

Sonderdruck aus



UmweltBau

Fachzeitschrift für unterirdische Infrastruktur



Intelligente Bündelung unterschiedlicher Medien

Infrastrukturkanal mit hohem Anforderungsprofil und Nutzeffekt

Als Meilenstein und Brückenschlag in der Fernwärmeversorgung der Landeshauptstadt Düsseldorf gilt ein neuer Düker, der unter der Rheinsohle sowie einer Autobahn verläuft und die linksrheinischen Stadtteile mit Fernwärme versorgen wird. Herzstück ist der Infrastrukturkanal aus Hochleistungs-Stahlbetonrohren System Dywidag mit einem Außendurchmesser von 3 200 mm, der unter erschwerten Bedingungen zu realisieren war.

VON DIPL.-ING. EBERHARD WENDT,
INGENIEURBÜRO WENDT*

Innovative Baustoffe und Bauverfahren ermöglichen heute dem Planer die Realisierung großzügig dimensionierter, vorgefertigter Infrastrukturkanal-Systeme, die auf Grund ihrer technologischen Eigenschaften nicht nur widerstandsfähig gegenüber äußeren Einflüssen

und extremen Belastungen sind, sondern im Sinne von Nachhaltigkeit auch über eine lange Lebensdauer verfügen. Nachdem inzwischen solche Kanäle bis hin zu DN 4 000/DA 4 800 rationell zu fertigen und zu verlegen sind, können auch mit einer Vielzahl unterschiedlich dimensionierter Medien und Leitungen ausgestattete Projekte von den Nutzern den Anforderungen entsprechend großzügig begehbar ausgestattet werden.

Für den neuen Düsseldorfer Infrastrukturkanal hatte das beauftragte Planungsbüro die Aufgabe, ein Konzept für die erweiterte Versorgung der linksrheinischen Stadtteile zu er-

arbeiten. Dabei handelte es sich um die Neuverlegung von Fernwärmeleitungen, Gas- und Wasserleitungen und 110 kV-Stromleitungen. Die geplante neue Leitungstrasse liegt im linksrheinischen Gebiet der Stadt Düsseldorf, westlich des sogenannten „Heerdt Dreiecks“ im Stadtteil Heerdt. Dieser Stadtteil wird halbinselartig vom Rheinstrom umschlossen. Der Abstand zwischen dem südlichen Endpunkt der Trasse und dem Rheinufer beträgt etwa 300 m.

Das Anforderungsprofil der zu planenden Versorgungsleitungen bestand zunächst aus

- zwei Fernwärmeleitungen,
- sechs 110 kV-Leitungen und
- zwei Kommunikationsleitungen bzw. Leerrohren.

Im Zuge der Vorentwurfsplanung stellte der Auftraggeber später ein neues Anforderungsprofil auf, so dass anstelle der zehn Versorgungsleitungen insgesamt 21 Versorgungsleitungen einzuplanen waren. Dafür reichte jedoch der bis dahin vorgesehene Durchmesser eines Stahlrohr-Vortriebs, bestehend aus zwei Rohren DA 900, nicht mehr aus.

Es machte wenig Sinn, die Anzahl der vorzupressenden Stahlrohre zu erhöhen, da wegen vorhandener Leitungen und Schachtbauwerke kein ausreichendes Baufenster zur Verfügung stand. Deshalb entschlossen sich die Planer, in Abstimmung mit dem Auftraggeber zunächst eine Auswahl an Varianten zu erarbeiten um dann an Hand einer Entscheidungsmatrix unter Berücksichtigung von Kriterien eine Auswahl für das bestmögliche Bauverfahren zu finden. Es wurden insgesamt acht Varianten untersucht: vier Varianten für eine geschlossene und vier Varianten für eine offene Bauweise.

Der Schildvortrieb erwies sich als günstigstes Bauverfahren

Nach kritischer Bewertung aller Varianten erzielte der Schild-Rohrvortrieb mit einer mechanisch teilstützten, offenen Ortsbrust („Hauschild“) in Verbindung mit dem Einsatz von Hochleistungs-Stahlbetonrohren das beste Ergebnis. Folgende Vorteile waren dabei ausschlaggebend:

- kurze Bauzeit von nur acht Monaten
- keine Einrichtungen von Verkehrsprovisorien auf der B7
- relativ geringe Baukosten
- in Augenscheinnahme aller Leitungen jederzeit unter Betrieb

Bei der Trassierung galt es, einige Hemmnisse zu überwinden, die folgenden Verlauf als rationellste Lösung erforderlich machten: Vom Kraftwerk Lausward kommend in oberflächennaher Lage und offener Bauweise, dann abtauchend in einer Neigung von 12,5%, um als Dükertrasse die B7 in geschlossener Bauweise zu unterqueren. Die B7 ist hier als Autobahnquerschnitt mit zwei Fahrspuren und Standspur in jeder Richtung ausgebaut. Hinter der B7 wird die Leitungstrasse dann wieder ansteigend in die oberflächennahe Lage in offener Bauweise weitergeführt.

Ein neben dem Vortrieb liegendes Brückenbauwerk soll im Rahmen des Endausbaus der Anschlussstelle näher in Richtung Infrastrukturkanal verlegt werden. Die statischen Randbedingungen hierzu waren besonders zu berücksichtigen. Vor und hinter dem Versorgungstunnel ist jeweils ein Schachtbauwerk als Übergabebauwerk angeordnet, in welchem die Verknüpfung der einzelnen Leitungen zwischen dem offenen Trassenbereich und dem Versorgungstunnel hergestellt wird. Besondere Montageöffnungen und Einstiege dienen der Inspektionsfähigkeit unter laufendem Betrieb. Die kurze Bauzeit erforderte ein gleichzeitiges Bauen auf der Nord- und Südseite der B7. Außerdem musste sie so kalkuliert sein, dass der Rohrvortrieb in den hochwasserfreien Zeiten von April bis Oktober ausgeführt werden konnte. Der maximale Grundwasserstand lag jederzeit knapp unterhalb der Rohrsohle und machte deshalb keine Probleme.

Projektspezifische Besonderheiten

Bei der Planung galt es, weitere nicht alltägliche projektspezifische Besonderheiten zu berücksichtigen. Diese betreffen vor allem

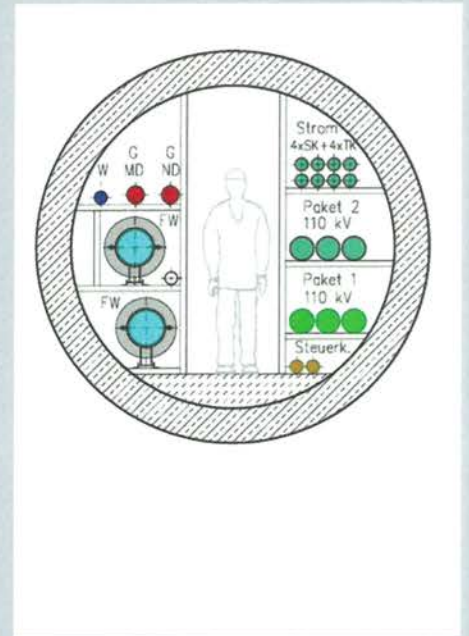
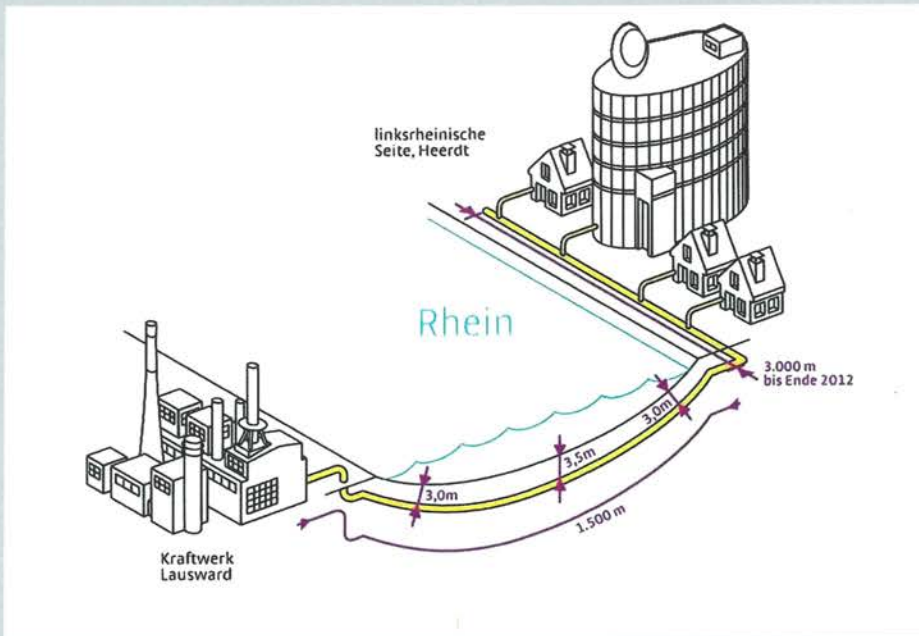
- die Geologie mit den erkundeten Anschüttungen und den zu erwartenden Setzungen,
- die Situation der Grundwasserschwankungen in Rheinnähe,
- die extrem geringe Überdeckung.
- die Ausführung einer doppelten Gleitringdichtung für die Vortriebsrohre,
- die Rohrqualitäten.

Die im Zuge der Baumaßnahme durchgeführten Recherchen wurden durch die Ergebnisse der in der geplanten Leitungstrasse ausgeführten Sondierungen bestätigt. Unter der Geländeoberfläche hatte man im geplanten Baubereich eine von Norden nach Süden hin in einer Mächtigkeit von 2,50 m bis auf maximal 8,60 m zunehmende Anschüttung festgestellt. Diese bestand aus Böden mit unterschiedlich

Neue Akzente zur nachhaltigen Energieversorgung

In Düsseldorf entsteht das effizienteste Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerk der Welt mit einem Wirkungsgrad von 85%. Die Stadtwerke arbeiten z.Zt. intensiv im Bereich der Strom- und Wärmeversorgung an einem zukunftsorientierten Konzept. Es umfasst eine zentrale Erzeugungsanlage, die nach dem umweltschonenden Prinzip der Kraft-Wärme-Kupplung gleichzeitig Strom und Energie erzeugen soll. Dazu Dr. Udo Brockmeier, Vorstandsvorsitzender der Stadtwerke Düsseldorf zur Jahrespressekonferenz:

„Wir haben die komplexen Entwicklungen im Energiemarkt, die vom veränderten Kundenverhalten über die Entwicklungen der Rohstoffpreise bis hin zum immer größer werdenden Anteil der Erneuerbaren Energien gehen, antizipiert und sehen ein großes strategisches Potenzial für saubere, hocheffiziente Erdgaskraftwerke, die Strom und gleichzeitig umweltfreundliche Fernwärme in Innenstadtnähe produzieren. Darüber hinaus sind und bleiben Ausbau und Integration erneuerbarer Energien und Wärmespeicher sowie die Nutzung industrieller Abwärme entscheidende Themen bei der Ausgestaltung der zukünftigen Energieversorgung. Unsere Kunden fordern hocheffizienten und damit CO₂-armen Strom, CO₂-freie Wärme und möglichst stabile Preise. Dafür stehen wir“.



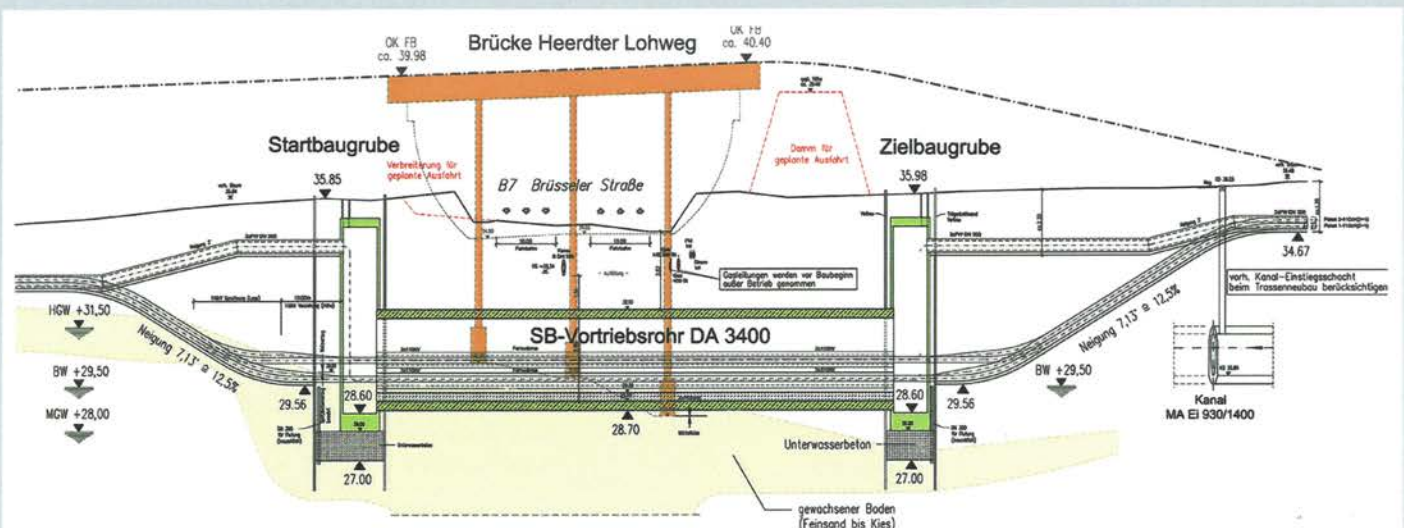
Leitungsführung vom Kraftwerk bis zu dem neuen Vodafone Campus sowie neuen Wohnbereichen.

Insgesamt 21 Leitungen unterschiedlicher Durchmesser sind in dem jederzeit leicht begehbaren Betonkanal übersichtlich angeordnet.

konzentrierten Beimengungen aus Bauschutt, Kohleresten, Aschen, Schlacken, Schamottsteinen sowie aus Glas-, Metall-, Plastik- und Holzresten. Innerhalb dieser angeschütteten Böden wurden Eindringwiderstände der Rammsonde von $N_{10}=1$ bis 5 festgestellt. Die Lagerungsdichte der Anschüttung war damit als durchweg locker, die Konsistenz der bindigen Bodenzonen als überwiegend weich bis steif einzustufen - für einen Rohrvortrieb wahrlich keine optimalen Voraussetzungen. Rohrvortriebe unter Hauptverkehrsadern sind ohnehin mit besonderen Vorsichtsmaßnahmen zu planen und um-

zusetzen. So auch unter der stark befahrenen B7. Der Einsatz eines Haubenschildes mit offener Ortsbrust war technisch nur oberhalb des Grundwasserstandes möglich. Zur Minimierung des Risikos einer möglichen bauzeitlichen Grundwasserbeeinflussung wurde eine möglichst oberflächennahe Gradiente für den Vortrieb gewählt. Die minimale Überdeckung des Rohrscheitels bezogen auf OK-Straße beträgt lediglich 2,60 m und unterschreitet damit das im Arbeitsblatt „A 125“ der DWA empfohlene Mindestmaß von 1,5 DA deutlich.

Im Hinblick auf die Gewährleistung der Standicherheit des Fahrweges der B7 bei Durchführung der Vortriebsarbeiten und zur Minimierung vortriebsbedingter Setzungseinflüsse kam bei der geringen Überdeckung der Ortsbruststützung bzw. der Ortsbrustsicherung eine entscheidende Bedeutung zu. Setzungen infolge des Rohrvortriebs müssen auf das verfahrensbedingte Mindestmaß bzw. auf das sogenannte „unvermeidbare Setzungsmaß“ begrenzt werden. Der Bodengutachter hatte unter Betrachtung „normaler“ Randbedingungen ein mögliches Setzungsmaß von 1,5 bis 3,0 cm er-



Längsschnitt der Leitungstrasse mit dem Infrastrukturkanal.



Der Vortrieb erfolgte in Schildbauweise mit offener Ortsbrust als „Haubenschild“.



Blick in den Startschacht beim Vortrieb der Stahlbetonrohre DA 3 400.

mittelt. Aus den vorgenannten Betrachtungen war für die örtlichen Randbedingungen auf ein unvermeidbares Setzungsmaß von 5,0 bis 8,0 cm zu schließen.

Für die Bauausführung wurde deshalb festgelegt, das Verformungsgeschehen an der Oberfläche während des Vortriebs vermessungstechnisch zu überwachen. Hierzu wurden im Abstand von ca. 10 m oberhalb der Firste in der Rohrtrasse sowie in der Geländeoberkante Setzungspegel bzw. sogenannte Einstangenextensometer installiert. Infolge des Vortriebs eintretende Setzungen konnten so

durch tägliche Kontrollen eingemessen und ggfs. erforderliche Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Der neue Versorgungstunnel liegt nur etwa 300 m vom Rhein entfernt. Bei höchstem gemessenen Grundwasserstand von 31,50 m taucht der Versorgungstunnel zu 2/3 in den Grundwasserhorizont ein. Der Bauwasserstand wurde im Bodengutachten mit +29,50 m angegeben und liegt damit noch 50 cm oberhalb der Rohrsohle. Daraus ist erkennbar, wie wichtig es war, den Vortrieb in die „hochwasserfreie Zeit“ einzuplanen.

Vortriebsrohre an besondere Bedingungen angepasst

Die Anpassung der Vortriebsrohre an besondere Bedingungen, z.B. durch nicht auszu-schließende unvermeidbare Setzungen in den Auffüllungsbereichen, erforderte eine Rohrverbindung mit „doppelter Sicherheit“ durch die Verwendung von verlängerten Rohr-Spitzenden mit Doppelkammersystem zur Aufnahme von zwei unabhängig wirkenden Elastomer-Dichtungen: Stahlführungsring aus einer Sonderlegierung (WTSt), Stahlführungsring in Sonder-



Die Hochleistungs-Stahlbetonrohre werden im Einzelrüttelverfahren in stehenden Stahlschalungen hergestellt.



Ein stählernes Korsett: der maßgeschneiderte Bewehrungskorb.

breite zur Gewährleistung einer sicheren, dauerhaften und wasserundurchlässigen Rohrverbindung. Zur Übertragung der Druckkräfte aus der Vorpresseeinrichtung auf jedes einzelne Stahlbetonrohr wurden Holzdruckringe in der Qualität OSB-3 auf den Rohrspiegeln angebracht sowie ein zusätzlicher Dichtungsring auf der Stirnseite der Rohrspiegel. Um für alle Eventualitäten, wie z.B. unplanmäßige Steuerbewegungen oder richtungslenkende Hindernisse trotzdem eine Umläufigkeit am Führungsring zu vermeiden, wurde dieser im Übergangsbereich zum Betonspiegel mit einer elastischen Verfugung ausgeführt. Auf Rohrenden aus Polymerbeton konnte auf Grund der geradlinigen Trassierung verzichtet werden. Hier die wesentlichen Daten zu den Hochleistungs-Stahlbetonrohren, die nach dem Dywidag-System im Einzelrüttelverfahren in stehenden Stahlschalungen hergestellt wurden und darin erhärteten: FBS-Qualität "A+"

Herstellung nach DIN 4035

Betongüte C 50/60, $c_{nom} = 40$ mm

Doppeldichtsystem

Statik nach ATV A161

Stahlführungsring 390 x 12 aus WT-St 52-3

Druckübertragungsring aus OSB-3, $d = 25$ mm

Winkelisen DIN 1029 aus St 37-2, L 50 x 30 x 5

Dichtung aus Elastomer nach DIN 681, Teil 1 und DIN 4060

Kopfbolzen aus ST 37-2



Ringförmig gebogene und gezahnte Schienenprofile in Verbindung mit vormontierten Verbindungsteilen wurden bereits im Fertigteilwerk einbetoniert.

TOK-PP Profil

Elastische Fuge

Ein Befestigungssystem aus dem Baukasten

Um die hohe Rohrqualität beim Einbau der Regalsysteme vor Beschädigungen bis zur Inbe-

triebnahme zu bewahren, hatte man Befestigungen durch „Andübeln“ ausgeschlossen, auch wenn es ein Nebenangebot gab, das eine Ersparnis von 30.000 € versprach. Stattdessen wurden spezielle Ankerschienelemente entwickelt, an denen alle Befestigungen, auch die Festpunkte der Fernwärmeleitungen, angebracht wurden. Das Befestigungssystem zur Aufnahme der Rohrleitungen ist ein von Halben in enger Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro und dem Rohrhersteller entwickelter „Baukasten“, bestehend aus werkseitig abgelängten Schienenprofilen in Verbindung mit vormontierten Verbindungsteilen. Die Verankerung des Ausbaus im umgebenden Bauwerk erfolgte über systemkompatible, im DW-Werk Dormagen der Berding Beton GmbH bereits einbetonierte gezahnte Halfenschienen, die entsprechend dem inneren Düker-Querschnitt ringförmig gebogen produziert wurden. Durch die frühzeitige planerische Einbeziehung des Betonfertigteilwerkes, das die Segmentringe lieferte, konnte auf zeitaufwendige Bohr- und Dübelarbeiten verzichtet werden. So war es möglich, insgesamt eine wirtschaftliche, einfache und schnelle Montage zu realisieren. Innerhalb eines Rohres wären sonst 440 Dübel erforderlich gewesen. Die Planung und Lieferung des Unterstützungssystems und der Verankerung im Beton aus einer Hand erbrachte ein hohes Maß an Sicherheit und Kompatibilität. Um horizontale Ausdehnungen der Fernwärmerohre zwängungsfrei zu gewährleisten, wurden an allen Auflagerpunkten horizontal verschiebbliche Rohrgleitlager angeordnet.



Rohrverbindung mit doppelter Sicherheit durch zwei unabhängig voneinander wirkende Elastomer-Dichtungen.



Ein flexibles und leicht begehbares Regalsystem mit übersichtlicher Anordnung der 21 unterschiedlich dimensionierten Leitungen.

Hinzu kommt die Ausbildung des Festpunktes in der Mitte des Bauwerkes.

Da sich im Versorgungstunnel neben den elektrischen Leitungen auch leitfähige Teile wie Rohrleitungen etc. befinden, waren auch Maßnahmen zum Potenzialausgleich erforderlich. Dazu wurden an den Rohrenden Erdungsplatten mit einbetoniert.

Neue Ideen beflügeln den Fortschritt – auch beim Kanalbau

Die Realisierung dieses anspruchsvollen, in vieler Hinsicht innovativen Infrastrukturkanals konnte einschließlich der oberflächennahen Leitungsverlege-Arbeiten zu den veranschlagten Kosten von rd. 2,5 Mill. € in knapp sechs Monaten und damit termingerecht abgeschlossen werden; das alles nicht zuletzt durch die konstruktive Zusammenarbeit aller an diesem Projekt Beteiligten.

Bei der Planung und Gestaltung dieses Infrastrukturkanals wurde bereits für die Zukunft vorgedacht: Anpassungen für weitere zusätzliche Leitungen können in diesem begehbaren Leitungstunnel unter der Bundesstraße jederzeit vorgenommen werden. Er ermöglicht somit perspektivisch alle notwendigen Optionen für die Integration neuer Techniken, Kabel

und Versorgungsträger, ohne den Verkehr zu beeinträchtigen. Neue Ideen und technologische sowie bautechnische Sonderlösungen sind oft die Basis für Weiterentwicklungen, die auch dem Kanalbau neue Impulse vermitteln.

* Nach einem Vortrag des Autors zum 57. BetonTag 2013 in Ulm

Die am Bau Beteiligten

Bauherr:
Stadtwerke Düsseldorf
Netz GmbH
Höherweg 200
40223 Düsseldorf

Baufirma:
Wilhelm Fenners
Baugesellschaft m.b.H.
Weserstraße 15/17
47506 Neukirchen-
Vluyn

Planer:
Ingenieurbüro Wendt
Beratende Ingenieure
für Bau- und Verkehrs-
wesen
Monheimstraße 24
40227 Düsseldorf

Rohrlieferant:
BERDING BETON GmbH
Werk DW-Nievenheim
Zinkhüttenweg 16
41542 Dormagen-
Nievenheim



Blick in das Schachtbauwerk mit der Einmündung der mächtigen Fernwärmeleitungen aus der Vertikalen in den Infrastrukturkanal.