahrschienen einer zweigleisigen Strecke

$\frac{r_R}{\text{m}}$ Radius der Rohrleitung

Kombiniert man die Gleichungen (5-1), (5-2), (5-3), (5-5) und (5-6) und berücksichtigt, daß die Austrittsstromdichte

$$J_{max} = \frac{I'_{q,max}}{2 \pi r_R}$$

ist, so erhält man

$$J_{max} = I \frac{R'_s \tan h \frac{\alpha L}{2}}{2 \pi r_R \sqrt{(R'_s + R'_R) \cdot \frac{\rho_E}{2 \pi} \ln \frac{a^2 + t^2}{r_s \cdot r_R}}} \quad (5-7)$$

Zur Abschätzung von J_{max} sollen folgende Größen angenommen werden:

$I = 200 \text{ A}$; dies ist der über das ganze Jahr unter Einbezug der Nachtzeit gemittelte Strom

$R'_s = 10 \text{ m}\Omega/\text{km} = 1 \cdot 10^{-5} \Omega/\text{m}$; dieser Wert gilt für eine zweigleisige Strecke mit geschweißten Stößen

$R'_R = 5 \text{ }\Omega/\text{km} = 5 \cdot 10^{-3} \Omega/\text{m}$; dieser Wert gilt für schubgesicherte Rohrverbindungen mit 30 m Ω /Muffe (Fall 2). Der Längswiderstand duktiler Gußrohre kann vernachlässigt werden, da z.B. für DN 100, $s = 6 \text{ mm}$, $\rho_{GG} = 7 \cdot 10^{-7} \Omega \text{m}$ [22] der Widerstandsbelag für die glatte Rohrlänge nur $0,3 \cdot 10^{-3} \Omega/\text{m}$ beträgt.

$r_R = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ (DN 100)

$r_s = 4 \cdot 10^{-1} \text{ m}$

$\rho_E = 10 \text{ }\Omega \text{m}$

$a = 10 \text{ m}$

$t = 1 \text{ m}$

Mit diesen Werten erhält man aus (5-2)

$$\alpha = 19,2 \text{ km}^{-1}$$

und somit nach (5-4)

$L^* \geq 0,21 \text{ km}$, dh. die Austrittsstromdichte J_{max} wird unter den gegebenen Bedingungen bei größeren Längen der Parallelführung als 210 m nicht mehr zunehmen.

Da $R'_s \ll R'_R$ und $a > t$ ist, vereinfacht sich Gleichung (5-7) für $L^* \geq 210 \text{ m}$ zu:

$$J_{max} = \frac{I \cdot R'_s}{r_R \sqrt{2 \pi R'_R \cdot \rho_E \ln \frac{a^2}{r_s \cdot r_R}}} \quad (5-8)$$

Mit den angegebenen Werten ergibt sich aus Gleichung (5-8):

$$J_{max} = 24 \text{ mA/m}^2$$

Nach der Faraday'schen Beziehung für die Eisenauflösung

$$1 \text{ mA/m}^2 \Leftrightarrow 1,2 \mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1} \quad (5-9)$$

erhält man schließlich die Abtragsrate [23]:

$$w \sim 28 \mu\text{m} \cdot \text{a}^{-1} \quad (5-10)$$

Von Interesse sind die unter den angegebenen Bedingungen in den Gußrohrleitungen fließenden maximalen Rohrströme. Nach [13] gilt allgemein für den Rohrstrom

$$I_R = I \frac{R'_S}{R'_S + R'_R} \cdot \left[1 - \frac{\cosh \left(\alpha \left(x - \frac{L}{2} \right) \right)}{\cosh \left(\frac{\alpha L}{2} \right)} \right] \quad (5-11)$$

Der größte Rohrstrom fließt bei $x = \frac{L}{2}$, so daß sich aus (5-11)

$$I_{R \max} = I \frac{R'_S}{R'_S + R'_R} \cdot \left[1 - \frac{1}{\cosh \left(\frac{\alpha L}{2} \right)} \right] \quad (5-12)$$

ergibt.

Für größere Längen L der Parallelführung geht

$$\cosh \left(\frac{\alpha L}{2} \right) \rightarrow \infty.$$

$$I_{R \max} = I \frac{R'_S}{R'_S + R'_R} \quad (5-13)$$

Setzt man in Gleichung (5-13) die oben angegebenen Werte ein, so erhält man

$$I_{R \max} = 400 \text{ mA}$$

dh. die in den Gußrohrleitungen auftretenden maximalen Rohrströme sind sehr gering.

Besondere Hinweise und Verlegebedingungen für Entwässerungskanäle und -leitungen aus duktilem Gußeisen

Von Karl Niederländer

Rohre aus duktilem Gußeisen haben etwa ab Mitte der 60er Jahre die seit vielen Jahrzehnten in der Gas- und Wasserversorgung und in der Abwasserentsorgung bewährten Graugußrohre abgelöst.

In der FGR-Informationsschrift Nr. 12 wurde über die Normung von Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen für Abwässerkanäle und -leitungen und in den FGR-Informationsschriften Nr. 4, 12, 14 und 15 über den Einsatz von duktilen Gußrohren in Abwasser-Entsorgungsleitungen berichtet. In diesen Veröffentlichungen wird über den generellen Einsatz der Rohre in der Abwassertechnik und über die Bauplanung und -ausführung von einzelnen bautechnisch interessanten Objekten geschrieben. Ohne hier nochmals auf die Einzelheiten des Werkstoffes „duktiler Gußeisen“ einzugehen, sei nur kurz herausgestellt, was für den Bau der Leitungen aus duktilen Gußrohren entscheidend war bzw. was für die Verwendung duktiler Gußrohre in der Abwassertechnik spricht.

- Duktile Gußrohre sind praktisch für alle Lastfälle aus Innendruck, hohen Überdeckungen oder niedrigeren Überdeckungen und hohen Verkehrslasten geeignet.
- Die gummigedichteten beweglichen Steckmuffen-Verbindungen sind gegen Innen- und Außendruck dicht, selbst bei Setzungen und Senkungen. Die absolute Dichtheit der Rohre und ihrer Verbindungen gibt eine große Sicherheit bei Abwasserleitungen, worauf es z.B. in Trinkwasserschutzgebieten besonders ankommt.
- Die serienmäßige Zementmörtelauskleidung unter Verwendung eines hoch-sulfatbeständigen Hochofenzementes bietet einen ausgezeichneten Schutz, nicht nur bei häuslichen und industriellen Abwässern, sondern auch bei aggressiven Abwässern, gleichbleibende hydraulische Eigenschaften, große Abriebfestigkeit, auch bei hohen Fließgeschwindigkeiten.

- Der serienmäßige Außenschutz schützt die Rohre wirkungsvoll.
- Bei stark aggressiven Böden wird empfohlen, den Rohrhersteller wegen eines geeigneten Außenschutzes zu konsultieren.
- Die Steckmuffen-Verbindung erlaubt eine einfache, schnelle und sichere Verlegung.
- Paßlängen können auf der Baustelle von den Lieferlängen abgeschnitten werden.
- Die Möglichkeit des Schweißens an duktilen Gußrohren erlaubt schnelle und preisgünstige Lösungen durch Anschweißen von Abzweigstutzen (z.B. Nebenleitungen, Entlüftungen), Mauerflanschen, Kontroll- und Reinigungsöffnungen.
- Leitungen mit längskraftschlüssigen Muffenverbindungen bieten die Möglichkeit für eine optimale Trassenführung in schwierigem Gelände, wie z.B. in Steilhängen, instabilen Böden, Kreuzungen von Flüssen.

In der nachstehend veröffentlichten FGR-Norm 60 sind die wichtigsten Baugrundsätze der Rohrauflagerung und -einbettung behandelt sowie Hinweise und Lösungsvorschläge für Sonderfälle in der Rohrverlegung, Anschlüsse an Bauwerke und Schächte, von Nebenleitungen und der Einbau von Revisionsöffnungen aufgezeigt.

Bei der Vielfalt der angesprochenen Probleme, die von Objekt zu Objekt unterschiedlich sein können, ist es nicht möglich, im Rahmen dieser FGR-Norm alle Lösungsmöglichkeiten bis in die letzten Einzelheiten darzustellen.

Es wird jedoch gezeigt, daß mit duktilen Gußrohren praktisch alle in Abwasser-Entsorgungsanlagen vorkommenden Aufgaben und Probleme bautechnisch sicher und schnell gelöst werden können. Die Schweißbarkeit des duktilen Gußeisens zeigt neue Möglichkeiten für Problemlösungen in der Abwassertechnik. Die Hersteller von duktilen Gußrohren bieten ihre technische Beratung bei anstehenden Fragen, wie z.B. bei Rohrberechnungen (Statik, Durchfluß), bei der Planung schwieriger Baumaßnahmen und bei der Bauausführung an.

Besondere Hinweise und Verlegebedingungen für Entwässerungskanäle und -leitungen aus duktilem Gußeisen

F G R
60

Inhalt

1. Allgemeines
2. Rohrgraben und Rohraufleger
3. Einbetten der Rohre
4. Sonderfälle bei der Rohrverlegung
 - 4.1 Rohre in Hang- und Steilstrecken
 - 4.1.1 Verlegung der Rohre bergwärts
 - 4.1.2 Verlegung der Rohre hangabwärts
 - 4.1.3 Revisionsöffnungen in Steilstrecken
 - 4.2. Verlegung in instabilen Böden
 - 4.3 Dükerverlegung
 - 4.3.1 Einheben
 - 4.3.2 Einziehen
 - 4.3.3 Verlegung im Grundwasser
5. Anschluß an Bauwerke und Schächte
 - 5.1 Anschluß an Bauwerke
 - 5.2 Anschluß an Schächte
6. Anschluß von Nebenleitungen
7. Anschluß von Entlüftungen
8. Einbau von Reinigungsstücken und Kontrollstücken
9. Molchen von Leitungen
10. Besondere Maßnahmen bei aggressiven Böden und Wässern
11. Mitgeltende Normen und Vorschriften

1. Allgemeines

Rohre aus duktilem Gußeisen für Entwässerungskanäle und -leitungen sind in den Nennweiten DN 100 bis DN 2000 genormt, und zwar in:

DIN 19690 – Technische Lieferbedingungen

DIN 19691 – Maße und Gewichte

Sie werden mit Steckmuffen-Verbindungen nach DIN 28603 geliefert.

Rohre aus duktilem Gußeisen nach DIN 19690 sind zum Bau von erdverlegten Freispiegelleitungen oder Abwasser-Druckleitungen bis PN 6 geeignet. Für Abwasser-Druckleitungen über PN 6 sind Rohre nach DIN 28600 zu verwenden.

Bei der Verlegung von duktilen Gußrohren sind grundsätzlich die entsprechenden Verlegeanleitungen der Rohrhersteller und die Richtlinien für die Ausführung von Entwässerungskanälen und -leitungen nach DIN 4033 sowie die DIN 19630 zu beachten.

2. Rohrgraben und Rohraufleger

Die DIN 4033 behandelt eingehend die Ausbildung des Rohrgrabens, der Grabensohle und die Auflagerung der Rohre in den verschiedenen Bodenarten.

Die Rohrauflegerung ist von wesentlichem Einfluß auf die Tragfähigkeit der Rohrleitung. Die Rohre sollen auf der ganzen Länge des Rohrschaftes auf der Grabensohle aufliegen. Für die Muffe ist deshalb eine ausreichend große Vertiefung in der Grabensohle auszuheben (Bild 1).

Fortsetzung Seite 2

Aufgrund der hohen Werkstofffestigkeit und der Verformungsfähigkeit des duktilen Gußeisens können in nichtbindigen Böden die Rohre auf der ebenen Grabensohle verlegt werden und das Auflager – nach DIN 4033, Bild 3 c – kann durch Unterstopfen und Verdichten mit nichtbindigem verdichtungsfähigem Material hergestellt werden (Bild 2). In bindigen Böden können die Rohre ebenso verlegt werden, wenn der gewachsene Boden und der für das Unterstopfen vorgesehene verdichtungsfähige Boden für die Herstellung des Auflagers geeignet sind.

Das seitliche Unterstopfen ist mit nichtbindigem, verdichtungsfähigem Material vorzunehmen.

Die Grabensohle darf nicht aufgelockert werden. Dennoch aufgelockerter Boden muß durch Stampfen oder Rütteln

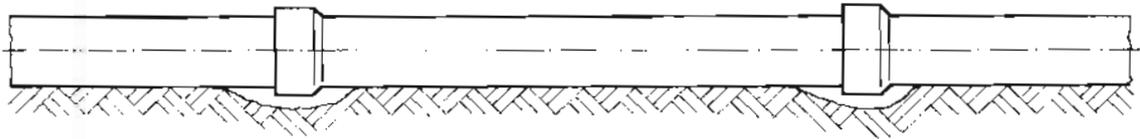


Bild 1

verdichtet werden. Bei aufgelockertem bindigem Boden muß der Boden bis zur Tiefe der Auflockerung ausgehoben und durch nichtbindigen Boden ersetzt und verfestigt werden. In trockenem, tragfähigem, steinfreiem Boden sind im allgemeinen keine besonderen Maßnahmen erforderlich.

Bei stark steinigem oder felsigem Boden ist zur Vermeidung von Lastkonzentrationen die Grabensohle tiefer auszuheben und durch Einbringen von verdichtungsfähigem Material (z.B. Kies, Sand-Kies, Sand) ein geeignetes Rohraufleger zu schaffen (Bild 3).

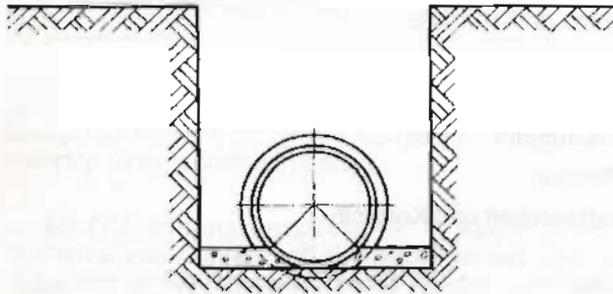


Bild 2

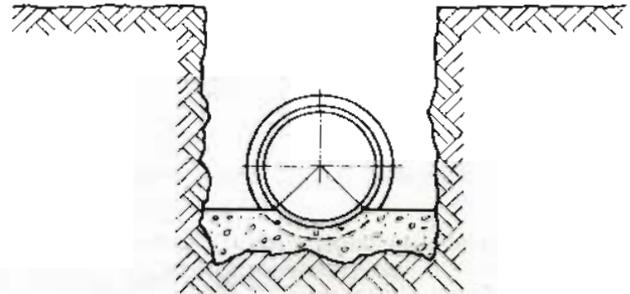


Bild 3

3. Einbetten der Rohrleitung

Rohre aus duktilem Gußeisen können für alle in der Praxis üblichen Überdeckungshöhen und zusätzlichen Verkehrs- oder Flächenlasten eingesetzt werden.

Die biegeweichen duktilen Gußrohre verformen sich unter vertikalen Lasten und stützen sich in der Kämpferzone gegen den anstehenden Boden ab. Dabei werden zusätzliche Stützkkräfte des umgebenden Erdreiches wirksam, und der Boden wird Bestandteil des Tragesystems (Bild 4).

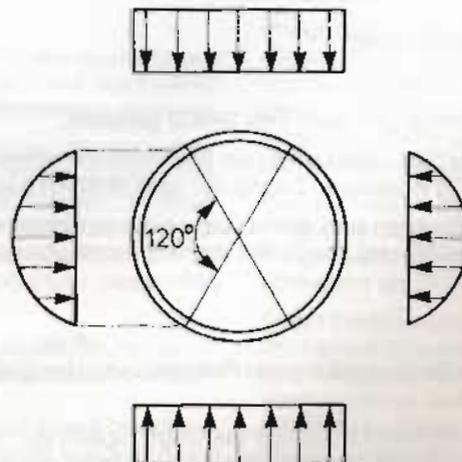


Bild 4

Fortsetzung Seite 3

Aus diesem Grunde kommt dem Einbetten der Rohre eine besondere Bedeutung zu. Die Einbettung ist die seitliche und bis 0,3 m über den Rohrscheitel reichende, verdichtete Verfüllung in der Leitungszone.

Im Bereich der Leitungszone darf nur verdichtungsfähiges Material verwendet werden. Das Material ist beiderseits der Rohrleitung und bis 0,3 m über Rohrscheitel in Lagen bis zu 0,3 m anzuschütten und von Hand oder mit leichten maschinellen Geräten sorgfältig zu verdichten – insbesondere der Bereich der Zwickel unter dem Rohr.

Die Leitungszone entspricht bei:

- Grabenleitungen der Breite des Grabens (Bild 5)
- Dammleitungen oder bei sehr breiten Gräben der Breite des 3-fachen Rohrdurchmessers (Bild 6).

Im allgemeinen muß nach DIN 4033, Abs. 4.2, für Entwässerungskanäle und -leitungen die Tragfähigkeit der Rohrleitung unter Berücksichtigung der maßgebenden Einflüsse statisch nachgewiesen werden. Die in der statischen Berechnung vorausgesetzte Lagerungsdichte des Bodens in der Leitungszone ist durch entsprechende Verdichtung gesichert herzustellen. Sie ist auf Anforderung nachzuweisen (Einbaufall IV nach ATV-Arbeitsblatt A 127).

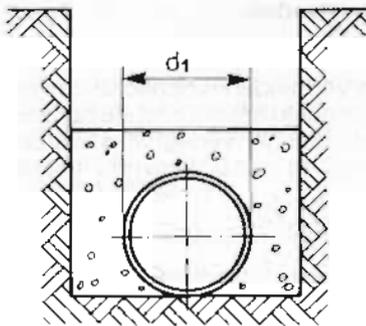


Bild 5: Im Graben

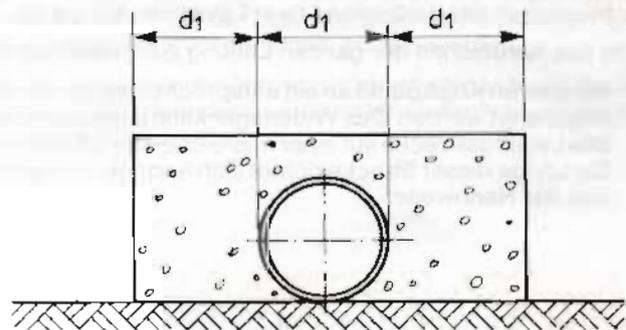


Bild 6: In Dammschüttung

Anm.: Bei biegeweichen Rohren kann im Regelfall ein Auflagerwinkel von 180° der statischen Berechnung zugrunde gelegt werden.

Bei der unter Punkt 2 beschriebenen Auflagerung und unter Punkt 3 beschriebenen Einbettung und bei guter Verdichtung in der Leitungszone kann als Richtwert für den Einbau von duktilen Gußrohren nach DIN 19690 eine Überdeckungshöhe von $H = 0,8$ bis 6 m bei gleichzeitiger Belastung durch eine Verkehrslast SLW 60 angenommen werden. Das weitere Überschütten der eingebetteten Leitung soll lageweise in solchen Schichthöhen vorgenommen werden, daß die Schüttung ausreichend verdichtet werden kann. Bei dem Einsatz von mittleren und schweren Verdichtungsgeräten ist das Merkblatt für das Verfüllen von Leitungsgräben zu beachten.

4. Sonderfälle bei der Rohrverlegung

4.1 Rohre in Hang- und Steilstrecken

Bei Verlegung der Rohre in Hang- und Steilstrecken treten zusätzliche Kräfte auf, die unter Umständen so groß sind, daß zusätzliche Sicherungsmaßnahmen gegen Hangabtrieb erforderlich werden; insbesondere bei Richtungsänderungen in der Leitungsführung.

Bis zu einer Hangneigung von 15° (1:4) sind im allgemeinen keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich, wenn das Erdreich im Bereich der Leitungszone verdichtet ist.

Bei Steilstrecken mit größeren Neigungen als 15° wird empfohlen:

4.1.1 Verlegung der Rohre bergwärts

Bei der Verlegung bergwärts sind die Einsteckenden bis zum Muffengrund einzuführen.

In diesem Falle sind an dem unteren Knickpunkt und bei evtl. Richtungsänderungen in der Leitung Betonwiderlager anzuordnen. In der Strecke selbst ist jedes 3. Rohr hinter der Muffe mit einem Betonriegel, der etwa 0,3 m in die Grabensohle und -wände reichen soll, zu sichern. Diese Riegel verhindern gleichzeitig das Abrutschen des eingefüllten Erdreiches und sind ein Schutz gegen Unterspülung (Bild 7).

Befinden sich Schächte innerhalb der Steilstrecke, dann sind die Anschlußrohre mittels Mauerflanschen in die Schachtwand einzubinden.

4.1.2 Verlegung der Rohre hangabwärts

Die Rohrleitung hangabwärts zu verlegen bietet sich an, wenn

- es sich aus dem Verlegeablauf her ergibt
- die Steilstrecke so schwierig ist, daß das Einbringen des Betons zur Sicherung der Leitung im Hang oder an Richtungsänderungen zu aufwendig wird.

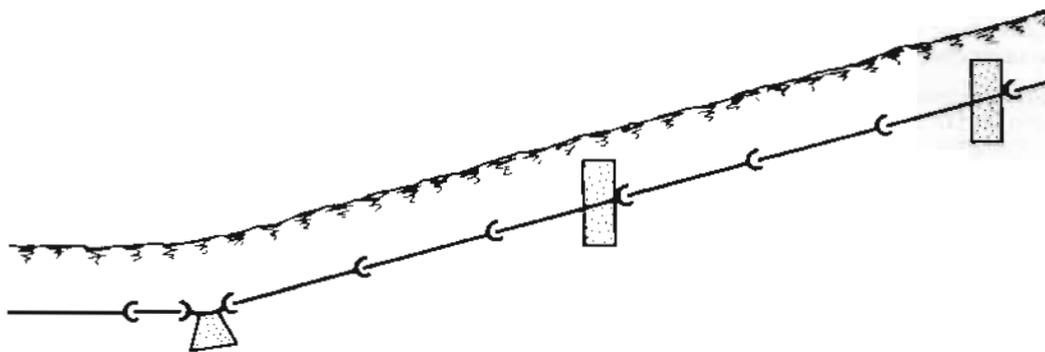


Bild 7

Die Leitungen sind mit längskraftschlüssigen Verbindungen zu verlegen und so zu montieren, daß die Längskraftschlüssigkeit der Verbindung direkt gegeben ist, um das Abrutschen der Rohre zu verhindern.

Um das Abrutschen der ganzen Leitung zu verhindern, muß diese

- am oberen Knickpunkt an ein entsprechendes großes Widerlager (Bild 8) oder evtl. vorhandenes Schachtbauwerk angehängt werden. Das Widerlager kann eingespart werden, wenn die an den Knickpunkt anschließende horizontale Leitungsstrecke auf einer ausreichenden Länge mit längskraftschlüssigen Verbindungen verlegt wird (Bild 8a). Die Länge dieser Strecke richtet sich nach der Hangneigung, der Leitungslänge im Hang, den Bodenverhältnissen und der Nennweite.

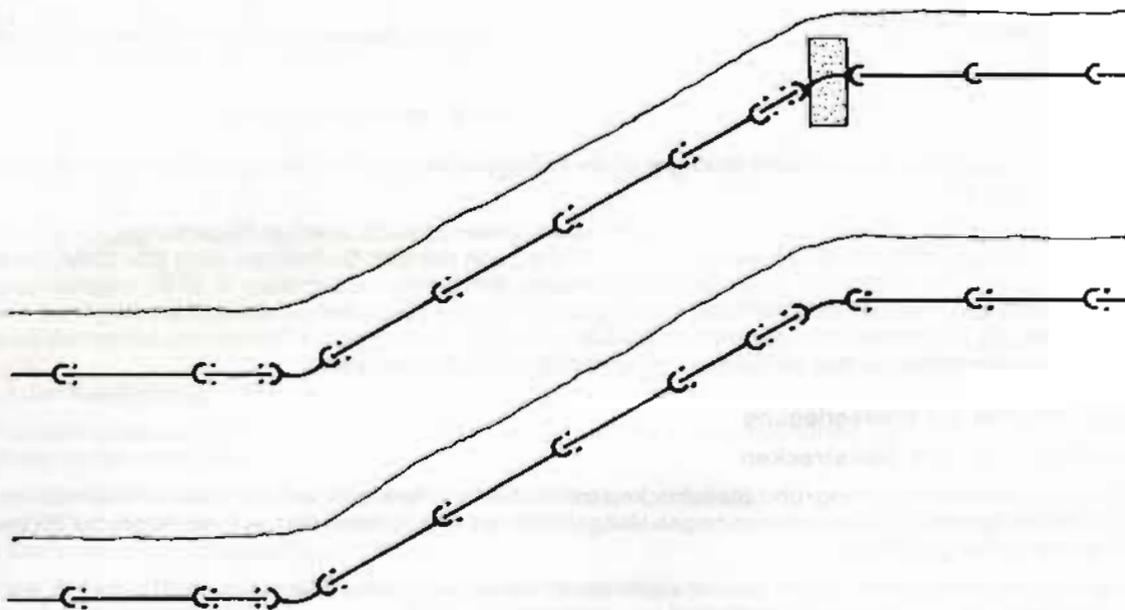


Bild 8

Bild 8 a

4.1.3 Revisionsöffnungen in Steilstrecken

Wegen der hohen Fließgeschwindigkeiten in Steilstrecken empfiehlt es sich, die Leitungen in den Schächten an Richtungsänderungen, Gefällknickpunkten oder an Kontrollpunkten ohne Unterbrechung durchzuführen. Die Rohre werden durch die Schachtwände durchgeführt, und in dem Schachtraum wird eine drucksicher verschlossene Revisionsöffnung entsprechend den Bildern 25 und 26, (s. Abschnitt 8) vorgesehen.

Diese geschlossene Bauweise bietet die Möglichkeit, die in Steilstrecken verlegten Leitungen als Druckleitung zu betreiben. Bei eventuellem Rückstau wird ein Wasserüberlauf in den Schächten verhindert. Die Kontrollmöglichkeiten für die einzelnen Halterungen sind jederzeit gegeben.

4.2. Verlegung in instabilen Böden

In nicht tragfähigem Boden werden besondere Maßnahmen erforderlich, um ein Setzen der Rohrleitungen zu verhindern. Setzungsgefährdet sind Leitungen vor allem in Moor- und Torfböden sowie in schluffigen und organischen Bodenarten.

In den meisten Fällen wird man mit einer Untergrundverbesserung (z.B. Bodenaustausch, Schotterbett, Bongossimatten oder Betonplatten) auskommen.

Fortsetzung Seite 5

Reichen diese Maßnahmen nicht aus, bietet sich die Verlegung auf Pfahljochen an. Duktile Gußrohre benötigen trotz ihrer großen Baulängen von 6 bis 8 m nur eine Pfahlgründung je Rohr, Bild 9. Die Auflagerung ist durch eine Rohrstatik zu bemessen.

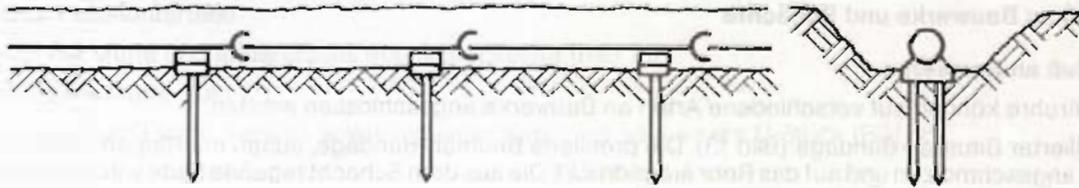


Bild 9

4.3 Dükerverlegung

Beim Verlegen von Abwasser-Entsorgungsleitungen stößt man immer wieder auf Hindernisse, wie z.B. Wasserläufe, die den Bau von Dükerleitungen erfordern. Dükerleitungen haben innerhalb der Leitungsnetze eine besondere Bedeutung, da es sich hier um Leitungen handelt, an die große Sicherheitsanforderungen gestellt werden.

Duktile Gußrohre mit ihren beweglichen, gummigedichteten Muffenverbindungen ermöglichen elegante und technisch sichere Lösungen beim Bau von Dükerleitungen. Besonders die Anwendung von duktilen Gußrohren mit längskraftschlüssigen Muffen-Verbindungen bietet vorteilhafte Verlegungsmöglichkeiten.

4.3.1 Einheben

Zusammenbau am Ufer und dann mittels Hebegerät eingehoben (Bild 10).

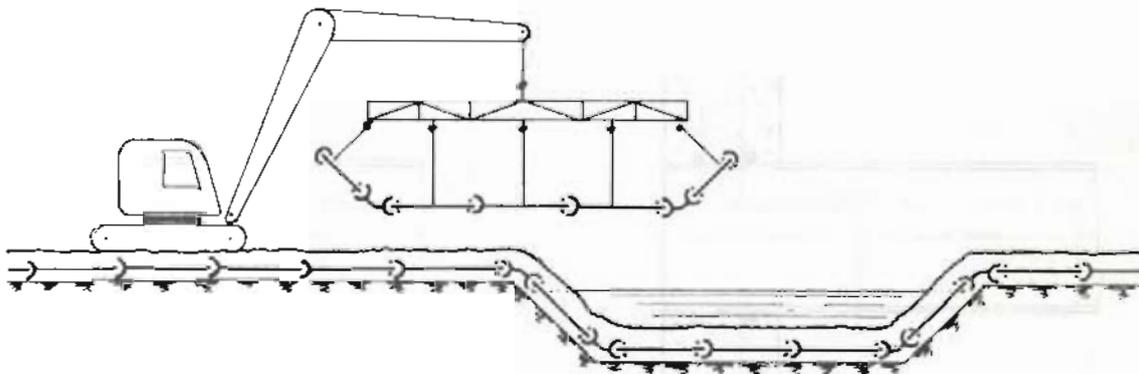


Bild 10

4.3.2 Einziehen

In Verlängerung der Dükerachse wird die Dükerleitung an Land montiert und nach einer Vorprüfung von dem gegenüberliegenden Ufer aus mittels Seilwinde eingezogen (Bild 11).

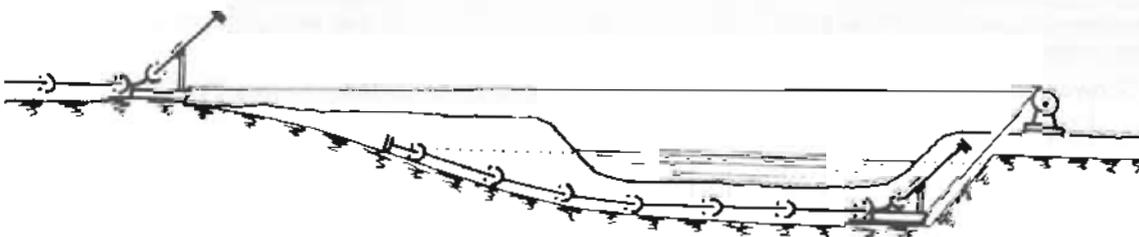


Bild 11

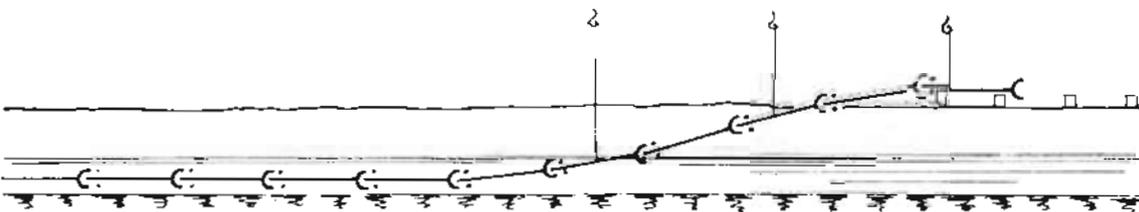


Bild 12

4.3.3 Verlegung im Grundwasser

Bei hoch anstehendem Grundwasser, wie es in Niederungen und in Nähe von Gewässern angetroffen wird, können duktile Gußrohre mit längskraftschlüssiger Muffenverbindung auf einer längeren Leitungsstrecke über dem Graben montiert und anschließend mit mehreren Hebezeugen abgesenkt werden (Bild 12).

5. Anschluß an Bauwerke und Schächte

5.1 Anschluß an Bauwerke

Duktile Gußrohre können auf verschiedene Arten an Bauwerke angeschlossen werden:

- mit profilierter Bitumen-Bandage (Bild 13). Die profilierte Bitumen-Bandage, außen mit Rippen, wird mit weicher Flamme angeschmolzen und auf das Rohr aufgedrückt. Die aus dem Schacht ragende Seite wird anschließend zusätzlich mit einer Binde umwickelt.

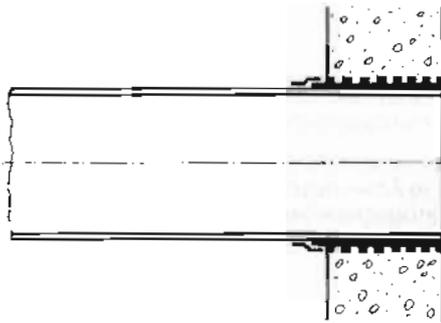


Bild 13

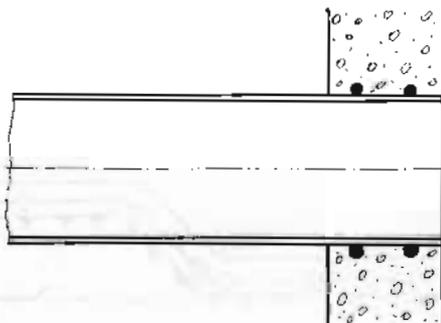


Bild 14

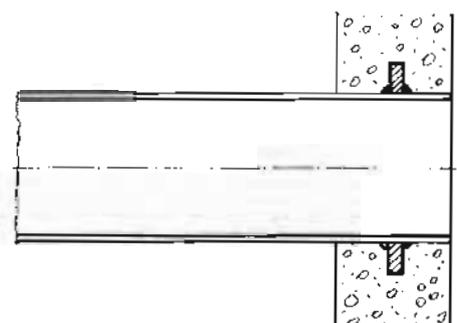


Bild 15

- mit 2 Dichtringen (Bild 14). Die beiden Dichtringe werden mit großer Vorspannung auf das Rohrende aufgezogen und später in Beton eingegossen.
- mit Mauerflansch (Bild 15). Dies ist eine kraftschlüssige Einbindung, die für größte Belastungen geeignet ist. Die Mauerflanschen können im Werk oder auf der Baustelle nach Bedarf in jeder Position angeschweißt werden*). Sie werden später in den Beton eingegossen und so kraftschlüssig mit dem Bauwerk verbunden. Um eine gute Haftung und Abdichtung zwischen Rohr, Mauerflansch und Beton zu erhalten, ist evtl. vorhandener Anstrich an dem Rohr und Mauerflansch zu entfernen.

*) Beim Schweißen sind die Richtlinien DVS 1502 Teil 1 und Teil 2 zu beachten.

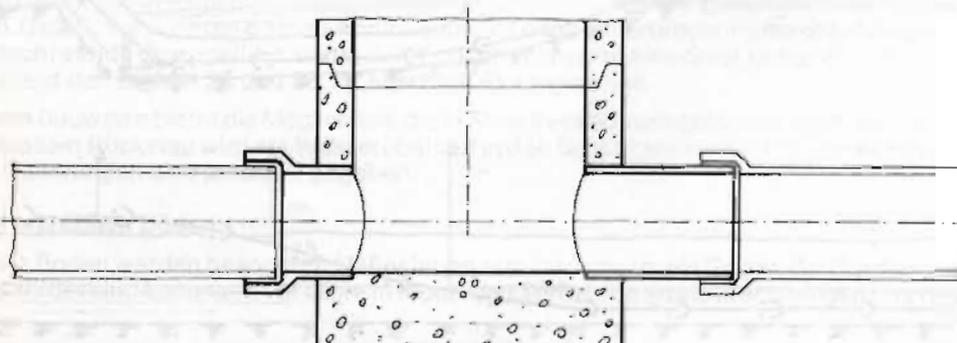


Bild 16

5.1. Anschluß an Schächte

Der Anschluß an Ortbeton- oder gemauerte Schächte kann wie der Anschluß an Bauwerke durchgeführt werden, besonders bei Rohren großer Nennweiten über DN 600.

Bei den Rohren bis DN 600 bieten sich folgende Lösungen an:

Vorgefertigte Betonunterteile

- einerseits mit Muffe und andererseits mit Einsteckende (Bild 16)
- beiderseits mit Muffe (Bild 17)
- mit beiderseitigen Einsteckenden sowie mit einer Kupplung oder einem U-Stück (Bild 18)

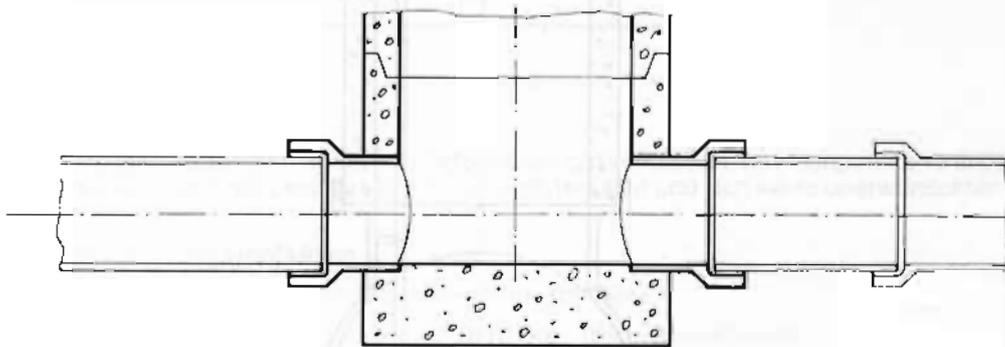


Bild 17

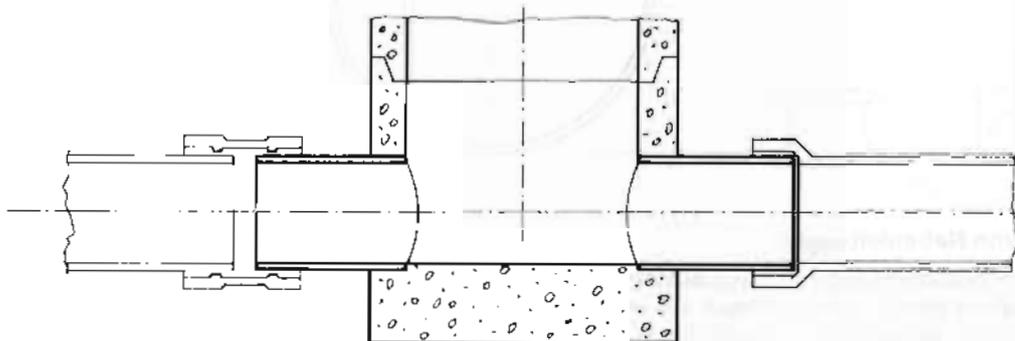


Bild 18

Darüber hinaus kann

- das Rohr durch den Schacht geführt und eine Revisionsöffnung im Rohrscheitel ausgeschnitten werden (Bild 19)
- bei Großrohren \geq DN 1200 für Freispiegeleitungen ein Schachtdom DN 800 oder DN 1000 auf das Rohr aufgeschweißt werden (Bild 20), auf den dann Betonringe aufgesetzt werden.

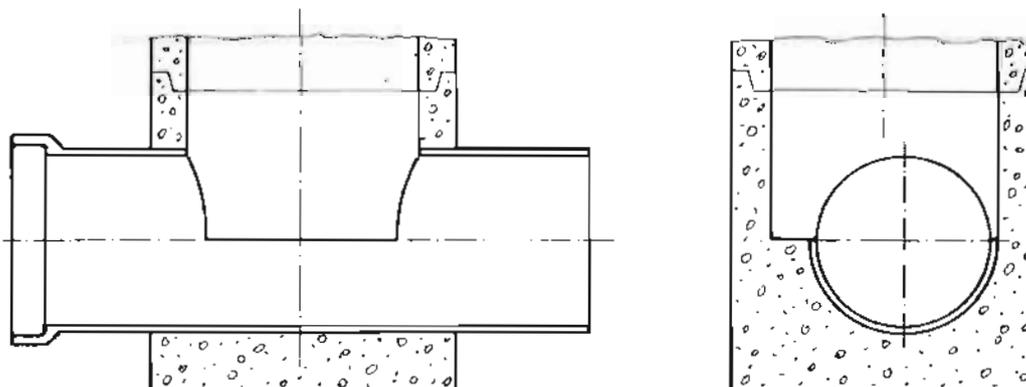


Bild 19

Fortsetzung Seite 8

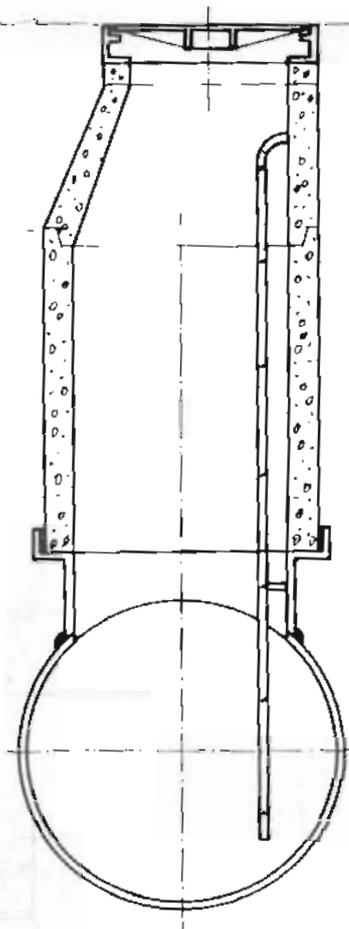


Bild 20

6. Anschluß von Nebenleitungen

Neben den im Formstückprogramm aus duktilem Gußeisen gefertigten Abzweigstücken sind durch die Möglichkeit des Anschweißens von Stutzen praktisch alle vorkommenden Anschlüsse von Nebenleitungen – auch aus anderen Rohrwerkstoffen – problemlos zu lösen durch

- Anschweißen von Anschlüssen aus duktilem Rohrmaterial, gerade oder schräg (Bild 21 und 21 a)*)

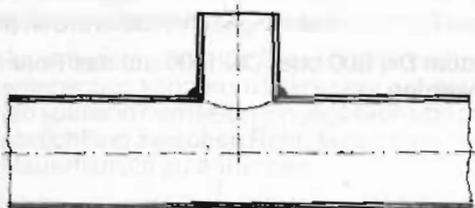


Bild 21

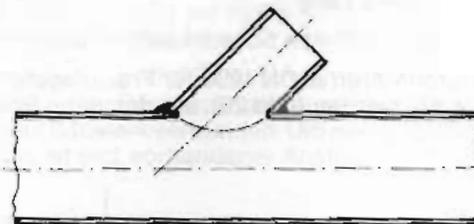


Bild 21 a

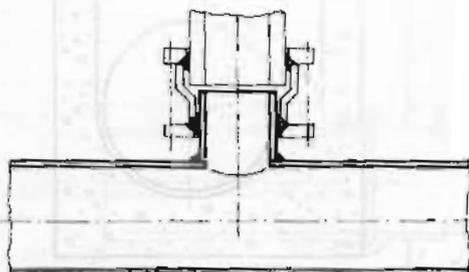


Bild 22

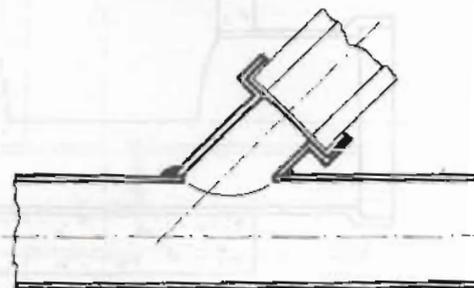


Bild 22 a

*) Beim Schweißen sind die Richtlinien DVS 1502 Teil 1 und Teil 2 zu beachten.

- Anschweißen von Stutzen zum Anschluß von Leitungen aus anderen Rohrwerkstoffen (Bild 22 und 22 a)*

Anm.: Bei Freispigelleitungen können auch Stutzen bis DN 600 angeschweißt werden; die Nennweite der Stutzen darf höchstens die Hälfte der Nennweite des Hauptrohres betragen.

- Anschluß mittels Sattelstücken (Bild 23)

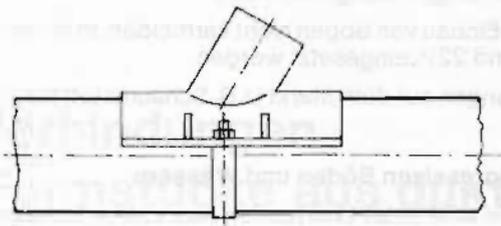


Bild 23

7. Anschluß für Entlüftungen

In Abwasserdruckleitungen lassen sich Hoch- und Tiefpunkte nicht vermeiden. An Hochpunkten werden in der Regel Entlüftungen vorgesehen, damit die Leitung beim Füllen entlüftet wird und sich keine unerwünschten Luftpolster in der Leitung bilden.

Der Anschluß für das Entlüftungsventil kann

- durch den Einbau eines Abzweigstückes, z.B. MMA-Stück (Bild 24)
- durch Aufschiessen eines Flanschenstutzens auf dem Rohr (Bild 24 a) erfolgen.

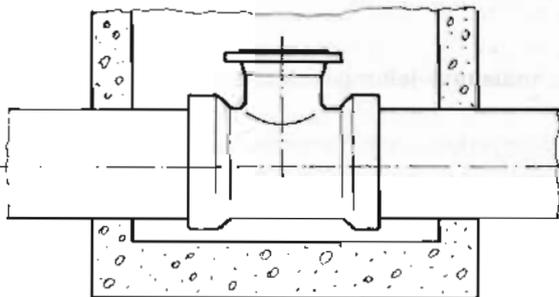


Bild 24

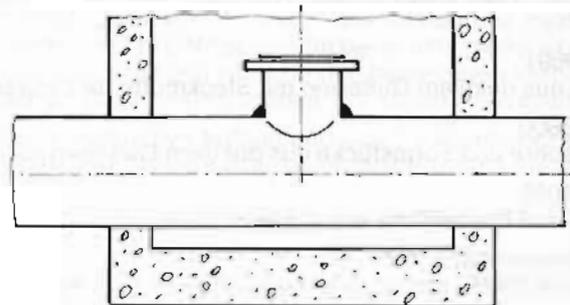


Bild 24 a

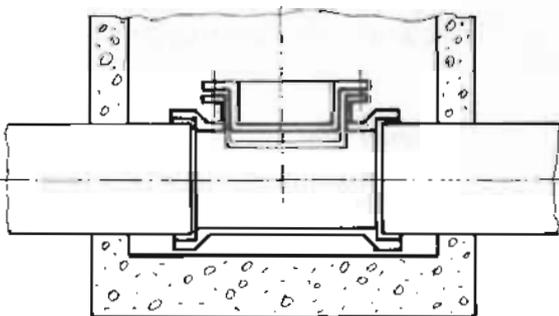


Bild 25

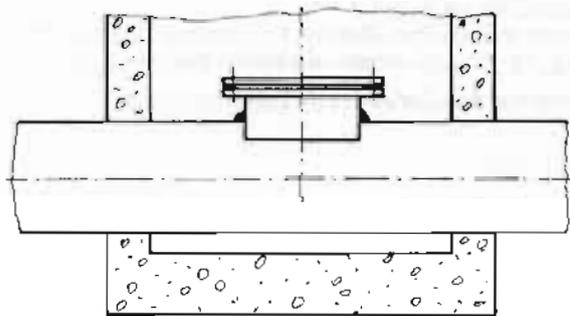


Bild 26

8. Einbau von Reinigungsstücken und Kontrollstücken

Für Leitungen bis DN 700 stehen besondere Reinigungsstücke zur Verfügung (Bild 25). Darüber hinaus können bei Leitungen über DN 400 Flanschenstutzen zur Kontrolle der Leitung und Einführen eines Reinigungsgerätes auf die Leitungen aus duktilem Gußeisen werkseitig oder nach der Verlegung bauseitig aufgeschweißt werden (Bild 26).

Für Kontrollzwecke können auch MMA-Stücke (Bild 24) eingebaut oder Stutzen auf die Leitung aufgeschweißt (Bild 24 a) und mit Blindflanschen verschlossen werden.

*) Beim Schweißen sind die Richtlinien DVS 1502 Teil 1 und Teil 2 zu beachten.

9. Molchen der Leitungen

Bei Freispiegleitungen sind alle Richtungsänderungen, soweit der Leitungsverlauf nicht durch Abwinkeln der Muffenverbindungen der Trasse angepaßt werden kann, in Schächten vorzunehmen. Der Einbau von Bogen ist zu vermeiden.

Diese Leitungen können dann mit den herkömmlichen Verfahren gemolcht werden, selbst dann, wenn die maximale Abwinkelbarkeit in den Muffenverbindungen ausgenutzt wird.

Bei Druckrohrleitungen läßt sich der Einbau von Bogen nicht vermeiden. In diesen Fällen sollten jedoch möglichst nur Bogen mit den Winkelgraden $11\frac{1}{4}$ und $22\frac{1}{2}$ eingesetzt werden.

Es sind jedoch heute Molchausführungen auf dem Markt (z.B. Schaumstoffmolche), die auch den Einbau von Bogen bis zu 45° erlauben.

10. Besondere Maßnahmen bei aggressiven Böden und Wässern

Bei aggressiven Böden und Wässern sind unter Umständen besondere Schutzmaßnahmen erforderlich.

Aufgrund von Boden- bzw. Wasseranalysen empfiehlt der Rohrhersteller besondere Schutzüberzüge und/oder Auskleidungen.

Oft kann die Wahl eines geeigneten Bettungs- und Verfüllmaterials die Gefährdung von außen verhindern.

11. Mitgeltende Normen und Vorschriften

DIN 4033

Enwässerungskanäle und -leitungen;
Richtlinien für die Ausführung

DIN 19630

Richtlinien für den Bau von Wasserrohrleitungen;
Technische Regel des DVGW

DIN 19690

Technische Lieferbedingungen für Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Entwässerungskanäle und -leitungen

DIN 19691

Rohre aus duktilem Gußeisen mit Steckmuffe für Entwässerungskanäle und -leitungen; Maße

DIN 28600

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

DIN 28603

Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen; Steckmuffen-Verbindungen; Anschlußmaße und Massen

ATV-Arbeitsblatt A 127

Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen

Richtlinie DVS 1502 Teil 1

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

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

Merksblatt für das Zufüllen von Leitungsgräben

Steckmuffen-Verbindungen für Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen

Von Horst Nöh

Anforderungen an eine Rohrverbindung

Den Verbindungen von Rohren kommt bei erdverlegten Rohrleitungen eine besondere Bedeutung zu. Wesentliche Anforderungen, die eine Rohrverbindung erfüllen muß, sind:

- Dichtheit bei allen in der Praxis vorkommenden Drücken auch unter dem Einfluß von Erdbewegungen, Verkehrslasten und Druckstößen.
- Schnelle und einfache Montierbarkeit mit niedrigem Aufwand, unabhängig von klimatischen Einflüssen.
- Sofortige Inbetriebnahme der Leitung ohne Nacharbeiten an der Verbindung nach der Druckprüfung.
- Sicher und auf Dauer funktionsfähig; Erfüllung gleicher Anforderungen wie bei Rohren und Formstücken.
- Ausreichende Beweglichkeit, damit die miteinander verbundenen Rohre Bodenbewegungen folgen und somit Spannungen abgebaut werden können.
- Sicherheit gegen das Eindringen von Flüssigkeiten und Gasen bei äußerem Überdruck oder wenn in der Rohrleitung auf Grund besonderer Betriebsbedingungen ein Unterdruck entstehen sollte.

Verbindungen, die diesen Anforderungen in idealer Weise gerecht werden, sind die Steckmuffen-Verbindungen System TYTON für Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen.

Entwicklung der Steckmuffen-Verbindungen

Über die geschichtliche Entwicklung der Steckmuffen-Verbindungen ist bereits in einer früheren Veröffentlichung ausführlich berichtet worden [1]. Es wird deshalb im Rahmen dieser Veröffentlichung darauf nicht mehr eingegangen.

Über viele Jahre, beginnend etwa ab 1931, war die Schraubmuffen-Verbindung das übliche Verbindungssystem für erdverlegte gußeiserne Rohrleitungen, und zwar mit gutem Erfolg.

Das Streben nach noch einfacherer Montage, noch günstigerer Verlegeleistung und noch größerer Wirtschaftlichkeit führte jedoch trotz mancher zu überwindender Schwierigkeit konsequent zu den gummigedichteten Steckmuffenverbindungen, wie sie sich im System TYTON darstellen.

Steckmuffen-Verbindung System TYTON

Die TYTON-Verbindung kam nach dem 2. Weltkrieg auf

den Markt und hat sich seither in mehr als 25 Jahren bestens bewährt. Sicherheit und Wirtschaftlichkeit werden in der TYTON-Verbindung kombiniert.

Die Anschlußmaße der Steckmuffen-Verbindung System TYTON wurden in der DIN 28603 genormt. In der inzwischen erschienenen Neuausgabe der DIN 28603 [2] erfolgte eine Erweiterung des Nennweitenbereiches bis DN 2000, und zwar für das System TYTON für die Nennweiten von DN 80 bis DN 1400 und für das System STANDARD von DN 1000 bis DN 2000. Beim System TYTON gibt es als Variante eine Ausführung mit Langmuffe; die TYTON-Longmuffe bietet eine größere Längsbeweglichkeit und ist damit den besonderen Verhältnissen im Bergsenkungsgebiet o. ä. optimal angepaßt.

Der konstruktive Aufbau und das Funktionsprinzip sind bei beiden Systemen praktisch gleich. Unterscheidungs-

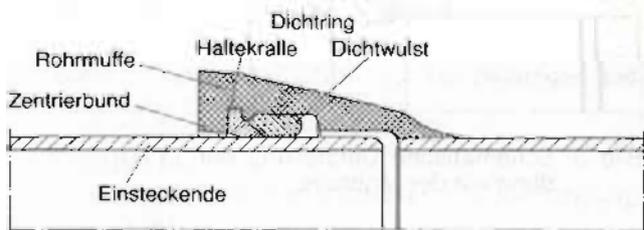


Bild 1: Querschnitt TYTON-Verbindung

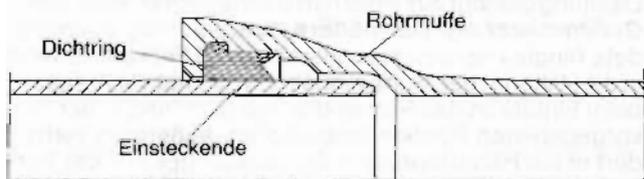


Bild 2: Querschnitt STANDARD-Verbindung

merkmale gegenüber der TYTON-Verbindung (Bild 1) sind bei der STANDARD-Verbindung (Bild 2) z.B.: tiefere Muffe, flachere Haltenut in der Muffe und in etwa trapezförmiger Querschnitt des Dichtringes mit schwalbenschwanzförmiger Aussparung im Dichtteil.

Rohre und Formstücke, die innen und außen ideal kreisrund sind, gibt es praktisch nicht. Fertigungstechnische Gründe stehen dem entgegen; auch wirkt sich bei den Großrohren die Verformung auf Grund des Eigengewichtes aus. Deshalb wurden bei den Werken der Gußrohrindustrie umfangreiche Messungen mit dem Ziel durchgeführt, für die Normung Werte für zulässige Unrundhei-

ten zu erhalten. Die Auswertung der Meßreihen ergab an Rohren und Muffen Unrundheiten, die eine einwandfreie Montage der Verbindungen unter Beachtung der in den Verlegeanleitungen enthaltenen Montagehinweise gestatten.

Die Ergebnisse wurden in den Neuausgaben der Normen entsprechend berücksichtigt. In DIN 28600 [3] wurde festgelegt, daß die zulässige Unrundheit der Einsteckenden im Bereich der herzustellenden Verbindungen

$$U = \frac{d_{1, \max} - d_{1, \min}}{d_1} \cdot 100$$

jeweils in den Normen für die Gußrohr-Muffenverbindungen angegeben ist. In der Neufassung der DIN 28603 [2] heißt es, daß die Unrundheit U bis DN 300 im Rahmen der zulässigen Abweichungen für den Rohraußendurchmesser d_1 liegen darf. Über DN 300 bis DN 600 darf sie höchstens 2%, über DN 600 höchstens 2,5% vom Außendurchmesser d_1 betragen.

Aufbau der TYTON-Verbindung

Die TYTON-Verbindung wurde in den USA unter Verwendung der in Deutschland an Steckmuffen-Verbindungen gewonnenen Erkenntnisse entwickelt. Vor der Markteinführung in Europa hatte sie sich in den USA bereits über Jahre bewährt. Heute wird die TYTON-Verbindung weltweit eingesetzt, und zwar mit den besten Erfahrungen.

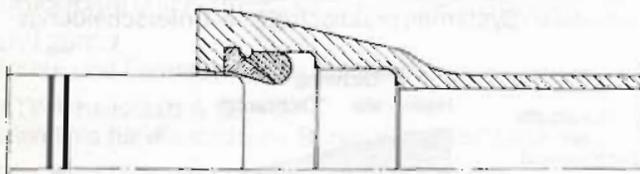


Bild 3: Schematische Darstellung der TYTON-Verbindung vor der Montage

Bei der TYTON-Verbindung wird die Abdichtung durch einen besonders profilierten Dichtring erreicht. Der Dichtring besteht aus einer härteren und einer weicherer Gummimischung. Der härtere, krallenförmig ausgebildete Ringteil hat eine Nennhärte von 85 Shore A. Er wird in die Haltenut der Muffe eingesetzt und hat die Aufgabe, beim Einführen des Rohrendes den Dichtring in der ihm vorgegebenen Position festzuhalten. Außerdem verhindert er ein Herausspringen des Dichtringes aus der Verbindung bei Innendruckbelastung. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Anordnung eines Zentrierbundes am Muffeneingang, an dem sich die Haltekrallen des Dichtringes bei Innendruckbelastung abstützt und dabei den Spalt zwischen Zentrierbund und Rohr verschließt. Der aus weicherem Gummi bestehende Dichtwulst des Ringes hat eine Nennhärte von 55 Shore A und bewirkt die Abdichtung der Verbindung. Der Außendurchmesser des Wulstes ist etwas größer als der Durchmesser der Dichtkammer in der Muffe, so daß der Ring mit geringer Vorstauchung in der Muffe fest sitzt. Beim Einführen des Rohrendes verformt sich der Dichtwulst in der Richtung der Einschubbewegung. Er wird in die Länge gezogen. Dadurch verändert sich sein Querschnitt, so daß das mit einem Gleitmittel bestrichene Rohrende leicht in die Muffe hineingleiten kann; siehe Bild 3 und Bild 4.

Um zu verhindern, daß bei der Montage der Dichtwulst des TYTON-Ringes in den Spalt zwischen Muffe und Rohrende im Muffengrund eindringt und mechanisch beschädigt wird, ist die Dichtkammer entsprechend groß ausgebildet. Der TYTON-Ring füllt in montiertem Zustand der Verbindung die Dichtkammer nicht ganz aus.

Der Muffengrund ist zum Rohrschaft hin konisch geformt. In Kombination mit der Zentrierbundeinführungsschräge am Muffeneingang sind Auswinklungen der Verbindung je nach Nennweite bis zu 5° möglich.

Die konstruktiven Abmessungen des Rohres, des Dichtwulstsitzes, des Zentrierbundes und des Dichtringes sind so festgelegt, daß unter Berücksichtigung der Herstellungstoleranzen bei größtmöglicher Dezentrierung der Verbindung eine einwandfreie Abdichtung sichergestellt ist und der Dichtring nicht herausgedrückt wird.

Der TYTON-Dichtring

Wichtigstes Bauelement einer Steckmuffen-Verbindung ist der Dichtring, der die Funktion der Verbindung auf Grund der hervorstechendsten Eigenschaft des Gummis, nämlich der Elastizität, gewährleistet. Ihm obliegt es, die Verbindungsstellen einer Rohrleitung dauerhaft abzudichten, Trinkwasser- und Gasverluste oder Verseuchung des Grundwassers durch austretende Abwässer zu verhindern. Er muß die Lebensdauer des Konstruktionsteiles, in das er eingebaut ist, haben.

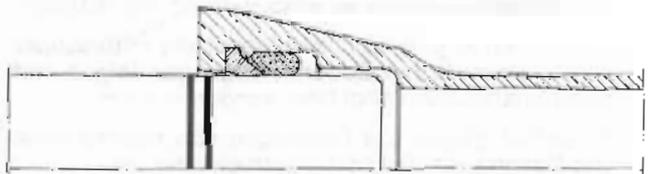


Bild 4: Schematische Darstellung der TYTON-Verbindung nach der Montage

Die für die Herstellung der Dichtringe verwendeten Materialien müssen deshalb hinsichtlich ihrer statischen und dynamischen Festigkeit sowie bezüglich ihrer chemischen Beständigkeit gegen aggressive Bestandteile der zu transportierenden Wässer und Gase sowie des Bodens besonderen Anforderungen genügen.

Die Gußrohrindustrie hat in enger Zusammenarbeit mit der Gummiindustrie Dichtringe entwickelt, die nach dem heutigen Stand der Gummitechnologie ein Höchstmaß an Qualität erbringen. Als am besten geeignete Gummisorte hat sich wegen ihrer guten dauerelastischen Eigenschaften für den Einsatz in Steckmuffen-Verbindungen System TYTON eine Mischung aus Naturkautschuk erwiesen.

Das gilt sowohl für den Wasser-, Abwasser- und Gasbereich. Auf Vereinbarung kann auch eine synthetische Gummimischung aus Nitril-Butadien-Kautschuk (NBR), die unter der Bezeichnung Perbunan geläufiger ist, für den Einsatz in Gasleitungen geliefert werden.

Normung und Gütevorschriften für den TYTON-Dichtring

Die Lieferbedingungen für Gummidichtringe wurden erstmals im Jahre 1936 in Technischen Kommissionen

der Gußrohrindustrie beraten. Im Jahre 1965 einigte man sich auf gemeinsame Lieferbedingungen, Prüf- und Gütevorschriften für Dichtringe aus Naturgummi und 1968 auch für NBR-Ringe. Diese Lieferbedingungen bildeten zusammen mit den Ergebnissen aus umfangreichen Versuchen an Dichtringen und kompletten Verbindungen eine wesentliche Basis für die Erstellung der DIN 3535 Teil 3 [4], DIN 28617 [5] und des DVGW-Merkblattes G 480 [6]. Darüber hinaus erfüllen die Dichtringe für Steckmuffen-Verbindungen die Anforderungen der DIN 4060 Teil 1 [7]. Sie erfüllen auch internationale Maßstäbe.

Längskraftschlüssigkeit der Steckmuffen-Verbindungen

Die für die Gußrohre eingesetzten Steckmuffen-Verbindungen sind in der Serienausführung nicht längskraftschlüssig. Die in einer Rohrleitung an Bogen, Abzweigungen und Endverschlüssen auftretenden Schubkräfte werden üblicherweise mit Betonwiderlagern aufgenommen. Es können aber in der Praxis Fälle auftreten, die den Bau von Betonwiderlagern nicht erlauben, wo die Auswinkelbarkeit der Verbindung erhalten bleiben muß oder wo eine andere Schubsicherungsmaßnahme wirtschaftlicher ist. Für diese Fälle bietet die Gußrohrindustrie einige Systeme an, mit denen der Nennweitenbereich bis DN 1200 erfaßt werden kann.

Die einzelnen Schubsicherungs-Ausführungen wurden bereits in verschiedenen Ausgaben der FGR-Informationen ausführlich behandelt, weshalb an dieser Stelle hierauf nicht eingegangen wird [8, 9, 10, 11].

Einsatzbereiche für duktile Gußrohre mit Steckmuffenverbindung

Duktile Gußrohre mit Steckmuffenverbindung werden inzwischen in allen Bereichen der Wasser- und Gasversorgung und auch für den Transport von Abwässern, vor allem in Abwasserdruckleitungen und Abwasserleitungen, die in schwierigem Gelände wie an Steilhängen oder senkungs- und rutschgefährdetem Gelände verlegt werden, eingesetzt. In Gasleitungen ist der Einsatzbereich der Verbindung auf einen Höchstdruck von 16 bar begrenzt.

- [1] E. Niederschuh
Über die Verbindung von gußeisernen Muffendruckrohren
Sonderdruck aus „Techn. Mitteilungen“, 52 (1959)
Nr. 8

- [2] DIN 28603
Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen; Steckmuffen-Verbindungen; Anschlußmaße und Massen
November 1982
- [3] DIN 28600
Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen; Technische Lieferbedingungen
Januar 1983
- [4] DIN 3535 Teil 3
Dichtungen für die Gasversorgung; Dichtungen aus Elastomeren für Gasversorgungs- und Gasfernleitungen; Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung von Werkstoffen
April 1982
- [5] DIN 28617
Dichtringe für Druckrohre und Formstücke aus Gußeisen für Wasserleitungen; Anforderungen und Prüfung
Mai 1976
- [6] DVGW-Merkblatt G 480
Einsatz von Dichtungen aus Elastomeren für Gasversorgungs- und Gasfernleitungen
Entwurf April 1982
- [7] DIN 4060 Teil 1
Dichtringe aus Elastomeren für Rohrverbindungen in Entwässerungskanälen und -leitungen; kreisförmige oder ähnliche Wirkungsquerschnitte; Anforderungen, Prüfungen, Bemessungen
März 1976
- [8] E. Imhof
Schubsicherung TYTON-SIT für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen.
FGR-Informationen, Heft 12 (1977)
- [9] A. Kottmann
Erfahrungen mit der zugfesten Rohrverbindung TYTON-SIT
FGR-Informationen, Heft 13 (1978)
- [10] A. Wolf und E. Imhof
Schubsicherungen für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen
FGR-Informationen, Heft 9 (1974)
- [11] A. Wolf
Zugfeste Muffenverbindungen für Rohrleitungen aus duktilem Gußeisen
FGR-Informationen, Heft 6 (1971)

Schlagbiege- und Biegewechselversuche an geschweißten Rohrleitungsteilen aus duktilem Gußeisen

Von Bernd Heiming

In Fortführung der Untersuchungen an geschweißten Rohrleitungsteilen aus duktilem Gußeisen [1] wird hier über Versuche unter praxisnahen Belastungen berichtet.

1. Schlagbiegeversuch

Zu ermitteln war, welche Schlagarbeit es erfordert, einen angeschweißten Flanschstutzen DN 100 von einem duktilen Gußrohr abzuschlagen. Zu diesem Zweck wurden an einem Rohrabschnitt DN 800 von 1 m Länge zwei Flanschstutzen DN 100 angeschweißt. Lage und Abmessungen der beiden Stutzen sind aus Bild 1 ersichtlich. Die Schweißungen wurden nach den Schweißtechnischen Grundsätzen durchgeführt, wie sie in der Richtlinie DVS 1502 Teil 1 [2] festgelegt sind. Die Abgänge wurden mit Kehlnähten in 3 Lagen angeschweißt, wie es in der Richtlinie DVS 1502 Teil 2 [3] dargestellt ist.

In der Tafel 1 sind die Schweißgeschwindigkeiten für die einzelnen Lagen und die Schweißzeiten angegeben. Daraus sieht man, daß die Wurzellagen langsamer gelegt wurden als die beiden Decklagen, d.h. in die Wurzellagen ist mehr Energie eingebracht worden.

Die Prüfung der Schweißnähte auf Reißfreiheit erfolgte nach dem Farbeindringverfahren. Die angeschweißten Stutzen wurden dann mit Blindflanschen verschlossen und mit 25 bar abgedrückt. Nach Gutbefund der Prüfungen wurde der Stutzen 2 durchgebohrt. Das so hergestellte Versuchsstück benutzte man für die Durchführung der Versuche zur Bestimmung der Schlagarbeit. Der Versuchsaufbau ist aus Bild 1 zu ersehen.

Im ersten Versuch betrug die Fallhöhe des Gewichtes

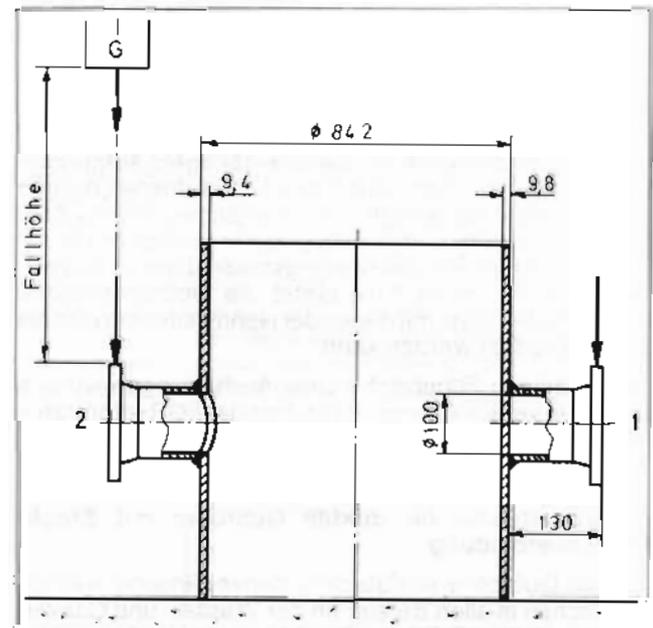


Bild 1: Prüfstück und Versuchsaufbau für den Schlagbiegeversuch

von 200 N 1,5 m. Dies entspricht einer Schlagarbeit von 300 Nm. Nachdem sich an beiden Schweißverbindungen keine Beschädigungen zeigten, wurde die Schlagarbeit

Tafel 1: Angaben zu den Schweißungen

Schweißkennwerte		Stutzen 1 ohne Bohrung			Stutzen 2 mit Bohrung		
		Wurzel	1. Lage	2. Lage	Wurzel	1. Lage	2. Lage
Stromstärke	A	110			120		
Elektrode nach DIN 8573		E-NiFe BG 1					
Durchmesser	mm	3,25					
Vorwärmung		keine					
Anzahl Elektroden		5	3	3	4	3	3
Schweiß- geschwindigkeit	mm/min.	94	104	103	95	111	101

Versuch Nr.	Fall-		Schlagarbeit Nm	Ergebnis	
	-gewicht N	-höhe m		Stützen 1 ohne Bohrung	Stützen 2 mit Bohrung
1	200	1,5	300	ohne Befund	ohne Befund
2	500	1	500	ohne Befund	ohne Befund
3	500	1,2	600	ohne Befund	ohne Befund
4	500	1,4	700	Anriß Rohr/Naht	Anriß Rohr/Naht
5	500	1,6	800	Anriß vergrößert	Anriß vergrößert
6	500	1,6	800	Riß vergrößert	nicht weiter geschlagen
7	500	1,6	800	Abriß	

Tafel 2: Versuchsergebnisse des Schlagbiegeversuchs

erhöht. Um eine gute Auftreffsicherheit zu erhalten, ist bei den nachfolgenden Versuchen das Gewicht auf 500 N erhöht worden, um die Fallhöhen zwischen 1 und 1,6 m zu halten. So konnten die vorgegebenen Schlagarbeitswerte von 500, 600, 700 und 800 Nm exakt eingehalten werden.

An dem nach dem 7. Versuch abgerissenen Stützen 1 haften an der vollständig erhaltenen und unbeschädigten Schweißnaht Teile des Hauptrohres. Die sichtbare Ausbeulung des Hauptrohres oberhalb des abgerissenen Stützens weist darauf hin, daß der Abriß erst nach vorausgegangener Verformung erfolgte. Bei diesem Stützen war die Schweißnaht noch vollständig, d. h. der Riß verlief im Nahtauslauf senkrecht durch die Wand des Hauptrohres.

Die Versuche an Stützen 2 wurden nach dem 5. Versuch eingestellt, weil sich das gleiche Erscheinungsbild wie bei Stützen 1 gezeigt hatte und somit keine Unterschiede in der Schlagarbeitsaufnahme zwischen gebohrtem und ungebohrtem Stützen bis zum Anriß vorlagen.

Die Versuchsdaten und -ergebnisse sind in der Tafel 2 zusammengefaßt. Daraus geht hervor, daß erst bei einer Schlagarbeit von 700 Nm die ersten Anrisse auftraten und zwar im Übergang vom Hauptrohr zur Schweißnaht.

Aus den Versuchsergebnissen kann abgeleitet werden, daß es schon einer erheblichen Schlagarbeit bedarf, um einen vorschriftsmäßig angeschweißten Stützen DN 100 aus duktilem Gußeisen vom Hauptrohr zu trennen. Das bestätigt auch, daß durch Schweißen hergestellte Rohrleitungsteile aus duktilem Gußeisen den Belastungen an der Baustelle standhalten.

2. Biegewechselversuch

Eine weitere Untersuchung zur dynamischen Beanspruchbarkeit von angeschweißten Hausanschlußstutzen aus duktilem Gußeisen an Rohre DN 150 aus duktilem Gußeisen wurde beim Staatlichen Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen in Dortmund durchgeführt [4]. Hierzu wurden zwei Stücke benutzt, die aus einer Gasniederdruckleitung herausgetrennt worden waren.

Die Schweißungen hatten Schweißer eines Versorgungsunternehmens nach FGR 37 [5] durchgeführt. Die FGR-Norm 37 ist neben anderen als Vorläufer der Richtlinie DVS 1502 anzusehen. Angeschweißt wurden Stützen 1 1/2 Zoll mit seitlichem Gewindeabgang, wie in Bild 2 dargestellt ist.

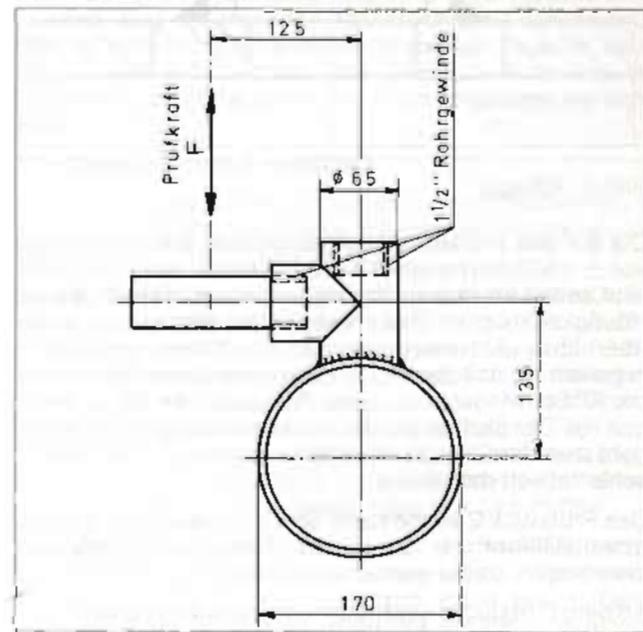


Bild 2: Angeschweißter Hausanschlußstutzen 1 1/2 Zoll

Die Prüfstücke waren so in die Prüfanlage eingebaut worden, daß die Kraft auf das in den Hausanschlußstutzen seitlich eingeschraubte Hausanschlußrohr gebracht und so in die Schweißnaht als Biegekraft eingeleitet wurde, wie es in Bild 2 dargestellt ist.

Anhand früherer Untersuchungen [6], [7] wurden die einzuleitenden Biegemomente sowie die Kraftamplitude und die Schwingspielfrequenz festgelegt, wobei das Prüfstück 1 extrem hoch belastet werden sollte. In Tafel 3 sind diese Daten zusammengestellt.

Die Versuchsergebnisse, wie sie in dem Prüfungszeugnis Nr. 1300 79082 des MPA Dortmund vom 2.4.82 [4] enthalten sind, gibt die Tafel 4 wieder.

Tafel 3: Versuchsdaten für den Biegewechselversuch

Prüfstück Nr.	Biegemoment an der Schweißnaht Nm	Kraftamplitude kN	Schwingspielfrequenz Hz
1	± 2 500	± 20	1,5
2	± 1 250	± 10	1,5

Prüfstück Nr.	Biegemoment Nm	Schwingspiele Anzahl	Beurteilung
1	$\pm 2\ 500$	980	Stutzen ausgebrochen
2	$\pm 1\ 250$	$6 \cdot 10^4$	o. B.

Tafel 4: Versuchsergebnisse

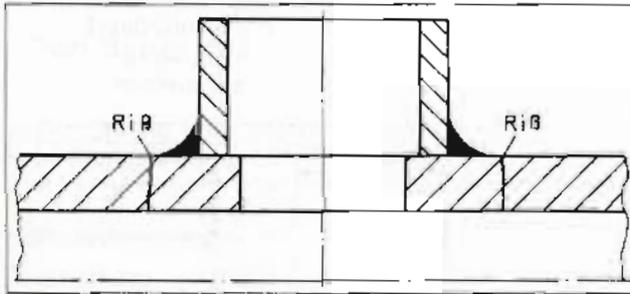


Bild 3: Rißlage

Die auf das Prüfstück 1 aufgebrauchten Biegemomente von $\pm 2\ 500$ Nm bei einer Kraftamplitude von $\pm 20\ 000$ N sind selbst im rauen Baustellenbetrieb nicht in dieser Häufigkeit möglich. Das Versagen des Stückes ist auf die überhöhten Anforderungen zurückzuführen, wobei festzuhalten ist, daß das Stück auch unter dieser Belastung ca. 10^3 Schwingspiele in einer Frequenz von 1,5 Hz ertragen hat. Der Stutzen wurde bei unbeschädigter Schweißnaht aus dem Hauptrohr herausgerissen, wie in Bild 3 schematisch dargestellt.

Das Prüfstück 2 wurde nach dem Biegewechselversuch einer Rißkontrolle nach dem Farbeindringverfahren unterzogen. Dabei wurden keine Risse festgestellt.

An dem Prüfstück 1 sind nach dem Versuch Werkstoffuntersuchungen durchgeführt worden. Tafel 5 gibt die Werkstoffkennwerte des Rohres DN 150 wieder.

Zusammenfassung

Ein Vergleich der hier beschriebenen Versuchsergebnisse mit Resultaten aus früheren Untersuchungen zeigt, daß sie gut übereinstimmen bzw., daß sie sich gut in bereits vorhandene Ergebnisreihen einfügen und, daß an duktile Gußrohre geschweißte Stutzen den in der Praxis vorkommenden Belastungen mit ausreichenden Sicherheitsreserven gewachsen sind.

Kennwert		Soll	Ist
Zugfestigkeit	N/mm ²	≥ 420	516
0,2-%Dehngrenze	N/mm ²	≥ 300	340
Bruchdehnung	%	≥ 10	15,5
Härte	HB	≥ 230	179

Tafel 5: Werkstoffkennwerte des Rohrwerkstoffes

Schrifttum

- [1] W.-D. Schneider und E. Theis
Das Schweißen von duktilen Gußrohren
FGR-Informationen für das Gas- und Wasserfach,
Heft Nr. 8 (1973)
- [2] Richtlinie DVS 1502 Teil 1 (Juli 1982)
Lichtbogenhandschweißen an Rohren aus duktilem
Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas-
und Wasserversorgung – Schweißtechnische
Grundsätze
- [3] Richtlinie DVS 1502 Teil 2 (Juli 1982)
Lichtbogenhandschweißen an Rohren aus duktilem
Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas-
und Wasserversorgung – Anschweißen von Teilen
aus duktilem Gußeisen oder aus Stahl
- [4] Prüfungszeugnis Nr. 130079082 des Staatlichen
MPA Nordrhein-Westfalen in Dortmund vom 2. April
1982
- [5] FGR 37 Blatt 1 (September 1977)
Druckrohre aus duktilem Gußeisen für Gas- und
Wasserleitungen; Anschweißstutzen; Schweißan-
leitung
- [6] O. Host, H. Scherwaß und W. Steinlein
Hausanschlußstutzen und Sattelstutzen aus duktilen
Gußeisen zum Anschweißen
FGR-Informationen für das Gas- und Wasserfach,
Heft Nr. 8 (1973)
- [7] B. Heiming und D. Scheer
Biegewechsel- und Innendruckschwellversuche an
geschweißten Rohrleitungsteilen aus duktilem
Gußeisen
FGR-Informationen für das Gas- und Wasserfach,
Heft Nr. 17 (1982)

Schweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen – Anschweißen von Stutzen aus Stahl und von Abgängen aus duktilem Gußeisen

Von Diethard Krüger

Vorbemerkung

Seit 1972 wird im Gaswerk der Stadtwerke Hannover AG an Rohren aus duktilem Gußeisen geschweißt. Es werden T-Stücke (Stutzen) der Nennweiten 1 1/2" bis 3" aus St 37-2 an Gasrohre aus duktilem Gußeisen nach DIN 28600 im Druckbereich bis 0,1 bar (Niederdruck) angeschweißt.

Die Schweißarbeiten werden sowohl an unter Gasdruck stehenden Hauptleitungen wie auch an neuverlegten Leitungen durchgeführt.

Diese Arbeiten erfolgten zunächst in enger Anlehnung an die Norm FGR 37 Blatt 1 [1] der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre (FGR), Köln.

Seit 1977 werden auch Sonderformstücke (Abgänge) aus duktilen Gußrohren angefertigt.

Seit 1980 wurden gelegentlich Stutzen auch auf Wasserleitungen aufgeschweißt; dabei sind die Leitungen dann vorher entleert worden, um die Schweißwärmeableitung möglichst gering zu halten.

Im nachfolgenden wird über die Praxis des Anschweißens von T-Stücken (Stutzen) aus Stahl an Rohre aus duktilem Gußeisen, über die Herstellung von Sonderformstücken (Abgängen) durch Schweißen von Rohrschnitten aus duktilem Gußeisen sowie über einige besondere Erfahrungen bei den Stadtwerken Hannover berichtet.

Schweißer, Schweißverfahren und Schweißzusatz

Es werden ausschließlich Schweißer, die nach DIN 8560 R II m mit Muffe (Kehlnaht am Überlappstoß) und unter Baustellenbedingungen geprüft sind, eingesetzt. Die fachkundlichen, praktischen und theoretischen Kenntnisse über das Schweißen von Stahl und duktilem Gußeisen werden dem ausgebildeten Schweißer in der Werkstatt unter Baustellenbedingungen von der Schweißaufsicht vermittelt.

Geschweißt wird nach dem Lichtbogen-Handschweißverfahren mit Nickel-Eisen-Elektroden nach DIN 8573 Teil 1 mit mindestens 50 Gewichts-% Nickel im Kernstab, die sich für das Schweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen als besonders geeignet erwiesen haben.

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

Das Lichtbogenhandschweißen wird mit transportablen Gleichstromgeneratoren mit Dieselmotor durchgeführt. Bis 1978 wurden Stabelektroden verwendet, die in Wannenlage am Pluspol und in Zwangslage (Steig-

Überkopf- und Horizontalnaht) am Minuspol verschweißt wurden. Seit 1978 werden Stabelektroden verwendet, die nur am Minuspol verschweißt werden. Dies hat den Vorteil, daß ein Umpolen des Gleichstromgenerators nicht erforderlich ist und somit nicht vergessen werden kann.

Vorbereitung zum Schweißen

Der Schweißbereich am Hauptrohr und am Stutzen bzw. Abgang muß metallisch blank, trocken und fettfrei sowie bei verzinkten Teilen zinkfrei sein.

Der Schweißbereich am Hauptrohr aus duktilem Gußeisen wurde bis 1978 durch Abflämmen mit einem Schweißbrenner und durch anschließendes Abbürsten mit einer Drahtbürste gereinigt. Es hatte sich herausgestellt, daß der Schutzüberzug (bituminöser Anstrich) am leichtesten durch Abflämmen zu entfernen ist. Bei Rohren mit Verzinkung und bituminösem Schutzanstrich wird der Schweißbereich nach dem Abflämmen mit einer Winkelschleifmaschine metallisch blank geschliffen.

Weil bei in der Erde liegenden Rohren der Aufbau des Schutzüberzuges nicht zu erkennen ist, wird der Schweißbereich immer metallisch blank geschliffen. Dies gilt auch für duktile Gußrohre mit PE-Umhüllung nach dem Entfernen des Schutzüberzuges, wobei zuvor die Kleberreste durch Abflämmen und Abbürsten entfernt werden.

Der Schweißbereich am Rohr wird generell auf doppelte Handtemperatur (etwa 70° C) vorgewärmt. Bei Außentemperaturen unter + 5° C wird auch nachgewärmt.

Prüfung

Nach dem Anschweißen werden die Nähte einer Dichtungsprüfung entsprechend dem DVGW-Arbeitsblatt G 469 unterzogen.

Die Prüfung auf Dichtheit wird sowohl bei Stutzen als auch Abgängen vor dem Anbohren der Hauptleitung durchgeführt.

Anschweißen von Stutzen (T-Stücken) aus Stahl

Aus folgenden Gründen hat man sich für das Anschweißen von T-Stücken auf Hauptrohre entschieden:

1. Herstellung einer homogenen und betriebssicheren Verbindung zwischen Hauptrohr und Hausanschlußleitung; damit Ausschaltung von möglichen Undichtheiten an Gewinde- oder Klemmverbindungen.
2. Die komplette Verbindung ist preisgünstiger herzustellen als Gewinde- oder Klemmverbindungen.

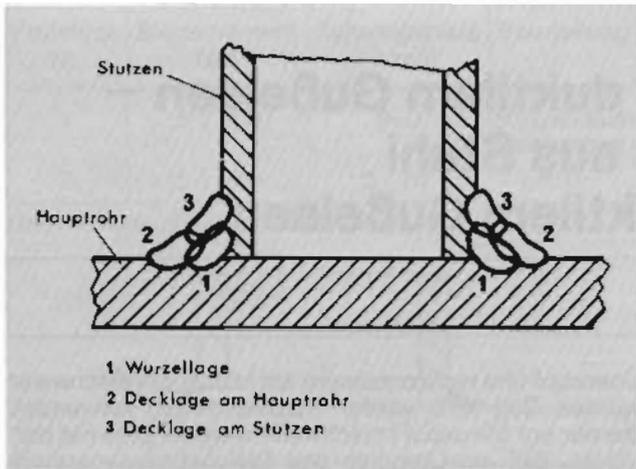


Bild 1: Anordnung der Nähte bei der Kehlnaht

Mit Einführung des Anschweißens von T-Stücken aus Stahl an Hauptrohre aus duktilem Gußeisen wurden grundsätzlich sogenannte Puffernähte um einen Kupferdorn geschweißt. Anschließend wurde das T-Stück innerhalb der Puffernäht auf das Hauptrohr gesetzt und die Puffernäht mit dem T-Stück einlagig verschweißt. Mit zunehmender Erfahrung wurden die Puffernähte ohne Kupferdorn geschweißt.

Bei Durchstrahlungsprüfungen wurden Schlackenzeilen zwischen der Puffernäht und dem Sattel des angeschweißten T-Stückes festgestellt. Versuche ergaben, daß bei der Kehlnahtschweißung in drei Lagen keine Schlackenzeilen mehr vorhanden waren. Seitdem wird nur noch in drei Lagen (ohne Puffernäht) geschweißt (siehe hierzu Bild 1).

Die T-Stücke werden an mindestens zwei Stellen geheftet (siehe hierzu Bild 2). Die erste Lage wird als Wurzellage von Heftstelle zu Heftstelle geschweißt. Die zweite Lage wird zwischen Wurzel und Hauptrohr, die dritte Lage zwischen Wurzel und dem Sattel des T-Stückes geschweißt (siehe hierzu auch Bild 7).

Bild 2: Reihenfolge von Heftstellen und Wurzellage bei Stützen bis einschließlich DN 100

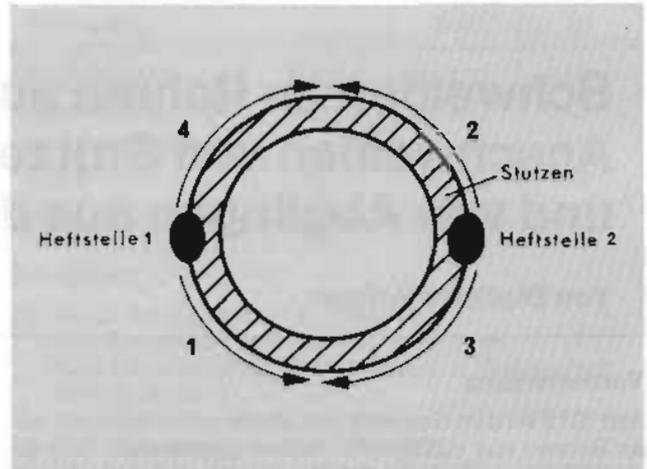
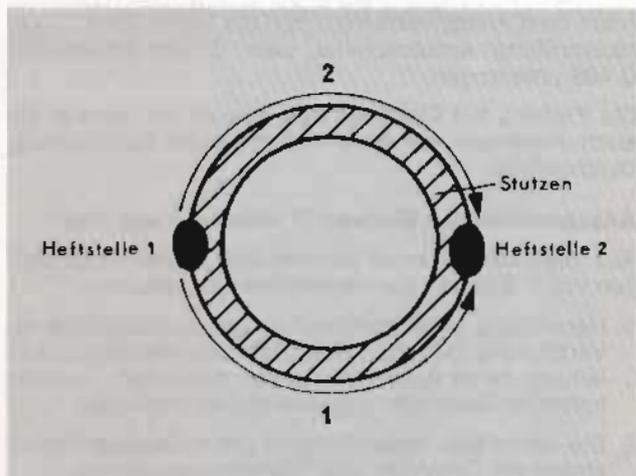


Bild 3: Reihenfolge von Heftstellen und Wurzellage bei Abgängen über DN 100

Anschweißen von Abgängen aus duktilem Gußeisen

Bei durch Konstruktionsschweißen hergestellten Sonder-Formstücken aus duktilem Gußeisen sollte die Nennweite des Abganges höchstens die Hälfte der Nennweite des Hauptrohres betragen. Der Abgangsstützen ist genau dem Radius des Hauptrohres anzupassen.

Bei Rohrwanddicken über 12 mm ist vor dem Schweißen der Wurzellage auf ca. 150 bis 200° C vorzuwärmen.

Der Abgang wird an mindestens zwei gegenüberliegenden Stellen geheftet. Die Wurzel wird bei Abgängen über DN 100 bei den Heftstellen beginnend in vier gegenüberliegenden Segmenten geschweißt, ähnlich wie beim Anziehen der Schrauben eines Flansches (siehe hierzu Bild 3).

Die Schweißarbeiten werden möglichst ohne Unterbrechung durchgeführt. Nach einer Arbeitsunterbrechung ist der neue Schweißnahtanfang wieder auf ca. 150 bis 200° C vorzuwärmen. Die zweite und dritte Lage hat die gleiche Reihenfolge wie beim Anschweißen von T-Stücken aus Stahl (siehe Bild 1).

Bild 4: Hauptrohr DN 600 aus duktilem Gußeisen mit Abgang DN 250 aus duktilem Gußeisen





Bild 5: Hauptrohr DN 500 aus duktilem Gußeisen mit zwei Abgängen DN 200 aus duktilem Gußeisen



Bild 6: Hauptrohr DN 900 aus duktilem Gußeisen mit einem Abgang (F-Stück) DN 150 aus duktilem Gußeisen

Ausführungsbeispiele und besondere Erfahrungen

Bild 4 zeigt ein Hauptrohr DN 600 mit einem Abgang DN 250. Der am Abgang angeschweißte Stahlflansch dient der Aufnahme der Vorrichtung für die Dichtheitsprüfung und des Fräsergerätes, mit dem das Hauptrohr angebohrt wird. Nach dem Anbohren wird der Stahlflansch abgesägt und eine bewegliche Muffen-Verbindung hergestellt.

Bild 5 zeigt zwei an ein Hauptrohr DN 500 angeschweißte Abgänge DN 200. Ein Abgang ist schon durchbohrt und mit einer Schraubmuffen-Verbindung eingebunden. Beim zweiten Abgang wird die Prüfung auf Dichtheit vor dem Anbohren durchgeführt.

Bild 6 zeigt einen Flansch-Abgang DN 150 (F-Stück) an einer Wasser-Hauptleitung DN 900.

Bild 7 zeigt den Einbindungsbereich einer Hausanschlußleitung 1 1/2" in ein Hauptrohr DN 150.

Seit 1972 wurden über 13.000 T-Stücke aus St 37-2 (1 1/2", 2" und 3") für Hausanschlußleitungen auf Gas-Hauptleitungen aus duktilem Gußeisen geschweißt. Die Güte der Schweißverbindungen wurde neben einer häufigen Sichtkontrolle stichprobenweise mittels Durchstrahlungsprüfung überwacht. Vereinzelt wurden Schweißverbindungen dem Lieferwerk der duktilen Gußrohre wie auch der Amtlichen Materialprüfanstalt Hannover zur Begutachtung übergeben. Die Untersuchungsergebnisse zeigten, daß bei den untersuchten Proben im Bereich der Kehlnähte keine Ribbildung vorhanden war.

Ferner hat sich herausgestellt, daß die Prüfung nach dem Magnetprüfverfahren (Magnetisierungsart JEG/SSW



Bild 7: Hauptrohr DN 150 aus duktilem Gußeisen mit T-Stück 1 1/2" x 1 1/2" aus Stahl und Hausanschlußleitung 1 1/2" aus Stahl

nach DIN 54130) durch Permeabilitätsunterschiede zwischen Grundwerkstoff und Schweißwerkstoff zu sogenannten Scheinanzeigen führt und für die Überprüfung der Schweißnähte nicht geeignet ist.

Schweißrichtlinien

Für das Anschweißen von Stutzen gab es zunächst – wie eingangs bereits erwähnt – die allgemeine Schweißanleitung FGR 37 Blatt 1 [1] der Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre. Im August bzw. Oktober 1981 wurden Entwürfe (Gelbdrucke) von Richtlinien des Deutschen Verbandes für Schweißtechnik e.V. (DVS) für das Lichtbogenhandschweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung veröffentlicht, die inzwischen – nach erfolgter Einspruchsverhandlung – als gültige Richtlinien DVS 1502 Teil 1 [2], DVS 1502 Teil 2 [3] und DVS 1148 [4] vorliegen.

Schrifttum

- [1] FGR 37 Blatt 1 (August 1973)
„Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen für Gas- und Wasserleitungen; Anschweißstutzen; Schweißanleitung“
FGR-Informationen für das Gas- und Wasserfach, Heft 9, 1974
- [2] Richtlinie DVS 1502 Teil 1
„Lichtbogenhandschweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung – Schweißtechnische Grundsätze“
Juli 1982
- [3] 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“
Juli 1982
- [4] Richtlinie DVS 1148
„Prüfung von Schweißern – Lichtbogenhandschweißen an Rohren aus duktilem Gußeisen für Rohrleitungen der öffentlichen Gas- und Wasserversorgung“
Juli 1982

Wasser aus der Talsperre Nonnweiler

Von Heinz Zöller



Bild 1: Talsperre Nonnweiler – im Bau –



Bild 2: Talsperre Nonnweiler – gefüllt –

1. Diese Ziele könnten durch die Talsperre erreicht werden

Im Saarland ist die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser aus Grundwasser-Vorräten auf absehbare Zeit weitgehend gesichert. Das bestätigt der extrem trockene Sommer in 1976. Er wurde ohne nennenswerte Schwierigkeiten überwunden. Gleichzeitig zeigten sich aber 1976 im Bereich der Oberflächengewässer Engpässe. Die Flüsse hatten in diesem überaus heißen Sommer die niedrigsten bisher gemessenen Abflüsse. Das machte die Notwendigkeit deutlich, die jahreszeitlichen Schwankungen der Wasserführung mit Niedrigwasser im Sommer und mit Hochwasser im Winter durch eine Talsperre auszugleichen. Sie kann den Überschuß der einen Jahreszeit für die Notzeiten der anderen aufspeichern. Eine Niedrigwasser-Anreicherung der Flüsse bedeutet aber auch eine kontinuierliche Brauchwasser-Versorgung von Industrie und Landwirtschaft.

1.1. Niedrigwasser-Anreicherung der Flüsse

Im Sommer und im Herbst steigt die Schmutzkonzentration der Flüsse. Die Schmutzstoffe aus Haushalt und Industrie fallen über das ganze Jahr ziemlich gleichmäßig an. Andererseits steht wegen der niedrigeren Wasserführung in diesen Jahreszeiten weniger Wasser zur Verdünnung der eingeleiteten Abwässer zur Verfügung. In der warmen Jahreszeit kann auch mit zunehmender Temperatur immer weniger Sauerstoff im Wasser gelöst werden. Er ist aber für die Reinigungs-Vorgänge von ausschlaggebender Bedeutung. Im Herbst werden die Gewässer noch zusätzlich durch abgestorbene Pflan-

zenteile belastet. Durch die Zuführung von Wasser in die Prims, Blies und Saar kann ein „Umkippen“ dieser saarländischen Flüsse mit allen negativen Folgen – zum Beispiel für Naherholung und Fischerei – vermieden werden. Die Oberläufe von Prims und Blies liegen überdies auch im „Naturpark Saar-Hunsrück“. Er soll nach dem Willen der Landesregierung verstärkt für die Erholung der Bevölkerung zugänglich gemacht und für den Fremdenverkehr erschlossen werden.

1.2 Hochwasser-Schutz der Flüsse

Im Winter werden die Hochwässer der Prims und des Altbachs in der Talsperre gespeichert. Sie können deshalb im unterhalb liegenden Wasserlauf keine Schäden mehr anrichten. Diese mußten bisher mit hohem finanziellen Aufwand wieder beseitigt werden.

1.3 Kontinuierliche Brauchwasser-Versorgung von Industrie und Landwirtschaft

Die Industrie und auch die Landwirtschaft haben einen hohen Brauchwasser-Bedarf. Um die Produktion nicht zu gefährden, müssen die benötigten Wassermengen zu jeder Zeit in ausreichender Menge zur Verfügung stehen. Dieses Problem wurde im Saarland in den beiden letzten Jahrzehnten um so drängender, als neue Industrien angesiedelt, bestehende Kraftwerke erweitert und neue Kohlekraftwerke gebaut worden sind. Der hohe Belastungsgrad von Saar, Blies und Prims erlaubt es aber nicht mehr, daß zusätzliches Brauchwasser aus den Flüssen entnommen wird. Das geht aus einem Gutachten der Bundesanstalt für Gewässerkunde hervor.



Bild 3: Verlauf des Staubereichs bis zum Abschlußdamm (freigeig. Nr. 317/81)

Auch die Landwirtschaft wird durch die Niedrigwasser-Anreicherung begünstigt, vor allem im unmittelbar an die Flüsse angrenzenden Gelände. Durch die Wasserzuführung wird der Wasserstand im Flußlauf angehoben. Das bedeutet: der Grundwasserstand in der Talauflage sinkt nicht weiter ab. Viele Pflanzen können daher auch weiterhin ihren Wasserbedarf decken.

1.4. Sicherung der Trinkwasser-Versorgung

Die Talsperre Nonnweiler liegt im Kreis St. Wendel. Dieser Landkreis ist ein ausgesprochenes Grundwasser-Mangelgebiet. Deshalb kann die Talsperre auch zur Deckung des Wasserbedarfs dieses Kreises herangezogen werden. Ebenso wird sie helfen können, die Wasserversorgung der Gemeinde Hermeskeil, die Oberlieger ist, zu verbessern. Das Talsperrenwasser bietet dann zusammen mit einem weiträumigen Verbundnetz zusätzliche Sicherheitsreserven für die Wasserversorgung großer Gebiete im Saarland und benachbarten Rheinland-Pfalz.

2. Die Planung begann schon in den 60er Jahren

Die Untersuchungen der Wasserwirtschafts-Verwaltung zeigten, daß zusätzliches Wasser in der benötigten Menge und Güte nur im Norden des Saarlandes, am Rande des Hunsrücks, zu finden ist. In diesem Bereich sind die höchsten Niederschläge dieses Bundeslandes zu verzeichnen. Außerdem beeinträchtigen die dünne Besiedlung und die wenigen vorhandenen Industriebetriebe die Wasserqualität nicht bemerkenswert. Aufgrund der topographischen Verhältnisse ergaben sich

drei mögliche Standorte:

- An der Prims oberhalb der Ortschaft Nonnweiler.
- An der Löster oberhalb der Ortschaft Bierfeld.
- An der Wadrill oberhalb der Ortschaft Wadrill.

Die Primstalsperre bei Nonnweiler bot von diesen die günstigsten Voraussetzungen. Deshalb konzentrierten sich auf sie die weiterführenden Untersuchungen. Sie begannen in 1961 und wurden 1965 mit dem baureifen Entwurf für die Talsperre und die zugehörigen Fernwasserleitungen abgeschlossen.

Die Verwirklichung des Projekts wurde jedoch in 1966 aus mehreren Gründen zurückgestellt:

- Die Saarbergwerke, die einen hohen zusätzlichen Wasserbedarf angemeldet hatten, verzeichneten – bedingt durch die Kohlenkrise und den damit verbundenen Abbaurückgang – nunmehr einen Wasserüberschuß.
- Die Ford-Werke konnten für ihr neu zu errichtendes Zweigwerk auf dem eigenen Gelände ausreichend große Wassermengen erschließen.
- Die von der Wasserwirtschafts-Verwaltung in Auftrag gegebenen Gutachten über weitere Grundwasservorkommen im Saarland wiesen noch erhebliche Reserven aus. Deren Erschließung hatte Vorrang.

Dennoch blieb die Talsperre Nonnweiler Bestandteil der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung. Ihr Bau schien aufgrund des prognostizierten Wasserbedarfs – vor allem in der Industrie – in den nächsten Jahrzehnten wahrscheinlich.

3. Fertigstellung der Talsperre Nonnweiler in 1982

In 1973 fielen mit dem Baubeginn der Autobahn Landstuhl-Trier im Raum Nonnweiler erhebliche Erdmassen an. Deren Ablagerung bereitete große Probleme. Es lag daher nahe, mit diesen Erdmassen den Damm der Talsperre Nonnweiler zu schütten. Damit konnte gleichzeitig auch an anderer Stelle ein kleines Tal erhalten werden, das man sonst hätte zufüllen müssen.

Bis zum Herbst 1974 wurde der Staudamm bis ca. 15 m unter die vorgesehene Krone hochgeführt. Die Oberfläche des Staudamms wurde so begrünt, daß sie zunächst eine längere Wartezeit bis zur endgültigen Fertigstellung ohne Schaden überstehen konnte.

In 1978 wurden die Bauarbeiten wieder aufgenommen (Bild 1) und im Frühjahr 1982 beendet (Bild 2).

Die Talsperre Nonnweiler hat ein Einzugsgebiet von 40,8 km² (Bild 3). Ihr jährlicher Zufluß beträgt 25,0 Mio m³. Die Verluste durch Verdunstung und Versickerung sind mit 0,45 Mio m³ berechnet. Das Wasserdargebot beträgt 21,5 Mio m³.

Das Stauziel liegt bei 452,50 m ü.NN und das Absenkziel bei 411,00 m ü.NN. Der See bedeckt beim Stauziel eine



Bild 4: Verlegung der Zubringerleitung – im abgeböschten Graben –

Fläche von 96,0 ha und beim Absenkziel von 16,0 ha. Das Volumen des Gesamt-Stauraumes ist 19,9 hm³ und des Nutz-Stauraumes 19,2 hm³.

Die Dammhöhe liegt 62 m über der Talsohle. Die Krone des Damms ist 455,0 m ü.NN. Die Kronenbreite mißt 10 m und die Kronenlänge 306 m. Zur Wasserseite ist der Damm 1 : 1,75 und zur Luftseite 1 : 2,5 geneigt.

Um den wechselnden Wasserständen im See gerecht werden zu können, wird das Wasser über einen Entnahmeturm von 60 m Höhe mit mehreren übereinanderliegenden, verschleißbaren Öffnungen abgeleitet.

4. Zubringerleitung von der Talsperre zur Blies

Die Prims kann direkt aus der Talsperre mit Zusatzwasser versorgt werden. Dagegen muß für die Einleitung in die

Blies eine rd. 17600 m lange Leitung von Nonnweiler bis Gronig/Oberthal gebaut werden. Über die Prims und Blies kann auch der Saar Wasser zugeführt werden.

Die Überleitung des Wassers von der Talsperre in die Blies erfolgt nicht mit Pumpen, sondern mit dem hydrostatischen Druck des Wasserspiegels in der Sperre. Er liegt jederzeit über dem Hochpunkt der Leitung auf der Wasserscheide zwischen Prims und Blies.

Die Leitung folgt von der Sperre aus etwa dem Lauf der Prims bis zu ihrem Tiefpunkt in der Ortschaft Primstal



Bild 5: Verlegung der Zubringerleitung – im felsigen Gelände –

(307,00 m ü.NN). Dann steigt sie, dem Borsbach folgend, bis zu einem Höhenrücken zwischen Theley und Seelbach. Dort erreicht sie ihren höchsten Punkt (407,00 m ü.NN). In ihrem letzten Teil fällt sie stetig und relativ steil bis zur Einleitungsstelle in die Blies zwischen Gronig und Oberthal (313,00 m ü.NN).

Mit dem Bau dieser Talsperrenleitung wurde im Spätsommer 1982 begonnen. Die vorgesehene Bauzeit beträgt 11 Monate. Für die Leitung werden Rohre aus duktilem Gußeisen DN 1000 nach DIN 28600 und DIN 28610 mit TYTON-Steckmuffen-Verbindung nach DIN 28603 verwendet (Bilder 4 und 5). Sie sind teilweise mit längskraftschlüssiger Verbindung, System TYS, ausgeführt. Die Entscheidung für Gußrohre fiel in hartem Wettbewerb mit Rohren aus anderen Werkstoffen. Zu den Roh-

ren werden Muffen-Formstücke aus duktilem Gußeisen nach DIN 28622 bis DIN 28645 geliefert.

Alle Rohre und Formstücke erhalten außen eine Beschichtung auf bituminöser Basis gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 5 und innen eine Zementmörtel-Auskleidung nach DVGW-Arbeitsblatt W 342.

Vorliegende Untersuchungen weisen das Talsperrenwasser als ein sehr weiches Wasser mit einer Gesamthärte von 1,1 bis 1,6° dH und einem vernachlässigbaren Anteil an freier Kohlensäure aus.

Nach Erfahrungen, die an der Riveris-Talsperre bei Trier gemacht wurden, ist damit zu rechnen, daß sich aus biologischen Abbauvorgängen auf der Innenseite der Rohre Beläge bilden. Sie können die hydraulische Leistungsfähigkeit der Leitung vermindern. Um das zu vermeiden, wird die Leitung nach Inbetriebnahme etwa in Jahresabschnitten durch Molchen gereinigt.

Die Leitung ist für folgende Fördermengen ausgelegt:

– Kühlwassermenge für Kraftwerk Bexbach	0,370 m ³ /s
– Abschlämmwasser für Kraftwerk Bexbach	0,140 m ³ /s
Zu förderndes Brauchwasser für Kraftwerk	0,510 m ³ /s
– Niedrigwasser-Auffüllmenge für die Blies, gleichzeitig Kühlwasser-Reserve für das Modellkraftwerk Fenne und das vorgesehene Kraftwerk in Ensdorf	0,400 m ³ /s
Gesamtfördermenge bis zur Blies	$Q_{\max} = 0,910 \text{ m}^3/\text{s}$

Die Rohre aus duktilem Gußeisen sind für die Druckstufe PN 20 geeignet. Unter Berücksichtigung einer maximalen Überstauhöhe von rund 1 m = 453,50 m ü.NN und dem Tiefstpunkt der Leitung von 307,00 m ü.NN, ergibt sich ein größter Betriebsdruck von 146,50 m. Das entspricht einem Auslegungswert von PN 16.

Aus Sicherheitsgründen werden zusätzlich als Rohrbruchsicherungen 4 Kugelhähne eingebaut. Der freie Durchgang der Kugelhähne läßt ein Molchen der Leitung später jederzeit zu. Beim Ansprechen einer Rohrbruchsicherung liegt der entstehende Druckstoß im ungünstigsten Fall nicht über 50 m WS. Deshalb kann der absolut höchste Druck in der Leitung, die nach DIN 4279 mit 25 bar Innendruck zu prüfen ist, nicht den Prüfdruck übersteigen.

Die vorgesehene Trasse liegt zu einem großen Teil in Niederungsflächen der Prims und des Borsbaches. In diesen Verlegeabschnitten ist der Wasserandrang während der Rohrverlegung stark. Das bestätigen bodenkundliche Gutachten.

Die Bodenarten sind durch Schürfgruben, Rammsondierungen und Handbohrungen an signifikanten Stellen erkundet worden. Dabei wurden aggressive Böden angetroffen. Deshalb sind die duktilen Gußrohre in Böden mit Bewertungsziffern ≤ -7 nach DVGW-Arbeitsblatt GW 9 (Bodengruppe II) zusätzlich mit PE-Folie geschützt. Besonders aggressive Grundwässer wurden bei den durchgeführten Untersuchungen nicht festgestellt.

Oberhalb Mariahütte führt die Trasse im westlichen Tal-

hang durch Waldgelände. Dort ist der Rohrtransport geländebedingt sehr schwierig. Das gleiche gilt für den letzten Streckenteil vor Erreichen der Blies.

Im Trassenverlauf werden der Bahndamm bei Nonnweiler, die Bundesstraße B 327 bei der Sombach-Mühle und die Autobahn A 9 bei der Auffahrt Primstal gekreuzt. Hier werden die duktilen Gußrohre in Schutzrohre eingezogen.

Bauherr der Leitung ist der Minister für Umwelt, Raumordnung und Bauwesen, Saarbrücken. Er wird vertreten durch das Landesamt für Umweltschutz – Naturschutz und Wasserwirtschaft – Saarbrücken.

5. Entnahmeleitung aus der Blies zum Kraftwerk

Das Kühlwasser für das neue Kraftwerk Sankt Barbara der Saarbergwerke wird bei Neunkirchen-Wellesweiler entnommen. Von dort wird eine rd. 2400 m lange Leitung nach Bexbach gebaut. Zunächst wird das Wasser über eine Wasseraufbereitungsanlage geleitet, hier mechanisch gereinigt, entflokt sowie entkarbonisiert und dann in einen Hochbehälter in der Nähe des Kraftwerks gepumpt. Von dort läuft es in freiem Gefälle zum Kraftwerk.

Mit dem Bau der Leitung wurde ebenfalls im Spätsommer 1982 begonnen. Sie soll 1983 fertiggestellt sein.

Das Kraftwerk mit einem 700 MW-Block soll nämlich schon 1983 in Betrieb gehen.

Die Leitung wird mit Rohren aus duktilem Gußeisen DN 800 mit TYTON-Steckmuffen-Verbindung gebaut (Bild 6). Die Rohre haben etwa je zur Hälfte Langmuffen-

Bild 6: Verlegung der Entnahme- und Rückführleitung



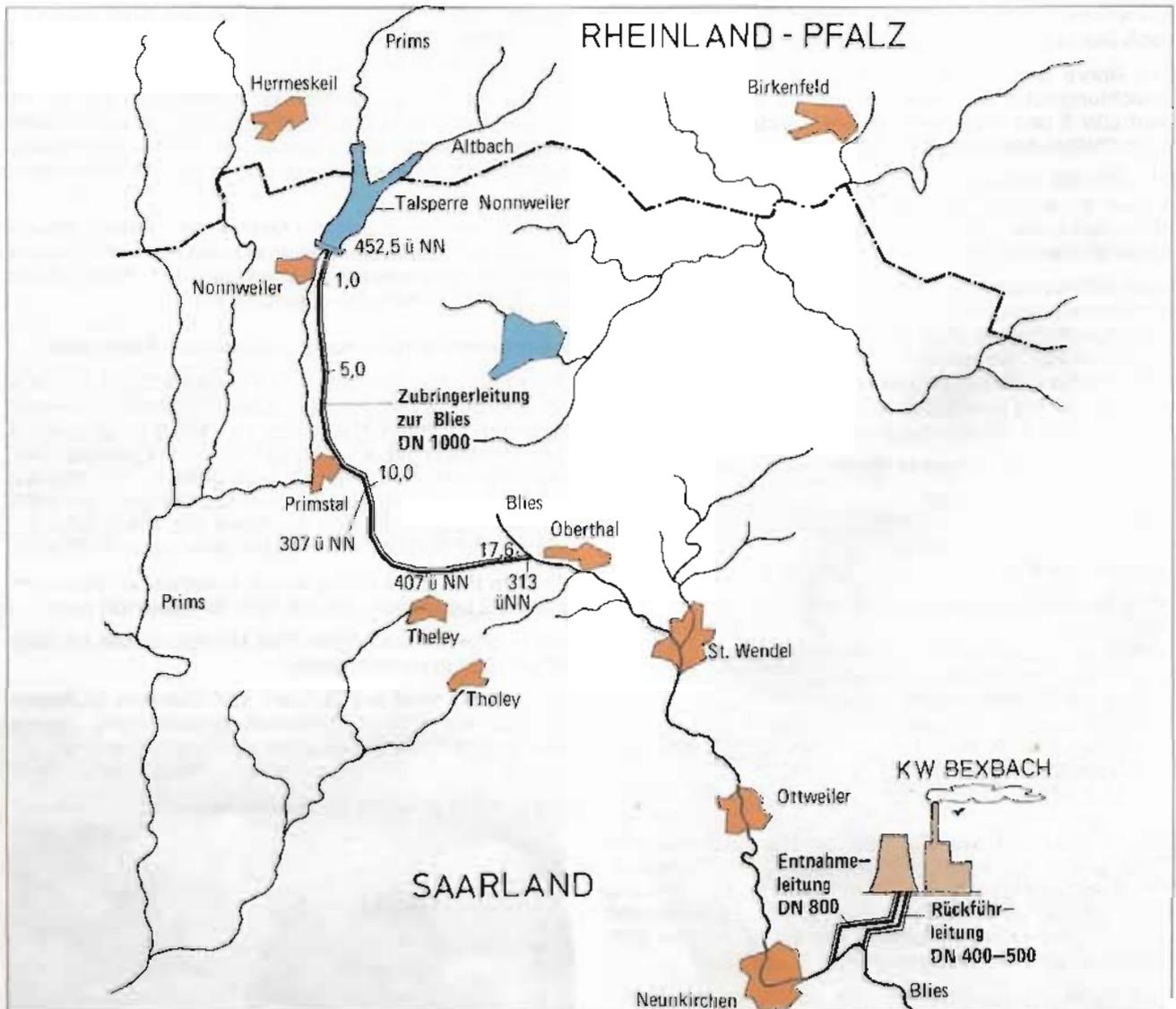


Bild 7: Übersichtsplan der Rohrleitungen

bzw. längskraftschlüssige Verbindungen, System TYS-K.

Im Bereich von aufgeschüttetem Gelände (Abraum der Gruben), wo mit Bodensetzungen und Bodensenkungen zu rechnen ist, werden Rohre mit TYTON-Langmuffe eingesetzt. Hier ist die axiale Beweglichkeit größer. Deshalb können auftretende Stauchungen und Zerrungen in größerem Maße ausgeglichen werden. Die Bogen sind in diesem Streckenabschnitt zur Aufnahme der Rohrleitungskräfte in Betonwiderlager eingebunden. Im weiteren Trassenverlauf werden die Bogen mit der längskraftschlüssigen TYS-K-Verbindung gesichert.

6. Rückführleitung vom Kraftwerk zur Blies

Zusätzlich wird eine rd. 1700 m lange Rückführleitung zur Blies für das Abschlammwasser in Nennweite 400 und – auf einer Teilstrecke – in Nennweite 500 gebaut. Auch dafür werden Rohre aus duktilem Gußeisen mit TYTON-Steckmuffen-Verbindung eingesetzt. Die Rohre haben ebenfalls Langmuffen- und längskraftschlüssige Verbindungen, System TYS-K.

dungen, System TYS-K.

Die Rückführleitung wird gleichzeitig mit der Entnahmeleitung gebaut (Bild 7).

Bauherr der Entnahme- und Rückführleitung sind die Saarbergwerke AG, Saarbrücken.

7. Ausblick

Ende März 1982 war die Talsperre Nonnweiler erstmals bis zum Stauziel gefüllt. Alle Meßergebnisse und Überprüfungen bestätigten, daß die Talsperren-Einrichtungen einwandfrei funktionieren.

Von dem Talsperrenwasser sollten nach den ursprünglichen Plänen rd. 15 Mio m³ für die Brauchwasser- und rd. 5 Mio m³ für die Trinkwasserversorgung verwendet werden. Nach den jüngsten Plänen wird eine Trinkwasserentnahme kaum vor 1990 in Frage kommen. Dennoch wird in Zukunft immer darauf geachtet, daß die Wasserqualität im Einzugsgebiet nicht beeinträchtigt wird.

Das Druckrohrleitungssystem zur Zentralkläranlage Bremerhaven

Von Alfred Gralle und Bernd Heiming

Im Mai 1979 ist in Bremerhaven mit dem Bau der ZENTRALKLÄRANLAGE (ZKA) begonnen worden. Mit Ausnahme der Kläranlage Nord sind im Stadtgebiet Bremerhavens bislang keine technischen Einrichtungen für die Abwasserreinigung vorhanden. Für die Baudurchführung hat die Stadt Bremerhaven 1978 die ZENTRALKLÄRANLAGE Bremerhaven GmbH (ZKA GmbH) gegründet, deren alleiniger Gesellschafter sie ist.

Aufgabengebiet der ZKA GmbH

Das Aufgabengebiet der ZKA GmbH umfaßt:

- den Bau des Zentralpumpwerks
- die Verlegung einer ca. 2.500 m langen Druckrohrleitung DN 1200 vom Zentralpumpwerk zur ZENTRALKLÄRANLAGE
- die Verlegung von ca. 650 m Ablaufleitung DN 1400 von der ZENTRALKLÄRANLAGE in die Weser sowie
- die Errichtung der eigentlichen ZENTRALKLÄRANLAGE (Bild 1).

Die Zuführung des Abwassers zum Sammelpunkt Zentralpumpwerk ist Aufgabe der Stadt Bremerhaven und wird von ihren Fachämtern ausgeführt.

Bei der ZENTRALKLÄRANLAGE Bremerhaven handelt es sich um eine mechanisch-vollbiologische Anlage, deren biologischer Teil nach dem Reinsauerstoffverfahren arbeitet.

Sie besteht im wesentlichen aus:

- Rechenanlage mit Grob- und Feinrechen
- Sand- und Schwimmstofffang mit Vorbellüftung
- 4 Vorklärbecken
- Zwischenpumpwerk
- 2 Reaktionsbecken (Belebungsbecken)
- 4 Nachklärbecken
- Nachreinigungsteich
- Ablaufpumpwerk
- den allgemeinen Betriebseinrichtungen und
- den Anlagenteilen für die Schlammbehandlung.

Der anfallende Schlamm wird ausgefault, über Zentrifugen entwässert und mittels Branntkalk nachbehandelt. So entsteht ein geruchsneutrales, deponiefähiges, hygienisch unbedenkliches Endprodukt, das der Landwirtschaft zur Verfügung gestellt wird und/oder depo-

niert werden kann. Mit dem beim Faulprozeß anfallenden Biogas werden Gasmaschinen betrieben, die über Generatoren und Wärmetauscher den Energiebedarf der Kläranlage überwiegend abdecken.

Die hydraulische Belastung ergibt sich wie folgt:

		Derzeitiger Ausbau (m ³ /h)	Endausbau (m ³ /h)
Trockenwetterabfluß bezogen auf 18 h/Tag	Q _{TW} 18	3.258	7.469
Regenwetterabfluß	Q _{RW}	6.403	15.394

Nach Fertigstellung wird die ZKA GmbH die von ihr errichteten Anlagen auch betreiben und unterhalten.

Das Druckrohrleitungssystem

a) Zulaufseite

Das Zentralpumpwerk „SEEDEICH“ liegt im Schnittpunkt der Zulaufsammler aus dem Stadtgebiet und dem Fischereihafen und fördert das Abwasser durch eine ca. 2.500 m lange Druckrohrleitung DN 1200 zur ZENTRALKLÄRANLAGE. Ursprünglich war vorgesehen, das Abwasser in einem Freigefällekanal zur Kläranlage zu transportieren. Der mögliche Standort einer neuen Seeschleuse im Bereich der Freigefälleleitung sowie die damit verbundene Dükerung des Kanals ließen es jedoch aus hydraulischen und betriebstechnischen Gründen sinnvoll erscheinen, eine Druckrohrleitung mit definierten Abflußverhältnissen zu errichten [1].

Sollten die Abwassermengen in Zukunft noch wesentlich steigen (erhöhter Regenwasserabfluß), ist vorgesehen, die Druckrohrleitung DN 1200 durch eine zweite Leitung DN 900 zu entlasten.

Das Zentralpumpwerk „SEEDEICH“ ist derzeit mit vier Kanalradpumpen ausgerüstet. Zur besseren Anpassung an die stark schwankenden Zuflußmengen sind zwei Pumpen mit einer Thyristorsteuerung versehen, die eine Drehzahlregelung ermöglicht.

b) Ablaufseite

Als Vorfluter für das gereinigte Abwasser wird die Weser in Anspruch genommen. Der Wasserstand der Weser wird durch die Tide beeinflusst; der Tidehub beträgt hier ca. 3,5 m. Die Ablaufleitung DN 1400 ist bereits für die

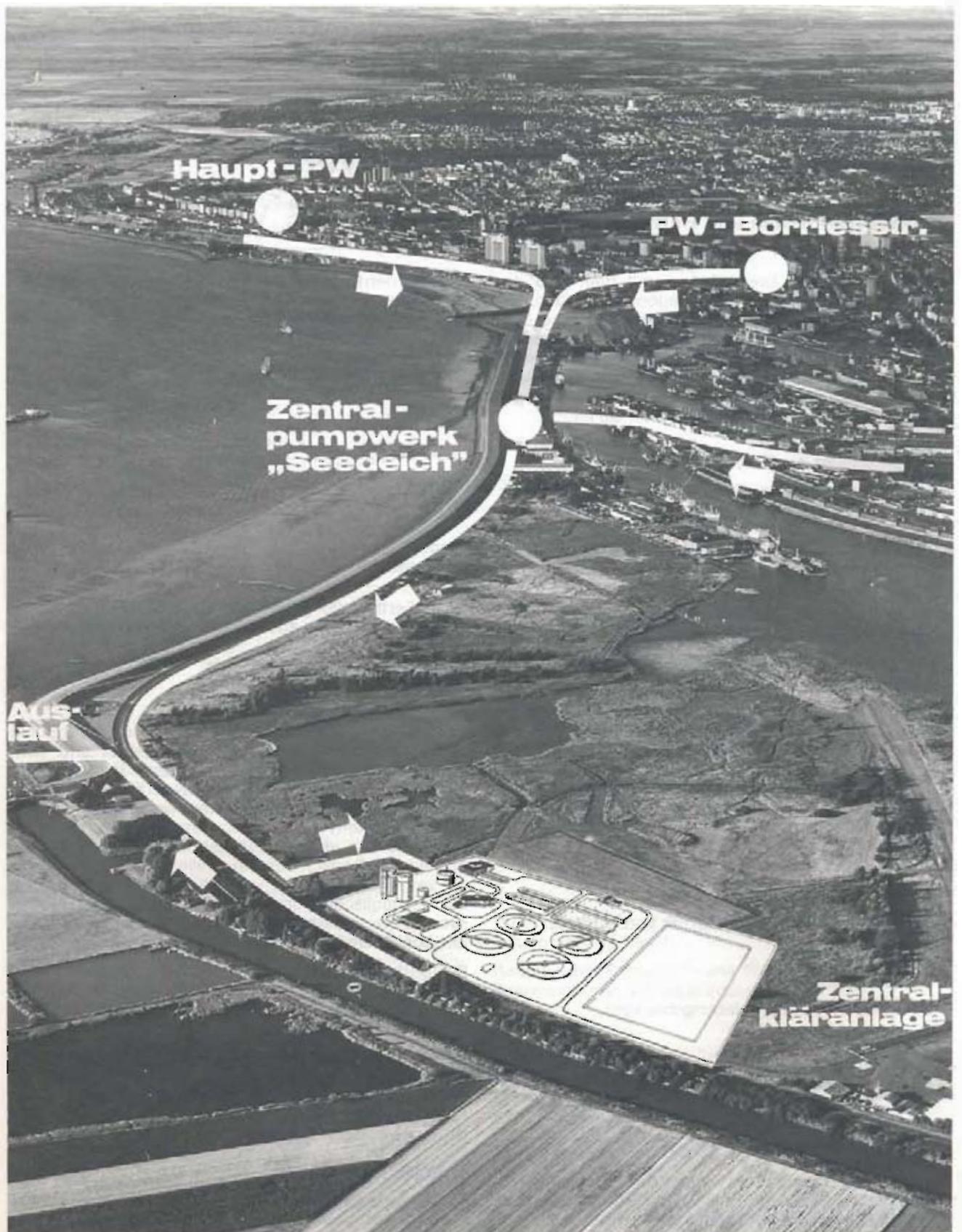


Bild 1: Luftaufnahme Gesamtübersicht (freigeig. Bremen FE 78-0831/1)

Wassermenge des Endausbaus dimensioniert. Bei Trockenwetterabflüssen und günstigen Tideverhältnissen kann das gereinigte Abwasser im freien Gefälle in die Weser abgeleitet werden. Die bei Regenwetteranfall steigenden hydraulischen Verluste machen jedoch für die Ablaufseite ein Pumpwerk erforderlich, das auch bei erhöhten Tidewasserständen einen gesicherten Kläranlagenablauf ermöglicht. Das Ablaufpumpwerk ist mit drei horizontalen Unterwasserpumpen ausgerüstet.

Materialwahl

Für die Materialwahl der Druckrohrleitungen waren folgende Kriterien zu bedenken:

- Die Qualität des Bremerhavener Abwassers wird maßgeblich durch den Abwasseranteil aus dem Fischereihafen bestimmt. Neben einer erheblichen spezifischen Verschmutzung – gemessen als biochemischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen bzw. als chemischer Sauerstoffbedarf (jeweils in mg/l) – neigt es zur Bildung von Schwefelwasserstoff und weist eine starke Chloridkonzentration auf. Auf einen wirksamen inneren Korrosionsschutz sollte daher nicht verzichtet werden [2].
- Die Charakteristik der vorhandenen Boden- und Grundwasserverhältnisse lassen den Schluß zu, daß sowohl für Stahl-/Gußmaterialien als auch für zementgebundene Werkstoffe eine erhebliche Korrosionsgefährdung besteht. Der umgebende Boden weist einen hohen Sulfidgehalt auf; das Grundwasser ist stark chloridhaltig (Brackwasser) und enthält beträchtliche Mengen an Magnesiumverbindungen und Sulfaten.
- Die Druckrohrleitungstrasse verläuft auf längeren Strecken unmittelbar am Fuße des Seedeichs. Ferner sind die Baugrundverhältnisse als ungünstig anzusehen. Das statische Verhalten der Rohre war daher besonders zu berücksichtigen.
- Die Kostenseite war zu beachten.

Nach Abwägung aller Umstände wurde entschieden, für das Druckrohrleitungssystem duktilen Gußmaterial zu verwenden, dessen Korrosionsschutz aus einer äußeren Polyethylen-Umhüllung nach DIN 30674 Teil 1 [3] und einer inneren Epoxidharzbeschichtung besteht.

Statische Berechnung der Rohre aus duktilem Gußeisen

Nachdem die Wahl des Rohrwerkstoffes zugunsten des duktilen Gußeisens gefallen war, konnten nach den Berechnungsansätzen des ATV-Arbeitsblattes A 127 die Rohrwanddicken für die folgenden Vorgabewerte ermittelt werden:

Nennweite DN	1200	1400
Überdeckungshöhe H (m)	1 und 2,2	2 und 2,5
Auflast	SLW 60	
Böschungswinkel	60°	
Auflagewinkel	120°	
Bodenart (DIN 18196)	2, nichtbindige Böden	
Einbaufall	4, lagenweise verdichtete Grabenfüllung	

Diese Werte wurden in ein EDV-Programm eingegeben. Aus den errechneten Momenten, Normalkräften und Spannungen ergaben sich letztendlich die in der Tafel 1 angegebenen Verformungswerte V mit den zugehörigen Sicherheitsbeiwerten für die Wanddickenklasse K 7.

Tafel 1: Ergebnisse der statischen Berechnung

Nennweite DN Überdeckungshöhe H (m)	1200		1400	
	1	2,2	2	2,5
Verformung V in mm	40,3	29,4	35,4	36,4
%	3,2	2,4	2,4	2,5
zulässig (%)	4	4	4	4
Sicherheit S*				
mindestens	2,0	2,0	2,0	2,0
errechnet	2,5	3,1	2,9	2,8

*S = vorhandene Sicherheit der Spannungen in der Wandinnenzone an der Rohrsohle, bezogen auf die zulässigen Spannungen von 550 N/mm²

Damit war nachgewiesen, daß duktile Gußrohre mit Wanddicken der Klasse K 7, wie sie in DIN 19691 [4] genormt sind, für die anstehenden Belastungen geeignet sind. Die Belastungen aus dem Innendruck, der mit max. 6 bar im Bereich der Druckleitungen und mit 0 bar im Auslaufteil angesetzt wurde, werden von duktilen Gußrohren sowie von der Muffenverbindung sicher aufgenommen.

Außen- und Innenschutz der Rohre und Formstücke

Die so berechneten Rohre mußten aufgrund von Boden- und Durchflußmedium-Untersuchungen gegen Korrosion geschützt werden. Wegen der hohen Aggressivitäten sowohl des Bodens als auch des Mediums wurde von der ZKA GmbH für den Außenschutz der Rohre eine Polyethylen-Umhüllung nach DIN 30674 Teil 1 und für die Formstücke ein zweifacher Bitumenanstrich mit einer Mindestschichtdicke von 100 µm gefordert. Rohre und Formstücke sollten innen mit einer 600 bis 800 µm dicken Epoxidharzbeschichtung versehen werden. Die Verbindungsbereiche, also die Muffeninnenflächen und die Außenflächen der Einsteckenden, mußten ebenfalls mit mindestens 300 µm Epoxidharz beschichtet werden. Diese Art des Korrosionsschutzes – außen eine extrudierte Polyethylen-Umhüllung und innen eine Epoxidharzauskleidung – kam hier erstmals bei duktilen Gußrohren zum Einsatz.

Herstellung der Rohre

Die Rohre wurden im Schleudergießverfahren hergestellt. Nach dem Erstarren wurden die Rohre einer Wärmebehandlung unterzogen, um eine vollständige kugelige Graphitbildung und ein überwiegend ferritisches Grundgefüge zu erhalten. Diese Gefügeausbildung ist notwendig, will man einen duktilen Werkstoff erhalten, der den Technischen Lieferbedingungen für duktile Gußrohre und Formstücke für Abwasserleitungen und -kanäle der DIN 19690 [5] entspricht. Erreicht werden müssen danach mindestens

400 N/mm² Zugfestigkeit
 300 N/mm² 0,2% Dehngrenze und
 7% Bruchdehnung

Da die Rohre auf unterschiedlichen Gießanlagen geschleudert wurden, fielen unterschiedliche Rohrlängen an; so betrug die Baulänge der Rohre DN 1400 mit einer Standard-Steckverbindung 8,16 m und diejenige der Rohre DN 1200 mit TYTON-Steckverbindung 6 m. Beide Verbindungsarten sind in DIN 28603 [6] maßlich festgelegt.

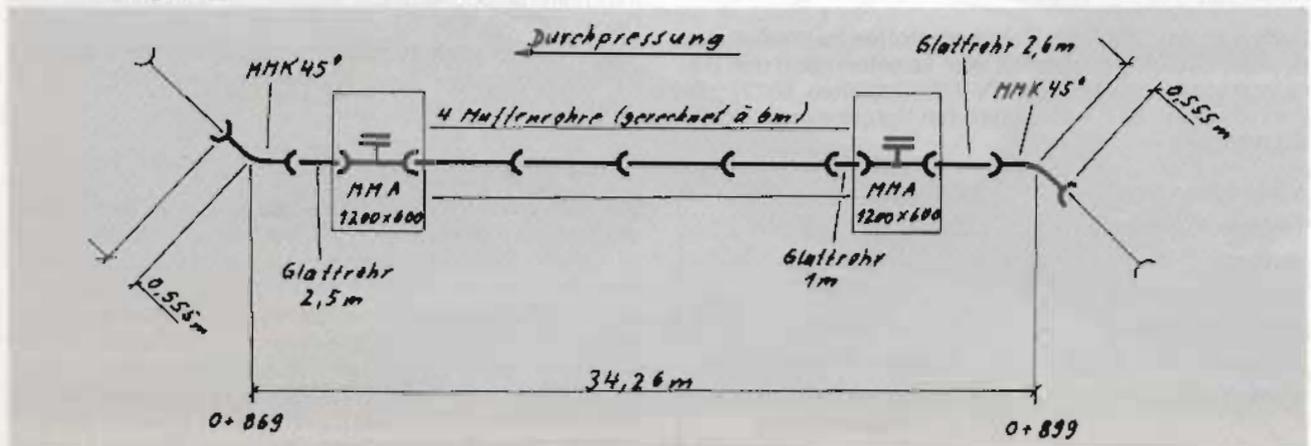
Trassenbedingte Kurzlängen, sowohl Muffen- als auch Glattrohre in Längen zwischen 1 und 4 m, wurden fertig an die Baustelle geliefert.

Der zweite Fertigungsschritt, das Einbringen der Epoxidharzauskleidung, erfolgte nach mechanisch ausgeführtem Sandstrahlen der Rohrienenoberfläche durch Einbringen des Epoxids mittels einer Sprühlanze in das rotierende Rohr. Vor dem Aushärten des Epoxids wurde die Oberfläche geglättet. Nach dem Aushärten setzten die Prüfungen der Schichtdicke und Funkendichtheit sowie eine stichprobenweise Haftfestigkeitsprüfung ein.

Der dritte und letzte Fertigungsschritt bestand im Aufbringen der PE-Umhüllung auf die Rohre nach dem Wickelextrusions-Verfahren. Die Prüfung der aufgetragenen Schutzschicht erfolgte gemäß DIN 30674 Teil 1, wobei für die Schichtdicken mindestens 3 mm und für den Schälwiderstand bei einer aufzugebenden Kraft von 20 N/cm in der Zeit von 0,4 x DN in Minuten höchstens ein Schälweg von 470 mm bei DN 1200 und 550 mm Schälweg bei DN 1400 gemessen werden darf. Die auf diese Weise hergestellten, geprüften und für gut befundenen Rohre wurden einlagig auf Holzbalken gelagert und für den Versand auf Abruf bereitgehalten.

Die notwendigen Formstücke wurden im Sandguß mit den Werkstoffkennwerten nach DIN 19690 mit der TYTON-Steckverbindung nach DIN 28603 hergestellt. Die Flansche waren für PN 10 nach DIN 28604 [7] ausgelegt und bearbeitet. Die Innenauskleidung mit Epoxidharz erfolgte nach dem Sandstrahlen der Oberfläche von Hand. Der letzte Fertigungsschritt bestand auch hier im Aufbringen des Außenschutzes. Die mindestens 100 µm dicke Bitumenschicht wurde durch 2-fachen Anstrich aufgebracht.

Bild 2: Bauilos 1 DN 1200, Unterquerung des Bundesbahngleises



Lieferungen

Um eine reibungslose, dem Baufortschritt angepaßte Lieferfolge sicherzustellen, wurden die Gesamtleitungen DN 1200 und DN 1400 in Streckenlose aufgeteilt. Dabei



Bild 3: Verlauf der Trasse DN 1200

wurde von den Planungszeichnungen ausgehend die Trasse DN 1200 in die Lose 1 bis 10 und die Trasse DN 1400 in die Streckenlose 11 bis 13 aufgeteilt. Bild 2 zeigt die Darstellung des Loses 1, die Unterquerung des Bundesbahngleises, aus der die einzelnen Rohre und Formstücke hervorgehen.

Da die Trasse entlang einer eingleisigen Bundesbahn-Anschlußstrecke und einer gut ausgebauten Straße verlief, konnten beide Transportmöglichkeiten genutzt werden, so daß von Fall zu Fall die günstigste Art ausgewählt werden konnte; Bild 3.

Tafel 2 zeigt die Lieferungen der Rohrleitungsteile je Transportmittel.

Tafel 2: Lieferanteile der Transportmittel

DN Teile	1200		1400	
	LKW	Bahn	LKW	Bahn
Rohre	408	—	13	66
Formstücke	21	—	6	—
Paßrohre	16	—	1	—

Verlegung

Die Verlegung von Rohren mit diesem hochwertigen Innen- und Außenschutz mußte mit besonderer Sorgfalt und unter Beachtung spezieller Regeln geschehen. Aus diesem Grunde hat man seitens des Rohrlieferanten eine eigens für diese Rohre anwendbare Baustellenanlei-



Bild 4: Doppelmuffenstück DN 1200 mit eingelassenem Deckel DN 600

tung erstellt, die in den Hauptpunkten das Abladen, Verstrecken und die Handhabung sowie die Rohrverlegung und spezielle Arbeitsanleitungen enthielt. So galt das besondere Augenmerk der schonenden Behandlung der Epoxidbeschichtung am Einsteckende und am Muffeneingang, weil dort bei der Herstellung der Verbindung durch Aneinanderschlagen Abplatzungen hervorgerufen werden können, insbesondere dann, wenn einmal

Bild 5: Absenken eines Rohres DN 1400



ein un rundes Einsteckende vorkommen sollte. Die für diesen Fall vorbereitete Runddruckschelle kam nur zweimal, und zwar bei kurzen Glattrohren zum Einsatz. Die Anleitung für eine Behandlung von zu kürzenden Rohren, die u. a. eine Anleitung für das Nachbeschichten des neuen Einsteckendes enthielt, ist dank örtlicher Gegebenheiten und der vorausschauenden Liefereinteilung niemals benutzt worden, weil das einzige zu kürzende Rohr bereits im Werk auf Paßlänge geschnitten und verlegfertig hergerichtet werden konnte.

Die Richtungsänderungen entlang des Bundesbahngleises konnten wegen des großen Radius ohne Formstücke durch Ausnutzen der Abwinkelbarkeit ausgeführt werden. Die zwischen den einzelnen Streckenlosen eingebauten Doppelmuffenstücke mit Flanschstützen DN 600 (MMA 1200 x 600) sind als Revisionsschächte vorgesehen. Um in den Flanschstützen Gasansammlungen zu vermeiden, wurden eingelassene Deckel anstelle von Blindflanschen eingesetzt, wie sie in Bild 4 dargestellt sind. Diese Stücke erhielten auf ihrer Außenoberfläche ebenfalls eine Epoxidharz-Beschichtung.

Das Ausheben des Rohrgrabens machte keine Schwierigkeiten, da es sich fast ausnahmslos um Sand mit streckenweise darunterliegendem Kleiboden handelte. So konnte mit großem Gerät gearbeitet werden. Die längs der Trasse verstreckten Rohre wurden vor dem Herablassen in den Graben nochmals auf mögliche Beschädigungen der Polyethylen-Umhüllung und der Epoxidbeschichtung überprüft und nach Entfernen des Transportschutzes am Einsteckende mit dem Kran in den Graben abgesenkt (Bild 5). Das Einsteckende des im Kran hängenden Rohres wurde an die vorbereitete Muffe so weit herangefahren und ausgerichtet, daß durch Einschleiben mittels einer im Graben eingesetzten Raupe die Verbindung hergestellt werden konnte (Bild 6). Während dieses Vorganges befand sich ein Rohrleger im Rohr, der die Aufgabe hatte, Distanzhölzer zwischen Muffengrund und Einsteckende zu legen, damit die Epoxidbeschichtung durch Anstoßen des Einsteckendes am

Bild 6: Einschleiben eines Rohres DN 1200 mittels Raupe

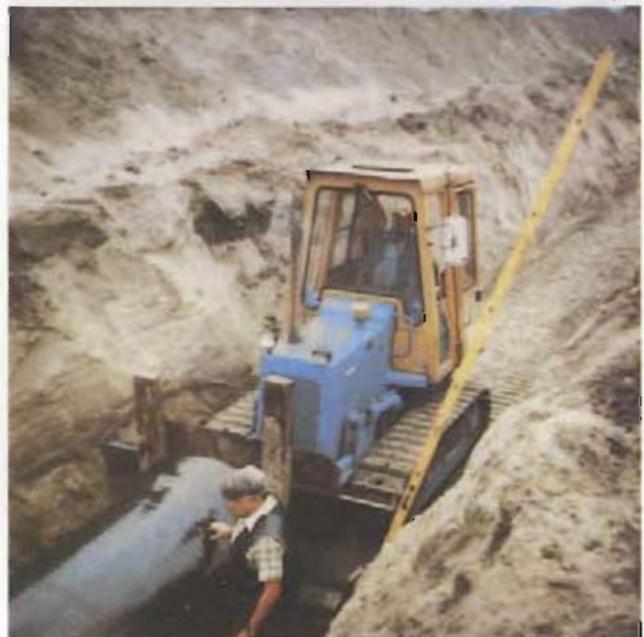




Bild 7: Nachisolieren der Verbindung



Bild 9: Gemeinsamer Rohrgraben DN 1400 und DN 1200



Bild 8: Fertig isolierte Verbindung DN 1200

Muffengrund nicht beschädigt wurde und zum anderen, um die Einstecktiefe genau zu fixieren. Wie bereits vorher erwähnt, ging die Verlegung ohne Hilfsmittel wie z.B. Rundrückschellen glatt vonstatten. Die Höhen- und Seitenlage des neu verlegten Rohres konnte mit einem vorher exakt ausgerichteten Lasergerät genau eingehalten werden. Es mußte jetzt noch das Nachisolieren der Verbindung vorgenommen werden. Das geschah mit einem vorher auf Rohrumfanglänge geschnittenen, 300 mm breiten strahlenvernetzten Polyethylen-Schrumpfband. Wie auf dem Bild 7 erkennbar, wird das Schrumpfband mittels einer Verschußlasche, die zum Fixieren des noch ungeschrunpften Bandes dient, angeheftet, dann mit einer weich eingestellten Propangasflamme erwärmt, wodurch das Band zu einer Manschette verklebt wird, die sich fest um die Verbindung legt, wie es aus den Bildern 4 und 8 ersichtlich ist. Für die Verlegung eines Rohres, vom Anschlagen des Rohres am Grabenrand bis zur fertig isolierten Muffenverbindung, benötigte die gut ausge-



Bild 10: Rohrdurchpressung DN 1400

rüstete und aufeinander eingespielte Verlegekolonne 6 Minuten. Bedeutend geringere Verlegeleistungen wurden bei den Streckenlosen erzielt, wo der Graben gespundet werden mußte, weil entweder Wassereinbrüche drohten oder die Trasse in die Straße gelegt werden mußte. Die Länge der Druckrohrleitung DN 1200, ausgehend vom Pumpwerk „SEEDEICH“ über das Schieberhaus bis zum Rechengebäude innerhalb der ZENTRAL-KLÄRANLAGE, betrug etwa 2.500 m.

Die Verlegung der Leitung DN 1400 gestaltete sich etwas schwieriger, weil zum einen der größte Teil im selben Graben wie das Streckenlos 5 der Leitung DN 1200 verläuft und zum anderen, weil sie vom Schieberhaus abgehend unter dem Bundesbahngleis, der Straße und dem Deich vorgetrieben werden mußte. Dort, wo beide Leitungen in einem Graben verlegt sind, liegt die Grabensohle für die DN 1400 zwischen 2 und 3 m unter der Geländeoberkante, weil die Leitung DN 1200, die darüber



Bild 11: Auslaufleitung hinter dem Deich

verlegt werden mußte, immer noch eine Mindestüberdeckung von 1 m haben sollte, wie aus Bild 9 hervorgeht.

Die Durchpressung von Schieberhaus vor dem Deich bis zum Armaturenschacht hinter dem Deich wurde mit Betonrohren DN 2000 durchgeführt. Die Gußrohre DN 1400 erhielten 3 auf dem Umfang verteilte Gleitkufen aus Kunststoff und wurden im Schieberhaus montiert; die Verbindungen wurden nachisoliert und durch das Schutzrohr gedrückt. Das Bild 10 zeigt die Montage im Schieberhaus und das Einschleiben des letzten Rohres in das Schutzrohr. Für dieses Streckenlos mußten 8 Rohre von ca. 8,2 m Baulänge eingebracht werden. Zur Verlegung der anschließenden drucklosen Auslaufleitung mußte die Baustelle wegen der tief liegenden Trasse eingedeicht werden. Das Bild 11 zeigt die eingedeichte Baugrube für die Auslaufleitung.

Die Gesamtlänge der Leitung DN 1400 vom Ablaufpumpwerk bis zum Auslauf in die Lune beträgt ca. 650 m.

Druckproben

Die Abwasserdruckleitungen mußten nach Fertigstellung auf Dichtheit geprüft werden. Hierzu wurde die Druckleitung DN 1200 in zwei Abschnitte geteilt und getrennt abgedrückt. Der Abschnitt 1, von Ausgang Pumpwerk „SEEDEICH“ bis zum Schieberhaus, war etwa 1.900 m lang und der Abschnitt 2, vom Schieberhaus bis kurz vor die Einführung in das Rechengebäude, hatte eine Länge von ca. 500 m. Am 13. Mai 1982 konnte nach 9 Monaten Bauzeit der Abschnitt 2 der Druckprobe unterzogen werden. Der für diesen Leitungsabschnitt

festgelegte Prüfdruck von 2,5 bar sollte über 24 Stunden gehalten werden. Am 14. Mai konnte dieser Leitungsabschnitt übergeben werden. Der Abschnitt 1 sollte mit 9 bar abgedrückt werden. Nach 24 Stunden Druckkonstanz bei 9 bar wurde am 4. Juni auch dieser Abschnitt abgenommen.

Die Druckleitung DN 1400 ist vom Ablaufpumpwerk auf dem Gelände der ZENTRALKLÄRANLAGE bis zum Armaturenschacht hinter dem Deich auf einer Länge von etwa 580 m mit 2,5 bar abgedrückt worden. Auch diese Leitung konnte nach 24 Stunden Druckkonstanz abgenommen werden.

Schlußbetrachtung

Das Druckrohrleitungssystem der ZENTRALKLÄRANLAGE GmbH, wie es in der beschriebenen Form erstmalig ausgeführt wurde, erfüllt alle Erfordernisse der Statik und bietet einen wirksamen Korrosionsschutz sowohl gegen die zu transportierenden ungeklärten Abwässer als auch gegen die z. T. aggressiven Böden. Die Erfahrungen bei der Verlegung duktiler Schleudergußrohre mit der hochwertigen Epoxid-Innenauskleidung und der äußeren Polyethylen-Umhüllung sind positiv zu beurteilen. Bei Beachtung der speziellen Verlegerichtlinien, die jedoch keinen zeitlichen Mehraufwand erforderten, sondern lediglich eine gezielte Handhabung der Verlegerwerkzeuge und genaue Zentrierung bei der Herstellung der Verbindung verlangten, war die Verlegung dieser hochwertigen Rohre problemlos.

Es ist vorgesehen, die ZENTRALKLÄRANLAGE Bremerhaven Anfang 1983 in Betrieb zu nehmen.

Schrifttum

- [1] Planungsgemeinschaft für Ingenieurbau
Dr. Ing. H. Wetzorke – Dr. Ing. G. Stobbe, Hannover
Entwurf Druckrohrleitungssystem
Bremerhaven, 1980
- [2] Freie Hansestadt Bremen, Landesamt für Baustoff-
prüfung
Korrosionsschutz des Leitungsmaterials der Ab-
wasserleitung in Bremerhaven, 1979
- [3] DIN 30674 Teil 1
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen;
Polyethylen-Umhüllung
Entwurf März 1981
- [4] DIN 19691
Rohre aus duktilem Gußeisen mit Steckmuffe für
Entwässerungskanäle und -leitungen; Maße
Juli 1978
- [5] DIN 19690
Technische Lieferbedingungen für Rohre und Form-
stücke aus duktilem Gußeisen für Entwässerungs-
kanäle und -leitungen
Juli 1978
- [6] DIN 28603
Steckmuffen-Verbindungen; Anschlußmaße und
Gewichte
Entwurf Februar 1981
- [7] DIN 28604
Flansche PN 10; Konstruktionsmaße
März 1976

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:

Heft 18:

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

Lehrer: Herr ...

1. Name:	
2. Matrikelnummer:	
3. Geburtsdatum:	
4. Geburtsort:	
5. Matrikelnummer:	

Bitte den Namen des Prüflings in den entsprechenden Feldern eintragen.

1
2
3
4
5



