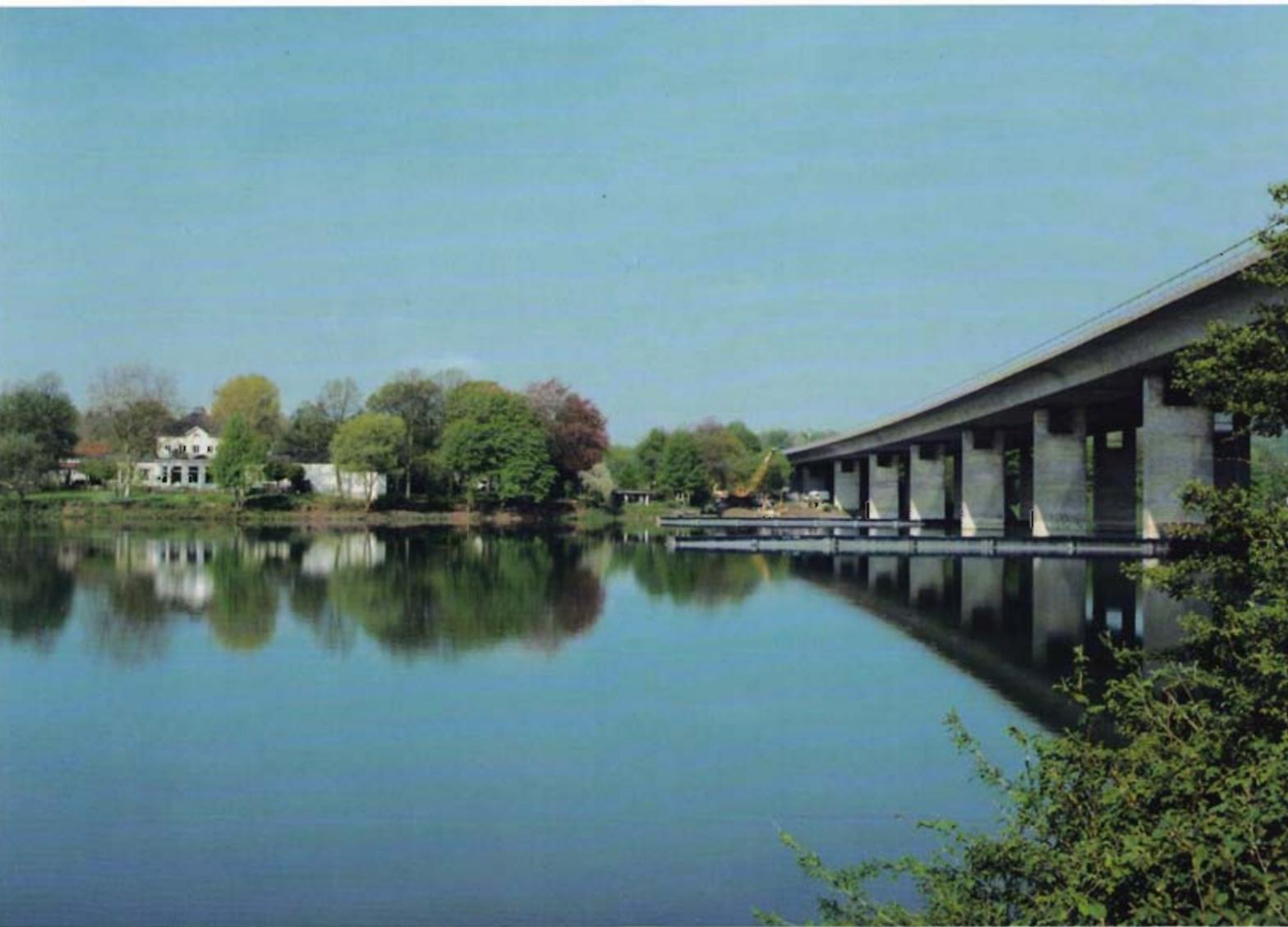


33

GUSSROHR-TECHNIK



INFORMATIONEN DER FACHGEMEINSCHAFT GUSS-ROHRSYSTEME

Themen + Autoren

| | | |
|-----------|--|---|
| 5 | Ohne Gelenkstücke | Prof. Dipl.-Ing. Bernhard Falter Prof. Dipl.-Ing. Joachim Lenz Dipl.-Ing. Martin Wielenberg |
| | Einfach gelenkige Schachtanschlüsse bei Rohren aus duktilem Gußeisen | |
| 14 | Neckardüker | Dipl.-Ing. Hans-Jörg Adolph Richard Schwebler |
| | Planung und Errichtung eines ca. 450 m langen, nicht begehbaren Versorgungs-/Energietunnels (Düker) im Bereich des Neckars in Heidelberg | |
| 20 | Moseldüker | Dipl.-Ing. Hans Zenz |
| | Eine Trinkwasserleitung aus zwei duktilen Gußrohrsträngen DN 500 kreuzt die Mosel | |
| 25 | Wirtschaftliche Entwässerung | Dipl.-Ing. Michael Umfahrer Dipl.-Ing. Walter Klein |
| | Planung und Bau eines modifizierten Entwässerungssystems in Östringen | |
| 28 | Historisches | Prof. Dr.-Ing. habil. Harald Roscher |
| | 130 Jahre „einheitliche“ Wasserversorgung in Thüringen – 130 Jahre Gußrohre in Betrieb | |
| 38 | Mineralwasser | Dipl.-Ing. Claus-Dietrich Tusch Claus Teslau |
| | Bau einer Mineralwasserleitung mit Teilstrecken in Horizontal-Spülbohrtechnik | |
| 42 | Wasserversorgung | Dipl.-Ing. Wolfgang Starke Dipl.-Ing. Heinz Pfister |
| | Fernwassereinspeisung aus Brandenburg in den sächsischen Kreis Kamenz durch 30 km lange Gußrohrleitung | |
| 46 | Schwierige Trasse | Dipl.-Ing. Christoph Heine |
| | Stadtwerke Lahr – Wasserversorgung 2000: Bau einer Druckleitung DN 200 GGG mit ZMU, TIS-K-Verbindungen und Tonerde-Zementmörtel-Auskleidung | |
| 50 | Aktualisiertes Merkblatt | Dipl.-Ing. Oskar Halter Dipl.-Ing. Michael Mischo Dipl.-Ing. Horst Schlicht |
| | Längskraftschlüssige Muffenverbindungen für Rohre, Formstücke und Armaturen nach DVGW-Merkblatt GW 368 | |
| 57 | Steilstrecke | Hans Müller |
| | Neubau der Trinkwasserversorgungsanlagen im Saxettal | |
| 61 | Versorgungsleitung | Dipl.-Ing. Hans Behrendt-Emden Dipl.-Ing. Axel Schwarz Dipl.-Ing. Manfred Jung |
| | Trinkwasseranschluß für die Stadt Blieskastel – im östlichen Saarland – mit dem UNIVERSAL-Rohrverbindingssystem | |

Schnellübersicht

Die Erstellung von Abwasserkanälen erfordert hohe Investitionskosten. Aus diesem Grunde sind Betreiber von Entwässerungsnetzen besonders daran interessiert, bei Planung und Bau Kosten einzusparen. Ein Beitrag zur Kosteneinsparung ist der einfach gelenkige Anschluß von duktilen Gußrohren an Bauwerke des Entwässerungsnetzes. Seite 5

Die Stadt Heidelberg hat zur Verbesserung der Versorgung ihrer „Nordstadt“ einen Düker durch den Neckar gebaut. Er enthält unter anderem eine Wasserleitung DN 400 aus duktilen Gußrohren. Der Bericht befaßt sich mit den besonderen Planungs- und Einbaufragen, die sich durch den Einbau duktiler Gußrohre in einen Düker zusammen mit Energie- und Versorgungsleitungen aus anderen Materialien ergeben. Seite 14

So ein Düker ist ja immer wieder eine besondere Aufgabe für Planer und Bauer: Viele Einflußgrößen müssen beachtet werden, die Interessen vieler Beteiligten müssen auf einen gemeinsamen Nenner gebracht werden, und stets spielen Unwägbarkeiten mit.

Beim Bau des Dükers durch die Mosel zur Sicherung der Wasserversorgung des Vorderen Hunsrücks verlief alles planmäßig; die gute Vorarbeit zahlte sich aus. Auch eine Verzögerung durch Hochwasser konnte das gute Bild nicht trüben. Seite 20

Beachtung von ökologischen Gesichtspunkten und dabei Kosten sparen, das sind Rahmenbedingungen, denen man sich immer öfter gegenübersieht, und die neue Ideen zu bewährten Verfahren fördern. Diese Aufgabe stellte sich auch

bei der Entwässerungsplanung eines Neubaugebiets bei Östringen.

Die Lösung: Fast ein herkömmliches Trennsystem, aber mit Pfiff! Mischwasser und Regenwasser zwar in zwei Leitungen, jedoch in einem Graben übereinander. 15 – 20 % Einsparung sind das Ergebnis. Seite 25

Die Industrialisierung des 19. Jahrhunderts brachte einen erhöhten Wasserbedarf mit sich, der durch die vorhandenen Brunnenanlagen und Holz-, Blei- oder Tonröhren-Leitungen nicht mehr gedeckt werden konnte. Als Material für Fernwasser- und sonstige Druckleitungen bot sich damals eigentlich nur

ein Material an: Gußeisen. In wenigen Jahren wurden in Deutschland Tausende Kilometer Gußrohr-Leitungen verlegt, um den Industriebedarf zu decken und um den gestiegenen Komfort- und Hygiene-Bedürfnissen Rechnung zu tragen.

Am Beispiel Thüringens wird hier die Entwicklung untersucht, die zur „einheitlichen Wasserversorgung“ innerhalb weniger Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts führte. Seite 28

Früher bauten die Mineralbrunnenbetriebe ihre Abfüllanlagen gleich an die Quelle. Aber heute reicht eine Quelle nicht mehr aus, um den gestiegenen Bedarf zu decken. Deshalb muß das Wasser selektiv mit Leitungen herangeholt werden.

Im vorliegenden Falle sind es 4 km, die mit einer Doppelleitung 2 x DN 150 überbrückt werden müssen. Duktile Gußrohre und Horizontal-Spülbohrverfahren sind die Stichworte, welche diese Leitung charakterisieren – eine Kombination, die für Sicherheit und Umweltschonung steht. Seite 38

Umschlagseiten

Titel: Bau einer Doppel-Auslaufleitung in den Seilersee in Iserlohn. Vor dem Einbau schwimmen die beiden Rohrstränge DN 1400 mit TKF-Zugsicherung, je ca. 65 m lang, in „Parkstellung“ auf dem See.

Rückseite: Straßentunnel in Bad Godesberg. Einbau der Entwässerungsleitung DN 300.

Impressum

Herausgeber und Copyright:
Fachgemeinschaft Guß-Rohrsysteme
Sachsenring 2-4, 50677 Köln
Tel. (02 21) 31 80 65, Fax: (02 21) 31 62 21

Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt.
Belegexemplar erbeten.

Druck: Formdruck Peter Meyer, Krefeld, Juli 1998

Schnellübersicht

Circa 30 km Wasserleitung bei hohem Grundwasserspiegel, Fließsand, 130 m Höhenunterschied, steinigen Böden und Felskuppen, Bach-, Bahn- und Straßenkreuzungen, streckenweise durch das Anodenfeld einer benachbarten Leitung, dann durch kontaminierte Böden, dazu schmale Trassen und ein strenger Winter – selbst mit Gußrohren eine beachtliche Herausforderung. Sie wurde bewältigt, dank der Kompetenz der Beteiligten, aber auch durch die richtige Auswahl der passenden Rohre, z.B. mit längskraftschlüssigen Muffen oder mit geeignetem Außenschutz. So konnte dann nach 12 Monaten Bauzeit das erste Wasser fließen. Seite 42

In der letzten Ausgabe dieser Zeitschrift wurden bereits die umfangreichen Leitungsverlegungen im Zusammenhang mit dem neuen Wasserwerk Galgenberg der Stadt Lahr/Schwarzwald geschildert. Im Rahmen des Großprojektes Wasserversorgung 2000 der Stadtwerke Lahr ist nun eine weitere technisch sehr anspruchsvolle Leitungsbaumaßnahme durchgeführt worden, über die im folgenden berichtet wird. Seite 46

25 Jahre alt ist das DVGW-Arbeitsblatt GW368, das sich mit der Herstellung von „zugfesten Verbindungen“ befaßt. In diesen Jahren hat es eine enorme technische Entwicklung der längskraftschlüssigen Verbindungen gegeben, und die Gußrohrindustrie bietet inzwischen eine ganze Palette integrierter Systeme für die verschieden-

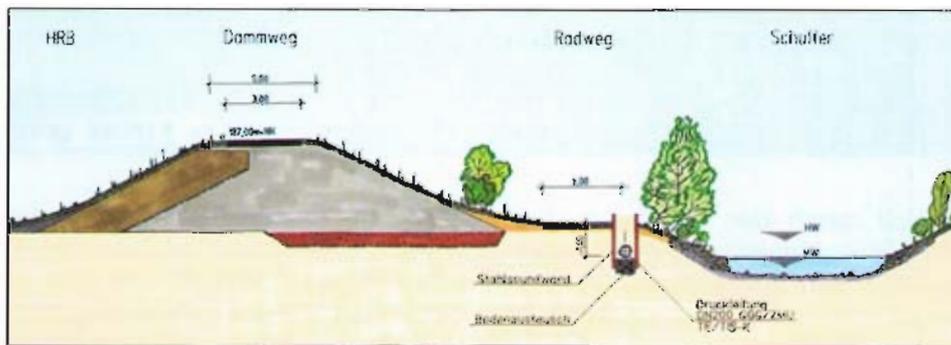
sten Aufgabenstellungen an.

Unter diesem Aspekt wird das Merkblatt nun überarbeitet, um sowohl dieser Entwicklung wie auch geänderten Vorgaben durch Normen, beispielsweise DIN EN 545, Rechnung zu tragen. Der folgende Beitrag berichtet über den Stand der Dinge. Seite 50

Hochgebirgs-Trassen verlangen immer wieder Höchstleistungen vom Planer und Rohrbauer, aber auch vom Material. Hier sind duktile Gußrohre mit ihrer besonderen Robustheit und dem trotz aller äußerer Umstände einfachen Einbau meistens erste Wahl.

Auch im vorliegenden Fall waren extreme Gefällestrecken zu überwinden, die das Äußerste von Mensch und Material forderten. Besonders die Zementmörtelummüllung der eingesetzten Rohre erwies sich dabei als gute Wahl, die den Einbau vereinfachte und durch den Entfall von Bettungsmaterial erhebliche Kosten einsparten half. Seite 57

Für die zukünftige Sicherstellung der Wasserversorgung in Blieskastel mit ca. 700 000 cbm/a war der Bau einer Versorgungsleitung vom Hölschberg in Biesingen zum Hochbehälter Gollenstein in Blieskastel erforderlich geworden. Im Auftrag der Wasserwerke Bliestal GmbH, einer Gesellschaft der Stadtwerke Saarbrücken, des Saarpfalzkreises und des Stadtverbandes Saarbrücken, wurde die neue Trinkwasserversorgungsleitung gebaut. Seite 61



Bildnachweise

Karte Seite 14: Grundlage: Topographische Karte 1:25 000 – Copyright Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (<http://www.lv-bw.de>), 1.7.1998, AZ 5.13/1381

Karte Seite 29: Kartengrundlage: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main, Genehmigung Nr. 09/98 vom 28.5.1998

Karte Seite 38: Ausschnitt aus der Topographischen Karte 1:25 000, vervielfältigt mit Genehmigung

des Landesvermessungsamtes Nordrhein-Westfalen vom 30.6.1998, Nr. 98 199

Karte Seite 46/47: Grundlage: Deutsche Grundkarte 1:5000 – Copyright Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (<http://www.lv-bw.de>), 1.7.1998, AZ 5.13/1381

Karte Seite 58: Reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 18.6.1998

Einfach gelenkige Schachtanschlüsse bei Rohren aus duktilem Gußeisen

Von Bernhard Falter, Joachim Lenz, Martin Wielenberg

Die Erstellung von Abwasserkanälen erfordert hohe Investitionskosten. Aus diesem Grunde sind Betreiber von Entwässerungsnetzen besonders daran interessiert, bei Planung und Bau Kosten einzusparen. Ein Beitrag zur Kosteneinsparung ist der einfach gelenkige Anschluß von duktilen Gußrohren an Bauwerke des Entwässerungsnetzes.

Die konstruktiven Hinweise und rechnerischen Nachweise für DN 300 und DN 600 zeigen, daß ein einfach gelenkiger Anschluß von duktilen Gußrohren an Schächte vorteilhaft und ohne statische Überbeanspruchungen für das System möglich ist. Für die Ermittlung dieser Beanspruchungen auch bei anderen Nennweiten werden im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen die erforderlichen rechnerischen Grundlagen erarbeitet.

Einführung

Das gegenwärtige Regelwerk fordert, den Schachtanschluß von Rohren gelenkig auszuführen. Entsprechend der DIN 19549 [1] sind Anschlüsse mit Kurzrohren von Baulängen ≤ 1000 mm beidseitig doppelgelenkig herzustellen (Bild 1a). Das gleiche gilt für nachträgliche Anschlüsse. In DIN 4033 [2], die im Oktober 1997 von der DIN EN 1610 „Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen“ [3] abgelöst wurde, wird empfohlen, Rohre von größerer Baulänge mit einem Doppelgelenk an Bauwerke anzuschließen. Dabei soll das erste Gelenk möglichst in der Bauwerkswand angeordnet sein.

In den hier zitierten anerkannten Regeln der Technik erfolgt keine differenzierte Betrachtung der verschiedenen Rohrwerkstoffe und ihrer jeweiligen technischen Möglichkeiten für einen fachgerechten Bauwerksanschluß. Es wird also nicht berücksichtigt, daß unterschiedliche Rohrmaterialien zum Teil sehr verschiedene Werkstoffkennwerte und Bauteileigenschaften aufweisen. So wird beim Bauwerksanschluß von biegeweichen Rohren genauso ein Doppelgelenk verlangt wie beim Anschluß von biegesteifen Rohren.

In der neuen DIN EN 1610 [3] wird die Forderung nach einem Doppelgelenk allerdings relativiert. Zum Einbau eines zweiten Gelenks heißt es dort: „Zusätzliche Gelenkigkeit darf durch den Einbau kurzer Rohre oder Gelenkstücke ermöglicht werden. Die Länge dieser Rohre und die Einzelheiten der Planung sollten

auf Durchmesser und Art des Rohres und auf die Ausführung der Verbindungen bezogen werden.“ Hieraus kann geschlossen werden, daß bei einem Schachtanschluß auch eine volle Rohrlänge (bei Rohren aus duktilem Gußeisen 6 m, vgl. Tabelle 1) verwendet werden kann.

Der Anschluß von Gußrohren erfolgt in der Regel über Steckmuffenverbindungen. Ein oft eingesetztes Verbindungssystem ist dabei die Steckmuffe TYTON bzw. Standard. Sie wird im Nennweitenbereich DN 150 bis DN 1800 eingesetzt. Beim Anschluß von Rohren aus duktilem Gußeisen an Schächte ist sie als sogenanntes Schachtanschlußstück ausgebildet, d. h., das Muffenprofil des Anschlußstücks ist identisch mit der TYTON- bzw. Standard-Muffe. Das Schachtanschlußstück wird in die Schachtwand eingebaut und das Rohr dort mit dem Einsteckende angeschlossen (Bilder 1 und 2). Anfallende Rohrabschnitte können also wieder verwendet werden. Aus betrieblicher Sicht ist gegen eine solche Verlegepraxis nach dem derzeitigen Kenntnisstand nichts einzuwenden.

Der einfach gelenkige Bauwerksanschluß von duktilen Gußrohren, der in der Vergangenheit schon vielfach angewendet wurde, ist bisher bezüglich seines statischen Verhaltens noch nicht untersucht worden. Unterschiedliche Setzungen zwischen Rohrleitung und Schacht führen beim einfach gelenkigen Anschluß zu kleineren Abwinkelungen als beim Doppelgelenk. Allerdings vergrößern sich für diesen Fall die Beanspruchungen von Rohr und Schacht.

Aus diesem Grund wurden im Rahmen eines Forschungsauftrages der Gußrohrindustrie an das Institut für Rohrleitungsbau an der FH Oldenburg und die FH Münster [4] Untersuchungen zur statischen Trag-

Tabelle 1: Baulängen von duktilen Gußrohren

| Nennweite DN | Baulänge m |
|--------------|------------|
| 125-600 | 6,0 |
| 700-1000 | 6,0/7,0 |
| 1200-1800 | 6,0/8,0 |

| Nennweite | d_a | s | d_i | s_{ZM} | s_{id} | r_m |
|-----------|-------|-----|-------|----------|----------|-------|
| | mm | mm | mm | mm | mm | mm |
| DN 300 | 326 | 4,0 | 318,0 | 3 | 4,50 | 161,0 |
| DN 600 | 635 | 5,8 | 623,4 | 5 | 6,63 | 314,6 |

Tabelle 2: Rohrdurchmesser und -wanddicken, mittlerer Radius

fähigkeit des Systems durchgeführt, die im vorliegenden Aufsatz dargestellt werden. Den Berechnungen liegen realistische Randbedingungen, wie beispielsweise eine Setzungsdifferenz von 25 mm zwischen Schacht und Rohrleitung, zugrunde. Es werden die Beanspruchungen für Rohr und Schacht sowie die daraus resultierenden Spannungen ermittelt. Ferner wird überprüft, ob die Spannungen noch zulässig sind, und ob sie sich ungünstig mit den Spannungen aus der Belastung im Rohrgraben überlagern.

1. Berechnungsannahmen und -voraussetzungen

1.1 Rohrleitung

Es werden Gußrohre in den Abmessungen nach DIN EN 598 : 1994 zugrunde gelegt. Als Berechnungswanddicke gilt die in der Norm festgelegte „Mindest-Gußwanddicke“.

Beispielhaft werden Gußrohre mit den Nennweiten DN 300 ZM und DN 600 ZM, die mit und ohne Doppelgelenk an einen Schacht angeschlossen sind, untersucht. Es gelten die geometrischen Größen nach **Tabelle 2**.

Die Dicke s_{ZM} der Zementmörtelschicht wird bei den Steifigkeiten auf der sicheren Seite mit $1/6$ des Wertes

berücksichtigt, nicht jedoch in den Spannungsnachweisen.

1.2 Schachtanschluss

Anschlüsse von Gußrohren an Betonschächte werden meist gemäß **Bild 2** ausgeführt. Die Einleitung der Auflagerkräfte erfolgt über ein Paßstück, das einer TYTON-Muffe entspricht.

2. Werkstoffkennwerte

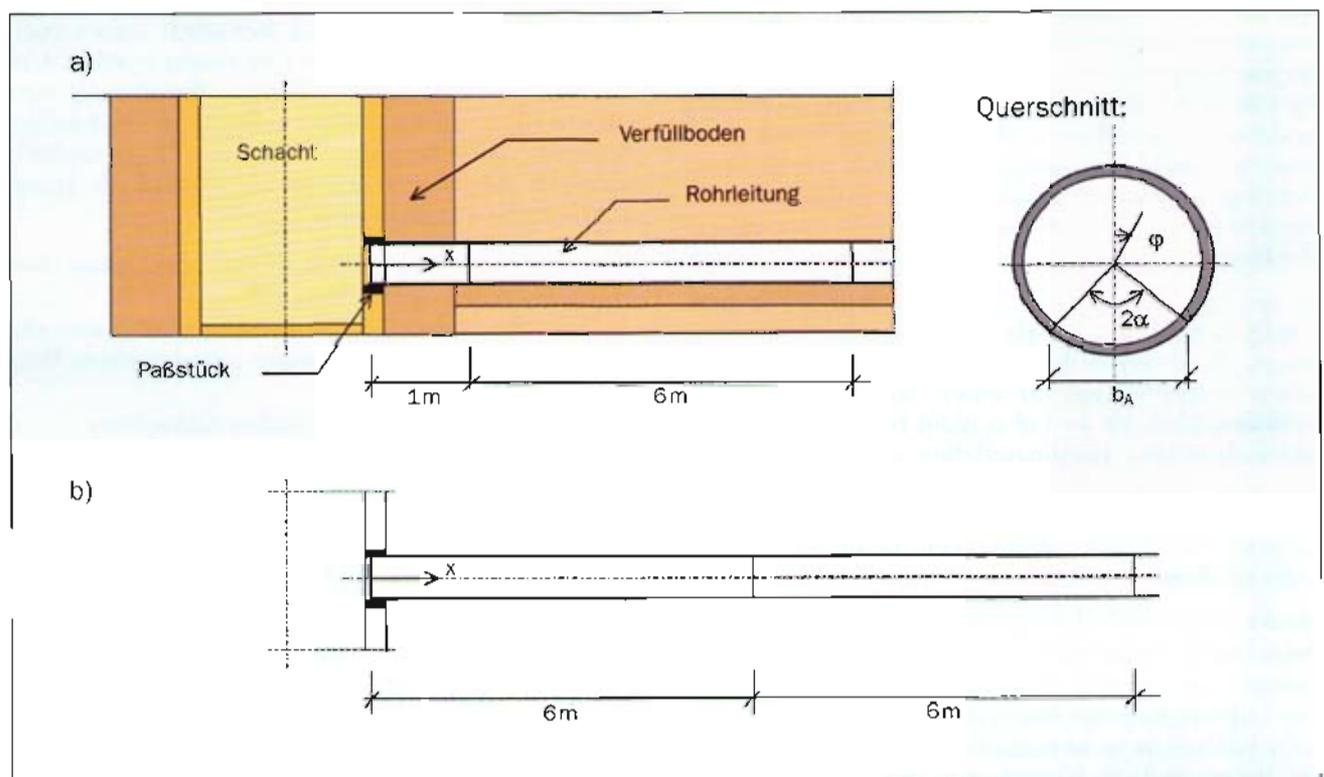
Nach ATV-Arbeitsblatt A127 [5] gilt für duktilen Gußeisen mit Zementmörtelauskleidung der Elastizitätsmodul $E = 1,7 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ und die Biegezugfestigkeit $\sigma_R = 550 \text{ N/mm}^2$. Die Streckgrenze wird nach DIN EN 598 mit 300 MPa bei 0,2 % Dehnung angenommen. Für die Querkontraktionszahl gilt $\mu = 0,3$.

3. Spannungen in Umfangsrichtung (φ -Richtung)

3.1 Berechnungsmodell

Das Berechnungsmodell für die Spannungen in Umfangsrichtung beruht gemäß dem für Abwasserleitungen eingeführten Regelwerk ATV-A 127 auf der Theorie des elastischen Kreisringes. Die Bela-

Bild 1: a) doppelt gelenkiger Anschluß von Gußrohren an einen Schacht, Querschnitt
b) einfach gelenkiger Anschluß



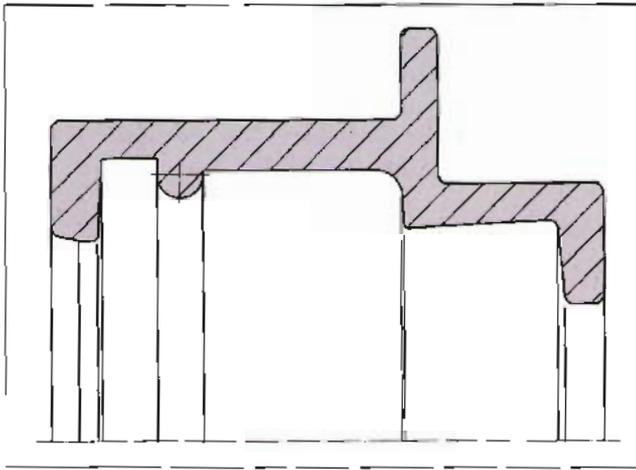


Bild 2: Schachtanschluß durch ein Paßstück

stungen werden unter Berücksichtigung der Bodeneigenschaften und der Einbaubedingungen als Vertikallasten q_v , seitliche Lasten q_h und im Fall biege-weicher Rohre ($V_{RB} < 0,1$) als Bettungsreaktionsdruck q_h^* ermittelt.

3.2 Berechnungsparameter

Die Standsicherheitsnachweise nach ATV-A127 werden mit den folgenden ungünstigen Ansätzen geführt:

- Dammbedingung
- Verformungsmodul des Bodens $E_{RB} = 3 \text{ N/mm}^2$ bei DN 300 bzw. $E_{RB} = 4 \text{ N/mm}^2$ bei DN 600
- Überdeckungshöhe $h = 2,5 \text{ m}$
- Grundwasser max $h_{GW} = 2 \text{ m}$ über Rohrscheitel
- Verkehrsbelastung durch SIAW 60 am Schachtrand (s. auch Abschnitt 4)
- Einbettungs-/Überschüttungsbedingung B2/A2

- Auflagerwinkel des Rohres für den Spannungsnachweis $2\alpha = 90^\circ$

Die Berechnungen nach ATV-A127 zeigen, daß für das Rohr DN 300 das Steifigkeitsverhältnis $V_{RB} = S_R / S_{RB} = 0,229 > 0,1$ wird und es daher als biege-steifes Rohr zu behandeln ist. Es braucht also in diesem Fall nur der Spannungsnachweis geführt zu werden, obgleich die Verformungen duktiler Gußrohre üblicherweise stets nachgewiesen werden.

Dagegen wird bei der Nennweite DN 600 das Steifigkeitsverhältnis $V_{RB} = 0,065 < 0,1$ – es ist also biegeweich. Daher muß zusätzlich der Verformungs- und der Stabilitätsnachweis geführt werden. Alle nach ATV-A127 erforderlichen Sicherheiten der Sicherheitsklasse A werden eingehalten, vgl. Tabelle 3, Spalte 5.

4. Spannungen in Rohrlängsrichtung (x-Richtung)

4.1 Berechnungsmodell

Beanspruchungen in Längsrichtung der Leitung treten u. a. in den folgenden Fällen auf:

1. bei großen Überdeckungshöhen h durch unterschiedliche Setzungen zwischen Rohrleitung und Schacht,
2. bei geringen Überdeckungshöhen h durch Verkehrslasten in unmittelbarer Schachtmähe und ggf. zusätzliche Setzungsunterschiede.

Die Bodensetzungen im Fall 1 bewirken Zwängungsbeanspruchungen, d. h., die Rohrleitung muß der Bodenbewegung folgen, während die Höhe des Rohrauf-lagers am Schacht unverändert bleibt.

Durch die Verkehrsbelastung im Fall 2 wird der – ggf. unzureichend verdichtete – Boden unter dem Rohr elastisch und/oder plastisch verformt. Es kommt zu Setzungen, die nach Erreichen eines Gleichgewichtszustandes abklingen.

Tabelle 3: Spannungs-, Verformungs- und Stabilitätsnachweis nach ATV-A127, Überdeckung $h = 2,5 \text{ m}$

| | Spannungen | | Verformungen | Stabilität |
|---------------|------------|-------------|-------------------|------------|
| | V_{RB} | λ_R | σ_φ | γ |
| | - | - | N/mm ² | - |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| DN 300 | 0,229 | 1,160 | | |
| Scheitel | | | +164,1 | 3,35 |
| Kämpfer | | | -173,0 | 3,18 |
| Sohle | | | -197,6 | 2,77 |
| DN 600 | 0,065 | 0,975 | | |
| Scheitel | | | +162,6 | 3,35 |
| Kämpfer | | | -157,5 | 3,49 |
| Sohle | | | -224,0 | 2,46 |

Der im Boden elastisch gebettete Rohrstrang ist ein statisch unbestimmtes System mit unbekannter „Einspannlänge L_E “. Röhre mit größerer Nennweite (großer Wert des Flächenmomentes 2. Grades I nach Gl. (1)) und größerer Wanddicke verhalten sich steif gegenüber dem Boden und haben eine große Einspannlänge L_E , die auch über die Rohrlänge von 6 m hinwegreichen kann. Bei kleineren Röhrennweiten klingen die Biegeverformungen dagegen schneller ab.

Um weitere Effekte wie Nachgiebigkeit des Bodens, in Längsrichtung veränderliche Lasten, gelenkige Verbindungen usw. erfassen zu können, wird die elastisch auf Druck gebettete Rohrleitung als Stabwerk mit dem Programm GUSSAN 1.3 berechnet, eine Weiterentwicklung des Stabwerkprogramms FEM3M 5.0 [6].

Die Biegesteifigkeit der Rohrleitung wird mit dem Flächenmoment 2. Grades des Kreisringes ermittelt:

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_a^4 - d_i^4) \quad (1)$$

Die Verbindungen der Einzelrohre werden durch Momentengelenke simuliert. Die Länge L_G des ersten Rohres (Schachtanschlußrohr) ist variabel, um die beiden Fälle „mit Gelenkstück“ ($L_G = 1$ m) und „ohne Gelenkstück“ ($L_G = 6$ m) zu erfassen.

Der Bettungsparameter c kann näherungsweise aus dem Verformungsmodul E_d des Bodens unter dem Rohr berechnet werden:

$$c = 1,4 \cdot \frac{E_d}{b_A} \quad (2)$$

Der Faktor 1,4 wird in Analogie zu elastisch eingespannten Pfählen nach [7] gewählt. Die Größe b_A ist die Breite des Rohrauflegers, (Bild 1a). Die an diskreten Stellen angesetzten Bettungsstäbe werden in einem iterativen Verfahren dort entfernt, wo die Berechnung Zugkräfte ergibt (Bild 3a).

4.2 Berechnungsparameter

Für die folgenden Untersuchungen werden einheitlich 25 mm Setzungsunterschiede angenommen. Die Länge der Gußrohre beträgt stets 6 m, die des Kurzrohres bei einfach gelenkigem Anschluß 1 m.

Die Konzentrationsfaktoren aus der Berechnung nach ATV-A127 werden auf der sicheren Seite um ca. 30 % erhöht, um Lasterhöhungen aus den Setzungen anzunähern: Bei DN 300 von $\lambda_R = 1,16$ auf 1,5 und bei DN 600 von $\lambda_R = 0,98$ auf 1,3.

4.3 Spannungsnachweise

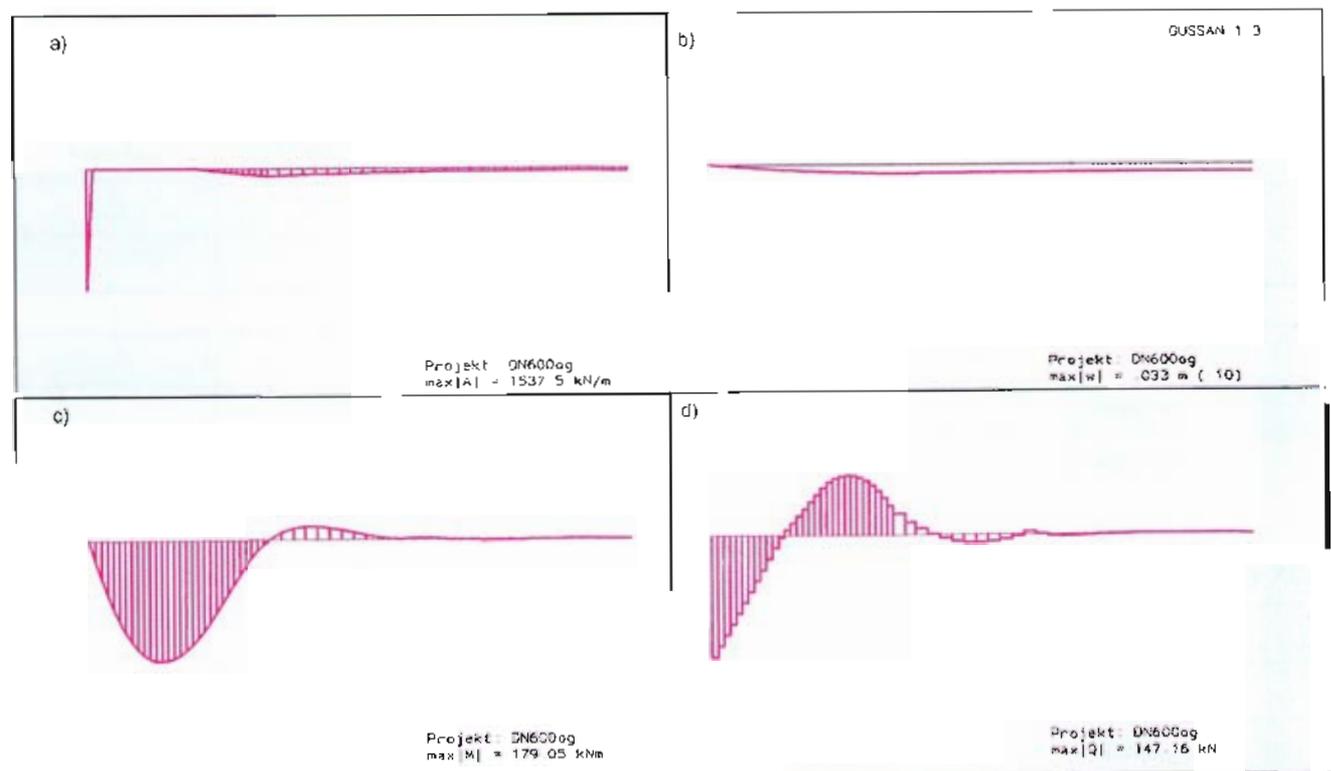
In Tabelle 4 werden die Ergebnisse für Anschlüsse mit Doppelgelenk und einfach gelenkiger Ausführung verglichen.

Es ist eine deutliche Erhöhung der Auflagerkräfte A_z und der Biegemomente M sowie der Querkräfte Q zu erkennen. Die Verformung $\max v$ enthält die Setzungsdifferenz ($\Delta v = 25$ mm) und die elastischen Verformungen (Bild 3c).

Mit den Schnittgrößen der Tabelle 4 werden die Spannungen des Rohres in Längsrichtung ermittelt:

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad \text{mit} \quad W = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_a^4 - d_i^4}{d_a} \quad (3)$$

Bild 3 Ergebnisse der Berechnungen in Rohrlängsrichtung (DN 600, einfach gelenkiger Anschluß)
a) Auflagerkräfte (Bettungsreaktionen) b) Verformungen
c) Biegemomentenverlauf d) Querkraftverlauf



| Anschluß | A_z | max M | min M | Q | max v |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | kN | kNm | kNm | kN | mm |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| DN 300 - Doppelgelenk | 16,7 | 4,6 | -6,0 | 16,7 | 28 |
| einfach gelenkig | 61,0 | 56,5 | -1,8 | -29,3 | 27 |
| DN 600 - Doppelgelenk | 29,6 | 8,1 | -26,8 | -27,6 | 30 |
| einfach gelenkig | 147,1 | 179,0 | -19,0 | -71,9 | 33 |

Tabelle 4: Vergleich der Auflagerkräfte A_z und der Schnittgrößen M und Q in Rohrleitungen mit Doppelgelenk und einfach gelenkigem Anschluß, Überdeckung $h = 2,5$ m, Setzungsdifferenz $\Delta v = 25$ mm

| Ort | DN 300 | | DN 600 | |
|----------|----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| | σ_x | τ | σ_x | τ |
| | N/mm ² | N/mm ² | N/mm ² | N/mm ² |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Scheitel | -171,3 ¹⁾ | 0 | -99,2 ¹⁾ | 0 |
| Kämpfer | 0 | 59,5 | 0 | 51,1 |
| Sohle | +171,3 | 0 | +99,2 | 0 |

¹⁾ Beulnachweis maßgebend, vgl. Abschnitt 5.2

Tabelle 5: Längs- und Schubspannungen für Rohrleitungen mit einfach gelenkigem Schachtanschluß, Überdeckung $h = 2,5$ m, Setzungsdifferenz $\Delta v = 25$ mm

$$\text{und } \tau = \frac{Q \cdot S}{I \cdot s} \quad \text{mit } S = \frac{2}{3} \cdot (r_a^3 - r_i^3) \quad (4)$$

Die Werte der Vergleichsspannungen sind Spalte 2 und 4 in **Tabelle 6** zu entnehmen.

Die erforderliche Sicherheit von 1,5 wird in allen Fällen erreicht. Bei Anwendung des Teilsicherheitskonzeptes können Zwängungen aus Setzungen mit kleineren Sicherheitsbeiwerten belegt werden [8], was zu einer günstigeren Beurteilung des Lastfalles „Setzungsdifferenz zwischen Schacht und Rohrleitung“ führen würde.

5. Nachweise für die Spannungen in Umfangs- und Längsrichtung

5.1 Vergleichsspannungen

Aus den Spannungen der Berechnungen in Umfangsrichtung (Abschnitt 3) und in Längsrichtung (Abschnitt 4) sind die Vergleichsspannungen zu berechnen.

5.2 Stabilitätsnachweise

Der Beulnachweis für Erd- und Verkehrslasten sowie Wasseraußendruck ($\max h_w = 2$ m über Rohr Scheitel) in der Umfangsrichtung ist nicht maßgebend, da auch bei der Nennweite DN 600 der Sicherheitsbeiwert mit $\gamma = 8,5$ wesentlich größer als $2,5 = \text{erf } \gamma$ ist.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_\varphi + \sigma_\varphi^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (5)$$

Tabelle 6: Vergleichsspannungen und Sicherheiten für Rohrleitungen mit einfach gelenkigem Schachtanschluß; Überdeckung $h = 2,5$ m, Setzungsdifferenz $\Delta v = 25$ mm

| Ort | DN 300 | | DN 600 | |
|----------|-------------------|----------|-------------------|----------|
| | σ_v | γ | σ_v | γ |
| | N/mm ² | - | N/mm ² | - |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Scheitel | " | | " | |
| Kämpfer | 201,4 | 2,73 | 180,7 | 3,04 |
| Sohle | 319,7 | 1,73 | 286,8 | 1,92 |

" nicht maßgebend

Aus den Beanspruchungen infolge Setzungsdifferenzen ergeben sich in der Rohrschale Bereiche mit längsgerichteten Druckspannungen. Hierfür wird näherungsweise der Beulnachweis für Schalentragwerke nach [9] geführt. Die folgenden Berechnungen gelten für Leitungen ohne Gelenkstück.

Nach Element (408) aus [9] handelt es sich bei beiden Rohren um „lange Schalen“, da das Kriterium

$$\frac{l}{r_m} > 0,5 \cdot \sqrt{\frac{r_m}{s_{id}}} \quad (6)$$

erfüllt ist.

| Element | Gleichung | DN 300 | DN 600 |
|--|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| El. (408) Beiwert C_x für $\eta = 1$ | $1 - 0,4 \cdot \frac{1}{r_m} \sqrt{\frac{s_{id}}{r_m}} + 0,2$ | $1 - 0,4 \cdot \frac{6000}{161} \cdot \frac{\sqrt{4,5}}{\sqrt{161}} + 0,2$ $= -1,29 \rightarrow C_x = 0,6$ | $1 - 0,4 \cdot \frac{6000}{314,6} \cdot \frac{\sqrt{6,63}}{\sqrt{314,6}} + 0,2$ $= -0,09 \rightarrow C_x = 0,6$ |
| El. (406) ideale Beulspannung | $\sigma_{ss} = 0,605 \cdot C_x \cdot E \cdot \frac{s_{id}}{r_m}$ | $0,605 \cdot 0,6 \cdot 1,7 \cdot 10^5 \cdot \frac{4,5}{161}$ $= 1725 \text{ N/mm}^2$ | $0,605 \cdot 0,6 \cdot 1,7 \cdot 10^5 \cdot \frac{6,63}{314,6}$ $= 1300 \text{ N/mm}^2$ |
| El. (202) bezogener Schlankheitsgrad | $\bar{\lambda}_{sx} = \sqrt{\frac{f_{y,k}}{\sigma_{ssi}}}$ | $\sqrt{\frac{300}{1725}} = 0,42$ | $\sqrt{\frac{300}{1300}} = 0,48$ |
| sehr imperfektionsempfindliche Schalenbeulfälle und $0,25 \leq \bar{\lambda}_s \leq 1,0$: | | | |
| El. (204) Abminderungsfaktor | $0,4 \leq \bar{\lambda}_s \leq 1,2$: $\kappa_2 = 1,233 - 0,933 \cdot \bar{\lambda}_s$ | $1,233 - 0,933 \cdot 0,42$ $= 0,84$ | $1,233 - 0,933 \cdot 0,48$ $= 0,79$ |
| El. (203) abgeminderte Beulspannung | $\sigma_{ss,Rk} = \kappa_2 \cdot f_{ck}$ | $0,84 \cdot 300$ $= 252 \text{ N/mm}^2$ | $0,79 \cdot 300$ $= 237 \text{ N/mm}^2$ |
| El. (206) Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand | $0,25 \leq \bar{\lambda}_s \leq 2,0$: $\gamma_{M2} = 1,1$ $\cdot (1 + 0,318 \cdot \frac{\bar{\lambda}_s - 0,25}{1,75})$ | $1,1 \cdot (1 + 0,318 \cdot \frac{0,42 - 0,25}{1,75})$ $= 1,13$ | $1,1 \cdot (1 + 0,318 \cdot \frac{0,48 - 0,25}{1,75})$ $= 1,15$ |
| El. (205) reale Beulspannung | $\sigma_{ss,Rd} = \frac{\sigma_{ss,Rk}}{\gamma_{M1}}$ | $\frac{252}{1,13} = 223 \text{ N/mm}^2$ | $\frac{237}{1,15} = 206 \text{ N/mm}^2$ |
| El. (112) Bemessungswert der Spannung | $\sigma_{sd} = \sigma_x \cdot \gamma_F$ σ_x nach Tab. 5 $\gamma_F = 1,35$ | $\sigma_{sd} = -171,3 \cdot 1,35$ $= -231 \text{ N/mm}^2$ | $\sigma_{sd} = -99,2 \cdot 1,35$ $= -134 \text{ N/mm}^2$ |
| El. (207) Beulnachweis | $\frac{\sigma_{sd}}{\sigma_{ss,Rd}} < 1$ | $\frac{231}{223} = 1,03 \cong 1$ | $\frac{134}{206} = 0,65 < 1$ |

Tabelle 7: Beulnachweise für Spannungen in Rohrlängsrichtung nach DIN 18800-4 [9]

Damit ist für beide Nennweiten DN 300 und DN 600 eine ausreichende Sicherheit gegen Beulen infolge Spannungen (σ_x) nachgewiesen.

6. Örtliche Beanspruchungen und Verformungen am Schachtauflager

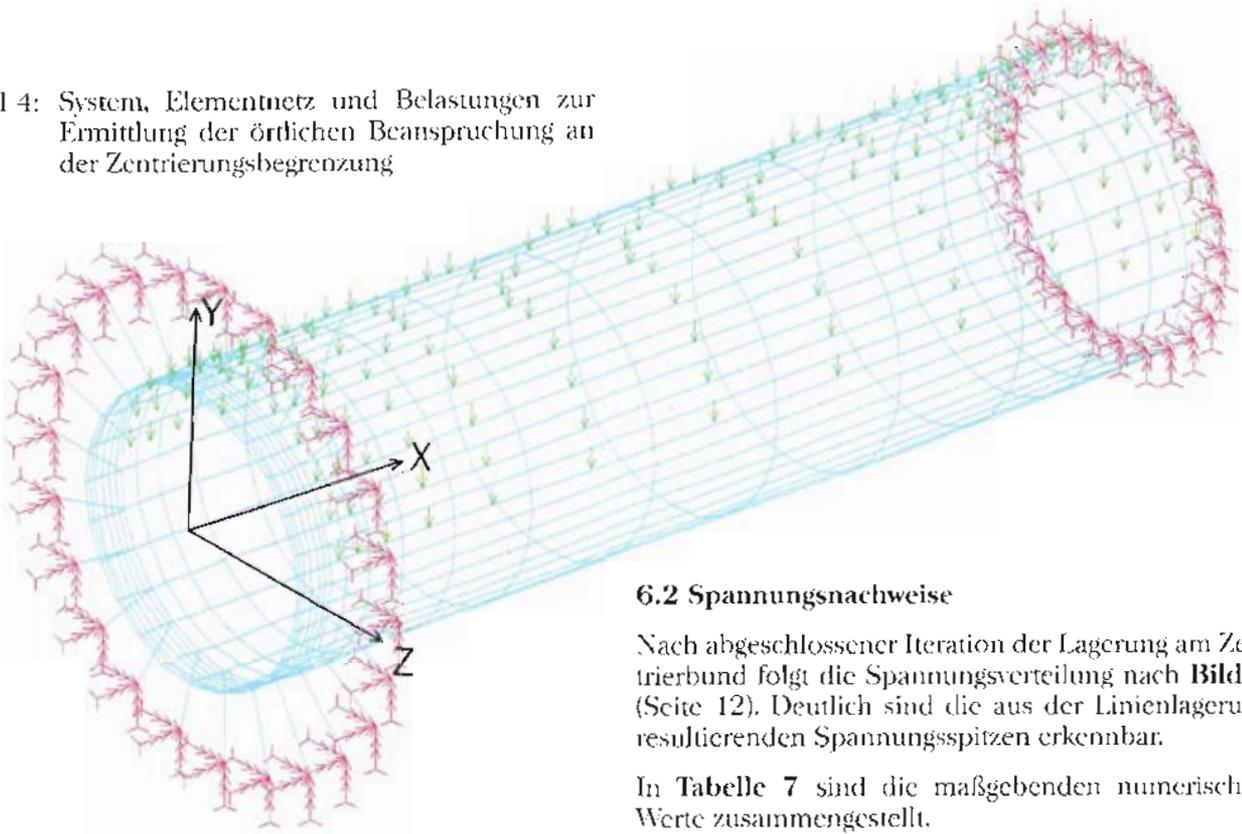
6.1 Berechnungsmodell

Beim einfach gelenkigen Anschluß ergeben sich bei Setzungsunterschieden zwischen Rohrleitung und

Schacht im Schachtauflagerstück deutlich vergrößerte Auflagerkräfte A_x (Tabelle 4). Ungünstig wird angenommen, daß die Rückstellspannungen der Gummidichtung überschritten werden und das Rohr auf der Zentrierungsbegrenzung im Schachtauflagerstück aufliegt.

Für die Berechnung der örtlichen Beanspruchungen am Schachtauflager ist die Finite Element Methode (FEM) zweckmäßig, da das Schalentragwerk mit unbekanntem Winkel linienförmig aufliegt. In Auflager-

Bild 4: System, Elementnetz und Belastungen zur Ermittlung der örtlichen Beanspruchung an der Zentrierbegrenzung



nähe wird das Elementnetz verfeinert, um den Fehler bei den lokalen Spannungsspitzen zu verringern (Bild 4).

Die Untersuchung wird auf die Nennweite DN 600 beschränkt, da bei DN 300 kleinere Spannungen zu erwarten sind. Bei der Nennweite DN 600 beträgt die Ringspaltweite zwischen dem Spitzende des Rohres und der Zentrierbegrenzung $(637,5 - 635) / 2 = 1,25$ mm.

In Längsrichtung wird ein 4500 mm langer Rohrabchnitt betrachtet. Diese Ersatzlänge wird durch Annahme eines Balkens auf zwei Stützen bestimmt, der unter den Vertikallasten aus Boden und Verkehr die gleiche Auflagerkraft A , nach Tabelle 4 wie das Stabwerkmodell hat. Die Symmetrie zur Mittelebene wird durch eine entsprechende Lagerung bei 2250 mm berücksichtigt – damit wird das FE-Modell verkleinert (Bild 4).

6.2 Spannungsnachweise

Nach abgeschlossener Iteration der Lagerung am Zentrierbund folgt die Spannungsverteilung nach Bild 5 (Seite 12). Deutlich sind die aus der Linienlagerung resultierenden Spannungsspitzen erkennbar.

In Tabelle 7 sind die maßgebenden numerischen Werte zusammengestellt.

Eine Überlagerung der mit der FEM berechneten Spannungen σ_x mit den Spannungen in Umfangsrichtung ist nicht erforderlich, da diese wegen der kreisförmigen Lagerung des Rohres in der Paßstücksohle unbedeutend sind. Damit beträgt die Sicherheit gegen Erreichen der Grenzspannungen $550 / 323 = 1,70$ – die im ATV-Arbeitsblatt A 127 geforderte Sicherheit von 1,5 wird also erreicht.

6.3 Verformungen

Aus der FE-Analyse folgt bei Vertikallasten aus Boden und Verkehr eine maximale vertikale Scheitelverformung des Rohres im Bereich der Zentrierbegrenzung von $-7,82$ mm, (Tabelle 7). Die zugehörige Abwinklung beträgt $0,5^\circ$.

Die Mitte der Gummidichtung hat einen Abstand von ca. 60 mm zum Drehpunkt der Zentrierbegrenzung. Damit ergeben sich die folgenden Verschiebungswege der Dichtung gegenüber einer zentrischen Lagerung:

Tabelle 7: Längsspannungen eines Gußrohres DN 600 in Feldmitte und an der Zentrierbegrenzung ($\varphi = 180^\circ =$ Sohle) bei 25 mm Setzungsdifferenz sowie Verformungen

| | σ_x | γ |
|--|------------------------|----------|
| Spannungen am Schachtauflager | | |
| Schaleninnenseite, Bild 5 | +310 N/mm ² | |
| Schalenaußenseite | -323 N/mm ² | 1,70 |
| Verformungen am Schachtauflager | | |
| vertikal, $\varphi = 0^\circ$ | -7,82 mm | |
| horizontal, $\varphi = 90^\circ$ | -1,29 mm ¹⁾ | |

¹⁾ entspricht der Radiusdifferenz von 1,25 mm (zur Kontrolle)

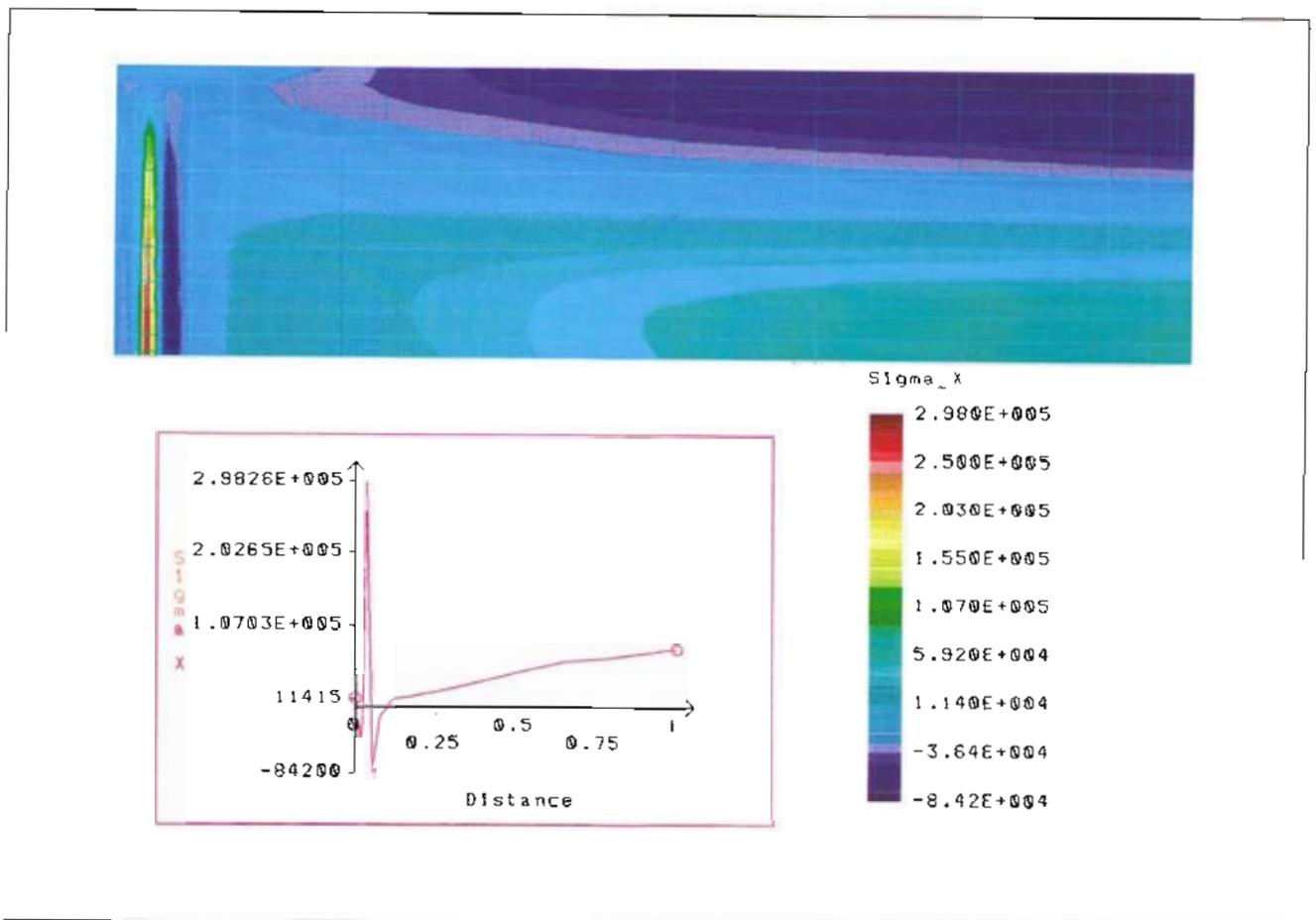


Bild 5: Örtliche Beanspruchungen σ_x auf der Schaleninnenseite eines Gußrohres DN 600 mit einfach gelenkigem Schachtaanschluß

$$\Delta s_u = -1,25 + 60 \cdot \tan 0,5^\circ = -1,25 + 0,52 = -0,73 \text{ mm (= Pressung)}$$

$$\Delta s_o = +7,82 - 1,25 - 60 \cdot \tan 0,5^\circ = +6,57 - 0,52 = +6,05 \text{ mm (= Dehnung)}$$

(Index u = Sohle, o = Scheitel)

Um die Größenordnung dieser Verschiebungswege einzuordnen, werden sie mit den entsprechenden Werten bei maximaler Abwinklung von 3° verglichen:

$$\Delta s_u = -1,25 + 60 \cdot \tan 3^\circ = -1,25 + 3,14 = +1,89 \text{ mm (= Dehnung)}$$

$$\Delta s_o = +1,25 - 60 \cdot \tan 3^\circ = +1,25 - 3,14 = -1,89 \text{ mm (= Pressung)}$$

Es zeigt sich, daß die bei maximaler Abwinklung auftretenden Dehnungen in der Dichtung (+1,89 mm) von den Dehnungen bei einfach gelenkigem Schachtaanschluß (+6,05 mm) deutlich überschritten werden. Die Dehnung der Dichtung fällt allerdings geringer aus, wenn im FE-Modell nach Bild 4 nicht nur die Vertikallasten, sondern auch die seitlichen Erddrücke berücksichtigt werden.

6.4 Betonspannungen

Aus der FE-Analyse ergibt sich die maximale Stützstabkraft bei $\varphi = 180^\circ$ zu $A_s = 21,9 \text{ kN}$. Die Auflagerlänge folgt aus dem Stützstababstand von 15° zu

$b = 637,5 / 2 \cdot 15 \cdot \pi / 180 = 83,4 \text{ mm}$. Bei Annahme einer Lastverteilung unter 45° folgt eine Auflagertiefe von $a \approx 11 + 10 = 21 \text{ mm}$ und damit näherungsweise (mit Rechteckverteilung) die Betonspannung von

$$\sigma_b = \frac{21900}{83,4 \cdot 21} = 12,5 \text{ N/mm}^2$$

Die zulässige Betonpressung beträgt bei einer Betongüte B 45 und ohne Ansatz der Teilflächenpressung

$$\text{zul } \sigma_b = \frac{\sigma_b}{\gamma} = \frac{27}{2,1} = 12,5 \text{ N/mm}^2$$

Die zulässigen Spannungen werden zwar knapp eingehalten, aufgrund von Näherungen bei den Systemannahmen und der konstruktiv erforderlichen Kräfteinleitung an der Schachtaußenfläche ist eine sorgfältige Ausführung des Kräfteinleitungsbereichs durch den Schachthersteller geboten. Die Gefahr von Rissen und Betonabplatzungen kann im vorliegenden Fall nur durch eine gute Verdichtung des Betons verringert werden.

7. Zusammenfassung der Nachweise

Die Berechnungen der Standsicherheit nach AIV-A127 und der Zwängungen aus Setzungsunterschieden bei einfach gelenkiger Ausführung des Schachta-

anschlusses ergeben auch unter den ungünstigen Annahmen

- Dämmverlegung
- Bodengruppe 2, Proctordichte 90%
- Setzungsunterschied 25 mm

ausreichende Sicherheiten bei den Spannungs- und Stabilitätsnachweisen, vgl. **Tabelle 8**.

Die zusätzliche Untersuchung der örtlichen Rohrspannungen am Schacht ergeben für die ungünstige Annahme der direkten Auflagerung des Rohres auf der Zentrierungsbegrenzung hohe Spannungen. Diese haben jedoch im untersuchten Fall noch einen ausreichenden Sicherheitsabstand zu den Grenzspannungen.

Zusammenfassung

Die konstruktiven Hinweise und rechnerischen Nachweise für DN 300 und DN 600 zeigen, daß ein einfach gelenkiger Anschluß von duktilen Gußrohren an Schächte vorteilhaft und ohne statische Überbeanspruchungen für das System möglich ist. Für die Ermittlung dieser Beanspruchungen auch bei anderen

Nennweiten werden im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen die erforderlichen rechnerischen Grundlagen erarbeitet.

Das Rechenverfahren ist wie folgt gegliedert:

1. Berechnung der „globalen“ Schnittgrößen infolge Setzungen des Rohrstranges (ohne Gelenkstück) und Durchführung der Spannungs- und Stabilitätsnachweise
2. Berechnung der „lokalen“ Spannungen und Verformungen im Bereich der Krafteinleitung infolge der durch die Setzungsdifferenz deutlich erhöhten Querkkräfte.

Ergänzend zu den oben beschriebenen Untersuchungen ist vorgesehen, die analytischen Ergebnisse experimentell zu stützen. Dabei sollen durch gezielte Versuche mit hohen Querkräften am Schachtanschluß die rechnerisch ermittelten Spannungen überprüft werden. Ein entsprechendes Folgeprojekt wird in naher Zukunft in Zusammenarbeit zwischen der Gußrohrindustrie, der Fachhochschule Münster und dem Institut für Rohrleitungsbau an der Fachhochschule Oldenburg realisiert.

Tabelle 8: Zusammenfassung der Nachweise, Überdeckung $h = 2,5$ mm, Setzungsdifferenz $\Delta v = 25$ mm

| | | vorhandene Sicherheit, Verformung | | |
|--|---------------|-----------------------------------|--------------------|------------------------|
| Beanspruchung | | DN 300 | DN 600 | Nachweis |
| Umfangsspannungen | Tab. 3 | 2,77 | 2,46 | $> 1,5$ |
| Längsspannungen | Tab. 5 | 3,21 | 5,54 | $> 1,5$ ¹⁾ |
| Vergleichsspannungen | Tab. 6 | 1,73 | 1,92 | $> 1,5$ ¹⁾ |
| Stabilität (Nachweisformat DIN 18800-4) | Abschnitt 5.2 | 1,03 ¹⁾ | 0,65 ¹⁾ | $\leq 1,0$ |
| Örtliche Lasteinleitungsspannungen (Sohle) | Tab. 7 | - ²⁾ | 1,70 | $> 1,50$ ¹⁾ |
| Verformung im Scheitel | Tab. 7 | - ²⁾ | -7,82 mm | - |

¹⁾ Aufgrund der Werkstofflokilität können bei Zwangungsspannungen auch kleinere Sicherheitsbeiwerte angesetzt werden.

²⁾ nicht untersucht

Literatur

[1] DIN 19 549, Schächte für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen, Allgemeine Anforderungen und Prüfungen, 2/89

[2] DIN 4033, Entwässerungskanäle und -leitungen, Richtlinien für die Ausführung, 11/79, ersetzt durch [3]

[3] DIN EN 1610, Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen, 10/97

[4] Schachtanschlüsse bei Gußrohren. Forschungsauftrag der Thyssen Guß AG an das Institut für Rohrleitungsbau der FH Oldenburg und die FH Münster, Bericht vom 17.09.1996

[5] AIV-Arbeitsblatt A 127: Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen, 2. Aufl. 1988, St. Augustin

[6] Falter, B. Statikprogramme für Personalcomputer, 4. Aufl. 1992, Werner-Verlag, Düsseldorf

[7] Rübener, R.H.; Stiegler, W.: Einführung in Theorie und Praxis der Grundbautechnik, Teil 1. Werner-Verlag, Düsseldorf 1978

[8] Falter, B.; Veenker, M.: Standsicherheit bei der Ertüchtigung, Sanierung und Erneuerung von Druckrohrleitungen. In: Ertüchtigung, Sanierung und Erneuerung von Druckrohrleitungen (Hrsg. John. Lenz). Vulkan-Verlag, Essen 1995

[9] DIN 18 800-4, Stahlbauten, Stabilitätsfälle, Schalenbeulen. Beuth Verlag, Berlin 1990

[10] COSMOS/M Finite Element Analysis System, User Guide 1.75 (1995)

Planung und Errichtung eines circa 450 m langen, nicht begehbaren Versorgungs-/Energietunnels (Düker) im Bereich des Neckars in Heidelberg

Von Hans-Jörg Adolph und Richard Schwebler

Die Stadtwerke Heidelberg AG (SWH) haben zur Verbesserung der Versorgung der „Nordstadt“ einen Düker von Heidelberg durch den Neckar gebaut. Er enthält unter anderem eine Wasserleitung DN 400 aus duktilen Gußrohren. Der Bericht befaßt sich mit den besonderen Planungs- und Einbaufragen, die sich durch den Einbau duktiler Gußrohre in einen Düker zusammen mit Energie- und Versorgungsleitungen aus anderen Materialien ergeben.

1. Einleitung

Bei den nachfolgenden Ausführungen wird vorwiegend die Planung und Erstellung des Dükers dargestellt. Die restlichen Leitungsstrecken der „Einspeiseverbindung“ werden nur am Rande erwähnt.

Die Stadtwerke Heidelberg AG versorgt die Stadt Heidelberg mit Trinkwasser, Erdgas, Strom und Fernwärme.

Da sich die Wassergewinnungsanlagen, Erdgas- und Stromübernahmestationen der Stadtwerke Heidelberg AG fast ausschließlich südlich bzw. südwestlich

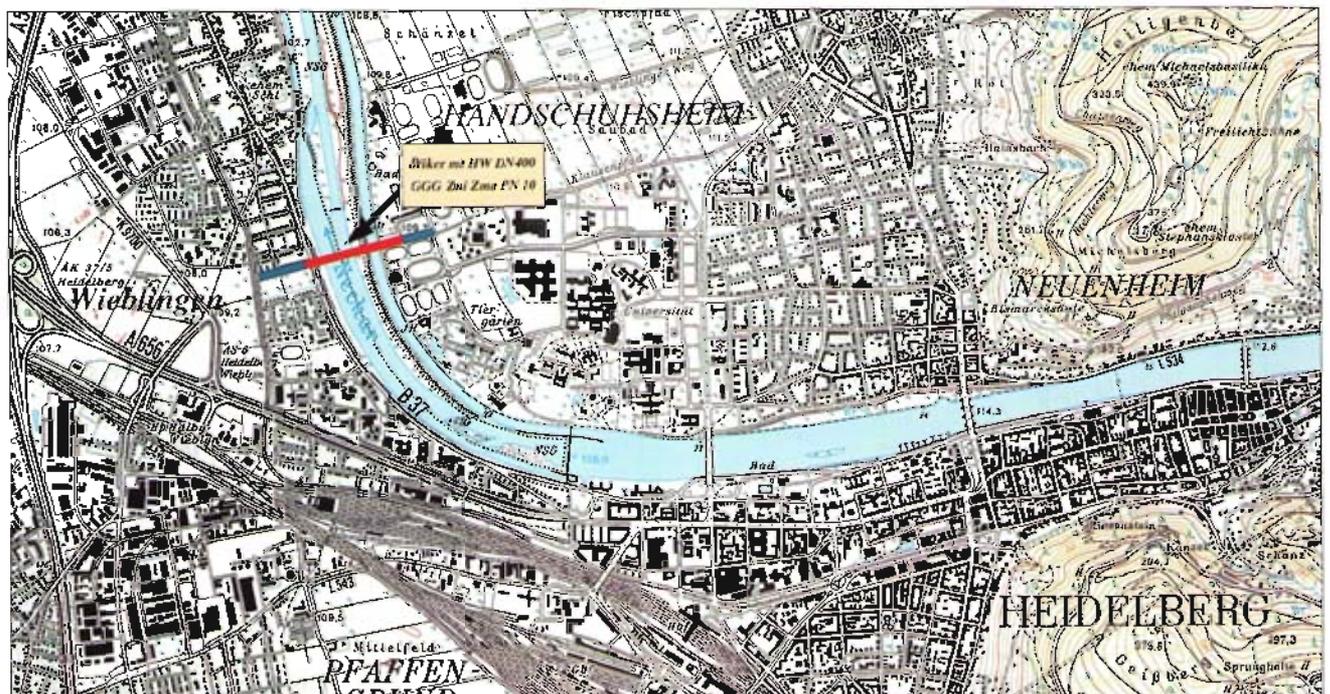
des Neckars befinden, sind Netzverbindungen und Verbindungsleitungen für die Versorgung der „Nordstadt“ über bzw. unter dem Neckar unumgänglich.

Die sogenannte „Nordstadt“ (Stadtteile Neuenheim und Handschuhsheim) von Heidelberg, incl. des Neuklinikums der Universität Heidelberg, und die Gemeinde Dossenheim werden zur Zeit fast ausschließlich über jeweils zwei integrierte Gashochdruck- und Wasserleitungen in den Neckarbrücken (Ernst-Walz-Brücke und Theodor-Heuss-Brücke) mit Erdgas und Trink-/Löschwasser versorgt.

Die Verbesserung der Versorgungssituation für Wasser, Erdgas und Strom im allgemeinen, insbesondere jedoch die Trink- und Löschwasserversorgung der Gemeinde Dossenheim ab 1980 sowie des Neuklinikums der Universität Heidelberg ab 1981, machten die Errichtung einer dritten Leitungsanlage im Neckarbereich notwendig.

Netztechnisch ist die Erdgas-Versorgungssituation im nördlichen Bereich Heidelbergs fast identisch mit der Trink-/Löschwasserversorgung. Durch die geplante

Bild 1: Lage des Dükers zwischen Heidelberg-Handschuhsheim und -Wieblingen



TK 25, Ausschnitt 6517, 6518, Landesvermessungsamt Baden-Württemberg

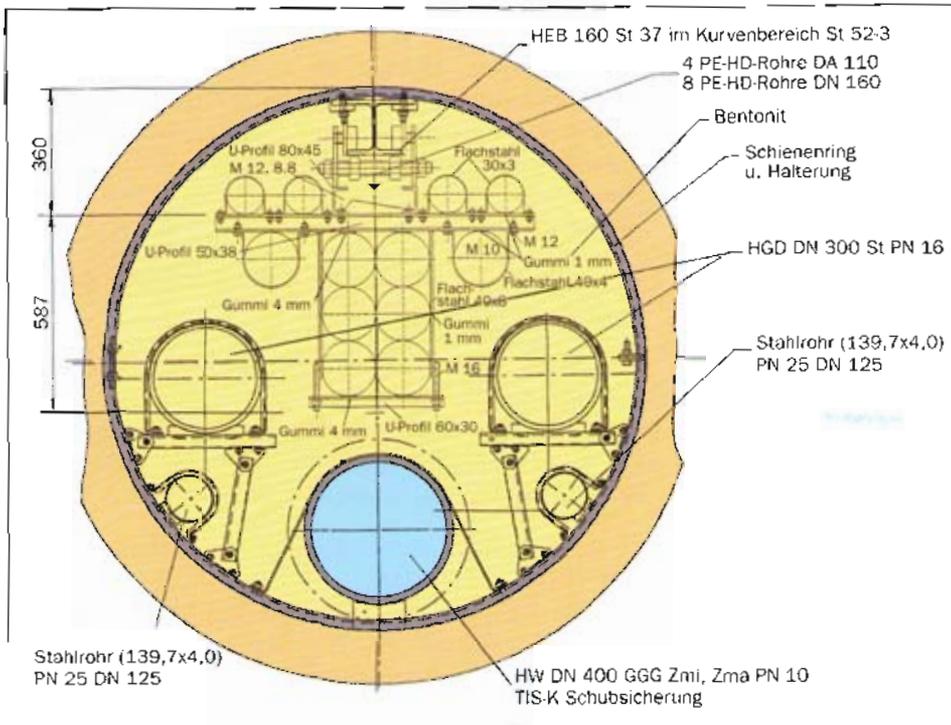


Bild 2: Dükerbelegung

dritte Gashochdruckleitung kann durch Ring-schlußverbindung mit den bestehenden Gashochdruckleitungsanlagen die Versorgungssicherheit wesentlich verbessert werden.

Die geplante Kabel-(Schutzrohr)anlage wird aufgrund langfristiger Lastprognosen errichtet. Die Kabelbelegung ist mittelfristig vorgesehen.

2. Grundplanung

Mit den Planungsarbeiten seitens der Stadtwerke Heidelberg AG wurde bereits in den 80er Jahren begonnen.

Die Grundplanung (Festlegung der Grobtrasse, Ausschreibungsplanung, Genehmigungsplanung, Materialauswahl, Dimensionierung der Leitungsanlagen etc.) wurde von der Stadtwerke Heidelberg AG erarbeitet. Sämtliche Leistungen für die Ausführungsplanung wurden in die Ausschreibung mit aufgenommen.

Da die Stadt Heidelberg den Bau einer weiteren Neckarbrücke („5. Neckarbrücke“) im Bereich des SWII-Leitungsprojektes plant, war ursprünglich vorgesehen, die Errichtung der Leitungsanlagen gemeinsam mit dem Brückenneubau vorzunehmen.

Der Brückenneubau konnte bis heute jedoch nicht realisiert werden. Da eine definitive Aussage über den Zeitpunkt des Brückenneubaues seitens der Stadt Heidelberg nicht möglich war, entschloß sich die Stadtwerke Heidelberg AG, die Leitungsanlagen vorab zu errichten.

Zwei Neckarquerungsvarianten wurden geprüft:

- Der Bau einer Rohrbrücke ggf. in Verbindung mit einem Fußgängersteg (Leitungsführung oberirdisch).
- Die Errichtung eines Dükers (Leitungsführung unterirdisch).

Nach Ablehnung der Rohrbrückenvariante durch die Stadt Heidelberg blieb allein die Errichtung eines Dükers im Rohrvortriebsverfahren als Planungsvorgabe. Der Dükerbereich beinhaltet die Kreuzung des Neckarkanals, des „Altneckars“ und der Bundesstraße B 37 (Bild 1).

Die Errichtung eines „klassischen“ Dükers im offenen Bauverfahren (Einhebe/Einzieh-/Einschwimmverfahren) konnte bei den Planungsüberlegungen aus Naturschutzgründen nicht berücksichtigt werden. Die betroffenen Neckarflächen im Trassenverlauf sind als Naturschutz- bzw. Landschaftsschutzgebiete ausgewiesen. Einer Beeinträchtigung dieser Naturschutzgebiete durch das Rohrbau-

projekt konnte bereits im Vorfeld der Genehmigungsverfahren durch die zuständigen Behörden nicht zugestimmt werden.

Mit der Genehmigungsplanung durch die Stadtwerke Heidelberg AG wurde bereits 1985 begonnen.

Bedenken und Auflagen der zuständigen Behörden und Ämter konnten im Zuge des Wasserrechtsverfahrens ausgeräumt werden bzw. wurden bei der Ausführungsplanung und bei der Dükererrichtung berücksichtigt. So durfte z. B. die brütende Vogelwelt beim Bau des Dükers nicht beeinträchtigt werden.

3. Ausschreibung/Vergabe

Die Maßnahme (Ausführungsplanung, Erd-, Rohrvortriebs-, Rohrverlegungs-, Straßenwiederherstellungsarbeiten sowie Lieferung der Vortriebsrohre) wurde 1994 europaweit nach dem Verhandlungsverfahren unter dem Aktenzeichen „Neckardüker“ in drei Bau-lösen ausgeschrieben. Sämtliche Ausschreibungsunterlagen wurden von der Stadtwerke Heidelberg AG erarbeitet.

Dabei wurde der Neckardüker alternativ als begehbare und nicht begehbare Versorgungs-/Energietunnel in die Ausschreibung aufgenommen.

Insgesamt wurden 8 Dükervarianten im Rohrvortriebsverfahren vorgegeben (6 Varianten für einen begehbaren Versorgungs-/Energietunnel, 2 Varianten für einen nicht begehbaren Versorgungs-/Energietunnel). Sondervorschläge seitens der Anbieter (z. B. Richtbohrverfahren) waren erwünscht.

8 Angebote wurden eingereicht.

Nach Wertung der Angebote entschloß sich die Stadtwerke Heidelberg AG, einen nicht begehbaren Versorgungs-/Energietunnel DN 1600 mit beidseitigen Bogenradien = 500 m in Auftrag zu geben.

Bei der Ausschreibung waren Bogenradien von 600 m vorgegeben. Durch die Änderung der Bogenradien konnte die Dükerlänge um ca. 50 m verringert werden.

Für die Entscheidung zur Errichtung des Dükers als nicht begehbare Versorgungs-/Energietunnel waren wirtschaftliche Fakten, die Berücksichtigung der Auflagen der beteiligten Behörden und Ämter am wasserrechtlichen Verfahren sowie nachfolgende Erwägungen maßgebend:

- Durch die hohlraumfreie Verfüllung des Ringraumes (zwischen den Vortriebsrohren und den Produktenleitungen bzw. den Schutzrohren für die Kabelanlage) mit Bentonit sowie die Dükererstellung ohne Leitungs-/Entwässerungs-/Kontrollschächte entsteht ein weitgehend wartungsfreies Bauwerk.
- Die Verfüllung des Ringraumes mit Bentonit bewirkt außerdem:
 - a) Entwässerungsleitungen sowie Maßnahmen zur Herstellung einer Vorflut entfallen.
 - b) Die erforderliche Auftriebssicherung der Produktenrohre ist immer gegeben.
 - c) Durch das Verbund-System wird in statischer Hinsicht darüber hinaus die Sicherheit der Leitungsanlagen gegen äußere und aus dem Innendruck resultierende Kräfte erhöht.
 - d) Der kathodische Rohrerschutz für die Gasleitungs- und 110-kV-Schutzrohranlage ist auch im Dükerbereich gewährleistet.

Der Auftraggeber war sich durchaus bewußt, daß die Entscheidung für die Errichtung eines nicht begehbaren Versorgungs-/Energietunnels für Planung und Errichtung des Dükers, insbesondere jedoch die Einbringung der Produktenrohre, die weitaus schwierigere Rohrbauvariante war.

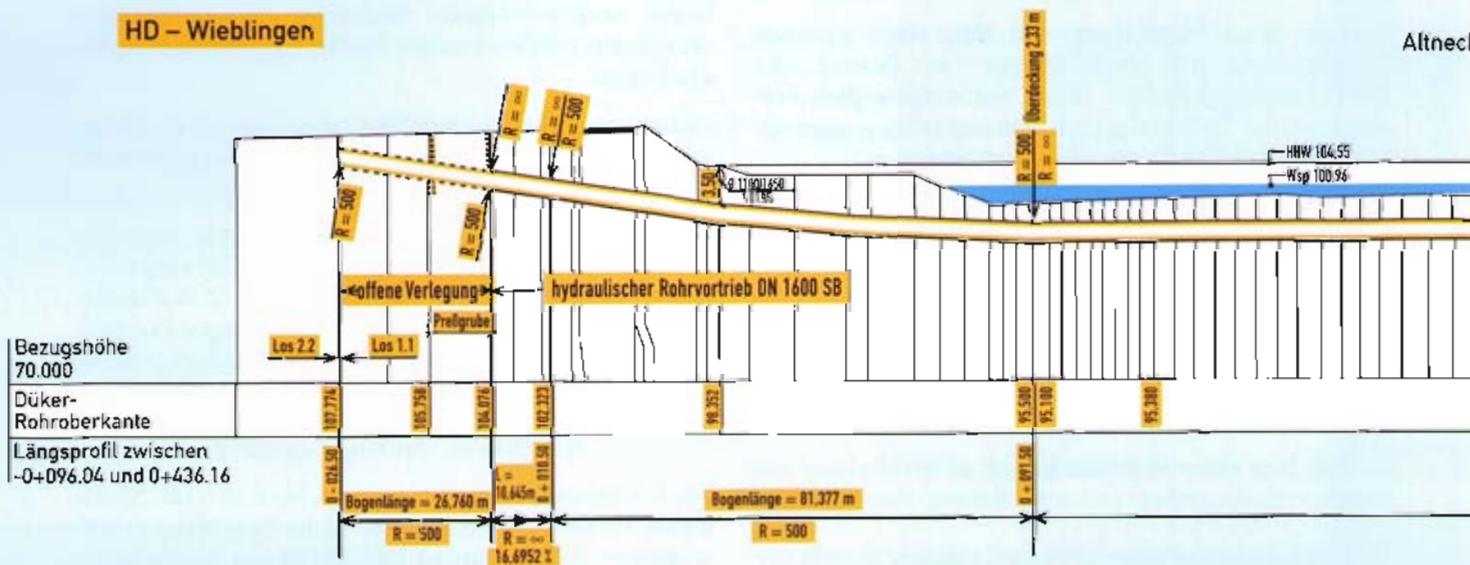
4. Material

Die Stadtwerke Heidelberg AG beschafft grundsätzlich bei sämtlichen Rohr- und Kabelbaumaßnahmen für die Sparten Gas-, Wasser-, Fernwärme- und Stromversorgung das erforderliche Material (Rohre, Kabel, Armaturen etc.) und stellt es den ausführenden Firmen bei.

Folgende Rohre wurden für die Dükerbelegung ausgewählt und beigestellt (**Bild 2**):

- Gewerk Gasversorgung (2 Gashochdruckleitungen DN 300 St PN 16):
Stahlrohre DN 300 (323,9 x 7,1 mm) in Längen von ca. 12 m mit verstärkter (v) PE-Außenumhüllung, Rohrverbindungen: Stumpfnahschweißung.
- Gewerk Wasserversorgung (1 Wasserhauptleitung DN 400 GGG PN 10):
Duktile Gußrohre DN 400 (429 x 9 mm) nach DIN EN 545, Klasse K 10, Steckmuffenverbindung (TYTON) mit Zementmörtelauskleidung/-umhüllung. Für den Bereich der Neckar- bzw. OEG-Querung sowie der anschließenden Krümmersicherungen wurden die Rohre mit längskraftschlüssiger Muffenbindung Typ TIS-K (Schubsicherung) beschafft. Sämtliche Paßrohre (einschließlich Aufbringen der Schweißraupen) wurden werkseitig hergestellt.
- Gewerk Kabelanlagen (2 Stahlleitungen DN 125, 4 PE-Leitungen DN 125, 8 PE-Leitungen DN 100):
 - a) Stahlrohre DN 125 (139,7 x 4 mm) in Längen von ca. 12 m mit Einsteckschweißmuffen und PE-Außenumhüllung für die 110-kV-Gasaußendruckkabelanlage, Rohrverbindung: Kehlnahschweißung.
 - b) PE-HD-Rohre DN 100 (110 x 10 mm) und DN 125 (160 x 14,6 mm) in Ringbunden à 100 m Länge, Reihe 5 für die 20 kV-, 1 kV- und Fernmeldeanlage, Rohrverbindung: Heizwendelschweißmuffen/-schweißung.

Bild 3: Längsschnitt des Neckardükers



5. Ausführungsplanung/Ausführung

Der Vortrieb erfolgte mit Stahlbetonrohren 1600 mm i.L. Der Grundwasserstand erforderte einen Vortrieb unter Druckluft. Auffahren des Dükers mit 2 Radiusbögen als fallender und steigender Dükeraast.

Die Anforderungen und Bedingungen für den Sondervorschlag, die aus der eigentlichen Rohrbelegung an das Bauwerk gestellt werden, mußten bereits herausgearbeitet und bei der Planung (z. B. Festlegen der Mindestradien) berücksichtigt werden. In diesem sehr frühen Stadium wurde schon klar, daß eine sehr präzise Vortriebssteuerung notwendig wird, bedingt durch die spätere sehr dichte Belegung. Da es sich um einen Mehrfachdüker mit unterschiedlichen Rohrwerkstoffen handelt, mußte das Verhalten der verschiedenen Leitungen besonders berücksichtigt werden.

Als Resultat aus diesen Überlegungen wurde ein Mindestradius von 500 m festgelegt. Dieser Mindestradius wurde in erster Linie von den beiden Stahlrohren DN 300 für die Gasleitung diktiert. Für die Gußrohrleitung DN 400 wäre ein wesentlich geringerer Radius möglich gewesen. Der geplante Dükerverlauf ist in **Bild 3** dargestellt. Am Tiefpunkt des alten Neckarbettes beträgt die geplante Erdüberdeckung 2,33 m.

Mit den Bauarbeiten wurde im September 1995 begonnen.

Beim Bau wurden die vorgegebenen Planungswerte sehr genau eingehalten. Trotz extrem schwieriger Bodenverhältnisse blieben die Abweichungen im Bereich von ± 10 mm. Die Voraussetzungen für eine dichte Belegung, wie es die Planung vorsah, waren somit gegeben.

Während der Bauausführung der Vortriebsarbeiten wurden nun zeitgleich die Ausführungsplanung/Detailplanung für die Dükerbelegung durchgeführt. Zunächst war an einen Komplettinzug des gesamten

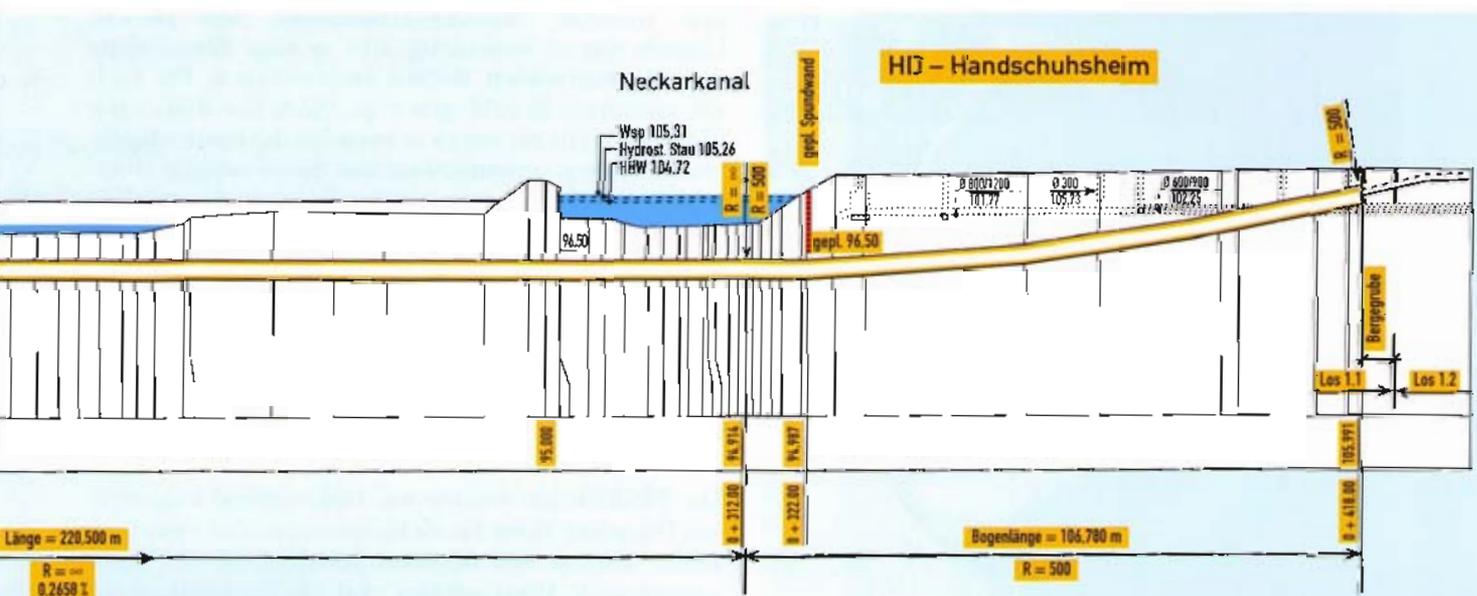
Rohrbündels nach erfolgter Rohrmontage außerhalb des Dükers gedacht. Mit dieser Vorgabe wurden insgesamt 10 unterschiedliche Varianten durchgerechnet.

Als großes Problem entpuppte sich dabei die Konstruktion einer exakten Führung, die dem Gesamtbündel in der langen, mehrfach gekrümmten Röhre ausreichende Führungstabilität gab. Die vorgesehenen unterschiedlichen Materialien Guß, Stahl und PE waren dabei eine schwer zu ermittelnde Größe. Bei den Stahlrohren bereitete das relativ steife Biegeverhalten Probleme. Hinzu kommt, daß die verschiedenen Rohre durch eine Verbindung mit den Abstandshaltern untereinander ein wesentlich höheres statisches Moment erreichen, als dies bei einer Einzelverlegung der Fall wäre.

Die nächste Schwierigkeit war in dem unterschiedlichen Dehnverhalten unter Prüfdruck bzw. Betriebsdruck zu sehen. Vor allem das Reckverhalten der Gußrohre unter Prüfdruck verlangte eine besondere Berücksichtigung.

Nach Zusammentragen all dieser Randbedingungen und nach Durchführung der entsprechenden Rohrleitungsstatik entschied sich die ausführende Firma für einen Einzeleinzug der jeweiligen Leitungen. Die Belegung wurde nach folgender Reihenfolge festgelegt:

Als erstes die beiden Stahlrohre DN 125 als Schutzrohr für die 110-kV-Gasaußendruckkabel, dann zweimal die Stahlleitung DN 300 für die Gasversorgung und als nächsten Schritt das Einbringen der Gußrohre DN 400 für die Wasserversorgung. Bis nach der Verlegung der Leitung DN 400 war der Düker noch bedingt begehbar. Als letzter Schritt wurde der Einzug der PE-Schutzrohre gewählt. Bei Durchführung dieser Arbeiten war durch die Belegungsichte eine Einflußnahme von außen nicht mehr möglich. Die Dükerbelegung ist in **Bild 2** dargestellt.

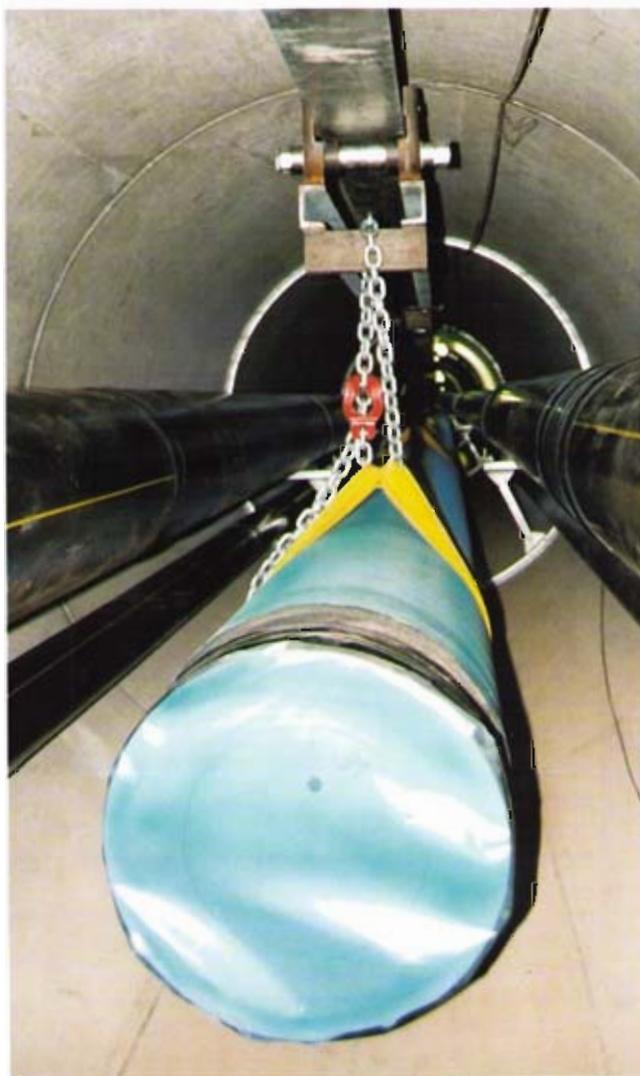


Zum problemlosen Einbringen sämtlicher Leitungen wurden verschiedene Hilfskonstruktionen untersucht. Die wirtschaftlichste Lösung wurde in einer Konstruktion gefunden, die einen HE-B-Träger im Scheitel des Vortriebsrohres über die gesamte Dükerlänge vorsah. In Verbindung mit Laufkatzen am unteren Trägerflansch konnten sämtliche Rohre nach und nach eingebracht werden. Die Laufkatzenkonstruktion konnte dabei immer wieder verwendet werden.

Im speziellen soll jetzt auf das Einbringen der Gußrohre eingegangen werden.

Durch die Abwinkelungsmöglichkeit des „TIS-K-Rohres“ war das Durchfahren der vorgegebenen Radien planungstechnisch problemlos. Die Lastverhältnisse waren klar definiert. Bei den Lastermittlungen für Laufkatze und Träger sowie Befestigungskonstruktion am Stahlbetonrohr konnte von einem Gelenkträgersystem ausgegangen werden. Die Kräfte waren leicht zu ermitteln und waren auch klar zu definieren. Obwohl das Gußrohr das höchste Gewicht der einzubringenden Rohrleitungsteile darstellte, war es durch die gleichmäßig verteilte Lastabtragung für die Stabilitätsbemessung der Konstruktion nicht ausschlaggebend.

Bild 4: HE-B-Träger mit Laufkatze



Für das Einbringen der Gußrohre allein wären handelsübliche Laufkatzen ausreichend gewesen. Das spätere Einziehen der PE-Rohre in einem Bündel von insgesamt 12 Rohren verlangte jedoch eine besondere Halterungskonstruktion (Bild 4).

Die Laufkatzen, die für die PE-Rohr-Einbringung notwendig waren und für die PE-Rohre als endgültige Halterung im Düker verbleiben, wurden deshalb in ihrer Grundkonzeption auch bereits für das Einbringen der duktilen Gußrohre verwendet. In diesem Stadium war noch ein Begehen des Dükers und somit eine korrigierende Einflußnahme möglich. Für die Vollbelegung war damit ein Testlauf vorge-schaltet.

Intensive Überlegungen waren nötig, um das Reckverhalten der Gußrohre exakt in die Planung mit einzubeziehen. Es war relativ schnell klar, daß ein Einzug ohne Nachreckung bei der späteren Druckbeaufschlagung nicht durchführbar sein würde. Der relativ steil abfallende Dükerast (17 %) hat zur Folge, daß sich eine Vorspannung, welche gleich bei der Montage der TIS-K-Verbindungen erzeugt wird, spätestens beim Erreichen des aufsteigenden Dükerastes durch Zusammenschieben der Muffen aufheben würde. Von dem ursprünglichen Gedanken, diese Leitungen mit PE-Schrumpfmuffen bereits außerhalb fertig im vorgereckten Zustand einzufahren, wurde deshalb Abstand genommen. Es wurde nach einem Verfahren gesucht, das es erlaubt, die Leitungen wie gewohnt zu montieren und der Leitung die Möglichkeit gibt, sich unter Druckbeaufschlagung innerhalb des Dükers frei auszudehnen. Da die vorgesehenen Halterungspunkte bereits vor Montage festgelegt werden mußten (Platzverhältnisse), war es notwendig, bereits im Vorfeld die genauen späteren Lagerungspunkte der Muffenstöße zu berechnen. Aufgrund dieser Randbedingungen wurde die folgende Vorgehensweise gewählt:

Die Halterungspunkte der Gußleitung im Vortriebsrohr mußten vor dem Einfahren der Leitung eingebracht werden. Lediglich die Bügelschellen sollten nach Beendigung der Verlegearbeiten montiert werden (beeugte Montageverhältnisse). Aus diesem Grunde war es notwendig, eine genaue Berechnung des zu erwartenden Reckes vorzunehmen. Da auch die einzelnen Rohrlängen vom Werk her differieren (5,95 bis 6,09 m) war es notwendig, die Rohre durchnummerieren, auszumessen und einen exakten Verlegeplan mit der zu erwartenden Reckung auszuarbeiten. Die Bedingung, daß die spätere Halterung in Muffennähe sein sollte, (max. Abstand 1,20 m), mußte in diese Berechnung mit einfließen. Es wurde ein Verlegeplan erstellt, der die genaue Platzierung jeder einzelnen Halterung innerhalb des Dükers fixierte. Bei der späteren Montage mußte dann nur noch die Reihenfolge der durchnummerierten Rohre eingehalten werden.

Die TIS-K-Rohre wurden am Dükeranfang innerhalb der Baugrube Rohr für Rohr montiert. Die einzelnen Rohre wurden mit flexiblen Bändern an die Laufkatzenkonstruktion gehängt. Auf die Nachumhüllung außerhalb der Baugrube wurde verzichtet. Der Strang

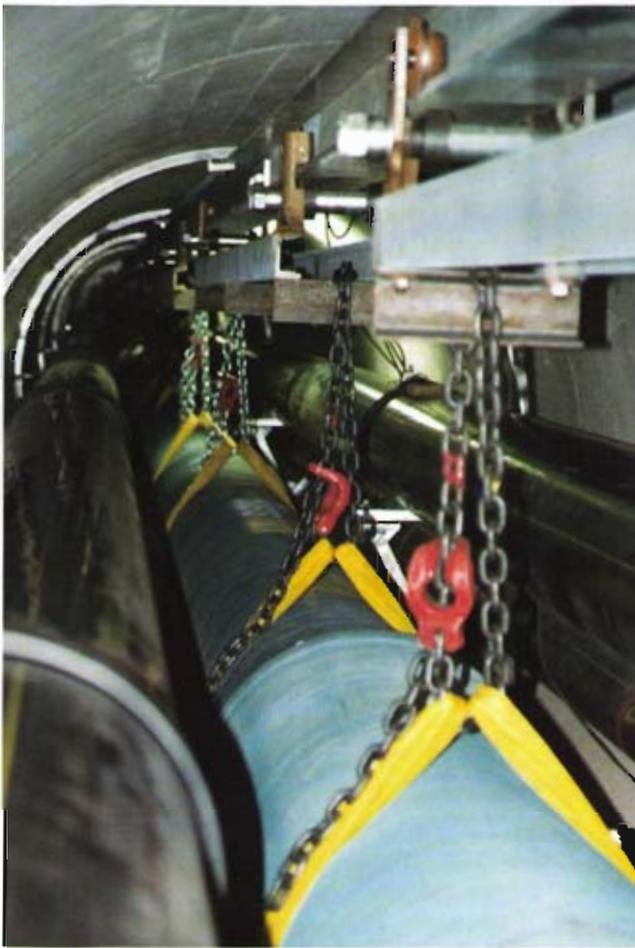


Bild 5: Einbringen der Gußrohre

wurde so kontinuierlich in den Düker eingezogen (Bild 5).

Auf der gegenüberliegenden Dükerseite war eine hydraulische Winde montiert (Bild 6). Diese Winde hatte lediglich die Aufgabe, nach Überschreitung der Geraden die letzten ca. 60 m in die endgültige Lage zu ziehen. Ansonsten mußten die Rohre fast über die gesamte Strecke, bedingt durch die Höhenverhältnisse und die Leichtläufigkeit der Konstruktion, gebremst werden. Durch dieses Verfahren war ein sehr rasches Einziehen möglich. Nach Einzug der Gesamtlänge wurden die jeweiligen Leitungsenden verschlossen und jetzt einer Druckprüfung unterzogen. Die Leitung hing während der gesamten Druckprüfung über die flexiblen Bänder an den Laufkatzen. Der Rohrstrang konnte sich auf diese Weise ungehindert ausdehnen. Die Restreckung des Rohrstranges wurde bei der Druckbeaufschlagung verfolgt und gemessen. Sie belief sich auf der einen Dükerseite auf 54 cm und auf der anderen Seite auf 56 cm. Das im voraus berechnete Reck von 2,7 cm/Muffe wurde durch diese Nachmessung exakt bestätigt. Wenn man

bedenkt, daß bei einer Druckprobe mit 16 bar eine Axialkraft von 200 kN wirksam wird, hat sich die flexible Lagerung während der Druckprobe als absolut sinnvoll erwiesen.

Nach Abnahme der Dichtheitsprüfung wurde der Druck, bis auf einen Restdruck von 2 bar, abgelassen. Dieser Restdruck verhindert das nachträgliche Zusammenschieben der Leitung. Die Leitung wurde im gefüllten Zustand mit 2 bar Restdruck jetzt in ihre endgültige Lage abgelassen. Es war dadurch sichergestellt, daß die Halterungen keine zusätzlichen Kräfte aus der Normalkraftwirkung übernehmen müssen. Die Nachumhüllung der Muffenstöße wurde nach Fixierung der Leitung durchgeführt. Von dem ursprünglichen Gedanken, mit Schrumpfnuffen zu arbeiten, wurde aufgrund des Gefährdungspotentiales Abstand genommen. Es wurde auf eine Nachumhüllung mit ZM-Binden zurückgegriffen.

6. Zusammenfassung

Die Dükerbelegung wurde im November 1997 abgeschlossen.

Bei sämtlichen Leitungsteilen im Dükerbereich wurde die Druckprüfung sowie die Prüfung der Außenumhüllung der Stahl- und Gußrohre durchgeführt.

Bereits heute kann festgestellt werden, daß durch die umfangreichen und detaillierten Planungsarbeiten sowie die fachgerechten und sehr sorgfältig durchgeführten Rohrverlegungsarbeiten ein hochwertiges und wartungsarmes Leitungsbauwerk errichtet wurde.

Die Inbetriebnahme der Gas- und Wasserleitungsanlage erfolgte im Frühjahr 1998.

Bild 6: Hydraulische Winde



Eine Trinkwasserleitung aus zwei duktilen Gußrohrsträngen DN 500 kreuzt die Mosel

Von Hans Zenz

Ein Düker ist immer wieder eine besondere Aufgabe für Planer und Bauer: Viele Einflußgrößen müssen beachtet werden, die Interessen vieler Beteiligter müssen auf einen gemeinsamen Nenner gebracht werden, und stets spielen Unwägbarkeiten mit. Beim Bau des Dükers durch die Mosel zur Sicherung der Wasserversorgung des Vorderen Hunsrücks verlief alles planmäßig; die gute Vorarbeit zahlte sich aus. Auch eine Verzögerung durch Hochwasser konnte das gute Bild nicht trüben.

Im Februar 1978 hat der Autor in Heft 13 dieser Zeitschrift über die Entstehung des Verbandes Rhein-Hunsrück Wasser berichtet. Im Heft 7 (Februar 1972) schilderte er die Verlegung eines Moseldükers nahe der Ortslage Winningen.

1. Allgemeines

Der Zweckverband versorgt 87.000 Einwohner in einem ländlich strukturierten Gebiet über eine Fläche von rd. 480 km². Das Versorgungsgebiet liegt im wesentlichen zwischen den Flüssen Rhein und Mosel. Ca. 85 % des Wasserbedarfs werden aus dem nördlich der Stadt Koblenz liegenden linksrheinischen Neuwieder Becken gewonnen. Geographisch trennt die Mosel die Gewinnungsanlagen vom Versorgungsgebiet. Die Hauptförderleitung DN 500 muß also den Flußlauf kreuzen.

Bild 1:



1972 wurde der erste Düker verlegt. Konstruktionsmerkmale: duktile Gußrohre, montiert und zugfest verbunden auf einem 10 mm dicken Stahlblech. Gegen Auftrieb und zum Schutz der Rohre bei der Wiederverfüllung legte man mit Trockenbeton gefüllte Jutesäcke auf die Rohrleitung. Der maximale Betriebsdruck in diesem Moseldüker liegt bei 220 m Wassersäule. Die Konstruktion hat sich bewährt, und der Düker ist seit 1973 ohne Beanstandung in Betrieb.

2. Veranlassung

Was veranlaßte nun den Verband, einen neuen Düker neben dem vorhandenen zu bauen? Zunächst stellt sich die Frage: „Warum wurde 1973 aus Sicherheitsgründen keine zweite Leitung verlegt?“

Aus damaliger Sicht hätte man dies sicher tun müssen. Die Sicherheit wäre aber nach heutiger Kenntnis nicht wesentlich erhöht und die Bedarfsanpassung war 1972 nicht zu übersehen. Bei Spezialfirmen wurde erkundet, ob die Reparatur eines derartigen Dükers möglich sei und in welcher Zeit. Gutachterlicherseits würde je nach Art der Leckage mit einer Reparaturzeit von 3–6 Wochen gerechnet. Da ein leistungsfähiger Querverbund nicht vorhanden und möglich ist, kann eine Versorgungsunterbrechung über diese Zeit nicht hingenommen werden.

In Heft 13 dieser Zeitschrift hat der Autor berichtet, mit welcher Mühe und Geduld der Verband gegründet wurde. Inzwischen ist die sichere Versorgung der Bürger im „Vorderen Hunsrück“ kein Thema mehr. Eine Versorgungsunterbrechung über die vorgenannte Zeit würde das mit viel Fleiß und Mühe aufgebaute Vertrauen der Abnehmer beeinträchtigen.

Und noch ein persönlicher Grund: Als Werkleiter trat der Autor gegen Ende des Jahres 1997 in den Altersruhestand. Nicht nur die Erfahrungen zur Durchführung einer solchen Maßnahme, sondern auch der Gedanke, eine Anlage einem Nachfolger zu übergeben, die nicht dem heutigen Sicherheitstandard entspricht, war ein zusätzliches Motiv, diese Maßnahme durchzuführen.

3. Vorbereitung

Die Ausführung des Dükers wurde im Dezember 1995 von der Verbandsversammlung beschlossen. Kreuzungsverträge von Bundesstraßen wurden problemlos anhand des Rahmenvertrages abgeschlossen.

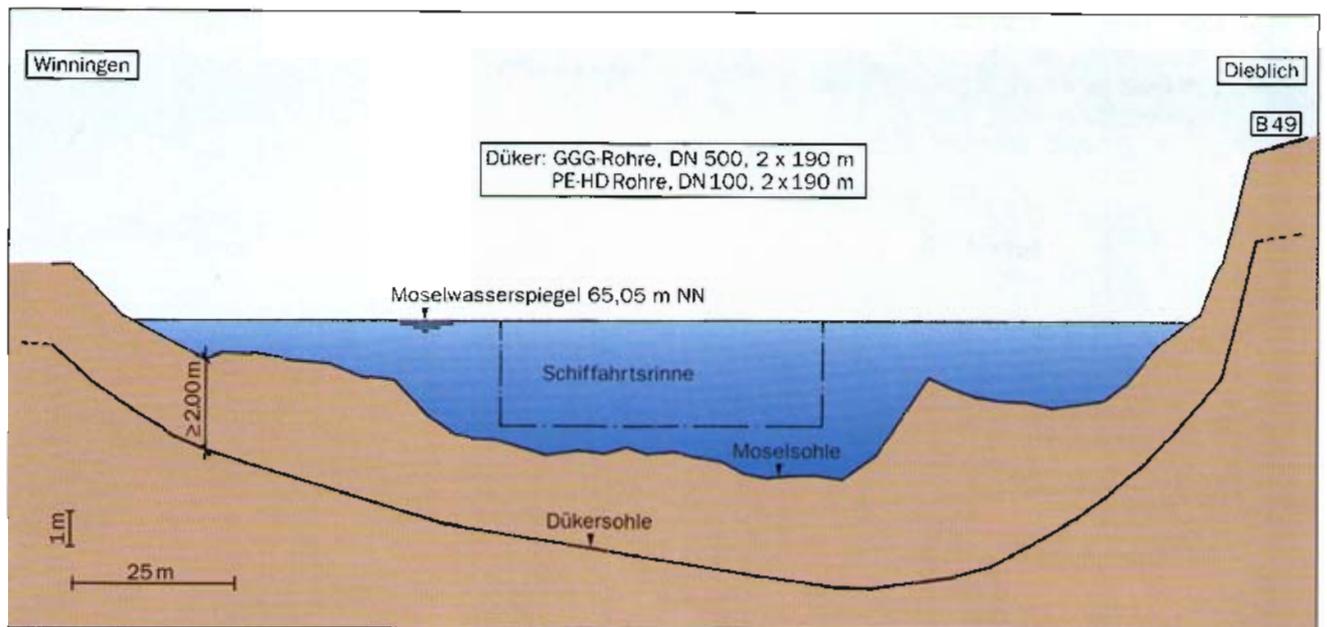


Bild 3: Moselquerschnitt mit Lage des Dükers

Genehmigungen möglich war. Insbesondere wurden die Erfahrungen der Wasser- und Schifffahrtsbehörden bezüglich der technischen Ausführung zunutze gemacht, so daß bei den Genehmigungsanträgen keine grundsätzlichen Einwände zu erwarten waren.

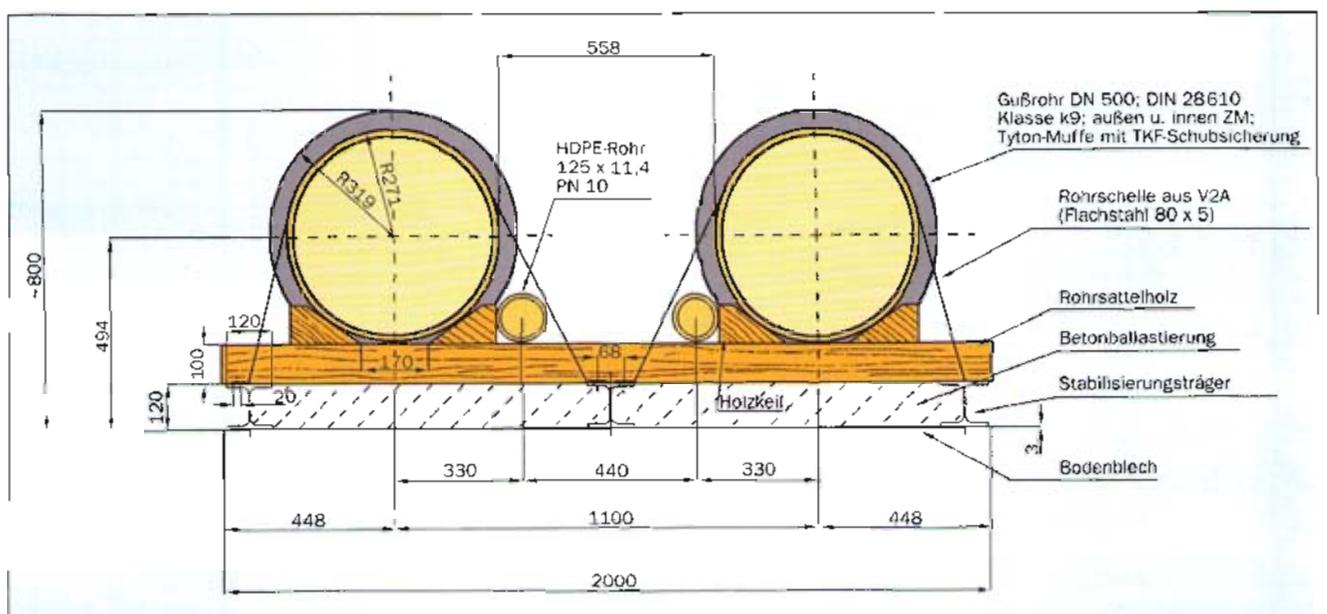
4. Technische Ausführungen

Die technischen Grundlagen für den Düker waren gegeben. Der Betriebsdruck von rd. 22 bar mußte sichergestellt werden. Die maximale Förderleistung auch für mögliche Erweiterungen des Versorgungsgebietes unter Berücksichtigung des Ausfalles einer Leitung sollte Grundlage der Dimensionierung sein. Zu erwartende Zugspannungen, insbesondere während des Einziehens, sollten im System aufgefangen werden, und nicht zuletzt sollte das gewählte Rohrmaterial eine lange Lebenszeit erwarten lassen. Darüber hinaus stehen im engen Moseltal nur begrenzte

Flächen zur landseitigen Montage des Dükerbündels zur Verfügung. Aus der Darstellung des Moselquerschnittes (Bild 3) ist weiterhin unschwer zu erkennen, daß das Dükerbündel in sich Abwinkelungen zulassen muß. Die Wasser- und Schifffahrtsbehörde forderte eine Mindestüberdeckung von 2 m. Aus Sicherheitsgründen wurde ein Abstand von 40 m unter Strom zum vorhandenen Düker gewählt.

Unter Beachtung dieser technischen Vorgaben wurde einvernehmlich mit den beteiligten Behörden die Entscheidung für das duktile Gußrohr getroffen. Darüber hinaus war bei dieser Entscheidung von Bedeutung, daß sich das System bei der ersten Ausführung des Moseldükers bewährt hat und das Rohrmaterial neben den bekannten Vorteilen des duktilen Gußrohres sowohl innen mit der Zementmörtelauskleidung als auch außen mit der Verzinkung und der gewählten Zementmörtelumhüllung wesentliche Verbesserungen erfahren hat.

Bild 4: Schnitt durch den montierten Düker



Die Bauteile der ausgeschriebenen Maßnahme bestehen im wesentlichen aus:

- Zwei Trinkwasserleitungen DN 500, GGG, PN 25, mit Steckmuffe, System TYTON mit TKF-Schubsicherung, Zementmörtelauskleidung und Zementmörtel-Umhüllung, Wanddicke K9,
- zwei Kabelschutzrohren (125 x 11,4 mm) aus PE hart nach DIN 8074, Reihe 5,
- sechs Absperrklappen für Handbetrieb (DN 500 PN 25, GGG),
- Erweiterung eines vorhandenen Abzweigschachtes auf der Gemarkung Winnigen,
- Neubau eines Abzweigschachtes auf der Gemarkung Dieblich,
- Anbindungen der neu zu verlegenden Trinkwasserleitungen an eine bereits vorhandene Trinkwasser-Dükerleitung (DN 500, GGG, PN 25), und
- Einziehen und Verlegen eines Steuerkabels vom Abzweigschacht linke Moselseite über Abzweigschacht rechte Moselseite bis zur Rohrbruchsicherung rechte Moselseite.

Die Gesamtlänge der neu zu verlegenden Trinkwasserleitung beträgt ca. 2 x 190 m.

Für eine Montage des Dükers stand den Bietern eine Fläche von 30 x 60 m zur Verfügung. Es war ihnen freigestellt, auf welche Art das Dükerbündel montiert und in die Mosel eingezogen wird. Der Auftraggeber behielt sich jedoch vor, über das System der Montage und Einbringung zu entscheiden.

Die Firma Hülskens GmbH & Co, Wesel, hat technisch und wirtschaftlich das günstigste Angebot abgegeben. Auch in der Bewertung der Angebote sei den Fachbehörden, insbesondere dem Wasser- und Schiffsamt, Dank für die objektive und erfolgreiche Zusammenarbeit ausgesprochen.

Bild 4 zeigt den Dükerquerschnitt. Auf einem Bodenblech wurden drei Stabilisierungsträger angeschweißt. Der entstandene Hohlraum zwischen Bodenblech und Rohrsattelholz ist gegen Auftrieb mit Beton gefüllt. Das mittels Holzkeilen fixierte Gußrohr DN 500 wurde mit Rohrschellen aus V2A-Stahl an die Bodenplatte verankert. In die Hohlräume dieser Schellen wurde je ein HD PE-Rohr 125 x 11,4 verlegt (**Bild 5**).

5. Dükermontage

Für die landsseitige Montage stand auf dem linken Ufer nur der Parkplatz des Winninger Schwimmbades außerhalb der Badesaison zur Verfügung. In Verlängerung der Dükerachsen wurden drei Stränge montiert. Dazu mußte der Parkplatz auf die Düker-Einzugsebene erhöht werden. Das hierzu erforderliche Material (Lava) wurde später zur ersten Überdeckung des Dükers verwandt. Für das nahegelegene Hotel, dessen Zufahrt die Dükermontageebene kreuzt, mußte eine Notbrücke montiert werden. Nach dem Auslegen und Verschweißen der Unterkonstruktion in drei Strängen wurde der Beschwerungs beton eingebracht. Anschließend erfolgten das Auflegen und der Zusammenbau der Dükerrohre DN 500 GGG sowie der PE-Rohre DN 100. Nach dem Befestigen der Rohre mit den Rohrschellen schloß sich die



Bild 5: Verschieben eines montierten Stranges; die Komponenten des Dükers sind deutlich zu erkennen.

vorprüfende Druckprobe aller drei Rohrstränge an (**Bild 6**, Seite 28). Die Verwendung der längskraftschlüssigen TYTON-TKF-Verbindung erwies sich hier als sehr vorteilhaft.

6. Herstellen der Dükerrinne

Zur Herstellung der Dükerrinne wurde ein Hydraulikbagger auf Stelzen eingesetzt, der das Aushubmaterial in Klappschuten lud. Die Verklappung erfolgte an ausgewiesenen Stellen. Laufende Kontrollen durch Echolot mit elektrischer Entfernungsmessung sicherten eine genaue Rohrgrabensohle. Wegen des steilen rechtsseitigen Moselufers an der B 49 war dort die Einbringung des Dükers nur durch einen Baugrubenverbau (durch Rammen von Spundwänden) möglich. Dieser Baugrubenverbau hatte außerdem die Aufgabe, die Umlenkrolle für das Dükereinzugsseil aufzunehmen.

7. Dükereinzug

Pünktlich nach Bauzeitenplan erfolgte der Dükereinzug



Bild 6: Erste Druckprobe nach der Montage



Bild 7: Diese Zugwinde hatte keine Mühe mit den erforderlichen 47 t Zugkraft.

zug in der 43. Kalenderwoche 1996. Vorab wurde die Windstation auf der linken Moselseite aufgestellt (Bild 7, Seite 28) und das Dükerzugsschiff über die Umlenkstation in der Baugrube auf dem rechten Ufer (Dieblich) eingezogen. 47 Tonnen Zugkraft waren notwendig, um den ersten Dükerstrang vorzuziehen (Bild 8). Dieser wurde weit genug in die Mosel eingezogen, um die Verlegung des zweiten Dükerstranges in die Dükerachse vornehmen zu können und die Verbindung herzustellen. Im gleichen Rhythmus erfolgte auch die Anbindung des letzten Dükerstranges, so daß am 24.10.1996 das Einziehen des Dükers abgeschlossen werden konnte. Die nachfolgende Druckprobe des gesamten Dükers bestätigte die Dichtigkeit der Anlage.

8. Anbindung an die bestehende Fernleitung

Es war geplant, alle drei Dükerstränge gemeinsam in Betrieb zu nehmen, aber auch die Möglichkeit zu

Bild 8: Einziehen des Dükers



schaffen, jede der drei Leitungen unabhängig und ohne größeren Betriebsaufwand abzustellen. Dies erforderte auf beiden Moselseiten den Einbau von Schieberschächten mit den erforderlichen Abzweigungen. Auf der linken Moselseite war die Durchführung problemlos, während dies auf der rechten Moselseite, durch den steil aufsteigenden Ast der Kreuzung mit der B 49, nur durch eine sorgfältige Planung in Abstimmung mit der Straßenbauverwaltung möglich war. Für die Anbindung an die bestehende Leitung mußten ca. 1,8 km der Hauptleitung entleert und außer Betrieb genommen werden. 24 Stunden standen zur Verfügung, um den Pumpbetrieb zur Förderung des Trinkwassers in das Versorgungsgebiet wieder aufnehmen zu können. Diese Arbeiten wurden am 10.12.1996 ausgeführt. Die Verlegung der landseitigen Leitungen wurde durch ein mittleres Hochwasser verzögert. Nach der Schlußdruckprobe konnte am 14.03.1997 der Düker in Betrieb genommen werden.

9. Schlußbemerkung

Die geplanten Baukosten in Höhe von rd. 3 Mio DM wurden eingehalten.

Der Dank des Autors für die gute und einvernehmliche Zusammenarbeit gilt den Aufsichtsbehörden, dem Wasser- und Schiffsamt, dem Straßenbauamt, den Verantwortlichen von Bauleitung, Auftragnehmern und den eigenen Mitarbeitern.

Beteiligte Firmen:

Planung und Ausführung: Ingenieurbüro Werner Hartwig GmbH, Wiesbaden/Koblenz

Baudurchführung: Hülskens GmbH & Co, Wesel

Rohrmontage: Jakob Becker GmbH & Co KG, Oberwesel

Landseitige Anbindungen, Graben-Rohrleitungsmontage, Betonarbeiten: Gebr. Becher GmbH, Mudersbach

Planung und Bau eines modifizierten Entwässerungssystems in Östringen

Von Michael Umfahrer und Walter Klein

Beachtung von ökologischen Gesichtspunkten und dabei Kosten sparen, das sind Rahmenbedingungen, denen man sich immer öfter gegenüberstellt, und die neue Ideen zu bewährten Verfahren fordern. Diese Aufgabe stellte sich auch bei der Entwässerungsplanung eines Neubaugebiets bei Östringen.

Die Lösung: Fast ein herkömmliches Trennsystem, aber mit Pfiff! Mischwasser und Regenwasser zwar in zwei Leitungen, jedoch in einem Graben übereinander. 15–20 % Einsparung sind das Ergebnis.

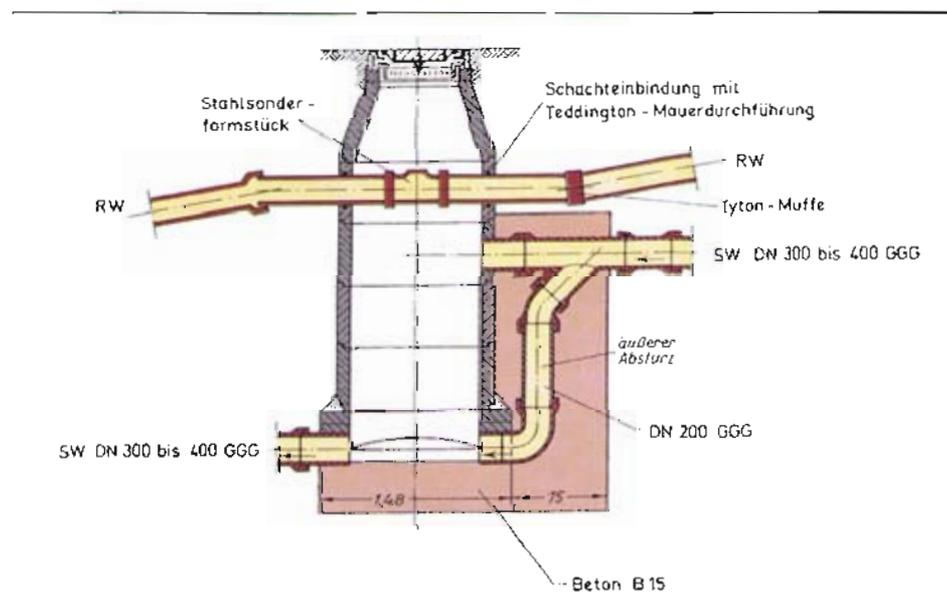
1. Situation

In der Umsetzung des Bebauungsplanes erschließt die Stadt Östringen zur Wohnbebauung das südwestlich der Kernstadt gelegene „Gewann Brüdersberg“.

Die Stadt Östringen liegt mit ihren 13.000 Einwohnern am Rande des hügeligen Kraichgaues zwischen Karlsruhe und Heidelberg.

Die Erschließung des Baugebietes Brüdersberg sollte in bezug auf die Ableitung des Oberflächenwassers, entsprechend der Vorgabe aus dem Bebauungsplan, nach ökologischen Gesichtspunkten erfolgen. Zur Untersuchung und Festlegung eines Entwässerungskonzeptes wurde die BAU-PLAN Ingenieurgesellschaft mbH beauftragt.

Bild 1: Schacht mit äußerem Absturz



Eine Quellwasserableitung für die im Baugebiet vorhandenen Quellen und Oberflächengewässer war bereits konzipiert und wurde unmittelbar vor Baubeginn auch umgesetzt. Das hierfür erforderliche Leitungssystem grenzt unmittelbar an das Baugebiet. Diese Tatsache ermöglichte es, die im B-Plan geforderte Reduzierung des Abflusses von Regenwasser in die Kanalisation zu verwirklichen.

2. Problemstellung

Das Baugebiet „Brüdersberg“ besitzt eine Größe von ca. 7 ha. Bei der Ermittlung der Regenwasserabflussmengen von den Dachflächen wurde angenommen, daß 30 % der Grundstücksflächen überbaut werden. Das hierbei anfallende Regenwasser der Dachflächen wird über drei Stränge einem Quellwassersammler zugeführt. Die maximal abfließende Regenwassermenge von Dachflächen in einem Strang beträgt 128,8 l/s. Die maximal abfließende Mischwassermenge in einem Strang beträgt 272,4 l/s. Das Mischwasser setzt sich dabei aus häuslichem Schmutzwasser, Oberflächenabfluß von Straßen und Plätzen sowie Fremdwasserzufluß zusammen.

Eine Regenwasserversickerung, dem Grunde nach die konsequenteste Vermeidung des Regenabflusses, war wegen des gering durchlässigen Untergrundes – Löß und Lößlehm – und der Lage des Gebietes nicht möglich.

Eine weitere Möglichkeit stellt das konventionelle Trennsystem mit parallel verlaufenden Rohrleitungen und Doppelschächten gemäß ATV-Arbeitsblatt A 241 dar. Dieses Verfahren erwies sich jedoch als kostspielig und bauablauftechnisch aufwendig. Hinzu kommt, daß nach den Empfehlungen der ATV-Arbeitsgruppe die gering und stärker verschmutzten Regenabflüsse getrennt zu entsorgen sind.

Die Variantenuntersuchung ergab letztendlich, die Abwasserentsorgung mittels „modifiziertem Entwässerungssystem“ durchzuführen.

3. Modifiziertes Entwässerungssystem

Beim modifizierten Entwässerungssystem werden Dachwässer und saubere Wässer von Außengebieten in einem getrennten Kanal - Regenwasserkanal (RW) - gesammelt und ohne RKB zu einem Vorfluter geleitet. Das stärker belastete Regenwasser der Erschließungsstraßen wird mit dem Schmutzwasser im Mischwasserkanal (MW) gesammelt und der Kläranlage zugeführt.

Diese Verfahrensweise entspricht ableitungstechnisch dem herkömmlichen Trennsystem, das, wie bereits erwähnt, eine kostspielige Variante darstellt. So galt es, hier eine kostengünstigere Lösung zu finden.

Kosteneinsparungen ergeben sich in erster Linie durch Reduzierung und Minimierung. Der Mischwasserkanal (MW) und der Regenwasserkanal (RW) liegen nicht wie bisher in zwei voneinander getrennten Leitungsgräben, sondern senkrecht übereinander (Bild 1). Im vorliegenden Fall war eine senkrechte Anordnung - bedingt durch die Ausbildung in den Schachtbauwerken - nicht möglich. Ein seitlicher Versatz von 40 cm war erforderlich. Dadurch veränderte sich die Grabenbreite entsprechend, was zu zusätzlichen Kosten führte. Generell wird jedoch nur ein Graben benötigt.

4. Praktische Umsetzung

In Zusammenarbeit mit dem Rohrlieferanten und dem Betonwerk wurden von dem Planer die Schacht-

ausbildung und das Leitungssystem so ausgearbeitet, daß sie den jeweiligen speziellen Erfordernissen gerecht werden.

Die Mischwasserleitung wird wie beim herkömmlichen System als offenes Gerinne im Schachtunterteil geführt (Bild 2). Die seitlich versetzt darüber verlaufende Regenwasserleitung wird im geschlossenen System, auf einer Konsole liegend, tangential durch den Schacht geführt (Bild 3). Diese Leitung erhält für Wartungs- und Reinigungsarbeiten eine Reinigungsöffnung. Die notwendigen Formeinbauten für die Richtungsänderung oder ein zusätzlicher seitlicher Zulauf etc., werden im Vorfeld für jedes einzelne Schachtbauwerk geplant (Bild 4).

Für die Rohrleitungen wurden Kanalarböhre aus duktilem Gußeisen mit TYTON-Muffenverbindungen der Größe DN 300 und DN 400 verwendet. Die Schachtbauwerke selbst sind Beton-Fertigteile-Schächte mit einem speziell für die Erfordernisse der Schachtbauwerke entwickelten Schachtring.

Bedingt durch die Hanglage dieses Erschließungsgebietes mit Geländeneigungen im Mittel von ca. 9%, mußten fast 40% aller Schachtbauwerke mit einem Absturz versehen werden. Die Anwendung von Abstürzen auch für das Regenwasser hätte eine zu kostenaufwendige und planungsintensive Lösung bei den Schachtbauwerken erfordert. Es wären Schachtbauwerke mit einem Doppelabsturz der senkrecht übereinanderliegenden Leitungsrohre (MW und RW)

Bild 2



Bild 3



sowie gleichzeitige Mehrfachverzweigungen – zwei Zuläufe, ein Ablauf – notwendig gewesen. Dies ist technisch nahezu nicht möglich, es sei denn mit Schächten vom Durchmesser DN 2000. Zur Vermeidung dieser Problematik wurden seitens des Planers die Leitungsführung und -lage dahingehend überarbeitet, daß nur im Mischwasserkanal Abstürze notwendig wurden. Somit konnte hier das geforderte maximale Sohlgefälle von 5% eingehalten werden. Die Regenwasserleitung wurde den Geländeverhältnissen entsprechend verlegt, so daß hier Abstürze vermieden werden konnten.

Durch den Einsatz des modifizierten Entwässerungssystems war es möglich, ökologische Anforderungen relativ kostengünstig zu realisieren. Die Einsparungen betragen gegenüber einer konventionellen Trennsystem-Entwässerung ca. 15–20%. Der größte Anteil dieser Einsparung resultiert aus dem Wegfall der Anzahl der Schachtbauwerke und des zweiten Grabens, samt Aushub und Verfüllung.

5. Zusammenfassung:

Das modifizierte Entwässerungssystem vereint ökologischen Fortschritt mit einer – gegenüber dem bekannten Trennsystem – kostenreduzierten Bauweise.

Bild 4



Durch die Integration von zwei Entwässerungsleitungen in einen Rohrleitungsgraben ergibt sich zusätzlich ein schonenderer Umgang mit einem wertvollen Baustoff, dem Boden. Dieses System stellt somit eine Optimierung der abwassertechnischen und ökologischen Forderungen dar. Es ist jedoch mit Mehrkosten im Vergleich zum Mischsystem von ca. 25–35% zu rechnen.

Beteiligt an der Maßnahme:

Stadtbaumeister der Stadt Östringen

BAU-Plan Ingenieurgesellschaft mbH, Bad Schönborn

Betonwerk Wagner, Wiesloch

Bauunternehmung Fa. W. Mayer, Östringen

Literatur:

[1] XIV-Arbeitsblätter

[2] Herbert Zech
Einsatz des „Multi-Rohr-Schachtes“ für modifizierte Entwässerungssysteme.
Korrespondenz Abwasser 11/1996,
Seite 1936 ff.

Bild 5



130 Jahre „einheitliche“ Wasserversorgung in Thüringen – 130 Jahre Gußrohre in Betrieb

Von Harald Roscher

Die Industrialisierung des 19. Jahrhunderts brachte einen erhöhten Wasserbedarf mit sich, der durch die vorhandenen Brunnenanlagen und Holz-, Blei- oder Tonröhren-Leitungen nicht mehr gedeckt werden konnte.

Als Material für Fernwasser- und sonstige Druckleitungen bot sich damals eigentlich nur ein Material an: Gußeisen. In wenigen Jahren wurden in Deutschland Tausende Kilometer Gußrohr-Leitungen verlegt, um den Industriebedarf zu decken und um den gestiegenen Komfort- und Hygiene-Bedürfnissen Rechnung zu tragen.

Am Beispiel Thüringens wird hier die Entwicklung untersucht, die zur „einheitlichen Wasserversorgung“ innerhalb weniger Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts führte.

1. 1867 – Beginn der einheitlichen Wasserversorgung in Thüringen

Gegenwärtig können wir in Thüringen in einigen Städten auf mehr als 125 Jahre zentrale („einheitliche“) Druckwasserversorgung zurückblicken. Wasserversorgungssysteme neuzeitlicher Bauweise wurden

- 1867 in Altenburg,
- 1868 in Sonneberg,
- 1872 in Gotha,
- 1874 in Eisenach, Ohrdruf und Nordhausen,
- 1875 in Ronneburg,
- 1876 in Erfurt und Apolda,
- 1878 in Jena,
- 1879 in Greiz und
- 1883 in Weimar

in Betrieb genommen.

Unsere Kenntnisse über den Stand der Wasserversorgungstechnik vor mehr als 100 Jahren verdanken wir insbesondere Grahn, der 1883 einen ersten zusammenfassenden Bericht über die Art der Wasserversorgung der Städte des Deutschen Reiches mit mehr als 5000 Einwohnern [1] herausgegeben hat und dem noch weitere in den Jahren 1898 bis 1902 folgten. Grahn verstand unter einer einheitlichen Versorgung „dass das Wasser künstlich unter solch einem Drucke zugeführt wird, dass es in den oberen Stockwerken der Häuser zum Ausflusse gelangen kann“ bzw. „dass die Möglichkeit des Anschlusses der Häuser zur Erlangung von frei ausfließendem Wasser vorhanden ist, ohne die Grösse des Druckes selbst ausnahmslos massgebend hinzustellen“.

Da 1883, dem Zeitpunkt der Erstausgabe seines Buches in vielen Städten, der Bau einheitlicher Wasserversorgungssysteme erst begonnen hatte, bezeichnete er als einheitliche Wasserversorgung bereits, wenn 10 bis 20% der Häuser angeschlossen waren und die Möglichkeit des Anschlusses weiterer Häuser bestand.

Für einige Thüringer Städte mit „einheitlicher Versorgung“ mußte das Wasser z.T. über Fernleitungen herangeführt werden. Insgesamt waren für die Wasserzuführung bis 1883 ca. 120 km Rohrleitungen verlegt worden (Angaben liegen nicht für alle Orte vor), für die Wasserverteilung in den aufgeführten Orten mehr als 200 km.

Sowohl für den Transport über diese Entfernungen als auch für die Weiterleitung innerhalb der Städte bis zu den Verbrauchern mußte ein Rohrmaterial eingesetzt werden, welches höheren Drücken standhielt und eine höhere Lebensdauer in Aussicht stellte als das bisher für Röhrfabriken eingesetzte Rohrmaterial Holz. Hierfür wurden Graugußrohre benutzt.

Für uns ist heute interessant,

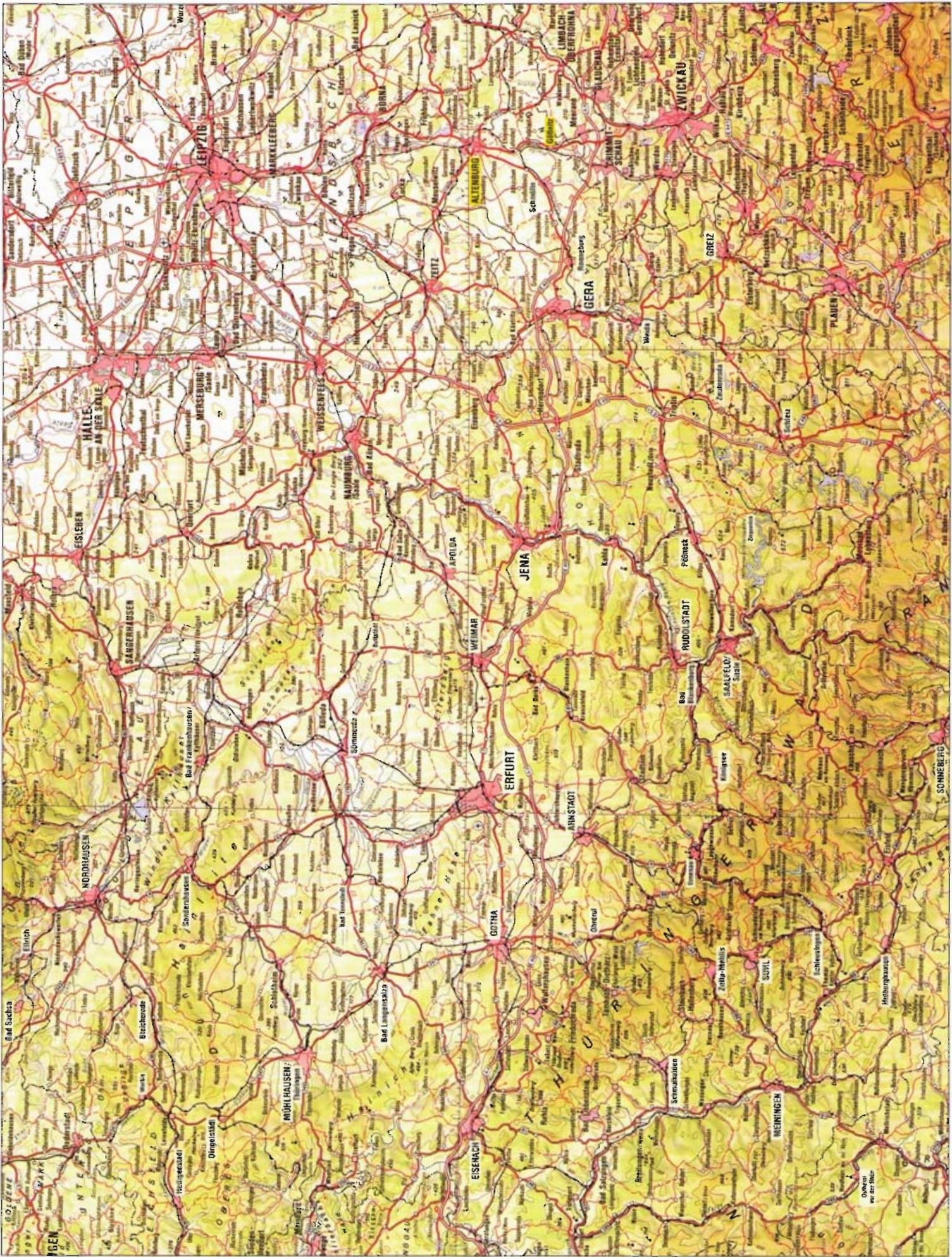
- welches Rohrmaterial, ggf. von welchem Hersteller, wurde eingesetzt,
- seit wann sind die Rohrleitungen oder -netze in Betrieb,
- wie ist der heutige Zustand des Rohrmaterials und die Schadenshäufigkeit,
- welche Schäden treten auf und welche Schadensursachen sind besonders häufig, können die Leitungen noch weiter genutzt werden und
- welche Rehabilitationsmaßnahmen (nach W 401) sind anzuwenden?

Nachfolgend wird daher über den Stand der Wasserversorgung in Thüringen vor 100 Jahren berichtet.

2. Die ältesten Gußrohrleitungen in Thüringen

2.1 Die Gußrohrleitung in Bad Langensalza von 1562

In [3] wurde berichtet, daß in Langensalza eine gußeiserne Leitung verlegt worden war. Von dieser Gußrohrleitung in Langensalza weiß man auf Grund von



Archivunterlagen, daß sie 1562 schon bestanden hat. Sie ist heute noch in Betrieb. Die Gußrohrleitung zur Versorgung des Jacobi- und Rathausbrunnens Langensalza aus dem Jahre 1562 hat eine Länge von etwa 1000 m und 146/115 mm lichte Weite.

Ob die Leitung aus Gußrohr mit der identisch ist, über die in den Archivunterlagen von Langensalza folgendes zu finden war, konnte durch den Verfasser nicht ermittelt werden, trotzdem sollen die Ergebnisse dieser Recherche [5] wiedergegeben werden:

„Das Geschlecht des Moths tritt frühzeitig in Schönstedt auf, wo es auch ein Freigut besaß. Zur Zeit Georgs Muths mag die Röhrenleitungen in das Haus geführt worden sein. Es wurde nämlich 1557 seitens der Stadt in dem benachbarten Hause Langestraße 82 eine Badestube eingerichtet, zu welchem Behufe Wasserzufuhr nötig war. Diese wurde durch die Röhrenleitung bewirkt. Diese erste Anlage einer solchen stammt aus dem Jahre 1537. Es galt, das städtische Brauhaus mit reinem Wasser zu versorgen. Die Entnahme aus der Salza erfolgte am Klausberge, oberhalb der Obermühle.“

„Die von Meister Dielenschneider aus Friedrichroda ausgeführte Röhrfahrt speist den Jacobsbrunnen, den Laufbrunnen bei der Postbrücke, beim Brauhofe (die beide in Wegfall gekommen), den Breiten Brunnen vorm Rathause; außerdem ist die Leitung wie oben erwähnt, in das Haus Rathausstraße 9, Langestraße 82 und auch Mühlhäuserstraße 2 geführt worden.“

Zur Leitung von 1537 findet sich in [5] S. 15 noch folgender interessanter Hinweis – nämlich wie nach der damaligen „Honorarordnung“ eine Leistung vergütet wurde:

„... Im Jahre 1537 begab sich eine Abordnung des Stadtrats von Salza nach Ufthoven, um sich die Erlaubnis zur Anlage einer Röhrowasserleitung zu erwirken. Der Antrag wurde genehmigt. Aus Dankbarkeit sandte der Rat dem Hartmann Goltagker ein Faß Einbeckisch Bier, Georg und Hermann, Gebrüder Goldacker, sollten in gleicher Weise bedacht werden; auch Goldackers Kinder wurde ein Geschenk von 3 Groschen zu teil.“

2.2 Die Peterbornleitung in Erfurt wird 1821 durch eine gußeiserne Leitung ersetzt

1136 war für die Wasserversorgung des Klosters St. Petri in Erfurt eine Wasserleitung gebaut worden; über das Schicksal dieser Leitung berichteten verschiedene Autoren [6][7][8]. Die 700 rheinische Ruten (2380 m) lange Bleileitung wurde 1378 durch die Belagerer demontiert (auch andere Jahresangaben), teilweise später durch eine Holzleitung ersetzt, worüber Grewe in [5] berichtet:

„... unter diesen Schäden ist das bedauernswerte und übelste, daß seine schamlosen Genossen jene Bleirohre, die eine Wasserleitung von weit her bis zum St. Petersberg führten austrissen und diese während der Kreuzzüge verkauften.“

Die Leitung speiste auf dem Petersberg ein großes Sandsteinbecken (Lavatorium), das ursprünglich im

Kreuzgang des Klosters stand und sich heute im Angermuseum befindet. Des weiteren wurde aus der Quellwasserleitung der Löwenbrunnen im Kloster gespeist (nach Overmann [7] Verlegung der Leitung 1139).

1821 bzw. 1834 wurde die hölzerne Leitung durch eine gußeiserne Leitung ersetzt, die bis 1927 zur Versorgung des Militärs auf der Zitadelle Petersberg diente [6].

2.3 Schloßwasserversorgung von Sondershausen

1534 war für das Residenzschloß Sondershausen eine Röhrenleitung aus Holz vom heutigen Vorort Bebra zum Schloß gebaut worden, nachdem man auf dem Schloß einen tiefen Brunnen gebaut hatte, der aber nicht ausreichend Wasser lieferte. Die ca. 3 km lange Leitung ist zwischen 1750 und 1787 durch eine eiserne aus der Fürstlichen Eisengießerei Günthersfeld bei Gehren (Nähe Ilmenau) ersetzt worden [9].

3. Die Fernleitungen für die Wasserversorgung von Gotha, Erfurt und Apolda

Für die Wasserversorgung dieser Städte mußten bereits zu Beginn der einheitlichen Wasserversorgung „Fernleitungen“ gebaut werden, da für die wachsende Einwohnerzahl und die Industrie nicht mehr genügend Wasser zur Verfügung stand.

3.1 Gotha (1872 Beginn der einheitlichen Versorgung): Leinakanal und erste Thüringer Fernleitung

Die Stadt Gotha befaßte sich bereits frühzeitig mit der Heranführung von Wasser aus dem Thüringer Wald, da die Stadt an keinem größeren Fluß liegt. Deshalb mußte Gotha bereits im Mittelalter sein Wasser über den Leinakanal aus dem Thüringer Wald beschaffen. Der Leinakanal wurde 1366–69 angelegt und holt das Wasser aus einer Entfernung von 30 km heran. Er beginnt bei Georgenthal (am Fuße des Thüringer Waldes) und führt entlang der Höhenlinien mit einem sehr geringen Gefälle in das Stadtgebiet von Gotha, wo er die mittelalterliche Stadt neben den bereits bestehenden Brunnen mit Wasser versorgte.

Der Sage nach hat ein Mönch aus dem Kloster Reinhardtsbrunn mit einem Pflug die Spur des Leinakanals gezogen. Die Sage hat vielleicht ihren Ursprung in dem Bericht des fahrenden Schülers Mylius, der nach [10] berichtete: *„Da erbarmte sich der Landgraf Balthasar der Stadt und ließ einen überaus geschickten Augustinermönch (?) einen Graben machen, wie man ihn in allen deutschen Landen kaum so künstlich wiederfinden möchte. Aus dem Flusse Leina wird nun durch diesen drei Stunden weit genug Wasser in die Stadt geführt, und dieselbe mit der edlen Gottesgabe gar reichlich versorgt, wofür die Bürger jetzt herzlich dankbar sind, obgleich sie anfangs der hohen Kosten halber sehr gemurrt.“*

500 Jahre versorgte der Leinakanal neben städtischen Brunnen die Stadt mit Trink- und Brauchwasser.

Da Wasser für Gotha ein wichtiger Wirtschaftsfaktor war, entstanden bereits in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts Projekte zur einheitlichen Wasserversorgung. 1870 erhielt ein Consortium die Konzession zum Bau und Betrieb eines Wasserwerkes. Das Wasser wurde aus den im Thüringer Wald liegenden Quellen mit der ersten Thüringer „Fernwasserleitung“ herangeführt. Über einen Zwischenbehälter (Hirzberg) wurde das Wasser in einen Gegenbehälter geleitet. Die Fallrohrleitung vom Hirzberg nach Gotha hatte DN 285 und war bis 1969 in Betrieb. Die vom Hirzberg zum Galberg führende Leitung DN 300 ist heute noch in Betrieb.

Innerhalb der Stadt wurde ein sogenanntes Zirkulationssystem mit einem mittleren Leitungsdruck von 70 im WS ausgeführt. Das Rohrnetz wuchs von 1872 bis 1899 auf eine Länge von 76 144 m mit 353 Schiebern, 268 Hydranten, 2505 Hausanschlüssen und 2579 Wasserzählern (31 670 Einwohner).

1890 hatte Ingenieur Mairich ein Projekt zum Bau einer Talsperre – der späteren Talsperre Tambach – Dietbarz – vorgelegt, welches jedoch erst nach der Jahrhundertwende realisiert wurde. Gotha erhielt die erste Trinkwassertalsperre Thüringens mit weiteren Rohrleitungen aus Gußeisen.

3.2 Erfurt (1876 Beginn der einheitlichen Wasserversorgung): die Fernleitung von Wechmar

Erfurts bedeutender Chronist vom Anfang des 20. Jahrhunderts, A. Overmann, bezeichnete Erfurt als „Wasserstadt“, da neben der Gera viele weitere Wasserläufe die heutige Altstadt durchzogen. Die durch die meisten Straßen führenden Wasserläufe – die Klingen –, die immer mit fließendem Wasser durch Breitstrom und Hirschlache versorgt waren und im Breitstrom endeten, erregten die Verwunderung der Preußen, als diese 1802 nach Erfurt kamen.

„Ihr Nutzen bestände“, wie die Erfurter damals erklärten „außer der Bewässerung der Gärten, in der

Bequemlichkeit des Wasserschöpfens, der Reinlichkeit der Stadt, der Beförderung der Gesundheit der Luft, vorzüglich in der Brauchung des Wassers für die Brauereien, ganz eigentümlich aber in der Unterstützung der Rettungsarbeiten bei Feuer.“ Diese fließenden Wasserläufe sind erst im Laufe



Bild 1: Herderbrunnen von 1832 in Weimar

des 19. Jahrhunderts nach und nach beseitigt worden.

Bereits im Jahre 1803 entstand auf Anregung des Gerbergewerbes der Gedanke zu einer Wasserleitung aus der starken Quelle Treuenbrunnen, da die Wasserversorgung der städtischen Brunnen von der Wasserqualität der Gera abhängig war. Am 8. November 1874 veröffentlichte der Oberbürgermeister der Stadt Erfurt die „Promemoria, die städtische Wasserleitung zu Erfurt betreffend“, und am 13. November 1874

genehmigte die Stadtverordnetenversammlung mit 24 gegen 8 Stimmen die Ausführung der städtischen Wasserleitung.

Am 1. April 1875 wurde mit dem Bau begonnen; am 1. Januar 1876 konnte das Werk eröffnet werden. Das Wasser wurde in Sammelleitungen gefaßt, einer Sammelstube zugeführt und in einer 22 km langen Leitung von Wechmar nach Erfurt geführt. Diese Leitung DN 350 ist heute noch in Betrieb.

Bei Inbetriebnahme der Wasserversorgung von Erfurt waren in Erfurt bereits 32,2 km Rohrnetz verlegt, 1887 ca. 49 km und um die Jahrhundertwende ca. 67 km. Dieses in der Innenstadt verlegte Netz ist zum großen Teil noch in Betrieb und wird z. Z. schadensstatistisch untersucht.

3.3 Apolda (1876 Beginn der Wasserversorgung): Fernleitung aus dem Ilmtal

Zunächst wurde das Wasser aus ca. 3 km Entfernung herangeführt. 1888 faßte man aufgrund der gestiegenen Einwohnerzahl den Beschluß zum Bau einer neuen Anlage. Das Wasser wurde in der Nähe von Öttern im Ilmtal gewonnen und über eine 27,5 km lange Leitung DN 350 nach Apolda geführt. Die Leitung wurde als Gefälleleitung ausgeführt, quert 4mal den Flußlauf der Ilm, hat sehr viele Hochpunkte, zu deren Entlüftung 36 Lufthähne und an den Tiefpunkten zahlreiche Entleerungen vorgesehen wurden. Des weiteren besitzt die Leitung 24 Streckenschieber für Betriebsunterbrechungen und eventuelle Reparaturen. Als Rohrmaterial wurden Gußrohre der Firma Mannesmann – 7000 Rohre mit 4 m Länge und einem Stückgewicht von 480 kg – eingesetzt. Die Rohrverbindungen wurden mit Stemmuffen hergestellt, für die 35.400 kg Blei und 3500 kg Hanfstrick erforderlich waren. Zusätzlich erhält Apolda seit den 70er Jahren Wasser aus dem Finnegebiet [11].

4. Ersatz von Holzleitungen durch gußeiserne Leitungen in Gera, Arnstadt und Weida

Von 1867 bis 1883 wurden Wasserversorgungssysteme neuzeitlicher Bauart in 12 Städten und von 1883 bis zur Jahrhundertwende in weiteren 22 Städten Thüringens gebaut – verlegt wurden ausschließlich Gußrohre. In 3 Städten war man mit dem Bau der einheitlichen Wasserversorgung zurückhaltend und tauschte zunächst Holzrohrleitungen gegen gußeiserne aus – nämlich in Gera, Arnstadt und Weida.

Gera hatte seit dem Mittelalter mehrere Röhrenwasserleitungen. Daneben besaß die Stadt, wahrscheinlich seit 1685, eine Wasserkunst, die Wasser aus dem Mühlgraben, einem Abzweig der Weißen Elster, zum Simsonbrunnen auf dem Markt drückte. Von der Wasserkunst bis zum Simsonbrunnen gingen 13 sogenannte Wasserstiche zu privaten Verbrauchern ab. 1867 wurden ausgehend von der Wasserkunst eiserne Röhren verlegt, um das Wasser auf eine größere Höhe (45 m über dem Mühlgraben) in ein Wasserbassin auf dem Geiersberg zu drücken.

Arnstadt, urkundlich 704 erstmalig erwähnt und damit ältester erwähnter Thüringer Ort, hatte eine mittelalterliche Röhrowasserversorgung. In den tiefer liegenden Stadtteilen konnten die Laufbrunnen durch die Röhrfahrten direkt versorgt werden, für die höher gelegenen Stadtteile wurde eine sogenannte Brunnenkunst angelegt, die mehr als 300 Jahre in Betrieb war. Die Holzrohrleitungen wurden 1875–1879 durch gußeiserne ersetzt, aber erst um die Jahrhundertwende wurde die einheitliche Wasserversorgung gebaut und das Wasserwerk in Betrieb genommen.

Zu Weida ist bei Gralin nachzulesen:

„Die Versorgung erfolgt zunächst durch gegrabene Brunnen ... Ferner wird der Altstadt und der Neustadt in zwei getrennten Leitungen aus 1250 m Entfernung ausserhalb des Ortes gesammeltes Tageswasser und Quellwasser mit natürlichem Gefälle zugeführt, jedoch nur zur allgemeinen Benutzung, nicht auf Privatgrundstücke geleitet. In den Jahren 1880 und 1881 sind die alten, hölzernen Röhren mit einem Kostenaufwand von 130000 M zum größten Theile durch gußeiserne ersetzt und seitdem tritt ein Mangel an Wasser nicht mehr ein. Die jetzige Versorgung zu ändern liegt keine Absicht vor.“

5. Erste Erfahrungen mit unzureichendem Korrosionsschutz in Sonneberg

Bereits 1868 erhielt Sonneberg – als zweite Stadt Thüringens – eine einheitliche Wasserversorgung. Doch bereits 1871 stellten sich die ersten Mängel ein.

Bild 2: Goethebrunnen von 1820 in Weimar



und in einem Jahresbericht wurde festgestellt, daß die Röhre zu schwach seien und der Behälter zu klein.

Entscheidend für die weitere Entwicklung des Rohrmaterials – nämlich einen ausreichenden Korrosionsschutz – ist jedoch ein in einem Gutachten von 1884 genannter Mangel *„Verteilung des Wassers: Das Rohrnetz hat zum größten Teil einen Durchmesser von 5“ (125 mm), 4“ (100 mm) und 3“ (75 mm). Für die erste Zeit genügte der Durchmesser der Röhre. Die Röhre waren nicht isoliert und deshalb nicht haltbar. Das Rohrnetz ist daher unvollkommen.“* [12]



Bild 3: Wasserkasten mit Laufständer in Rudolstadt in der Stiftsgasse

Ähnliche Erfahrungen mußte man später auch in Suhl sammeln. Das am Großen Beerberg gewonnene Wasser besitzt eine sehr geringe Härte, so daß man aufgrund der eingetretenen Korrosionserscheinungen 1920 eine Entsäuerungsanlage baute und diese Mitte der 20er Jahre durch Veränderung der Technologie noch leistungsfähiger machte. [13]

6. Wasserkästen mit Laufständer in Meiningen und Rudolstadt

Meiningen gehört zu den Städten Thüringens, in denen seit Jahrhunderten Röhrfahrten bestanden, aber erst 1890 wurde die einheitliche Wasserversorgung in Betrieb genommen. 1243 hatte der Mönch Nuborn bereits Quellwasser in Röhrfahrten in die Stadt geleitet. Ein Brunnen weist auf die Versorgung Meiningens aus verschiedenen Quellen und Röhrfahrten hin und trägt folgende Inschriften:

| | |
|--------------------|-----------------------|
| Dreißigacker 1243 | Kirchbrunnen vor 1670 |
| Welkershausen 1890 | Neubrunn 1904 |

Interessant für die Entwicklung der Wasserversorgungstechnik sind mehrere schöne gußeiserne Wasserkästen mit Laufständer, wie sie die Bilder aus Meiningen und Rudolstadt zeigen. In der Innenstadt von Meiningen gibt es noch 3 Wasserkästen mit Laufständer, die allerdings nicht in Betrieb sind und wieder restauriert werden müssen.

Rudolstadt hatte seit dem Mittelalter über Röhrfahrten Wasser erhalten (Versorgung von Schloß Heidecksburg). Überschußwasser lief in die tiefer gelegene Stadt. 1886 wurde die einheitliche Wasserversorgung gebaut. **Bild 3** zeigt den instandgesetzten Brunnen mit Konsolen zum Absetzen der Eimer in der Stiftsgasse unterhalb des Schlosses.

Einen unter Denkmalschutz stehenden Laufbrunnen von 1867 besitzt Langewiesen bei Ilmenau (wahrscheinlich gefertigt in der nahegelegenen Eisengießerei

rei Günthersfelde). 1820 wurde in Weimar auf dem Frauenplan der achteckige Goethebrunnen, gefertigt in der Eisengießerei Günthersfelde, aufgestellt. Einen weiteren gußeisernen Laufbrunnen von 1832, dessen Gußplatten aus Obersteinach bei Coburg stammen, findet man an der Herderkirche.

7. 1000 km Gußrohr mit einer Liegezeit von mehr als 100 Jahren noch in Betrieb

Kennzeichnend für das Thüringer Land war 1883, also auch nach der Gründung des Deutschen Reiches, noch die territoriale Gliederung nach Herzog- und Fürstentümern (Großherzogthum Sachsen Weimar, Herzogthum Sachsen-Meiningen, Herzogthum Sachsen-Altenburg, Herzogthum Sachsen-Coburg-Gotha, Fürstenthum Schwarzburg-Sondershausen, Fürstenthum Schwarzburg-Rudolstadt, Fürstenthum Reuss, Ältere Linie und Fürstenthum Reuss, Jüngere Linie Gera). Zum Königreich Preußen, Provinz Sachsen, Regierungsbezirk Erfurt, gehörten die Städte Erfurt, Heiligenstadt, Langensalza, Mühlhausen, Nordhausen, Sömmerda und Suhl.

Nach dieser territorialen Gliederung erfolgte auch durch Grahn [1] im Jahre 1883 die erste Darstellung der Wasserversorgung Thüringens. Zusammenfassend läßt sich aus den Untersuchungen von Grahn folgendes feststellen:

In den Städten mit einer „einheitlichen Versorgung“ wurde das Wasser über Fernleitungen herangeführt, z. B. für Gotha 24 km, Erfurt 21 km, Nordhausen 14,5 km, Altenburg 10 km und Eisenach 8 km. Insgesamt waren für die Wasserzuführung ca. 117,5 km verlegt worden, für die Wasserverteilung in den aufgeführten Orten mehr als 200 km (Angaben liegen nicht für alle Orte vor). Der Wassertransport erfolgte in Gefälleleitungen, d. h. es wurden höher liegende Bezugsquellen genutzt (Ausnahme Gera, Flußwasser gepumpt). Das Gußrohrmaterial für die Fernleitungen und zum Teil auch für die Hauptleitungen war mit

| | | |
|------------|------|---|
| Altenburg | 1867 | innen asphaltiert |
| Sonneberg | 1868 | ohne Korrosionsschutz |
| Gotha | 1872 | Hauptleitungen innen Asphaltlack |
| Eisenach | 1874 | innen Asphalt |
| Nordhausen | 1874 | Guß innen Asphalt |
| Ohrdruf | 1874 | ohne Angaben |
| Ronneburg | 1875 | ohne Angaben |
| Erfurt | 1876 | Hauptleitungen innen Angus Smith'scher Firnis |
| Apolda | 1878 | ohne Angaben |
| Jena | 1879 | ohne Angaben |
| Greiz | 1879 | ohne Angaben |
| Weimar | 1883 | ohne Angaben |
| Gera | 1890 | innen geteert (für Flußwasser) |

Tabelle 1: Innerer Korrosionsschutz der ersten in Thüringen verlegten Gußrohrleitungen

Innenschutz versehen, vorzugsweise wurde Asphalt oder Asphaltlack verwendet – in Gera wurden für das als Brauchwasser verwendete Flußwasser innen geteerte Gußrohre verwendet. Die Angaben für die Hausanschlüsse weisen fast ausschließlich Blei als Rohrmaterial aus.

Die Zulieferung zu den Städten erfolgte vorzugsweise im freien Gefälle; der verfügbare Druck war demzufolge

Bild 4: Laufbrunnen von 1867 in Langewiesen



unterschiedlich groß, reichte aber offenbar aus, um über die Hausanschlüsse die oberen Geschosse mit genügendem Druck zu versorgen (vgl. Def. „einheitliche Versorgung“). Darüber hinaus waren vielfach noch Freibrunnen und Druckständer in den Straßen vorhanden (siehe Bilder von Meiningen und Rudolstadt). Eine Hebung des Wassers mit Dampfkraft erfolgte lediglich in Altenburg aus einem Schachtbrunnen mit 45 Zoll Förderhöhe in einen Hochbehälter und in Gera von Flußwasser mit Dampf- und Wasserkraft mit 82,8 Zoll Förderhöhe in einen 800 m³ fassenden Behälter (Beginn der Trinkwasserversorgung Gera erst 1890).

Die Thüringer Städte erlebten nach der Reichsgründung in den sogenannten Gründerjahren einen wirtschaftlichen Aufschwung. Dazu trug auch der Bau der großen Eisenbahnlinien bei. Neben der bereits in den 40er Jahren gebauten Eisenbahnlinie Leipzig-Frankfurt/Main (Eisenbahnanschluß von Eisenach 1847), wurde das Thüringer Eisenbahnnetz beträchtlich erweitert: Weitere Städte erhielten den für ihre wirtschaftliche Entwicklung wichtigen Eisenbahnanschluß, z. B. 1858 Sonneberg, 1871 Saalfeld, 1884 Suhl (Brandleitertunnel durch den Thüringer Wald bei Oberhof). In vielen Städten entstanden Maschinenbau- und Fahrzeugbaubetriebe (1896 Eisenach Gründung der Opelwerke, Gotha und Weimar Waggonbau), in Ostthüringen Betriebe der Textilverarbeitung, in Jena die optische Industrie (1996: 150 Jahre Zeisswerke)

Im Zeitraum von 1883–1902 erfolgte in vielen Städten Thüringens der weitere Ausbau der Wasserversorgungssysteme, wobei beträchtliche Fortschritte gegenüber 1883 festzustellen sind, die vor allem darin bestehen, daß die größeren Städte ihre Systeme weiter vervollkommnet und einige Städte Wasserversorgungssysteme neu errichtet hatten. Dagegen hatten Städte und größere Gemeinden in den landwirtschaftlich strukturierten Gebieten nach wie vor Brunnen- und Quellwasserversorgung.

Der Wasserverbrauch der Bevölkerung und der Industrie stieg an und mußte durch Erschließung neuer Wasservorkommen und den Ausbau der Wasserversorgungssysteme gedeckt werden. Die ersten beiden Thüringer Talsperren für Gotha und Nordhausen wurden vorbereitet und 1905 bzw. 1906 in Betrieb genommen.

Als Gründe für den weiteren Ausbau der zentralen Wasserversorgung wurde insbesondere die schlechte Brunnenwasserqualität in den Städten angegeben, zurückzuführen auf eine dichtere Besiedlung, Epidemien (Erfurt – Cholera 1866, gleichzeitiges Auftreten von Typhusfällen in Weimar und Apolda um die Jahrhundertwende, zurückzuführen auf die Nutzung von Grundwasser, welches mit Ilmwasser angereichert war – Ilmversinkung bei Hetschburg und Wassergewinnung in Öttern).

Gutachten von Prof. Dr. Reichardt aus Jena, Prof. Dr. Frankland aus London, Baurath Dr. Hobrecht aus Berlin u. a. belegen die Qualitätsmängel des zur Verfügung stehenden Wassers und förderten damit den weiteren Ausbau zentraler Wasserversorgungssysteme in Thüringen. In der Wasserversorgungstechnik sind weitere Fortschritte auf einer Reihe von Gebieten zu verzeichnen. Insbesondere sind aufzuführen

- mit der Einführung der „einheitlichen Wasserversorgung“ werden Zirkulationssysteme in den Städten gebaut,
- die Versorgung von Gebäuden mit höheren Geschößzahlen erfordert einen entsprechenden Versorgungsdruck, die angegebenen Versorgungsdrücke reichen bis zu 85 m (von Thiem war bereits zu dieser Zeit der Begriff „Bürgerlicher Versorgungsdruck“ eingeführt worden),
- die Versorgungsnetze werden mit Unter- und Oberflurhydranten ausgestattet, als Abstand zwischen den Hydranten werden im allgemeinen 80–100 m angegeben, in einzelnen Städten auch bis 200 m, die Löschwassarentnahme erfolgt damit über das Wasserversorgungsnetz, Hydranten werden mit selbständiger Entleerung ausgeführt,
- Hausanschlußleitungen werden vorwiegend als Bleileitungen ausgeführt, auch als geschweifte Bleileitungen, vereinzelt als Zinn-Bleileitungen und für größere Dimensionen als Eisenleitungen bzw. aus galvanischem Schmiedeeisen,
- die Wasserabgabe wird gemessen, Wassermesser unterschiedlicher Bauart und Hersteller eingesetzt,
- die Wasserbehälter werden etwa ab 1890 in Stampfbeton ausgeführt; Regeln für die Bemessung der Wasserspeicher sind noch nicht erkennbar (keine Beziehung von Wasserverbrauch und Behälterinhalt angegeben),
- für die Behälteranordnung dominiert der Durchgangsbehälter, teilweise in beträchtlicher Entfernung vom Versorgungsgebiet, vereinzelt sind Gegenbehälter anzutreffen; die Durchgangsbehälter befinden sich sowohl am Gewinnungsort, auf



Bild 5: Wasserkasten mit Laufständer in der Innenstadt in Meiningen

dem Wege zwischen Gewinnungsort und Versorgungsgebiet, unmittelbar am Versorgungsgebiet und in einem Falle im Versorgungsgebiet.

- in den Städten Mühlhausen und Erfurt erfolgt eine Trennung in Druckzonen, wobei die verfügbare Druckhöhe in Mühlhausen in der einen Zone 50, in der anderen 25 m, in Erfurt 30 bzw. 60 m betragen,
- neben Quellwasservorkommen werden Sickerwasserfassungen, Schacht- und Rohrbrunnen (auch als Kombination: oben Schacht- und unten Rohrbrunnen) eingesetzt, lediglich in Gera Flußwasser (ab 1895 mit Filterung) verwendet. Über die Wasseraufbereitung liegen keine Angaben vor, lediglich in Zeulenroda erfolgte eine Wasseraufbereitung in einem Kiesfilter; in Gera sollte das Flußwasser (Weiße Elster) aufbereitet werden, jedoch hat man aus Kostengründen darauf verzichtet (1895).

Das Wasser wurde zum Teil aus beträchtlicher Entfernung herangeführt, für Gotha aus dem Thüringer Wald (30 km), Apolda aus dem Ilmtal bei Öttern (27 km), Erfurt aus den Grundwasservorkommen bei Wechmar (21 km), Suhl (21 km), Nordhausen (15 km), Greiz (14 km) Weimar aus dem Ilmtal bei Öttern (7 km). Daraus wird ersichtlich, daß man bemüht war, qualitativ gute Wasservorkommen zu nutzen und daß die Wasserversorgung im Thüringer Becken bereits zu

diesem Zeitpunkt Schwierigkeiten in quantitativer (Erfurt, Gotha, Apolda, Weimar) und qualitativer Hinsicht bereitete.

Der Versuch, die Gesamtlänge der bis zur Jahrhundertwende in Thüringen verlegten Gußrohrleitungen zu ermitteln, ergab, daß ca. 200 km „Fernleitungen“ und ca. 650 km Rohmetze in Betrieb waren

(Gesamtlänge 1900: ca. 1000 km). Da von diesen Rohrleitungen erst nach 1990 eine noch relativ geringe Anzahl km ausgewechselt wurden, ist anzunehmen, daß in Thüringen noch ca. 1000 km Gußrohrleitungen mit einer Liegezeit von 100 und mehr Jahren sich in Betrieb befinden. Eine analoge Aussage läßt sich zu Schiebern und Hydranten nicht treffen.

Tabelle 2: Gußrohrleitungen und Hersteller nach Grahn 1898 - 1902

| Stadt | Hersteller | Länge m (Bezugsjahr) |
|-------------------------|--|----------------------|
| Altenburg (1867) | Marienhütte Cainsdorf bei Zwickau | 28.221 (1895/96) |
| Sonneberg (1868) | | 12.650 (1896) |
| Gotha (1872) | Königin-Marienhütte Cainsdorf | 76.221 (1895/96) |
| Eisenach (1874) | Fr.-Wilhelm-Hütte Mülheim a. d. Ruhr | 56.025 (1899) |
| Ohrdruf (1874) | | |
| Nordhausen (1874) | | 16.500 (1877) |
| Ronneburg (1875) | | |
| Erfurt (1875) | | 66.873 (1896) |
| Apolda (1876) | Schalker Gruben- und Hüttenverein Gelsenkirchen und Halberghütte | 25.400 (1895) |
| Greiz (1879) | Königin-Marienhütte Cainsdorf | 27.840 (1899) |
| Königsee (1880) | | 2000 |
| Weimar (1883) | Fr.-Wilhelmshütte Mülheim a. d. Ruhr | 54.760 (1896/97) |
| Zeulenroda (1884) | | 25.95 |
| Rudolstadt (1886) | Fr.-Wilhelm-Hütte Mülheim a. d. Ruhr | 25.749 (1899) |
| Zella St. Blasii (1886) | | 5300 |
| Schmalkalden (1887) | Hannoversche Eisengießerei | |
| Saalfeld (1887) | Königin-Marienhütte Cainsdorf | |
| Buttstädt (1887) | | 1900 |
| Gößnitz (1887/88) | Königin-Marienhütte Cainsdorf | 4800 |
| Schmölln (1887/88) | | 6500 |
| Suhl (1889) | | 42.610 |
| Meiningen (1890) | | 21.939 |
| Schleiz (1890) | | 2000 |
| Gera (1890) | | 32.500 (1894) |
| Gera-Debschütz | Schalker Gruben- und Hüttenverein | 5000 |
| Ilmenau (1891) | Königin-Marienhütte Cainsdorf | 15.335 |
| Pößneck (1890-92) | Schalker Gruben- und Hüttenverein Gelsenkirchen | 14.800 |
| Jena (1892) | Schalker Gruben- und Hüttenverein Gelsenkirchen | 19.670 (1895) |
| Mehlis (1892) | | 6700 |
| Schleusingen (1893) | Georg-Marienhütte Osnabrück | 6400 |
| Mühlhausen (1893-96) | | 30.000 |
| Ziegenrück (1895) | Georg-Marienhütte Osnabrück | 1950 |
| Blankenburg (1895) | | 4800 |

8. Literaturverzeichnis

- [1] Grahn, E.
Die Art der Wasserversorgung der Städte
des Deutschen Reiches
Verlag R. Oldenbourg 1883 und 1902
- [2] Roscher, H.
Die Wasserversorgung Thüringens vom
Mittelalter bis zur Gegenwart
Buchmanuskript unveröff. 1997
- [3] Gußeiserne Rohre
Entwicklung, Herstellung, Verwendung
Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre
Köln 1954
- [4] Gußeiserne Rohre Einst und Jetzt
Deutscher Gußrohrverband, Köln 1936
- [5] Gutbier, H.
Beiträge zur Häuser-Chronik der Stadt
Langensalza
Verlag A. Thomas jun. Langensalza
- [6] Grewe, K.
Die Wasserversorgung im Mittelalter
Verlag Philipp von Zabern, Mainz 1991
(Cronica S. Petri Erfordenensis Moderna
Monumenta Germaniae Historica SS,
30 a, 442 in /Grewe S. 34/)
- [7] Schmidt, S.
Die über 1000jährige Geschichte der
Erfurter Wasserversorgung
Stadtwerke Erfurt 1997
- [8] Overmann, A.
Erfurt in zwölf Jahrhunderten. Eine Stadt-
geschichte in Bildern
Gebr. Richters Verlagsanstalt Erfurt 1929
(Reprint der Ausgabe 1929 von 1992)
- [9] Lutze
Aus Sondershausens Vergangenheit
Verlag Fr. Aug. Engel 1901, S. 20
- [10] Kohlstock, K.
Entdeckungsreisen in der Heimat
Heft 8 Der Hauptstrang des Leinakanals
in der Stadt Gotha
Selbstverlag des Verfassers, Stollbergsche
Buchdruckerei Gotha 1926
- [11] 100 Jahre zentrale Wasserversorgung
Apolda 1889–1989
Festschrift zur Erinnerung an den Bau der
Wasserleitung Ottern-Apolda
- [12] Winter, E.
Gutachten zur Wasserversorgung von
Sonneberg 1884
(aus einem Bericht des VEB Wasserwirt-
schaftsbetrieb der Stadt Sonneberg
30.3.1956)
- [13] Fischer, E. Günther, R.
Die Wasserversorgung der Stadt Suhl,
unveröff. Manuskript 1996

Bau einer Mineralwasserleitung mit Teilstrecken in Horizontal-Spülbohrtechnik

Von Claus-Diedrich Tusch und Claus Teslau

Früher bauten die Mineralbrunnenbetriebe ihre Abfüllanlagen gleich an die Quelle. Aber heute reicht eine Quelle nicht mehr aus, um den gestiegenen Bedarf zu decken. Deshalb muß das Wasser selektiv mit Leitungen herangeholt werden. Im vorliegenden Falle sind es 4 km, die mit einer Doppelleitung 2 x DN 150 überbrückt werden müssen. Duktile Gußrohre und Horizontal-Spülbohrverfahren sind die Stichworte, welche diese Leitung charakterisieren – eine Kombination, die für Sicherheit und Umweltschonung steht.

1. Situation

Das Gebiet um den Teutoburger Wald ist seit langem für seine Heil- und Mineralwässer bekannt. Dabei stellt das am Nordostrand des Münsterschen Kreidebeckens erschlossene Mineralwasservorkommen hinsichtlich seiner hydrochemischen Zusammensetzung eine Besonderheit dar, die in der Frühphase seiner Erkundung sogar zu kontroversen Diskussionen führte. So mutmaßte der Landesgeologe A. Mestwert 1935 in einem Gerichtsgutachten, daß es sich bei der ihm zur Beurteilung vorgelegten Analyse gar um eine künstlich hergestellte Lösung handeln müsse.

In Wirklichkeit handelt es sich um ein fluoridhaltiges Wasser, welches seinen Ursprung in der Übergangszone von oberflächennahem Süßwasser zum tiefen Grundwasser (Salzwasser) hat. Da dieses Mineralwasser nur auf einigen Klüften zirkuliert und die hydrochemische Übergangszone nur eine Mächtigkeit von 10 bis 30 m hat, erweist es sich als entsprechend schwierig, eine Mineralwasserquelle aus diesem Tiefenbereich zu erschließen. So werden allein im Stadtgebiet Bielefeld jährlich etlich 100.000 m³ Mineralwasser gefördert und von verschiedenen Brunnenbetrieben abgefüllt.

Einer der Mineral-Brunnenbetriebe ist die Firma

Teutoburger Mineralbrunnen GmbH & Co. Sie bietet bundesweit Mineralwasser- und Erfrischungsgetränke unter dem Markennamen „Christinen-Brunnen“ an und gehört zu den 10 größten Mineralbrunnen in Deutschland.

2. Anlaß

Anfang dieses Jahrzehnts zeigte sich, daß das hydrogeologisch nachgewiesene Entnahmerecht der bisherigen Brunnenstandorte ausgereizt war und daß die zugelassenen Fördermengen einer weiteren Expansion der Firma im Wege standen.

So wurde das Geohydrologische und Ingenieurbüro für Wassererschließung, Wasserversorgung und Umwelttechnik, Prof. Dr. Hans Schneider & Partner, Bielefeld, mit der Untersuchung weiterer Standorte zur Mineralwassererschließung beauftragt.

Die Untersuchungen fokussierten sich schließlich auf ein Gebiet mit Annäherung an den Kanon des Teutoburger Waldes und einer Entfernung von ca. 4 km zum Abfüllbetrieb.

Eine erfolgreich durchgeführte Bohrung bis 400 m Endteufe im Ortsteil Bielefeld-Quelle (Bild 1) erschloß

Bild 1: Lage der Mineralwasserleitung

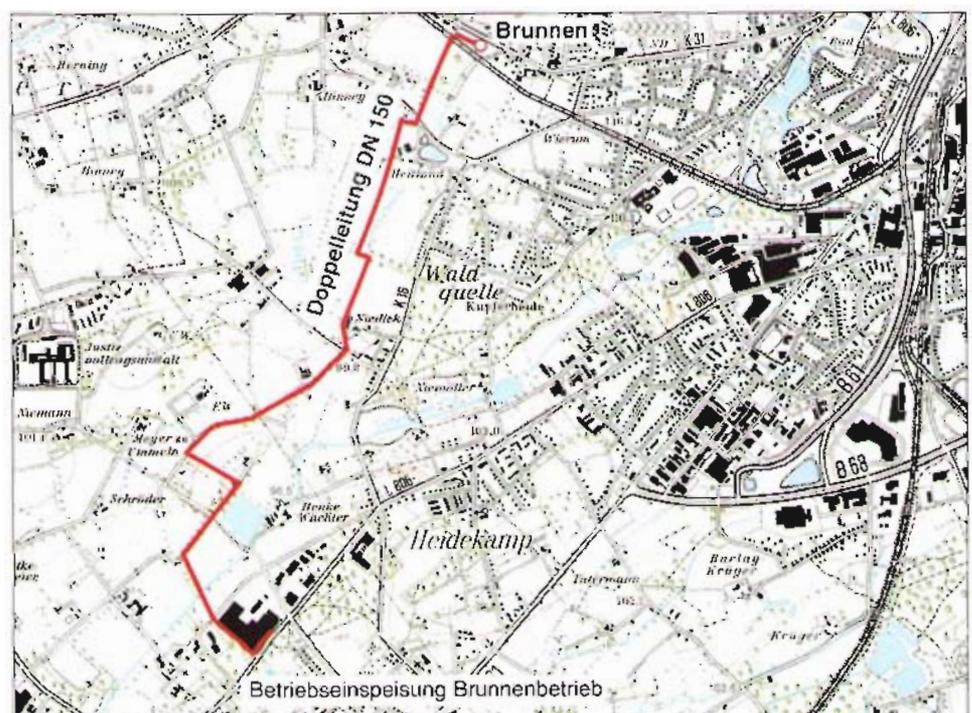




Bild 2: Ein Teil des Trassengeländes. Am Rande des Teutoburger Waldes (Hintergrund) befindet sich der Mineralwasser-Brunnen.

ein relativ gering mineralisiertes Mineralwasservorkommen (Natrium-Chlorid-Hydrogenkarbonat-Typ), frei von anthropogenen Beeinflussungen. Es erfüllte alle wichtigen Erwartungen, wie Ergiebigkeit, ursprüngliche Reinheit und die sonstigen Kriterien zur MIVO-Zulassung (Mineral- und Tafelwasser-Verordnung).

3. Rohrmaterial

Bei Planung und Ausschreibung des Leitungsbaues war besonders zu berücksichtigen, daß Brunnen und Leitung Geschäftsgrundlage und damit existentiell für das Unternehmen sind.

Deshalb wurde bei den Anforderungen an das Rohrleitungsmaterial der Sicherheitsaspekt in den Vordergrund gestellt. Dazu gehörten vor allem der weitestgehende Ausschluß von äußeren Einflüssen, die die Mineralwasserqualität beeinträchtigen könnten, wie z.B. eine Änderung der wesentlichen Wasserparameter durch den Kontakt mit der Zementmörtelauskleidung. Weiterhin war die Betriebssicherheit ein wichtiges Kriterium, um so produktionsgefährdende Leitungsunterbrechungen ausschließen zu können.

Die typischen Eigenschaften duktiler Gußrohre mit TYTON-Muffe wie z.B. Impermeabilität, sichere Verbindung und allgemeine Robustheit gegenüber mechanischen Einflüssen (auch nicht vorherschaubaren), aber auch die langjährigen Erfahrungen des beauftragten Ingenieurbüros mit duktilen Gußrohren führten nach sorgfältiger Abwägung aller Kriterien zur Entscheidung für duktile Gußrohre.

Da die Leitung aus Sicherheitsgründen als Doppelleitung ausgeführt werden sollte, wurde der Auftrag über 2 x 4000 m duktile Gußrohre DN 150, PN 10, er-

teilt. Die Rohre sind innen mit Zementmörtel nach DIN EN 545 bzw. DIN 2614 ausgekleidet und außen mit einer PE-Umhüllung nach DIN 30 674 Teil 1 versehen. Die eingesetzte Muffe nach DIN 28 603 ist leicht zu montieren und hat sich über viele Jahre bewährt. Sie ist abwinkelbar und längsverschiebbar. Für einige Bereiche wurden Dichtringe verwendet, bei denen einvulkanisierte Edelstahlsegmente die jeweiligen Verbindungen längskraftschlüssig machen.

4. Trasse und Einbau

Die Trasse führt durch ein schwach besiedeltes Gebiet am Rande von Bielefeld (Bild 2). Typisch ist der Wechsel von feuchtem und trockenem Untergrund, mehreren Bachläufen, andererseits Kleingärten und großen landwirtschaftlichen Gehöften.

So ergaben sich Schwierigkeiten, die Leitung in der vorgesehenen offenen Bauweise auf direktem Weg zum Brunnenbetrieb zu führen, nicht zuletzt auch dadurch, daß die Doppelleitung 2 x DN 150 mit einem Achsabstand von einem Meter einen relativ breiten Graben erforderlich machte.

Nach eingehender Beratung mit dem Rohrhersteller und ausgiebigem Kostenvergleich entschied man, die sensiblen Bereiche im Horizontal-Spülbohrverfahren zu unterqueren.

4.1 Das Horizontal-Spülbohrverfahren

Das Horizontal-Spülbohrverfahren hat, seit es 1986 in Deutschland eingeführt wurde, eine bemerkenswerte Entwicklung durchgemacht, nicht zuletzt beim Einbau von duktilen Gußrohren. Unterquerungslängen von 500 m und Rohrdimensionen bis DN 600 sind längst keine Ausnahme mehr.

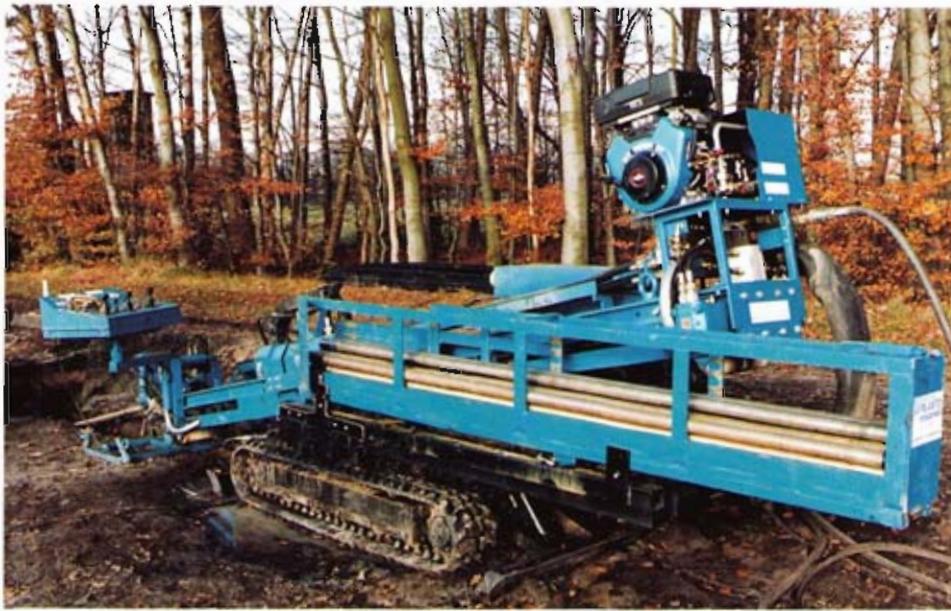


Bild 3: Bohr- und Zugerät

Bei diesem Verfahren (Bild 3) wird eine, in der Regel bogenförmige, Bohrung unter das zu unterfahrende Objekt gelegt. Beim Zurückziehen des Bohrgestänges erweitert ein angekoppelter Aufweitkopf (Bild 4) das Bohrloch auf den erforderlichen Durchmesser. Danach wird eine Bentonit-Suspension eingebracht, die zunächst das Bohrloch stützt. Beim Einziehen der Rohrleitung (Bild 5 und 6) „schwimmt“ diese in der Bentonit-Suspension, welche sich später verfestigt und das Bohrloch um die Rohrleitung ausfüllt.

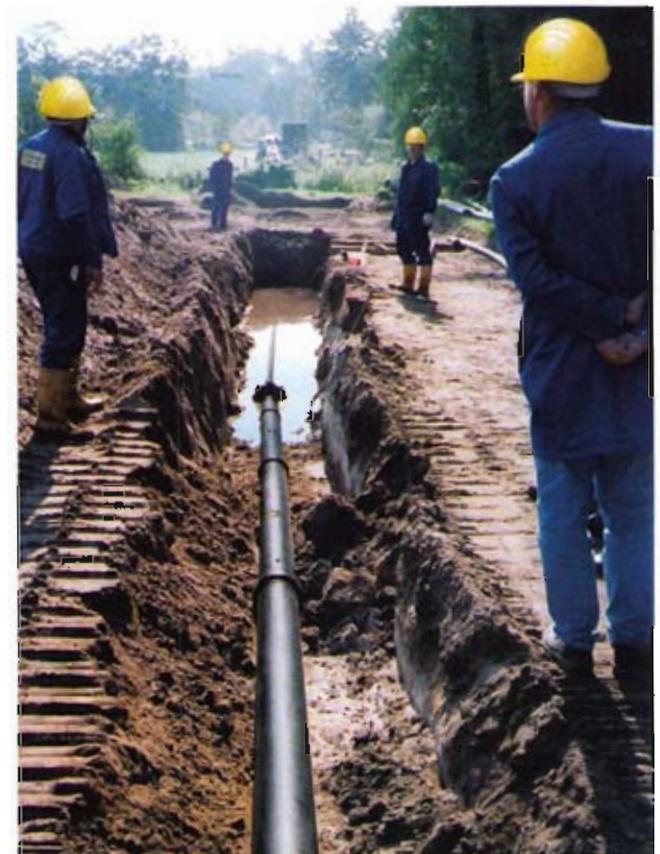
Bild 4: Startgrube und Aufweitkopf



Nach allen bisherigen Erfahrungen mit dem Einbau duktiler Gußrohre im Horizontal-Spülbohrverfahren wird dieser Wert in der Praxis auch nicht annähernd erreicht, nicht zuletzt deshalb, weil die Rohre in der Bentonit-Suspension „schwimmen“.

Beim Unterfahren von Hindernissen mit dieser Technik wird, wie schon erwähnt, das Bohrgestänge meist im Bogen geführt. Die TYTON-Muffe duktiler Gußrohre ist abwinkelbar, und zwar bei Verwendung der TYTON-SIT-Dichtung DN 150 um 3°. Das ergibt eine Leitungskrümmung (unter Berücksichtigung der Muffen) mit dem Radius 115 m, ausreichend auch für kürzere Objekte.

Bild 5: Beginn des Einziehvorgangs

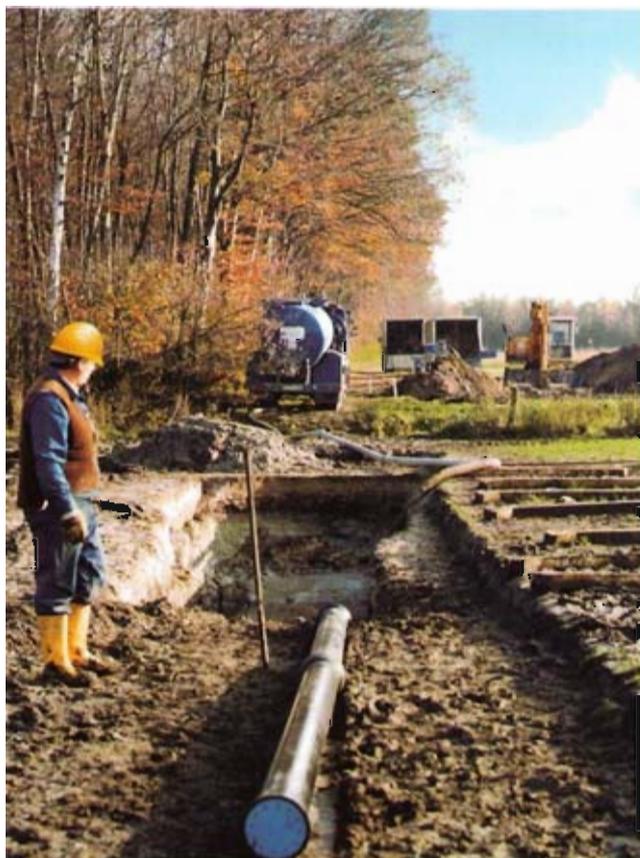


4.2 Einbau

Der größte Teil der Leitung wurde in offener Bauweise eingebaut. Dabei ergaben sich keine besonderen Probleme, wenn man davon absieht, daß auf weite Strecken die Grabensohle unterhalb des Grundwasserspiegels lag.

Die erwähnten Hindernisse wurden im Horizontal-Spülbohrverfahren, und zwar im Tracto-Verfahren

Bild 6: Ende des Einziehvorgangs



unterquert. Dabei handelte es sich um zwei Vorfluterkreuzungen, ein Feuchtgebiet, Kleingärten und hochwertig versiegelte Hof- und Gebäudeflächen, außerdem einen unter Landschaftsschutz stehenden Eichenbestand, der zudem von zwei Gashochdruckleitungen gekreuzt wurde. Letzterer erforderte die längste Unterquerung mit 102 Metern, die anderen, unterschiedlich langen Abschnitte summierten sich auf 80 m.

Bei den Unterquerungen wurden die beiden Stränge mit einem Meter waagrechttem Abstand nacheinander angelegt. Die Stränge wurden zum Einbau vormontiert, wobei einer von ihnen zusätzlich ein Kabelschutzrohr mitführte. Bei einer Bohrung konnte aufgrund enger Platzverhältnisse kein kompletter Rohrstrang vormontiert werden. Dort mußte jeweils Rohr für Rohr eingezogen und mit dem nächsten Rohr längskraftschlüssig verbunden werden, bis auf diese Weise die Unterquerung fertiggestellt werden konnte.

4.3 Wasserqualität

Vor und nach der Passage wurden Analysen des geförderten Wassers durchgeführt; anhand der vorliegenden Daten ist keine nennenswerte Wechselwirkung zwischen der Zementmörtelaukleidung auf Basis Hochofenzement und dem transportierten Wasser zu erkennen. Unter den gegebenen Betriebsbedingungen verhält sich die Auskleidung weitgehend inert gegenüber dem Wasser.

5. Zusammenfassung

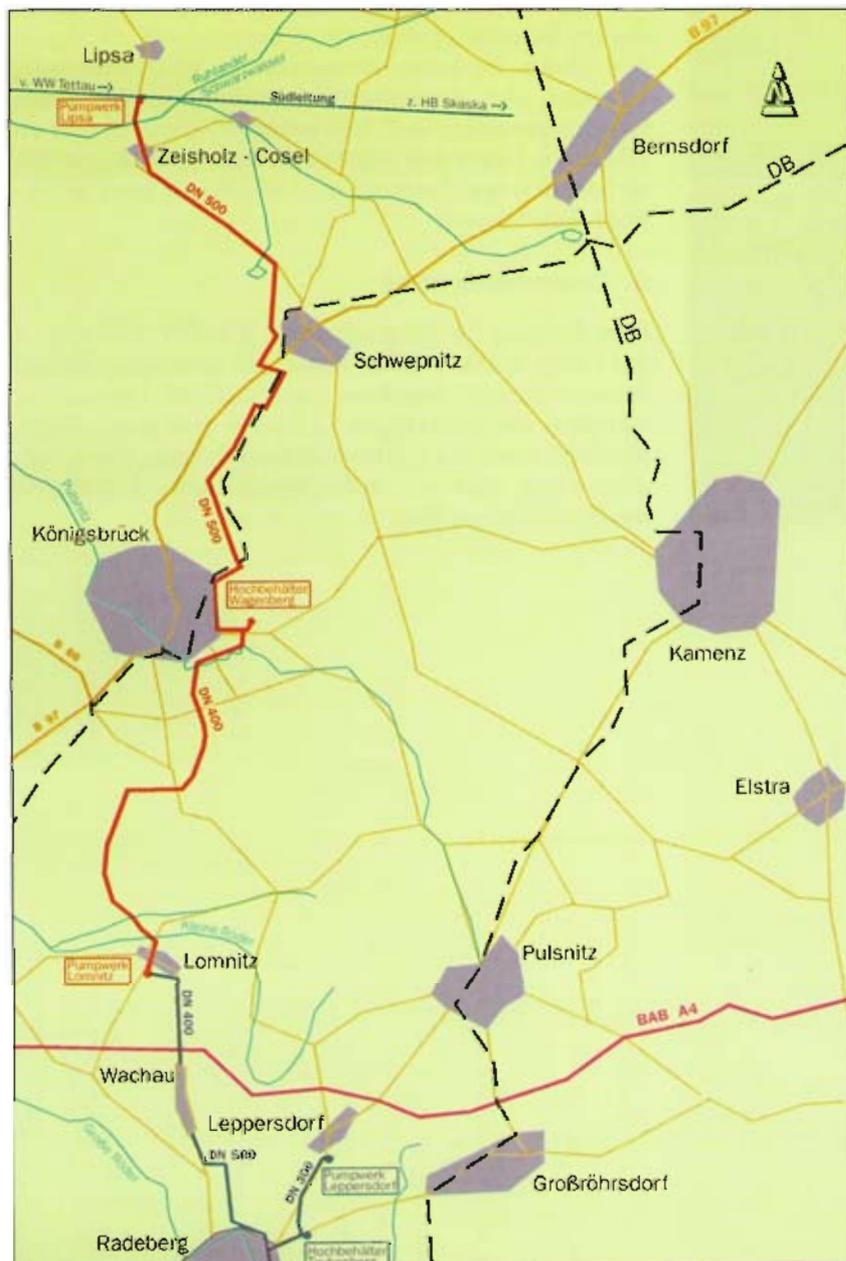
Eine Leitung für Mineralwasser 2 x DN 150 von 4 km Länge mußte in eine Trasse mit unterschiedlichen Schwierigkeiten eingebaut werden. Dank Einsatz der robusten und vielseitigen Gußrohre und unter Zuhilfenahme moderner Einbautechnik konnte diese Aufgabe zügig und zur Zufriedenheit aller Beteiligten durchgeführt werden.

Fernwassereinspeisung aus Brandenburg in den sächsischen Kreis Kamenz durch 30 km lange Gußrohrleitung

Von Wolfgang Starke und Heinz Pfister

Circa 30 km Wasserleitung bei hohem Grundwasserspiegel, Fließsand, 130 m Höhenunterschied, steinigem Böden und Felskuppen, Bach-, Bahn- und Straßenkreuzungen, streckenweise durch das Anodenfeld einer benachbarten Leitung, dann durch kontaminierte Böden, dazu schmale Trassen und ein strenger Winter – selbst

mit Gußrohren eine beachtliche Herausforderung. Sie wurde bewältigt, dank der Kompetenz der Beteiligten, aber auch durch die richtige Auswahl der passenden Rohre, z. B. mit längskraftschlüssigen Muffen oder mit geeignetem Außenschutz. So konnte dann nach 12 Monaten Bauzeit das erste Wasser fließen.



1. Vorbemerkung

Die Trinkwasserzweckverbände Kamenz und Röderaue sowie die Molkerei Müller in Leppersdorf entschlossen sich, statt des Neubaus jeweils eigener Wasserwerke mit ökologisch bedenklichen Eingriffen in die Natur, gemeinsam eine rund 30 km lange Fernwassereinspeisung aus der sogenannten Südeitung des brandenburgischen Wasserverbandes Lausitz zu bauen. Damit wurde eine ökonomisch vorteilhafte und ökologisch vertretbare Gemeinschaftsanlage geschaffen.

2. Problemstellung

Die Kommunen des Kreises Kamenz werden bislang nur teilweise zentral mit Trinkwasser versorgt. Die zur zentralen Versorgung verwendeten Wasser und noch mehr die zahlreichen Eigenwasserversorgungen entsprechen häufig nicht den Forderungen der Trinkwasserverordnung, insbesondere hinsichtlich des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichtes, des Nitratgehaltes und der Schützbarkeit der Wasserdargebote.

Prekär wurde die Situation für den Trinkwasserzweckverband Kamenz im Raum Königsbrück, nachdem festgestellt wurde, daß großräumig das Grundwasser mit Trichloräthen aus militärischen Altlasten kontaminiert ist und deshalb bislang genutzte Wasserfassungen aufgegeben werden müssen.

Bild 1: Übersichtslageplan

Als Ersatz bot sich der Wasserüberschuß in der Fernwasserleitung vom Wasserwerk Tettau zum Hochbehälter Skaska, der sogenannten Südleitung, an. Da auch im südlich von Königsbrück gelegenen Trinkwasserzweckverband Röderau steigender Wasserbedarf angemeldet wurde und der Bau einer Großmolkerei bei Leppersdorf den Trinkwasserbedarf im westlichen Kreis Kamenz ansteigen läßt, erschien eine Gemeinschaftsanlage für alle Verbraucher in diesem Gebiet als die wirtschaftlichste und ökologisch günstigste Lösung. Das sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung unterstützte dies, da hiermit die Fördermittel konzentriert eingesetzt werden konnten.

Benötigt werden nach heutiger Erkenntnis bis zu 13.870 m³/d Trinkwasser, eine weitere Steigerung des Wasserbedarfes ist mit der Entwicklung des Versorgungsgebietes infolge verbesserter Infrastruktur möglich.

3. Bedarfsdeckung

In der Südleitung steht am Anschlußpunkt bei Lipsa je nach Betrieb der Pumpen im Wasserwerk Tettau bzw. bei Rückfluß vom Hochbehälter Skaska ein Betriebsdruck von 5,0 bar bis 6,6 bar an. Erforderlich sind zur Einspeisung in den Hochbehälter der Stadt Königsbrück auf dem Wagenberg bis zu 13,6 bar.

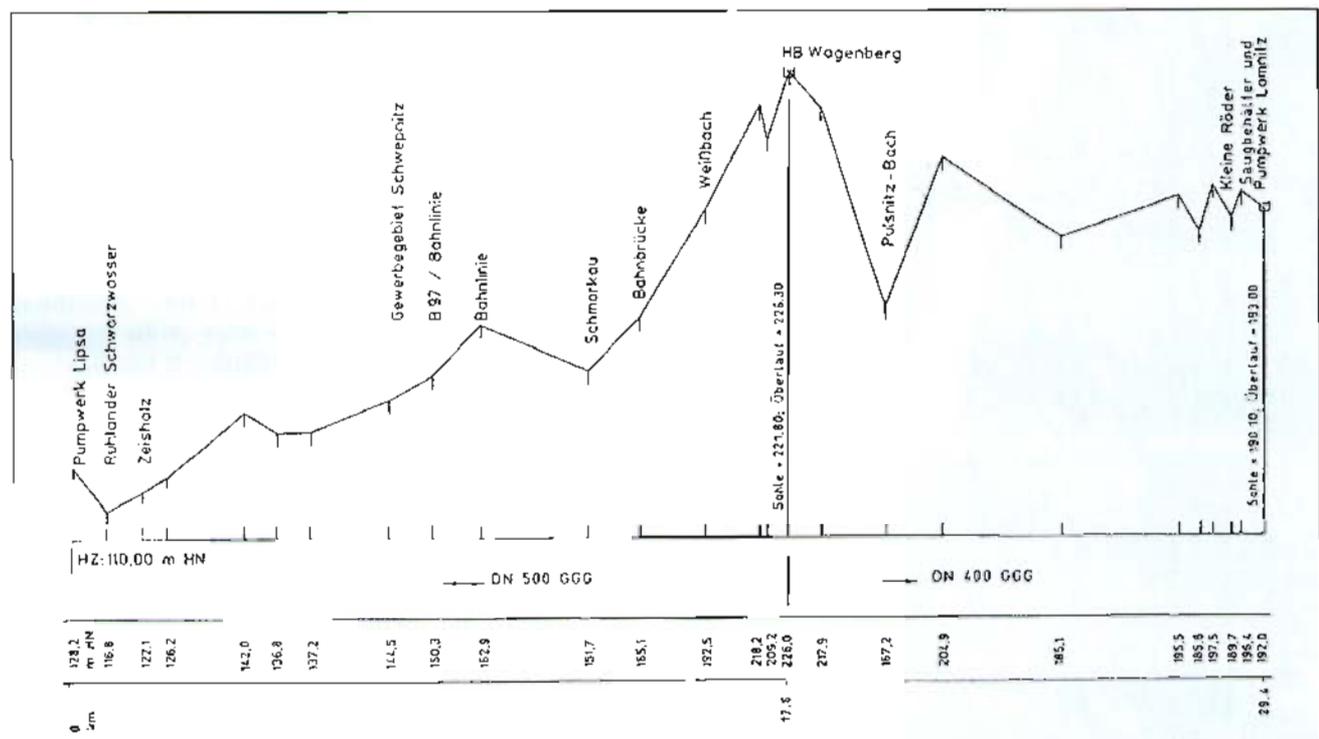
Hydraulische und energetische Überlegungen zur Nutzung des Vordruckes in der Südleitung führten zur Konzipierung eines Druckerhöhungspumpwerkes, welches zulaufseitig direkt an die Südleitung angeschlossen wird. Für diese Fahrweise waren besondere Vorkehrungen zur Vermeidung unzulässig großer Druckschwingungen in den zulauf- und ablaufseitigen Fernwasserleitungen erforderlich. Die Pumpen wer-



Bild 3: Rohrverlegung im schmalen Waldweg

den „weich“ über Frequenzumformer gegen langsam öffnende Absperrklappen angefahren. Eine Umgehungsleitung um die Pumpen und ein Druckstoßdämpfungskessel halten die Druckschwingungen im zulässigen Rahmen. Das Pumpwerk Lipsa fördert mit zwei Pumpen, bei Bedarf drehzahlgesteuert, im Solo- oder Parallelbetrieb den schwankenden Wasserbedarf bei unterschiedlichem Vordruck über eine 17,6 km lange Druckrohrleitung DN 500, PN 16/10, in den Hochbehälter der Stadt Königsbrück. Von dort

Bild 2: Längsprofil der neuen Rohrleitung



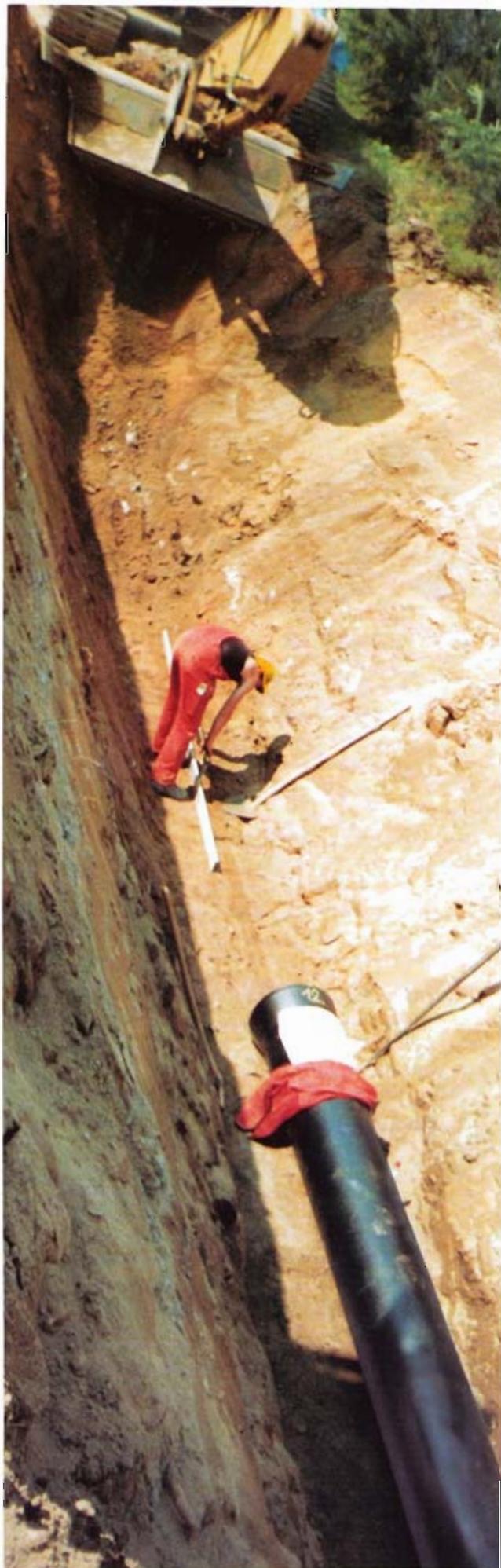


Bild 5: Fahrbare Siebanlage zur Gewinnung des Bettungsmaterials aus dem steinigem Aushub

wird durch eine 11,8 km lange Fall-Leitung DN 400, PN 10, der Wasserbedarf der Großmolkerei Leppersdorf und der Zuschußbedarf des Trinkwasserzweckverbandes Röderaue in einen Tiefbehälter Lomnitz mit gesteuertem Zulauf abgelassen. Die Zulaufsteuerung geschieht mit einem intermittierend schließenden Ringkolbenventil und schützt die Falleitung vor dem Leerlaufen. Ein angeschlossenes Pumpwerk fördert in den Hochbehälter dieses Versorgungsgebietes, der mit 10.000 m³ Speichereinhalt auch die erforderliche Sicherheit für die Molkerei bietet (**Bilder 1 und 2**).

Zur Versorgungssicherheit werden auch weiterhin mehrere örtliche Wasserdargebote genutzt und Fremdwassereinspeisungen betriebsbereit gehalten.

4. Trasse

Die neu zu verlegende Leitung aus duktilen Gußrohren in der Länge von 29,4 km führt durch eiszeitlich geprägtes Flach- und Hügelland mit 130 m Höhenunterschied. Streckenweise hoher Grundwasserspiegel, Fließsand, steinige Böden und Felskuppen, Bach-, Bahn- und Straßenkreuzungen waren bei der Wahl des Rohrmaterials und der Rohrverbindungen zu berücksichtigen. Überraschungen durch kontaminierte Böden, Munitionsfunde im ehemaligen Truppenübungslande und archäologische Funde waren zu erwarten. Als Bauzeit einschließlich Probetrieb standen für das gesamte Vorhaben nur 14 Monate, vom Mai 1996 bis Juni 1997, zur Verfügung, wobei streckenweise die Belange des Naturschutzes den Bau erst ab August bzw. Oktober 1996 erlaubten. Schmale Waldwege erforderten über große Strecken eine Rohrverlegung „vor Kopf“ (**Bilder 3 bis 5**).

5. Duktile Gußrohre

Unter Abwägung obengenannter Bedingungen, der Preisvergleiche und der Abschreibungskosten fiel die Entscheidung des Bauherrn und Planers auf duktile Gußrohre mit TYTON-Steckmuffe. Dabei war die schnell auszuführende und sichere Steckmuffenver-

Bild 4: Rohrgraben-Aushub mit Trapezprofil-Baggerlöffel

bindung von besonderer Bedeutung. Sie gewährleistet eine in Längsrichtung „elastisch“ bleibende und weitgehend spannungsfreie Rohrleitung. Innerhalb von durchhörten Schutzrohren, an Steilhängen und, wo vorhandene Leitungen und gestörte Bodenverhältnisse die Anordnung von Widerlagern nicht ermöglichen, wurden die Axialkräfte durch zugfeste Muffen, Typ NOVO-Sit, aufgenommen. Als besonderer Vorteil dieser NOVO-Sit-Verbindung wurde angesehen, daß keine Schweißraupen bei Rohrzuschnitten vor Ort erforderlich sind.

Die Rohre sind innen mit Zementmörtel ausgekleidet und außen verzinkt und bituminiert.

Besondere Anforderungen entstanden bei der Näherung an das mit Fremdstrom gespeiste Anodenfeld einer vorhandenen Ferngasleitung. Hier wurden in Abstimmung mit dem Hersteller der Rohre auf 1000 m Länge (je 500 m beiderseitig des Anodenfeldes) Rohre mit PE-Umhüllung eingesetzt. Wegen der elektrischen Unterbrechung in den gummidichteten Steckmuffen wurden die einzelnen Rohrmuffen

Bild 6: Duktile Gußrohre DN 400 mit PE-Umhüllung und elektrischer Überbrückung der Muffen im Einflußbereich des Anodenfeldes einer Ferngasleitung. Die Muffen wurden anschließend mit Schrumpfmanschetten geschützt.



Bild 7: Duktile Gußrohre DN 500 mit Zementmörtel-Umhüllung und Schutz des Muffenspaltes mit Klebeband aus Weichaluminium bei mit Dieseldieselkraftstoff kontaminiertem Boden

mit aufgeschweißtem Kupferkabel überbrückt und mit Schrumpfmanschetten geschützt (**Bild 6**). Diese Gußrohrstrecke wurde in die meßtechnische Überwachung des elektrischen Kathodenschutzes der Gasleitung einbezogen.

Im Bereich eines ehemaligen Treibstofflagers war schon durch den Geruch die Kontaminierung des Bodens mit Dieseldieselkraftstoff festzustellen. Die Untersuchung von Bodenproben auf Mineralöle (Kohlenwasserstoffe) ergab eine Belastung von maximal 990 mg pro kg Trockensubstanz. Auf dieser Strecke wurden duktile Gußrohre mit Zementmörtel-Umhüllung eingesetzt. In die Muffenspalten wurden zum Schutz der Gummidichtung Aluminiumfolien eingedrückt und über die Muffen Schrumpfmanschetten gezogen (**Bild 7**). Ein Bodenaustausch war nach den Empfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall nicht erforderlich.

6. Einbau

Die Rohrleitung wurde in drei Losen von drei Firmen gleichzeitig gebaut. Der Rohrgraben wurde aus Platz- und Termingründen und zur Kosteneinsparung vor der Druckprüfung komplett verfüllt. Die Druck- und Dichtigkeitsprüfung wurde mit Erfolg in Abschnitten bis zu 10 Kilometern Länge durchgeführt.

Nach 12 Monaten Bauzeit, der strenge Winter 1996/97 inbegriffen, konnte im Mai 1997 abschnittsweise mit der Erprobung begonnen werden und am 1. Juli 1997 das Fernwasser zu den Verbrauchern fließen. Mit der Fernwassereinspeisung wurden für den Westteil des Kreises Kamen die seit vielen Jahren offenen Trinkwasserprobleme gelöst und eine Voraussetzung für die weitere Entwicklung dieser Region geschaffen.

Stadtwerke Lahr – Wasserversorgung 2000: Bau einer Druckleitung DN 200 GGG mit ZMU, TIS-K-Verbindungen und Tonerdezementmörtel- Auskleidung

Von Christoph Heine

In der letzten Ausgabe dieser Zeitschrift wurden bereits die umfangreichen Leitungsverlegungen im Zusammenhang mit dem neuen Wasserwerk Galgenberg der Stadt Lahr/Schwarzwald geschildert. Im Rahmen des Großprojektes Wasserversorgung 2000 der Stadtwerke Lahr ist nun eine weitere technisch sehr anspruchsvolle Leitungsbaumaßnahme durchgeführt worden, über die im folgenden berichtet wird.

1. Allgemein

Nachfolgend wird eine ca. 5 km lange Zubringerleitung aus duktilem Gußeisen mit Tonerdezementmörtelauskleidung DN 200/250 beschrieben, welche vom geplanten PW Giesen durch das Schuttertal und die Oststadt von Lahr mit ihrer dichten Bebauung bis zum Gewann Ermet gebaut werden mußte. Im Bereich Ermet wurde an den bereits 1996 verlegten Teilabschnitt bis zum Wasserwerk Galgenberg angeschlossen.

Die Stadtwerke Lahr beauftragten mit der Planung, Baugrunduntersuchung, Ausschreibung und Objektüberwachung eine Planungsgesellschaft.

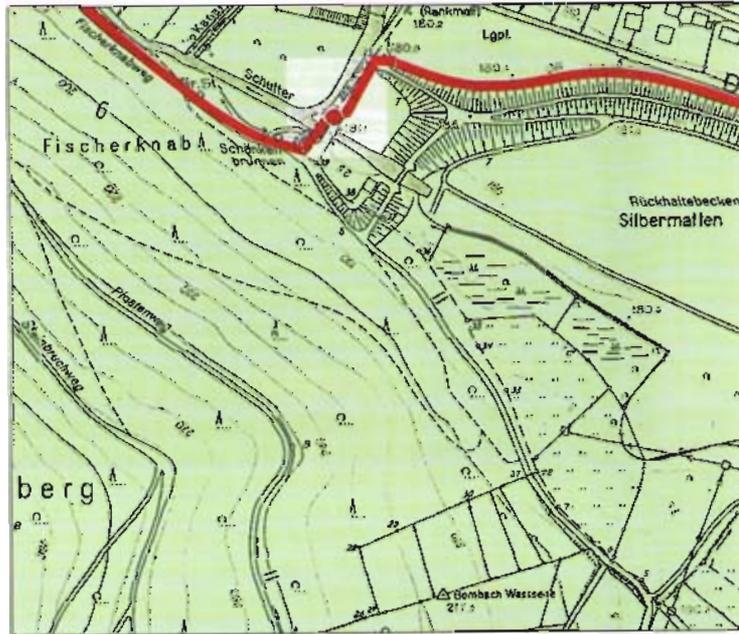
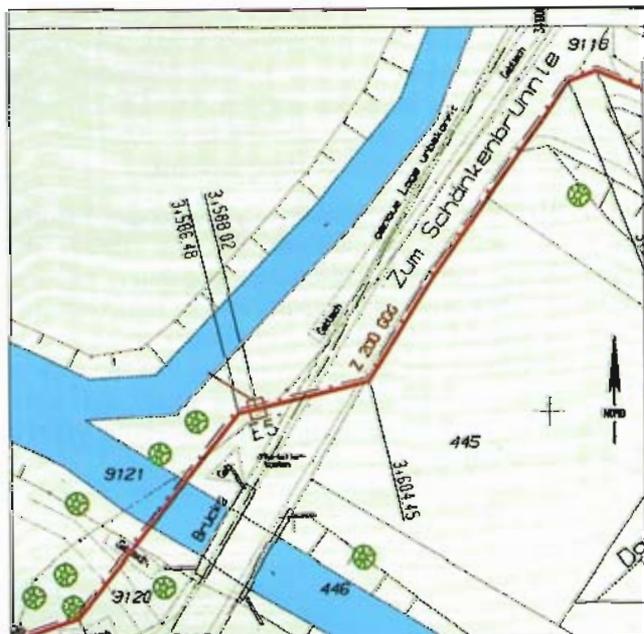
2. Planung

Im Schuttertal wurde eine Trassenführung zwischen dem Dammbau eines Hochwasser-Rückhaltebeckens und dem Fluß Schutter gewählt (Bild 1). Jede andere Trasse wäre hinsichtlich einer Vielzahl von Leitungs- und Kanalquerungen innerhalb der dichten Bebauung des Lahrer Ortsteiles Kuhbach sehr kostenintensiv geworden. Des Weiteren wären größere Verkehrsbehinderungen auf der stark frequentierten Ortsdurchfahrt (B 415) unabdingbar gewesen.

Folglich hat man sich für die erwähnte Leitungstrasse entlang der Schutter entschieden. Von der Gewässerrichtung wurde als Auflage ein Mindestabstand von 3,00 m zum Dammbau vorgegeben (Bild 4 und 5). Für die beiden Querungen der Schutter, im Abstand von 990 m, wurden vom Landratsamt Ortenau die Wasserrechtlichen Genehmigungen eingeholt. An der engsten Stelle betrug der Abstand zum Flußbett 1,20 m.

Die Druckleitung dient dem Transport von weichen Rohwässern aus dem Schwarzwald, deren pH-Wert unter 6,5 liegt, d. h. an die Zementmörtelauskleidung

Bild 1: Lageplan und Detaildarstellungen der Druckleitung DN 200 von Elendsgarten bis Eichgarten



werden besondere Anforderungen gestellt. Das Wasser wird vom geplanten Pumpwerk Giesen (Wsp = 198,00 mNN) auf einer Länge von insgesamt 6,64 km bis zum neuen Wasserwerk Galgenberg (Wsp = 224,00 mNN) gepumpt. Dort erfolgt dann die Aufbereitung und Speicherung.

3. Geologie und Baugrund

Der Trassenbereich gehört geologisch und geographisch zum westlichen Randgebiet des Buntsandstein-Schwarzwaldes und wird vom Tal der Schutter geprägt. Die Schutter hat sich hierbei in den Mittleren Buntsandstein eingeschnitten und alluviale Ablagerungen hinterlassen. Die Leitungstrasse verläuft in den Talauekiesen und Sanden, die teilweise mit alluvialem Auelehm überdeckt sind. Zur Klärung der Untergrundverhältnisse wurden entlang der Leitungstrasse drei Schürfgruben bis zu einer maximalen Tiefe von 2,50 m niedergebracht und eine Bohrung bei der zweiten Schutterquerung bis zu einer Tiefe von 10,00 m durchgeführt. Die Schürfe und Bohrungen wurden gemäß DIN 4020, DIN 4021 und DIN 4022 aufgenommen und gemäß DIN 4023 dargestellt.

Als wesentliche Erkenntnisse, welche die anstehende Leitungsbaumaßnahme erschweren, mußten die schluffigen, lockeren Sande, welche von weichen Tonen unterlagert sind, und der hohe Grundwasserstand (max. 1,10 m unter Geländeneiveau) beachtet werden. Der Grundwasserstand ist stark vom Wasserstand der Schutter und von den Niederschlägen abhängig. Eine offene Wasserhaltung ist entlang der Schutter und des HRB-Damms nur begrenzt, abschnittsweise sogar überhaupt nicht möglich, da dies zum hydraulischen Grundbruch führen würde. Beim Abpumpen des Wassers würden zum einen die Seitenwände des Leitungsgrabens nachgeben und zum anderen das Feinkorn ausgespült, wodurch die Standicherheit des Damms am Hochwasserrückhaltebecken gefährdet wäre.

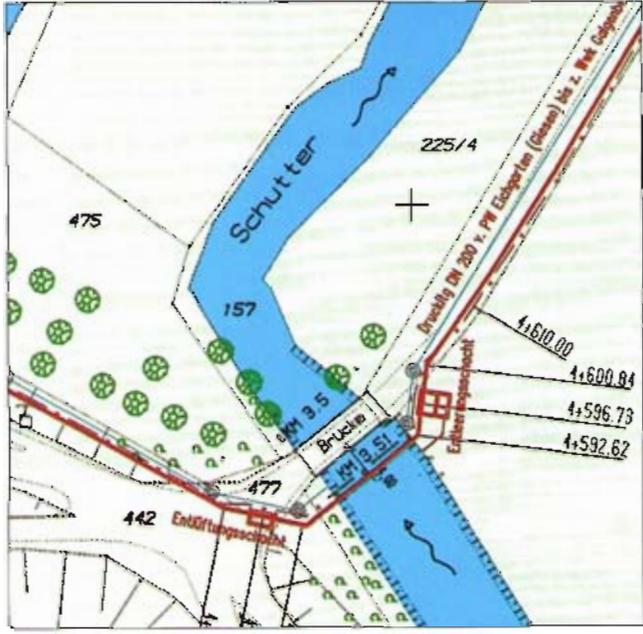
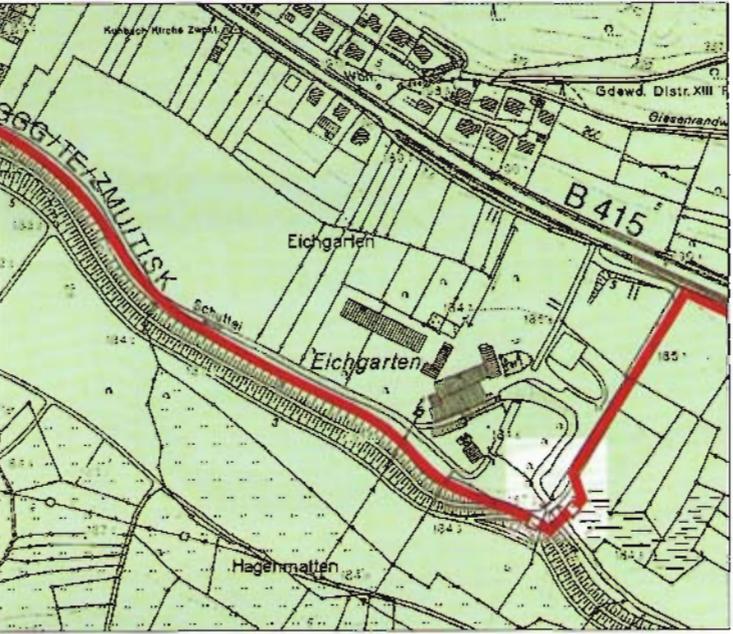
Des Weiteren wurde die Betonaggressivität des Grundwassers gemäß DIN 4030 untersucht. Diese Unter-



Bild 2: Einbringen der Spundwände mittels Vibrationsramme

suchungen ergaben eine Verschiebung des pH-Werts sowie erhöhte Werte von freier kalklösender Kohlensäure, wie sie für Buntsandsteinwässer typisch sind.

Der Gußrohrhersteller führte Bodenanalysen zur Beurteilung der Bodenaggressivität gemäß dem DVGW-Regelwerk, Arbeitsblatt GW 9, durch. Dabei wurde festgestellt, daß der Baugrund der Bodenklasse III entspricht und somit als stark aggressiv zu beurteilen ist.



4. Auswahl des Rohrleitungssystemes

Aufgrund der beschriebenen örtlichen und projektspezifischen Bedingungen wurde für die Ausschreibung und Durchführung folgendes Rohrleitungssystem zur Verlegung gewählt:

Duktiles Gußrohr DN 200, Klasse K 10

Wegen des Transports der weichen Rohwässer erfolgt die Innenauskleidung mit Tonerdezementmörtel. Dieser hat in seiner Matrix praktisch keinen freien Kalk, daher ist er auch beständig gegenüber den „Schwarzwaldwässern“, für die eine geringe Härte und erhöhte CO₂-Gehalte typisch sind. Als Rohraußenschutz wurde die Zementmörtelumhüllung nach DIN 30 674 Teil 2 ausgewählt.

Dieser robuste Rohraußenschutz besteht aus einem faserverstärkten, modifizierten Zementmörtel, der in einer Dicke von 5 mm auf das verzinkte Rohr auf-



Bild 3: Aushubarbeiten im bereits gespundeten Rohrgraben

tragen wird. Eine auf die verzinkte Oberfläche aufgebraute Haftbrücke führt zur Steigerung der Schlagbeständigkeit auf 160 Nm. Die Forderung der Norm beträgt lediglich 75 Nm. Diese Zementmörtelumhüllung ist neben ihrer hohen Sulfatbeständigkeit auch beständig gegenüber der Aggressivität des anstehenden Grundwassers.

Aufgrund der weichen und instabilen Bodenverhältnisse, welche den Bau von Betonwiderlagern nicht zuließen, fiel die Entscheidung für die längskraftschlüssige Verbindung TIS-K.

5. Alternative Ausschreibung hinsichtlich Rohrwerkstoff

In der Ausschreibung der Maßnahme wurde alternativ auch eine Stahlrohrverlegung berücksichtigt. Jedoch hat kein Bieter ein Angebot hierzu abgegeben, weil Stahlrohre mit Tonerdezementmörtelauskleidung auf dem Markt nicht erhältlich sind. Genauso erfolglos blieben Angebotsanfragen zur Verlegung im Horizontalspülbohrverfahren mit PE-Leitungen aufgrund der schwierigen geologischen Bedingungen.

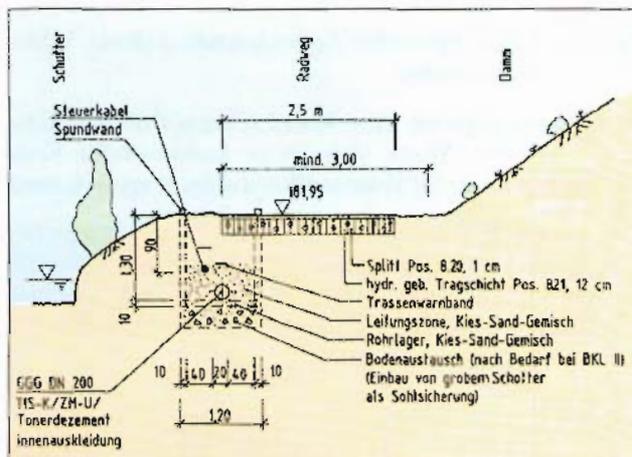
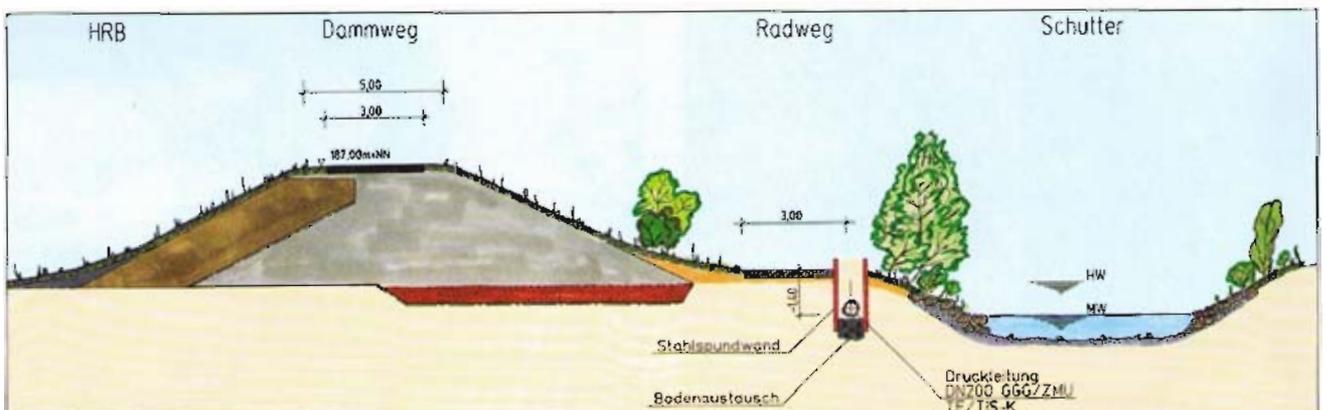


Bild 4: Querprofil der Trasse

Bild 5: Regelquerschnitt im Bereich der Schutter



6. Durchführung der Baumaßnahme

Nach der öffentlichen Ausschreibung wurde der Auftrag für die Tiefbau- und Rohrverlegearbeiten an eine Arbeitsgemeinschaft aus Lahr vergeben.

Der Einbau der Rohre im genannten Trassenabschnitt erfolgte in den niederschlagsarmen Monaten Oktober, November und Dezember 1997.

Gemäß den Vorgaben der Leistungsbeschreibung wurde die Grabensicherung mit beidseitigen Stahlspundwänden durchgeführt. Durch kurze und rasch durchgeführte Verlegeabschnitte konnte der Wasserandrang im Rohrgraben vermindert und großteils sogar ganz verhindert werden. Ein Abpumpen war nur punktuell und zeitlich begrenzt erforderlich, was somit keine Gefahr für die Dammsicherheit darstellte. Nach dem Einbringen der Stahlspundwände (L = 3,00 m) (Bild 2) wurde der anstehende Boden bis auf eine Tiefe von ca. 1,90 m ausgehoben (Bild 3). Dabei wurde anfallendes grobes Schottermaterial aus dem Wegeaufbau seitlich gelagert und nach Aushub der darunterliegenden Böden der Klasse 2 als Sohl-sicherung wieder eingebaut. Diese Vorgehensweise führte zu einer Bauzeitverkürzung, sparte Materialkosten und schonte die regionalen Ressourcen. Das Rohrlager und die Leitungszone wurde mit einem Kies-Sand-Gemisch 0/X hergestellt, was durch die robuste Zementmörtelumhüllung möglich war. Wäre das Rohrlager und die Leitungszone mit Sand 0/2 ausgeführt worden, bestünde die Gefahr, daß die gewässernahen Grundwasserströme den Sand ausspülen.

Die Verlegeleistung einschließlich Ein- und Ausbau der Spundwände betrug durchschnittlich 18,00 m pro Arbeitstag. Dabei waren maximal vier Arbeitskräfte, zwei Kettenbagger und ein Radlader im Einsatz.

Ein Bagger war mit einer Vibrationsramme permanent mit dem Einbringen und Ziehen der Spundwände (Bild 6) und der andere mit den Aushub- und Verlegearbeiten (Bild 7), sowie der Materialeinbringung beschäftigt.

Parallel zu den Rohrverlegearbeiten wurden jeweils bei den Flußquerungen ein Entleerungsschacht in Ortbetonbauweise sowie ein Entlüftungsschacht in Fertigteilbauweise erstellt.

Bild 6: Ziehen der Spundwände nach erfolgter Leitungsverlegung



Bild 7: Grabenquerschnitt im Bereich des Dammweges

7. Schlußbemerkung

Obwohl die örtlichen Bedingungen im Vorfeld der Baumaßnahme sich aufgrund der widrigen Baugrundverhältnisse als schwierig abzeichneten und deshalb an die Rohrwerkstoffe und die Verlegetechnik erhöhte Ansprüche gestellt werden mußten, war die Durchführung infolge der im Vorfeld getroffenen Entscheidungen und des reibungslosen Baustellenablaufs erfolgreich. Die vom Kunden und Planer gewünschten Schutzmaßnahmen gegen innere und äußere Beanspruchungen sowie die gleichzeitige Forderung an eine längskraftschlüssige Verbindung wurden vom Rohrhersteller erfüllt. Nach Fertigstellung des Pumpwerkes Giesen wird die Inbetriebnahme der Leitung voraussichtlich im ersten Quartal 1999 erfolgen.

Beteiligte Firmen:

Planung, Baugrunduntersuchung, Ausschreibung und Objektüberwachung: Ing.-Büro FRITZ Planungsgesellschaft mbH, Freiburg

Tiefbau- und Rohreinbau-Arbeiten: ARGE „Kindle - Meurer-Bau - VogelBau“, Lahr

Längskraftschlüssige Muffenverbindungen für Rohre, Formstücke und Armaturen nach DVGW-Merkblatt GW 368

Von Oskar Halter, Michael Mischo und Horst Schlicht

25 Jahre alt ist das DVGW-Arbeitsblatt GW 368, das sich mit der Herstellung von „zugfesten Verbindungsteilen nicht längskraftschlüssiger Verbindungen“ befaßt. In diesen Jahren hat es eine enorme technische Entwicklung der längskraftschlüssigen Verbindungen gegeben, und die Gußrohrindustrie bietet inzwischen eine ganze Palette integrierter Systeme für die verschiedensten Aufgabenstellungen an.

Unter diesem Aspekt wird das Merkblatt nun überarbeitet, um sowohl dieser Entwicklung wie auch geänderten Vorgaben durch Normen, wie z. B. DIN EN 545, Rechnung zu tragen. Der folgende Beitrag berichtet über den Stand der Dinge.

1. Einleitung

Kräfte auf Rohrleitungen, die z. B. durch Innendruck hervorgerufen werden, müssen in den Boden eingeleitet werden, was entweder über Betonwiderlager oder über längskraftschlüssige Verbindungen geschehen kann. Da es bestimmte Einbausituationen nicht zulassen, mit Betonwiderlagern zu arbeiten, besonders in innerstädtischen Bereichen mit wenig Platz oder instabilen Böden, kommt den längskraftschlüssigen, abwinkelbaren Muffenverbindungen eine große Bedeutung zu.

„Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Verbindungsteilen nicht längskraftschlüssiger Verbindungen“ gab bislang die erste Ausgabe des DVGW-Merkblattes GW 368 vom April 1973. Zur Zeit wird das Merkblatt überarbeitet. Die Entwicklung und der vermehrte Einsatz längskraftschlüssiger, beweglicher Muffenverbindungen machte diese Überarbeitung erforderlich. Neben Änderungen bei der Berechnung der zu sichernden Rohrleitungslängen an Bögen, Abzweigen, Querschnittsänderungen, Absperrarmaturen und Endverschlüssen wird bei der Überarbeitung der Aspekt der Typprüfung für längskraftschlüssige Verbindungen nach DIN EN 545 aufgenommen.

2. Entwicklung in der Verbindungstechnik

Rohre und Formstücke werden erst zu einem Rohrleitungssystem, wenn sie miteinander verbunden sind. Verbindungstechniken und Verbindungsarten gibt es

deren viele. Die sicherlich mit den meisten Vorzügen ausgestattete Verbindungsart bei Wasserleitungen ist die Steckmuffenverbindung. Ihr wichtigster Vertreter ist die TYTON-Verbindung. Die Steckmuffenverbindung ist in ihrer Art bestechend einfach, beweglich, abwinkelbar, allerdings von der ursprünglichen Entwicklung her zunächst nicht längskraftschlüssig.

Die durch den Innendruck hervorgerufenen Kräfte, aber auch äußere Kräfte durch Zerrungen bei Bodenbewegungen und an Steilhängen, versuchen die nicht-längskraftschlüssigen Muffenverbindungen auseinanderzudrücken. Rohrleitungsbauer und Rohrnetzbetreiber reagierten in der Vergangenheit mit Betonwiderlagern, starren Flanschverbindungen oder von außen aufgebrachtten Verankerungselementen.

Ende der 60er Jahre wurden die ersten längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindungen entwickelt, und bis zum heutigen Tag ist noch kein Ende in der Optimierung der Anwendungspalette abzusehen.

Längskraftschlüssige Muffenverbindungen müssen die während der Bauphase, während der Druckprüfung und im Betrieb von Rohrleitungen auftretenden Längskräfte sicher übertragen. Hierbei dürfen nur geringfügige Verschiebungen zwischen den Muffenden und den Einsteckenden der Rohre auftreten, wie sie zur Aktivierung der Mantelreibung und des Erdwiderstandes erforderlich sind. Die Erfahrungswerte für die Reckung liegen im Millimeterbereich, größere Verschiebungen würden die Rohrleitung unzulässig belasten.

3. Typprüfung

Die seit Januar 1995 gültige DIN EN 545 „Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gußeisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen“ beschreibt in Abschnitt 5 die Anforderungen an die Funktionstüchtigkeit beweglicher, längskraftschlüssiger Verbindungen. In Abschnitt 7 sind die Prüfeinrichtungen, die Versuchsanordnung und Versuchsdurchführung der Typprüfungen europaweit geregelt. Danach können eindeutig die Einsatzgrenzen hinsichtlich Nennweitenbereich, Betriebsdruck und Abwinkelbarkeit der jeweiligen Verbindungsart festgelegt werden.

Jedes längskraftschlüssige Steckmuffensystem wird typgeprüft auf:

1. Dichtheit und Längskraftschlüssigkeit der Verbindung gegen Innendruck unter Scherlastwirkung bzw. unter Abwinkelung (**Bild 1, Bild 2**). Der aufzubringende Prüfdruck = $1,5 \times PFA + 5 \text{ bar}$ ($PFA = \text{zulässiger Bauteilbetriebsdruck}$, dem ein Rohrleitungsteil im Dauerbetrieb standhält).

2. Dichtheit und Längskraftschlüssigkeit bei Unterdruck von 0,9 bar (entspricht einem absoluten Druck von 0,1 bar) und Querkrafteinwirkung.

3. Dichtheit und Längskraftschlüssigkeit bei hydrostatischem Außendruck von 2 bar mit Biegemoment (**Bild 3**).

4. Dichtheit und Längskraftschlüssigkeit der Verbindung gegen dynamischen Innendruck (24.000 Zyklen bei $0,5 PFA \geq p \geq PFA$) unter Querkrafteinwirkung.

Die Prüfungen 2 und 3 können entfallen, wenn bei einer längskraftschlüssigen Muffenverbindung die Funktionen Dichtheit und Längskraftschlüssigkeit voneinander getrennt angeordnet sind. Prüfung 4 kann entfallen, wenn eine Verbindung bereits mehr als 10 Jahre vor Erscheinen der Norm DIN EN 545 im Januar 1995 erfolgreich im Einsatz war.

Die Hersteller sind verpflichtet, mit einer Typprüfung den Nachweis der Funktionstüchtigkeit jeder Verbindungsart zu erbringen, die nur nach Änderung der Bauart wiederholt werden muß oder in Fällen, in denen höhere Betriebsdrücke nachgewiesen werden müssen.

4. DVGW-Merkblatt GW 368

Die erste Ausgabe des Merkblattes GW 368 „Hinweise für Herstellung und Einbau von zugfesten Leitungsteilen zur Sicherung nichtlängskraftschlüssiger Rohrverbindungen“ vom April 1973 stellte einen Entwicklungsstand dar, der noch von der Anwendung mechanischer Klemmschellen und ähnlicher von außen angebrachter Sicherungskonstruktionen geprägt war. Die neue Ausgabe von GW 368 berücksichtigt die inzwischen gesammelten Erfahrungen und die seitdem entwickelten längskraftschlüssigen Muffenverbindungen. Sie trägt den Titel „Längskraftschlüssige Muffenverbindungen für Rohre, Formstücke und Armaturen“.

GW 368 gilt für die Herstellung und den Einbau längskraftschlüssiger Muffenverbindungsteile zur Sicherung von Rohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen nach DIN EN 545 für die Wasserversorgung und DIN EN 969 für die Gasversorgung sowie Armaturen aus Gußeisen mit Kugelgraphit.

Bei Stahlmuffenrohren oder Rohren aus Kunststoff (z.B. PE oder PVC), die durch Formstücke aus duktilem Gußeisen miteinander verbunden werden, müssen diese Richtlinien sinngemäß angewendet werden. Die Typprüfung nach DIN EN 545 gilt für diese Rohre nicht, hierfür sind gesonderte Prüfungen erforderlich.

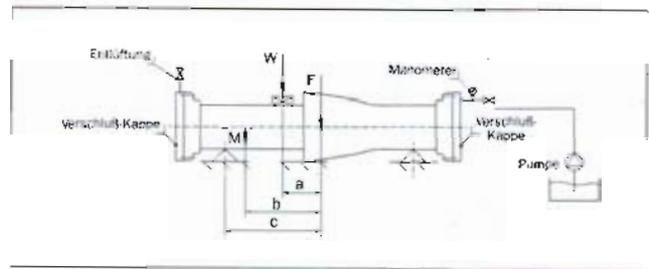


Bild 1: Typprüfung nach DIN EN 545 - Dichtheit gegen Innendruck unter Scherlast

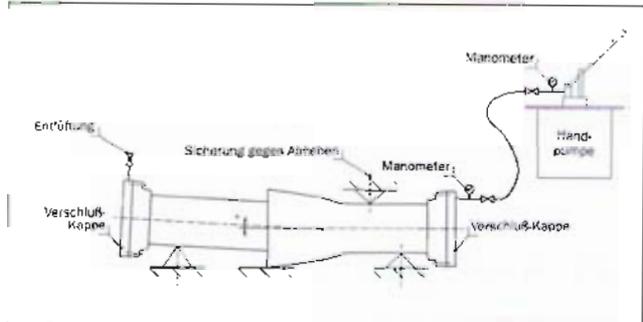


Bild 2: Typprüfung nach DIN EN 545 - Dichtheit gegen Innendruck unter Abwinkelung

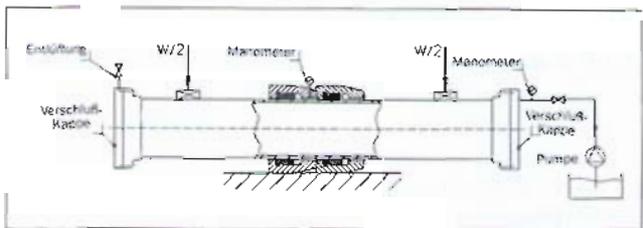


Bild 3: Typprüfung nach DIN EN 545 - Dichtheit gegen Außendruck mit Biegemoment

5. Grundlagen für die Berechnung der zu sichernden Längen

Die Kräfte aus dem Rohrinneindruck sind abhängig von der Höhe des Prüfdrucks und dem Rohraußendurchmesser.

Die aus dem Innendruck resultierenden Längskräfte von Druckrohrleitungen können grundsätzlich aufgenommen werden durch

- Erdwiderstand vor dem Endverschluß bzw. Krümmer
- Erdwiderstand vor den Muffen
- Längsreibung an der Rohraußenwand

Im Erdstatik-Modell des Merkblattes wird der relativ geringe Erdwiderstand an Muffen und Endverschlüssen nicht in Ansatz gebracht. Bei Endverschlüssen kann daher nur die Mantelreibung angesetzt werden. In einem vereinfachten Ansatz für die Mantelreibung werden die Radialspannungen um den Rohrumfang durch zwei Linearlasten, eine am Rohrscheitel und eine an der Rohrsohle, ersetzt. Die jeweiligen, aus der Rohrgrabenverfüllung und dem Rohrgewicht resultierenden Lasten, multipliziert mit den Reibungszahlen μ , ergeben die Reibungskräfte. Sie wirken den Kräften

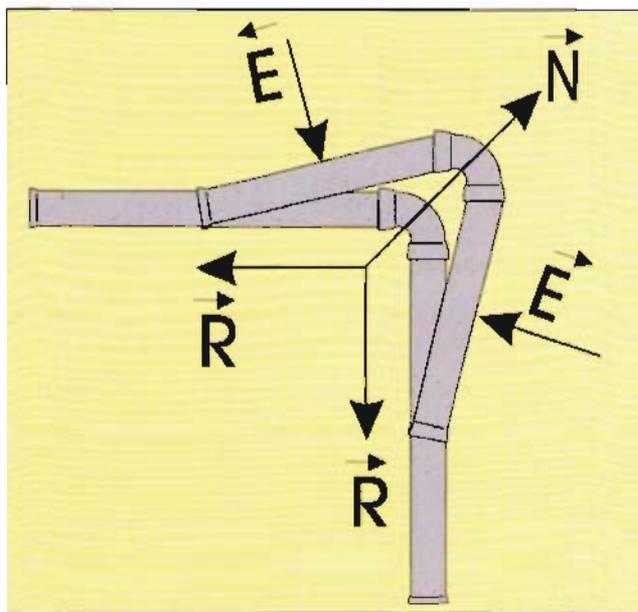


Bild 4: Verschiebung und Erdwiderstand

aus dem Innendruck entgegen. Sie sind abhängig vom Rohraußendurchmesser DE, dem Gewicht des Rohrinhalt (Gas oder Wasser), der Rohrüberdeckung und der Reibungszahl μ , unterschieden für bindige Böden ($\mu = 0,25$) und nichtbindige Böden ($\mu = 0,5$).

Bei Rohrleitungsbögen können sich der Krümmer sowie die auf beiden Seiten anschließenden Rohre infolge von Kräften aus dem Innendruck nach außen gegen die Grabenverfüllung bzw. -wand verschieben. Je nach Verdichtung der Verfüllung bzw. Lage der Rohrleitung am Grabenrand aktiviert diese Bewegung den Erdwiderstand (Bild 4).

Auch die nur geringen Verschiebungswege, wie sie bei den längskraftschlüssigen Verbindungen möglich sind, reichen aus für die Aktivierung des Erdwiderstandes. Infolge der Gelenkwirkung einer Muffenleitung können die nachfolgenden Rohre jedoch keinen Erdwiderstand mehr aktivieren.

Entgegen der Ausgabe vom April 1973 wird im vorliegenden Merkblatt-Entwurf unterstellt, daß die Rohr-

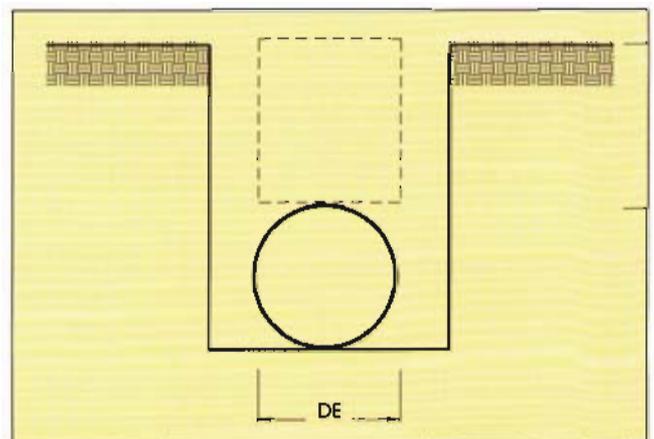


Bild 5: Reibung erzeugende vertikale Linienlasten nach DVGW-Merkblatt GW 368

verbindungen zur Druckprüfung nicht mehr freiliegen, sondern die Rohrleitung komplett eingedeckelt und der Graben vollständig verfüllt ist. Der Erdwiderstand, der sich am ersten Rohr an einem Krümmer ausbildet, wird jedoch weiterhin nur auf $2/3$ der Länge eines ganzen 6 m-Rohres (4 m) bezogen. Damit wird berücksichtigt, daß sich nicht unbedingt vor und hinter dem Bogenformstück ein ganzes Rohr mit einer Baulänge von 6 m befinden muß.

Da die Muffenverbindungen als Gelenke wirken, verschiebt sich das zweite auf den Bogen folgende Rohr nur in Richtung der Rohrachse und aktiviert keinen Erdwiderstand. Bei großen Abwinkelungen geht die gelenkartige Wirkung der Muffen verloren. Der Erdwiderstand wirkt dann auch am zweiten Rohr.

Die Werte für den Erdwiderstand (zul. σ_h bei bindigen und nichtbindigen Böden) wurden neueren Erkenntnissen angepaßt.

| | |
|--------------------|--|
| bindige Böden | statt zul. $\sigma_h = 2,5 \text{ N/cm}^2$ statt zul. $\sigma_h = 3,0 \text{ N/cm}^2$ |
| nichtbindige Böden | statt zul. $\sigma_h = 5,0 \text{ N/cm}^2$ statt zul. $\sigma_h = 4,0 \text{ N/cm}^2$ |

| Zu sichernde Rohrleitungslänge | | | |
|--|---|----------|--|
| Für Wasserleitungen gilt: | | | |
| $L = \frac{l}{\mu} \cdot \frac{4,4 \cdot \text{STP} \cdot \text{DE} - 110 \cdot \text{zul. } \sigma_h \cdot (\mu + \cot \alpha/2)}{2 \cdot H + 5,5 + 0,56 \cdot \text{DE}} \quad [\text{m}]$ | | | |
| Entsprechend gilt für Gasleitungen | | | |
| $L = \frac{l}{\mu} \cdot \frac{4,4 \cdot \text{STP} \cdot \text{DE} - 110 \cdot \text{zul. } \sigma_h \cdot (\mu + \cot \alpha/2)}{2 \cdot H + 5,5 + 0,12 \cdot \text{DE}} \quad [\text{m}]$ | | | |
| mit | | | |
| L | zu sichernde Rohrleitungslänge (m) | α | Gradzahl des Bogens ($^\circ$) |
| STP | Systemprüfdruck (bar) | μ | Reibungszahl zwischen Rohr und Boden |
| DE | Rohraußendurchmesser (cm) | H | mittlere Rohrdeckung auf der gesamten Rohrlänge (cm) |
| zul. σ_h | zulässige horizontale Bodenpressung (N/cm^2) | | |

Aus Sicherheitsgründen, z. B. im Falle späterer Aufgrabungen, wird empfohlen, mindestens 12 m auf beiden Seiten eines Bogens, einer Streckenarmatur bzw. 12 m bei einem Abzweig, Endverschluß oder einer Querschnittsänderung zu sichern.

Bei Rohrleitungen im Grundwasser verringert der Auftrieb die Gewichte und damit auch den Erdwiderstand.

Beim Einbau von bindigen Böden im Grundwasser sowie bei schwer verdichtbaren bindigen Böden weicher und steifer Konsistenz (Bodenarten B 2 bis B 4 nach GW 310) geht die Reibungszahl μ gegen 0. Die im alten Merkblatt genannten μ -Werte für solche Bodenarten waren sehr unsicher, daher wird in diesem Fall empfohlen, die gesamte Rohrleitung längskraftschlüssig zu sichern. Alternativ dazu können Fachleute zu Rate gezogen werden.

Neuere Untersuchungen zur Mantelreibung

Im Merkblatt Ausgabe April 1973 wird unterstellt, daß die Reibungszahl μ unabhängig von der Rohrumhüllung ist.

Untersuchungen an duktilen Gußrohren mit den heute üblichen Umhüllungen haben gezeigt, daß die Reibungszahl in erheblichem Umfang von der Umhüllung abhängig ist. So liegt sie für zementmörtel-umhüllte Gußrohre bzw. Gußrohre mit Zinküberzug und Deckbeschichtung etwa 50 % über dem Wert von polyethylenumhüllten Rohren. Die Unterschiede zwischen den μ -Werten für bindigen Boden, wie er für eine ordnungsgemäße Grabenverfüllung geeignet ist (halbfester Lehm) und Sand sind relativ gering. Die Reibungszahl μ für Lehm kann deutlich über 0,5 liegen. Die Annahmen im Merkblatt liegen daher deutlich auf der sicheren Seite.

Weitergehende Betrachtungen:

Weitere Optimierungen der Sicherungslängen sind möglich, wenn man den vereinfachten Ansatz mit zwei Linienlasten für die Berechnung der Mantelreibung verläßt und von der tatsächlichen Spannungsverteilung am Rohrumfang ausgeht. Die ist abhängig von

- Auflagebedingungen des Rohres
- Art und Güte der Verdichtung der Grabenverfüllung

Tabelle 1: Übersicht längskraftschlüssiger Steckmuffenverbindungen (Stand 06/98)

| | ohne Sicherungskammer | mit vorgesetzter Sicherungskammer | mit integrierter Sicherungskammer |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| mit Schweißwulst am Einsteckende | - | TIS/SIS | TIS-K TKF VRS |
| mit Nocken am Einsteckende | - | - | BAIO |
| ohne Schweißwulst am Einsteckende | TYTON-SIT ² | - | NOVO-SIT TKF-Z |

² nicht für Gasleitungen geeignet

- geometrische Proportion Rohr/Rohrgraben
- Steifigkeitsverhältnis Rohr/Grabenverfüllung/umliegender Boden

Erste Berechnungen unter Anwendung einer Spannungsverteilung analog zum ATV-Arbeitsblatt A 127 zeigen, daß bei kleinen Rohrdurchmessern (\leq DN 150) eine Sicherungslänge von 6 m (eine ganze Rohrlänge) für eine große Bandbreite von Bodenarten ausreichen könnte.

Die vorgenannten Untersuchungsergebnisse sind noch nicht in den Merkblatt-Entwurf eingeflossen. Die bisher regional und experimentell gewonnenen Erkenntnisse sollen bundesweit und mit Hilfe von Praxisversuchen überprüft werden. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens soll weiterhin der theoretische Ansatz gemäß ATV A 127 für das Interaktionsverhalten des Systems Druckrohr/Boden abgesichert werden.

Sollten sich die bisher gewonnenen Erkenntnisse im Rahmen des Forschungsvorhabens bestätigen und kürzere Sicherungslängen möglich sein, werden diese Ergebnisse in einer künftigen Überarbeitung des Merkblattes Berücksichtigung finden. Bis dahin sollten in jedem Fall die Sicherungslängen des Merkblatt-Entwurfes verwendet werden.

6. Bauarten längskraftschlüssiger Verbindungen

GW 368 enthält Tabellen, die eine Übersicht von typgeprüften längskraftschlüssigen Muffenverbindungen für Rohre, Formstücke und Armaturen enthalten.

Neben geometrischen Darstellungen der Konstruktionen sind auch Angaben über die zulässigen Betriebsdrücke PFA und die Abwinkelbarkeiten angegeben. Die Tabellen sind außerdem in die nach DIN EN 545 relevanten Nennweiten-Gruppen unterteilt.

Es ist zweckmäßig, die verschiedenen längskraftschlüssigen Verbindungsarten zu gliedern in

- formschlüssige Steckmuffenverbindungen, bei denen die Einsteckenden mit Schweißwulst oder Nocken versehen sind bzw. in
- reibschlüssige Steckmuffenverbindungen, deren Einsteckenden glatt sind.

Darüber hinaus wird zwischen Systemen mit vorgesetzter oder integrierter Sicherungskammer und Systemen ohne Sicherungskammer unterschieden (Tabelle 1).

6.1 Steckmuffenverbindungen mit Schweißwulst am Einsteckende (formschlüssig)

Ein typischer Vertreter dieser Kategorie ist die TIS-K-Verbindung. Weiterhin gehören dazu die TKF-, die VRS- und die TIS-Verbindung.

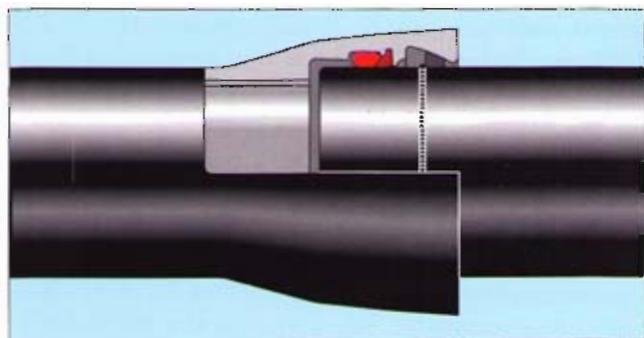


Bild 6: TIS-K-Verbindung

Diese Verbindungsarten mit einem Schweißwulst am Einsteckende sind für einen großen Nennweiten- und Druckbereich verfügbar und für Transportleitungen besonders gut geeignet. Auf den Schweißwulst können hohe Schub- und Druckkräfte übertragen werden. Bei dem System TIS-K ist die Sicherungskammer angegossen (Bild 6).

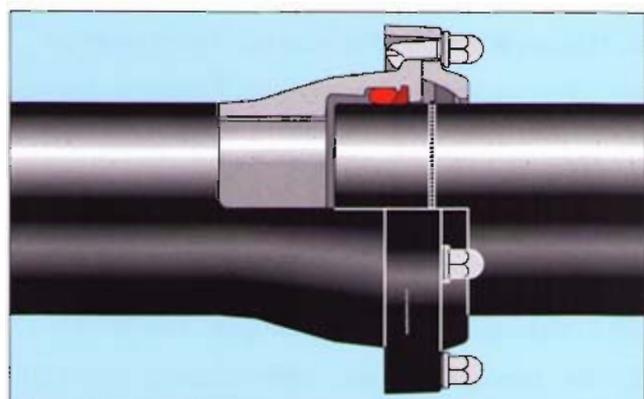


Bild 7 TIS-Verbindung

Der Schweißwulst übernimmt die Sicherung des Halteringes. Bei der Verbindung TIS (mit TYTON-Dichtung bis DN 700) bzw. STS (mit Standard-Dichtung ab DN 800) wird die vorgesezte Sicherungskammer durch spezielle Schrauben gehalten (Bild 7). Die Konstruktionsmerkmale der TIS-K-Verbindung sind mit denen der TIS-Verbindung vergleichbar.

Die TKF-Verbindung und die VRS-Verbindung haben ähnliche Funktionsweisen wie die TIS-K-Verbindung. Anstelle des Halteringes werden entweder mehrere

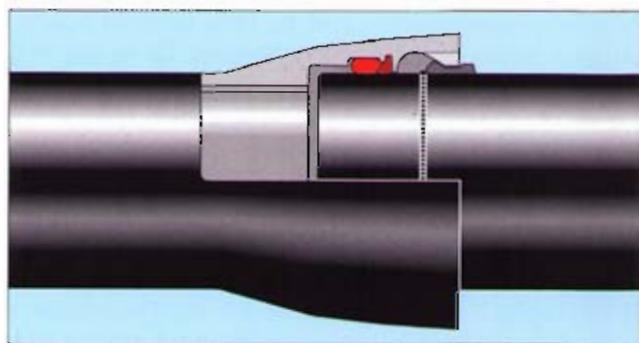


Bild 8: TKF-Verbindung

Segmente verwendet, die bei der Montage durch ein Fenster in der Muffenstirn eingeführt werden (TKF, Bild 8) oder es wird ein mehrteiliger Riegel nach der Montage in die Muffenausnehmungen eingelegt und mit einem Sicherungselement fixiert (VRS).

Die Tabelle 2 gibt einen groben Überblick über den Einsatzbereich dieser Verbindungstechnik.

6.2 Steckmuffenverbindungen mit Nocken am Einsteckende (formschlüssig)

Die BAIO-Verbindung ist eine formschlüssige Verbindung für aufeinander abgestimmte Armaturen und Formstücke mit angegossenen Nocken auf dem Einsteckende, die in eine dazu passende Bajonettverriegelung der BAIO-Muffe eingreifen und eine längskraftschlüssige Verbindung erzeugen. Dichtung und Haltefunktion sind getrennt. Die Abdichtung erfolgt durch die TYTON-Dichtung.

Die BAIO-Verbindung ist im Nennweitenbereich DN 80 bis DN 200 für Betriebsdrücke bis PFA 16 geeignet (Tabelle 3). Sie bietet mit ihrer Kompatibilität zu Rohrleitungsbauteilen aus anderen Eisenwerkstoffen und Kunststoffen passable und wirtschaftliche Lösungen im gesamten Formstück- und Armaturenprogramm.

6.3 Steckmuffenverbindungen ohne Schweißwulst am Einsteckende (reibschlüssig)

Bei der TYTON-SIT-Verbindung wird eine TYTON-Dichtung mit einvulkanisierten Segmenten aus gehärtetem, nichtrostendem Stahl verwendet (Bild 9). Durch ihr Konstruktionsprinzip - integrierte Halte-segmente im Dichtungsring - hat sie deutlich gesteckte Einsatzgrenzen. Sie liegen bei DN 400 und PFA 10. Sie stellt in dem vorgesehenen Verwendungsbereich eine sehr wirtschaftliche Lösung dar.

Bei der NOVO-SIT-Verbindung handelt es sich um eine Muffenausführung, die dem System TIS-K ent-

Tabelle 2: Übersicht längskraftschlüssiger Steckmuffenverbindungen mit Schweißwulst am Einsteckende

| | Nennweitenbereich | zul. Betriebsdrücke (nennweitenabhängig) | zul. Abwinkelbarkeit (nennweitenabhängig) |
|---------|-------------------|---|--|
| TIS/STS | DN 100 bis 1200 | PFA 64 bis PFA 10 | 4° bis 1,5° |
| TIS-K | DN 100 bis 800 | PFA 40 bis PFA 16 | 3° bis 2° |
| TKF | DN 300 bis 1200 | PFA 40 bis PFA 20 | 4° bis 1° |
| VRS | DN 80 bis 400 | PFA 64 bis PFA 25 | 5° bis 3° |

| | Nennweitenbereich | zul. Betriebsdruck (nennweitenabhängig) | zul. Abwinkelbarkeit |
|------|-------------------|---|----------------------|
| BAIO | DN 80 bis 200 | PFA 16 | bis 3° |

Tabelle 3: Übersicht Steckmuffenverbindung BAIO

spricht. Anstelle des Schweißwulstes und des Halterings wird ein Gummiring mit einvulkanisierten Segmenten aus gehärtetem, nichtrostendem Stahl eingesetzt (Bild 10). Die TKF-Z ist eine der NOVO-SIT ähnliche Konstruktion (Bild 11).

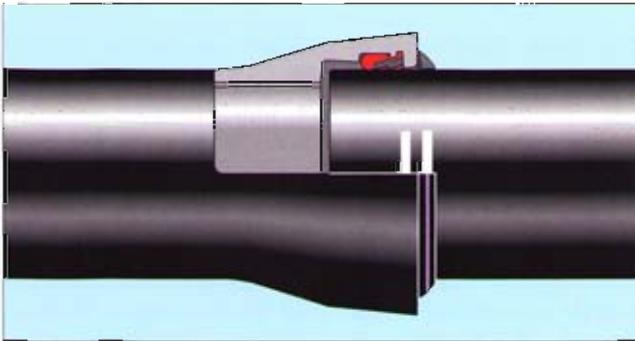


Bild 9: TYTON-SIT-Verbindung

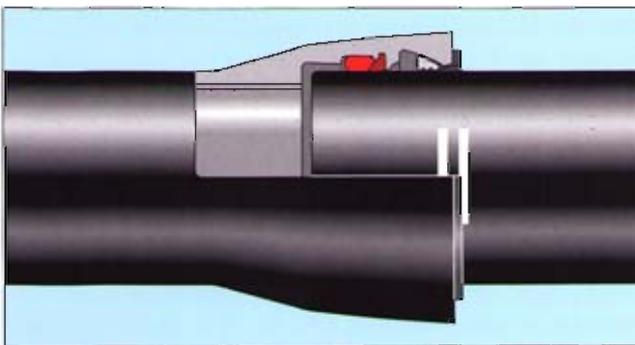


Bild 10: NOVO-SIT-Verbindung

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Anwendungsbereiche der längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindungen ohne Schweißwulst.

6.4 Längskraftschlüssige Schraubmuffenverbindungen

Längskraftschlüssige Schraubmuffenverbindungen werden in erster Linie für U- bzw. EL-Stücke verwendet, um einzelne Leitungsabschnitte längskraftschlüssig verbinden zu können bzw. für Einbindungen. Im Bereich längskraftschlüssiger Schraubmuffenverbindungen kann zwischen den Systemen mit Verriegelungselementen und denen mit Klemmring unterschieden werden.

Bei längskraftschlüssigen Schraubmuffenverbindungen mit Verriegelungselementen hat der Schlüsselbund des Schraubringes entgegen der Einschraubdrehrichtung nach innen fallende Einschubkanäle mit rechteckigem Querschnitt. Durch das tangentiale Eintreiben von gezahnten Keilen, die sich dabei in das Einsteckende einschneiden, wird eine längskraftschlüssige Verbindung erzeugt.

Für die Systeme mit Klemmring existieren zwei Arten von Verbindungen: mit einfachem Klemmring und mit Klemmring spezial. Tabelle 5 (Seite 56) gibt

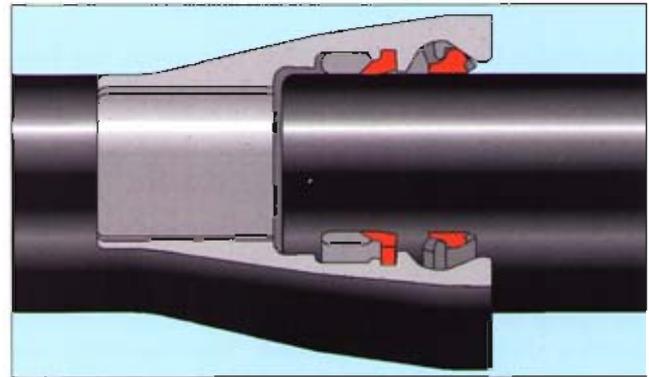


Bild 11: TKF-Z-Verbindung

einen Überblick über die Einsatzbereiche längskraftschlüssiger Schraubmuffenverbindungen.

6.5 Maßnahmen zur nachträglichen Herstellung der Längskraftschlüssigkeit

Für das nachträgliche Sichern einer Muffenverbindung können neben Betonwiderlagern auch Klemmschellen verwendet werden, die im allgemeinen aus zwei gleichen Teilen bestehen und durch Schrauben oder Klammern miteinander verbunden werden. Die Längskraftschlüssigkeit bewirkt der über die Muffe greifende Halteteil im Zusammenspiel mit den gezahnten oder mit Reibflächen versehenen Druckplatten in den Aussparungen der Schelle. Klemmschellen besitzen keine Typprüfung nach DIN EN 545. Es sollten jedoch nur solche Bauteile eingebaut werden, die in Anlehnung an die Anforderungen von DIN EN 545 geprüft sind.

Die Einsatzbereiche von Klemmschellen sind den Herstellerkatalogen zu entnehmen.

Tabelle 4: Übersicht längskraftschlüssiger Steckmuffenverbindungen ohne Schweißwulst am Einsteckende

| | Nennweitenbereich | zul. Betriebsdrücke (nennweitenabhängig) | zul. Abwinkelbarkeit (nennweitenabhängig) |
|-----------|-------------------|--|---|
| TYTON-SIT | DN 80 bis 400 | PFA 16 bis PFA 10 | 3° |
| NOVO-SIT | DN 80 bis 700 | PFA 40 bis PFA 10 | bis 3° |
| TKF-Z | DN 100 bis 600 | PFA 40 bis PFA 20 | bis 3° |

| | Nennweitenbereich | zulässige Betriebsdrücke (nennweitenabhängig) | zulässige Abwinkelbarkeit (nennweitenabhängig) |
|----------------------------|-------------------|---|--|
| mit Verriegelungselementen | DN 80 bis DN 400 | PFA 16 bis PFA 10 | 2° |
| mit Klemmring | DN 80 bis DN 300 | PFA 16 | 3 bis 2° |
| mit Klemmring spezial | DN 300 bis DN 400 | PFA 16 | 3° |

Tabelle 5: Übersicht längskraftschlüssiger Schraubmuffenverbindungen

7. Einsatz längskraftschlüssiger Rohrverbindungen in Sonderbauverfahren

Neben der klassischen Verwendung von längskraftschlüssigen Verbindungen im Rohrleitungsbau können die Eigenschaften längskraftschlüssiger und gleichzeitig gelenkiger Muffenverbindungen auch in Sonderbauverfahren ausgenutzt werden.

Hier sind z. B. das Horizontalbohrverfahren, das Einziehen von Rohrleitungen aus duktilen Gußrohren in Schutzrohre und Kanäle, das Einziehen von Flußdükern in offene Baggerrinnen sowie das Einschwimmen und Absenken von Dükerleitungen zu nennen.

Da sich auch bei diesen Verfahren oftmals einzelne Muffenverbindungen in einem ungereckten Zustand befinden können, ist eine Reckung vor dem Anschluß der Leitungsenden an Fixpunkte (z. B. Bauwerke, eingeeordnete Leitungen) erforderlich. Die Reckwege der einzelnen längskraftschlüssigen Konstruktionen betragen wenige Millimeter.

Deshalb sind während der Planungsphase und bei der Ausführung von Sonderbauverfahren mit längskraftschlüssigen Verbindungen die Einbauanweisungen sowie spezielle Hinweise der Hersteller zu beachten.

8. Ausblick

Der Markt bietet zwischenzeitlich ausgereifte und auf den Anwendungsfall zugeschnittene längskraftschlüssige Verbindungen, die das gesamte Rohrleitungssystem – Rohre, Formstücke und Armaturen – erfassen.

Mit den Verbindungen NOVO-SIT und BAIO sind auch längskraftschlüssige Verbindungssysteme für den Übergang von Rohren, Formstücken und Armaturen aus duktilem Gußeisen auf Kunststoff-Rohre mit den jeweils passenden Dicht- und Klemmringsen vorhanden. An Prüfbedingungen, die an unterschiedlichen Materialien angepaßt und an DIN EN 545 angelehnt sind, wird zur Zeit gearbeitet.

Mit der Durchführung der vorgeschriebenen Typprüfungen nach DIN EN 545 wird ein hohes Maß an Sicherheit bezüglich Dichtigkeit, Ausreißbarkeit und Abwinkelbarkeit gegeben.

Mit dem voraussichtlich Ende 1998 erscheinenden überarbeiteten DVGW-Merkblatt GW 368 wird der Anwender und Rohrnetzbetreiber in der Lage sein, ausgereifte und typgeprüfte längskraftschlüssige Verbindungen dem jeweiligen Anforderungsprofil entsprechend auszuwählen. Die in den Beiblättern für die verschiedenen längskraftschlüssigen Systeme angegebenen Betriebsdrücke (PFA) sind Werte, die der Hersteller mit großer Sicherheit garantieren kann.

Neubau der Trinkwasserversorgungsanlagen im Saxettal

Von Hans Müller

Hochgebirgs-Trassen verlangen immer wieder Höchstleistungen vom Planer und Rohrbauer, aber auch vom Material. Hier sind duktile Gußrohre mit ihrer besonderen Robustheit und dem trotz aller äußerer Umstände einfachen Einbau meistens erste Wahl.

Auch im vorliegenden Fall waren extreme Gefällestrecken zu überwinden, die das Äußerste von Mensch und Material forderten. Besonders die Zementmörtelumhüllung der eingesetzten Rohre erwies sich dabei als gute Wahl, die den Einbau vereinfachte und durch den Entfall von Bettungsmaterial erhebliche Kosten einsparen half.

1. Aufgabenstellung

Die Industriellen Betriebe Interlaken IBI beliefern ihr Versorgungsgebiet bei steigender Tendenz jährlich mit ca. 2,8 Mio m³ Trinkwasser. Etwa 85 % der

Bild 1: Prinzipschema der Wasserkraftnutzung im Saxettal

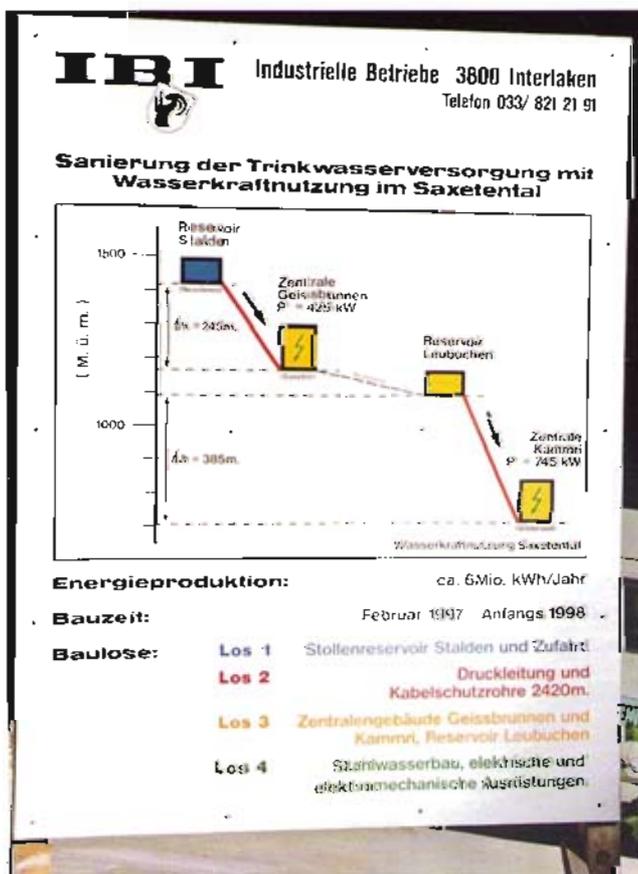


Bild 2: Blick vom Reservoir Stalden

Abgabemenge werden in der reizvollen Ferienlandschaft des Saxettales, südwestlich von Interlaken gelegen, gewonnen.

Die Anlagen zur Gewinnung und zum Transport des Wassers stammen zum Teil noch aus der Zeit um die Jahrhundertwende. Die Zubringerleitungen, hergestellt mit Rohren aus Grauguß, waren als reine Freifalleitungen ausgeführt. Die Rohre waren mit der starren, verbleiten Stemmuffenverbindung ohne Schubsicherung montiert.

Wegen technischer Überalterung der Gesamtanlage und aufgrund der Tatsache, daß der gestiegene Trinkwasserbedarf mit dem vorhandenen Leitungsquerschnitt von 300 mm nicht mehr gedeckt werden kann, führten die IBI eine umfassende Sanierung der Wasserversorgungsanlagen im Saxettal durch. Gleich-

zeitig mit der Sanierung bot sich aufgrund des großen Gefälles der Leitung die Möglichkeit an, das Trinkwasser auch energetisch zu nutzen [1] (Bild 1 und 3).

2. Planung

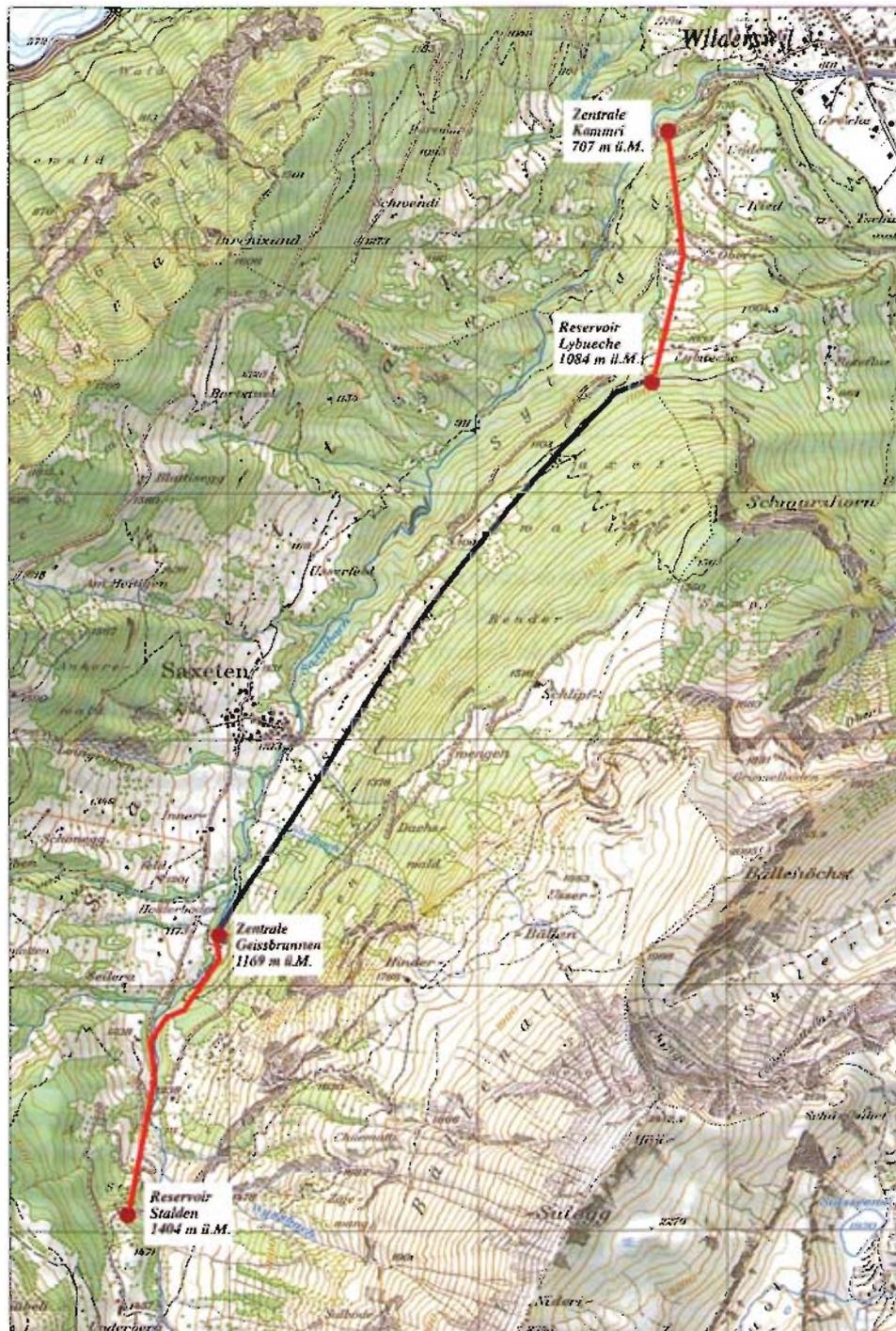
Die Rohrleitungstrasse führt z.T. durch äußerst schwieriges Gelände über Steilhänge mit einer Neigung bis zu 50° (Bild 2). Das bedeutete, daß die Arbeiten zur Erstellung des Rohrgrabens und die Rohrmontagen in einem Gefälle bis zu rund 119% ausgeführt werden mußten. Es war deshalb anzustreben, soviel wie möglich zusätzliche Maßnahmen, wie aufwendige Rohrbettung, Bau von teuren Betonwiderlagern und Abtransport von Grabenaushubmaterial, zu vermeiden. Zu berücksichtigen war auch, daß der

Antransport der zusätzlich zu den Rohren erforderlichen Materialien oft nur mit einem Helikopter möglich gewesen wäre. Eine unnötige Belastung der Natur und des Umfeldes als Feriengebiet war zu vermeiden.

3. Rohrmaterial

Nach sorgfältigem Abwägen der örtlichen Gegebenheiten und der behördlichen Auflagen sowie nach intensiven Vergleichen der in Betracht kommenden Rohrwerkstoffe wurde eine Entscheidung für Rohre aus duktilem Gußeisen DN 400 mm mit der vieltausendfach bewährten TYTON-Steckmuffenverbindung mit integrierter Schubsicherung, System TIS-K, getroffen.

Bild 3: Verlauf der Leitung



Rohre aus duktilem Gußeisen sind in DIN EN 545 genormt [2]. In Europa werden sie seit 1951 hergestellt. Sie kommen inzwischen weltweit zum Einsatz. Maßgebend für die Entscheidung, die Sanierung der Trinkwasserleitung im Saxetal mit duktilen Gußrohren durchzuführen, waren besonders folgende Gründe:

- Rohre aus duktilem Gußeisen haben beachtliche Festigkeitseigenschaften. Sie bieten hohe Sicherheiten gegen Beanspruchungen aus höchsten Innendrüken. Sie widerstehen vom Werkstoff her praktisch allen auftretenden Erd- und Verkehrslasten.
- Rohre und Formstücke sind mit der beweglichen, gummigedichteten Steckmuffenverbindung System TYTON [3] ausgerüstet, die bei DN 400 Abweichungen aus der Geraden bis zu 4°, das entspricht einer Abwinkelung von 0,4 m pro Rohrlänge, erlaubt. Sie wirkt wie ein längsverschiebbares Gelenk, weshalb sich Biegemomente und Längskräfte nicht von Rohr zu Rohr übertragen. Die Rohrleitung mit TYTON-Verbindungen paßt sich den Geländeunebenheiten weitestgehend an; Formstücke können eingesparrt werden.



Bild 4: Bogen MMK 11° mit Schubsicherung TKF

- Die Rohrbaulänge von 6 m bedingt keine besonderen Geländeadjustierungen.
- Die Rohre haben eine integrierte Schubsicherung System TIS-K (s. Seite 5-4). Die Schubsicherung nimmt sehr hohe Längszugkräfte auf, ohne die Beweglichkeit der Rohre untereinander zu behindern. Sie erübrigt Betonwiderlager, deren Erstellung besonders in Hanglagen ungleich teurer ist. Ein Vorteil des Systems TYTON-TIS-K ist ferner, daß die Rohrverbindungen auch mit hangabwärts gerichteter Muffe zusammengesüßt werden können und sich die Schubsicherung praktisch selbst arretiert, d. h., ein zusätzlicher Arbeitsgang zur Verriegelung der Schubsicherung, wie es bei Einbauten in Horizontalage oder bei hangaufwärts gerichteter Muffe zwingend erforderlich ist, entfällt.
- Die Formstücke sind ebenfalls mit integrierter Schubsicherung ausgerüstet (Bild 4). Die Formstücke wurden nachträglich mit Korrosionsschutzbinden umhüllt. Zusätzlich wurden die Muffen mit einer Schrumpfmanschette isoliert.
- Die Rohre sind mit einer Zementmörtel-Umhüllung (ZM-U) nach DIN 30 674 Teil 2 |4| versehen, die äußerst robust, schlag- und stoßunempfindlich ist.

Bild 5: Steilhang oberhalb der Zentrale Kammeri



Bild 5 zeigt einen auf die Rohrleitung gerutschten Felsblock von ca. 250 kg Gewicht. An der ZM-Umhüllung waren keine Beschädigungen feststellbar. Die ZM-Umhüllung ermöglicht den Verzicht auf Kieseinbettung, weshalb schwieriger Antransport von teurem Bettungsmaterial und Abtransport von Erdmassen entfallen kann. Der vorhandene Aushub kann zur Verfüllung des Rohrgrabens wieder verwendet werden.

4. Einbau

Die Rohreinbauarbeiten wurden im Laufe des Jahres 1997 im 1043 m langen Steilhang vom Reservoir

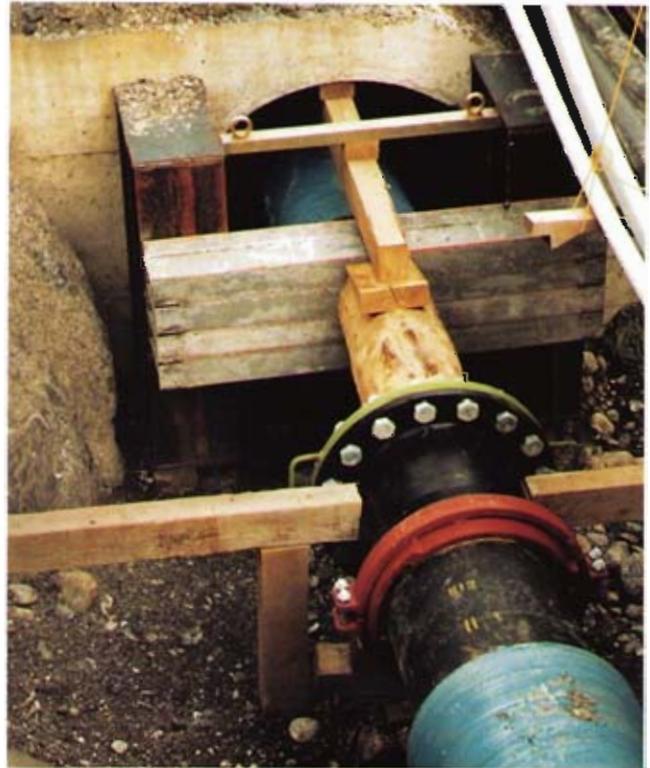


Bild 6: Druckprobe mit 45 bar über 4 Stunden. Erlaubter max. Druckabfall 0,2 bar

Leubuchen zur Zentrale Kammeri begonnen. Die zu überwindende Höhe betrug 379 m. Trotz schwierigster Bedingungen betrug die Verlegeleistung bis zu 11 Stück Rohre pro Tag. Die Rohre wurden mit einem Helikopter herangeschafft und mußten dann erst einmal mit Seilen an Bäumen und Felsen befestigt werden. Die Verlegung erfolgte wegen der zuvor erwähnten Verriegelung von oben nach unten. Dafür benutzte die Baufirma einen Schreitbagger (Bild 7). Druckproben an Teilabschnitten (Bild 6) mit 45 bar Überdruck bestätigten die Dichtheit der Rohre und der Rohrverbindungen.

Die Arbeiten vom Reservoir Stalden zur Zentrale Geissbrunnen mit einer Höhendifferenz von 235 m und einer Länge von 1254 m gestalteten sich teilweise etwas leichter, weil mehr Bauraum zur Verfügung stand und die Trasse mehr durch freies und relativ gut zugängliches Gelände führte.

Ende 1997 war die Rohrleitung fertig eingebaut. Die Druckproben an allen Teilabschnitten waren ohne Beanstandungen durchgeführt worden.

5. Schlußbemerkungen

Die Richtigkeit der Entscheidung, Rohre aus duktilem Gußeisen mit Zementmörtelumhüllung einzusetzen, wird auch durch eine abschließende Kostenbetrachtung bestätigt. Allein durch den Entfall von Bettungsmaterial inklusive Antransport und Verteilung im Rohrgraben wurden erhebliche Kosten eingespart.

Der Einsatz der Rohre aus duktilem Gußeisen mit Zementmörtel-Umhüllung trug maßgeblich dazu bei, daß die Arbeiten umweltgerecht, kostengünstig und zeitsparend ausgeführt werden konnten. Am Beispiel Saxeten wurde erneut bestätigt, daß Rohre aus duktilem Gußeisen mit der beweglichen TYTON-Steckmuffenverbindung und der robusten ZM-Umhüllung auch bei extremen Einbaubedingungen problemlos montierbar sind und ein hohes Maß an Sicherheit bieten.

Literatur

- [1] Sanierung der Trinkwasserversorgung mit Wasserkraftnutzung im Saxetal; Druckschrift der IBI vom August 1994
- [2] DIN EN 545
Rohre, Formstücke, Zubehörteile aus duktilem Gußeisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen; Anforderungen und Prüfverfahren
- [3] DIN 28 603
Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen; Steckmuffen-Verbindungen; Anschlußmaße und Massen
- [4] DIN 30 674 Teil 2
Umhüllung von Rohren aus duktilem Gußeisen; Zementmörtelumhüllung



Bild 7: Arbeiten mit Schreitbagger

Trinkwasseranschlußleitung für die Stadt Blieskastel – im östlichen Saarland – mit dem UNIVERSAL-Rohrverbindungssystem

Von Hans Behrendt-Emden, Axel Schwarz und Manfred Jung

Für die zukünftige Sicherstellung der Wasserversorgung in Blieskastel mit ca. 700.000 cbm/a war der Bau einer Versorgungsleitung vom Hölschberg in Biesingen zum Hochbehälter Gollenstein in Blieskastel erforderlich geworden. Im Auftrag der Wasserwerke Bliestal GmbH, einer Gesellschaft der Stadtwerke Saarbrücken, des Saarpfalzkreises und des Stadtverbandes Saarbrücken, wurde die neue Trinkwasserversorgungsleitung gebaut.

1. Allgemeines

Mit der Planung, Ausschreibung und Bauüberwachung wurde ein Planungsbüro beauftragt, das unter anderem durch seine regionalen Kenntnisse zur Kostenminimierung der Baumaßnahme beitrug. Der günstigste Einbindepunkt an die Einrichtung der Wasserwerke Bliestal GmbH war die Schiebergruppe in der Straße „Am Hölschberg“. Somit ergab sich eine Trassenlänge von 6.100 m. Im hydraulischen Nachweis wurde die Leitungsdimension mit DN 250 bestimmt. Nach Betrachtung der verschiedenen Rohrwerkstoffe und ihrer Eigenschaften entschied sich der Bauherr für das duktile Gußrohr mit dem UNIVERSAL-Rohrverbindungssystem.

2. Trassenführung

Die Leitungstrasse verläuft auf dem ersten sowie auf den beiden letzten Kilometern mit zahlreichen Richtungsänderungen entlang der Parzellengrenzen. Im mittleren, ca. 2,5 km langen Streckenabschnitt konnte die Rohrleitung in einem Radweg eingebaut werden, wobei dieser Teil nur wenige Richtungsänderungen aufweist.

Bei den als Service-Leistung aus-

Bild 1:
UNIVERSAL – Ein Rohr ermöglicht vier verschiedene Verbindungen

geführten Bodenuntersuchungen gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 9 wurde erkennbar, daß die Leitungstrasse stark unterschiedliche Bodenarten durchläuft. So war in der Gemarkung Biesingen ein schwerer lehmiger Kalksteinboden anzutreffen, während in der Gemarkung von Blieskastel sandiger und steiniger Lehm sowie leichter Sandsteinfels vorherrschte.

3. Rohrbettung

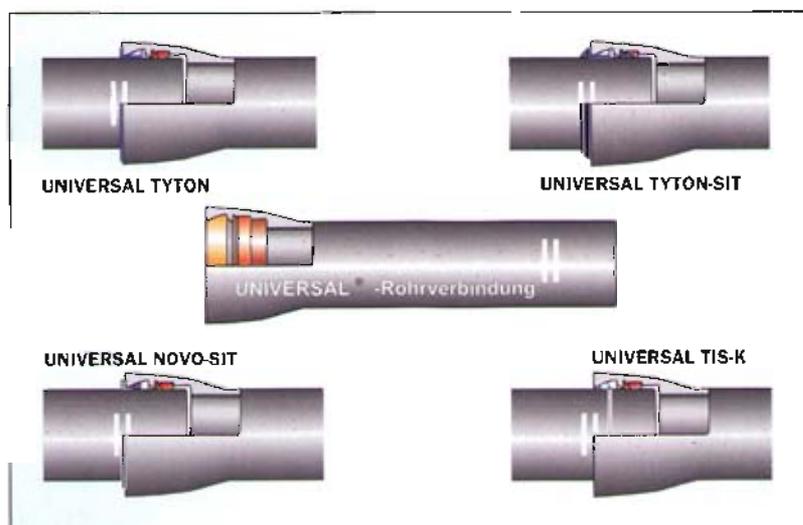
Aufgrund durchgeführter Bodenanalysen ist für das duktile Gußrohr mit Verzinkung und Deckbeschichtung keine korrosionsschutzgerechte Bettung notwendig – gemäß DIN 30 675 Teil 2 –, jedoch wurde für die Betriebsweise der Versorgungsleitung ein Steuerkabel oberhalb der Gußrohrleitung eingebaut, womit es erforderlich wurde, in der Leitungszone einen Sand in der Körnung 0–2 einzubauen.

4. Bauzeit

Der Bau der 6,1 km langen Rohrleitung DN 250 konnte in einer relativ kurzen Bauzeit von lediglich 7 Monaten – September 1997 bis März 1998 – verwirklicht werden. Dabei gilt zu bedenken, daß in diese Zeit eine lange Frostperiode mit Temperaturen bis -15°C und zahlreiche arbeitsfreie Tage – bedingt durch den Jahreswechsel – fielen.

5. Rohrleitungssystem

Aufgrund der geodätischen Höhenunterschiede stellt sich am Tiefpunkt der Rohrleitung ein Betriebsdruck von 8,6 bar ein. Die Druckstoßberechnung ohne Berücksichtigung druckdämpfender Maßnahmen hatte ergeben, daß die Leitung für einen Nenndruck von 16 bar zu dimensionieren war. Der Kostenvergleich dieses Systems mit der Druckstufe PN 10, einschließlich notwendiger Dämpfungsmaß-



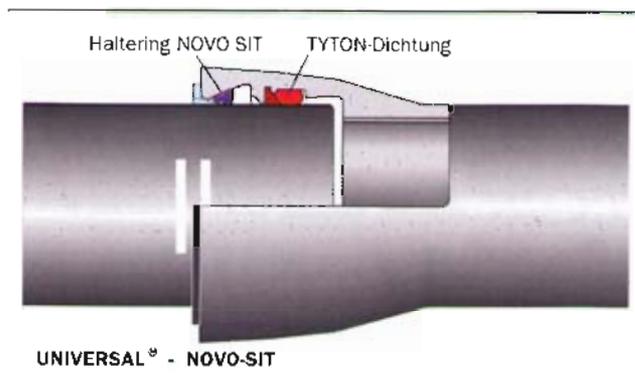


Bild 2: Verbindung UNIVERSAL-NOVO-SIT

nahmen, fiel zugunsten der höheren Druckstufe aus. Bei dem gewählten UNIVERSAL-Rohrleitungssystem waren in der Druckstufe PN 16 nur Mehrpreise für Armaturen und Flanschformstücke zu berücksichtigen. Damit war diese Lösung wirtschaftlicher als die Wahl der Druckstufe PN 10 mit zusätzlichen Einbauten, wie dämpfenden Armaturen, Windkessel usw.

Nach einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung fiel die Entscheidung, die Rohrleitung mit längskraftschlüssigen Verbindungen anstelle von Betonwiderlagern zu sichern. Gemäß DVGW - Arbeitsblatt GW 368 sind an Richtungsänderungen und Streckenabsperrrmaturen eine bestimmte Anzahl von Rohrstrecken längskraftschlüssig anzulegen. Die Addition der längskraftschlüssigen Rohrstrecken ergab, daß ca. 50% aller Rohrverbindungen längskraftschlüssig auszuführen waren.

Als besonderer Vorteil zeigte sich bei dieser Maßnahme die Wahl des UNIVERSAL-Rohrverbindungssystems (Bild 1), bei dem ein Rohrtyp vier verschiedene Verbindungssysteme zuläßt, und zwar TYTON, TYTON-SIT, NOVO-SIT und TIS-K.

Unter Beachtung der Anforderungen entschied sich der Bauherr, die längskraftschlüssigen Streckenabschnitte mit der Verbindung UNIVERSAL-NOVO-SIT (Bild 2) herzustellen. Entlang der gesamten Trasse wurde somit ein Rohrtyp ausgelegt, bei dem die TYTON-Muffe eine vorgegossene Schubsicherungskammer hat. In den Streckenabschnitten, in denen lediglich die normale Steckmuffenverbindung erforderlich war, wurde somit in die Muffe die TYTON-Dichtung eingesetzt und in den längskraftschlüssigen Abschnitten zusätzlich der NOVO-SIT-Haltering.

Diese Lösung hat die Baumaßnahme vereinfacht, denn es entfiel die getrennte Lagerung von Rohren auf der Baustelle, d.h. die entlang der Leitungstrasse ausgelegten Rohre konnten je nach Anforderung mit oder ohne längskraftschlüssiges Rohrverbindungssystem eingebaut werden.

Das längskraftschlüssige Rohrverbindungssystem UNIVERSAL-NOVO-SIT ist in der Nennweite 250 für einen Betriebsdruck von 25 bar konstruktiv ausgelegt. Bei diesem reibschlüssigen Verbindungssystem sind in den Haltering Hartmetallzargen einvulkanisiert, welche sich unter einer axialen Zugbeanspruchung in der

Rohroberfläche verkrallen. Haltering und Dichtung werden in separaten Kammern eingebaut und gewährleisten ein sicheres System, welches Abwinkelungen auch unter Betriebsbedingungen zuläßt.

6. Bauausführungen

Die anstehenden Bodenarten sowie der längere gestreckte Trassenabschnitt boten sich an, für die gesamte Baumaßnahme eine Grabenfräse (Bild 3) einzusetzen. Der vorher erwähnte Radweg verläuft unmittelbar neben einer verkehrsreichen Straße, die von Gehölz und Bäumen gesäumt wird. In diesem Abschnitt kamen die Vorteile der gewählten Fräse besonders zum Tragen, da sie über ein integriertes Förderband den Aushub direkt auf LKW verladen konnte. Im Vergleich zum Aushub mit einem Bagger hätte dieser, aufgrund des großen Schwenkbereiches, weitergehende Verkehrsbeeinträchtigungen zur Folge gehabt. Außerdem hätte der Bewuchs - Gehölz und Bäume - mit beträchtlichem Aufwand geschützt werden müssen.

Nachdem im Ackergelände der Mutterboden abgeschoben bzw. im Bereich des Radweges die Asphaltdecke eingeschnitten war, konnte die Grabenfräse Tagesleistungen von 500-600 m erzielen. Um den Graben nicht zu lange offenstehen zu lassen, war es erforderlich, die Verlegeleistung der Baukolonne an die Tagesleistung der Fräse anzupassen (Bild 4).

Aufgrund der langen eindeutigen Gefällestrrecken war es möglich, mit nur einer Tiefenstellung der Fräse den Rohrgraben auszuheben. Das Fräsgut, vor allem aus

Bild 3: Fräsen des Rohrgrabens



dem Sandsteinfels, war so feinkörnig, daß es als ideales Bettungsmaterial für duktile Gußrohre hätte eingesetzt werden können. Im vorliegenden Fall wurde jedoch mit Rücksicht auf das mitzuverlegende Steuerkabel ein feinkörniger Sandboden verwendet.

Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten hat das planende Ingenieurbüro die Be- und Entlüftungen sowie die Entleerungen nur für den Erdeinbau, d. h. ohne Schachtbauwerke, vorgesehen.

Mit Rücksicht auf die schmale Bau-trasse und die landwirtschaftlich genutzten Flächen sollten Transporte entlang der Trasse auf ein Minimum beschränkt bleiben. Außerdem sollte der Rohrgraben unmittelbar nach der Verlegung wieder verschlossen werden und das Ackerland hergerichtet werden.

7. Schiebekammerinstallation in 3D-Darstellung

Durch den Anschluß der neuen Versorgungsleitungen wurde ein Umbau der Rohrleitungen in der Schieber-

Bild 5: 3D-Darstellung der Schiebekammer

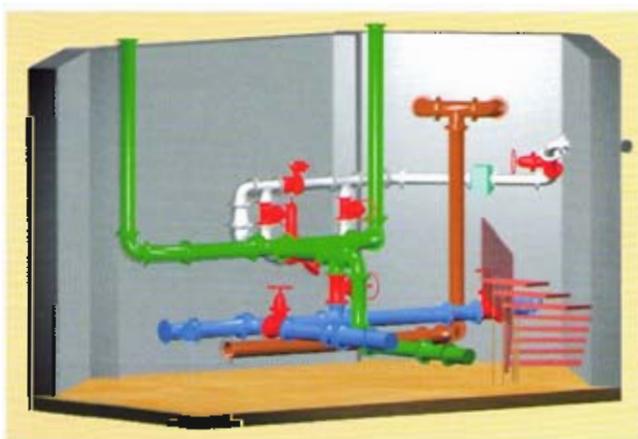


Bild 4: Rohrmontage im gefrästen Graben

kammer des Hochbehälters Gollenstein in Blieskastel erforderlich. Zur besseren Übersicht entschloß sich der Planer zu einer dreidimensionalen Darstellung der Rohrleitungsführung in der Schiebekammer (Bild 5), eine Möglichkeit, die heutige CAD-Programme erlauben.

8. Historische Entdeckung

Während der Baggerarbeiten im Bereich Biesingen „Auf dem Osterberg“ stießen die Rohrleitungsbauer in einer Tiefe von 1,2 m auf einen unterirdischen Gang (Bild 6 und 7). Recherchen ergaben, daß es sich hierbei um einen Stollen handelt, der in den Jahren 1783/1784 gebaut wurde. Seine lichte Höhe beträgt 2,2 m, die Breite 1,2 m. Er

ist aus dem anstehenden Muschelkalkfelsen herausgearbeitet und oben mit einem Gewölbe aus dicken Kalksteinplatten verschlossen. Auf der Sohle waren in einer Lehm-schicht innen und außen glasierte Tonrohre von 8 cm innerem Durchmesser und 68 cm Länge verlegt. Aus der Verlegerichtung der Rohre ist zu erkennen, daß damals schon die Rohre mit dem Einsteckende in Fließrichtung verlegt wurden. Ein Grundsatz, der von Rohrleitungsbauern immer noch gerne angewandt wird, allerdings bei den heutigen dichten Verbindungssystemen keine Rolle mehr spielt.

Mit dieser Leitung wurde das Blieskasteler Schloß des Grafen von der Leven und die zahlreichen Brunnen mit Wasser aus der ca. 5 km entfernten Ballweiler Brunnenquelle versorgt.

Um der Bruchempfindlichkeit der Tonrohre Rechnung zu tragen, hatten die damaligen Wasserleitungsbauer die Rohre in einem Dolmen verlegt, den man heute als Schutzrohr oder Versorgungstunnel bezeichnen würde. Für die Lagesicherung dieser Rohre wurden sie bis zum Scheitel in Lehm gebettet.



Bild 6: Vom Bagger verursachtes Loch im Dolmen



Bild 7: Dolmen mit Tonrohrleitung im Lehm

9. Resümee

Die Baumaßnahme hat gezeigt:

- daß der gefräste Boden eine Korngröße hat, die zur Bettung von Rohren mit einem robusten Rohraußenschutz eingesetzt werden kann
- daß die Verlegung von duktilen Gußrohren mit Steckmuffenverbindung auch bei tiefen Temperaturen von -15°C möglich ist
- daß das UNIVERSAL-Rohrverbindungssystem Vorteile bringt: Verwechslungen sind ausgeschlossen, das richtige Rohr ist immer am Einbauort
- daß durch den Einbau der entsprechenden Verbindungselemente mit einem Rohr vier verschiedene Verbindungssysteme herstellbar sind.

Fachgemeinschaft Guß-Rohrsysteme
Sachsenring 2-4

50677 Köln

