

Rohrvortrieb

Mischwasserkanal tief unter dem Rhein

Ein Düker, wie er im Buche steht

Bei der Planung und Realisierung von Unterwasserkanälen hat der Fortschritt auch im Tiefbau noch nicht Halt gemacht. Überzeugendes Beispiel dafür ist ein neuer Düker im Düsseldorfer Norden, der das Mischwasser unter dem Rhein zu einem Großklärwerk transportiert und mit zahlreichen effizienten Innovationen aufwarten kann.

*Von Peter van Hoof, Stadtentwässerungsbetrieb (SEBD), Düsseldorf
Eberhard Wendt, Ingenieurbüro Wendt, Düsseldorf*

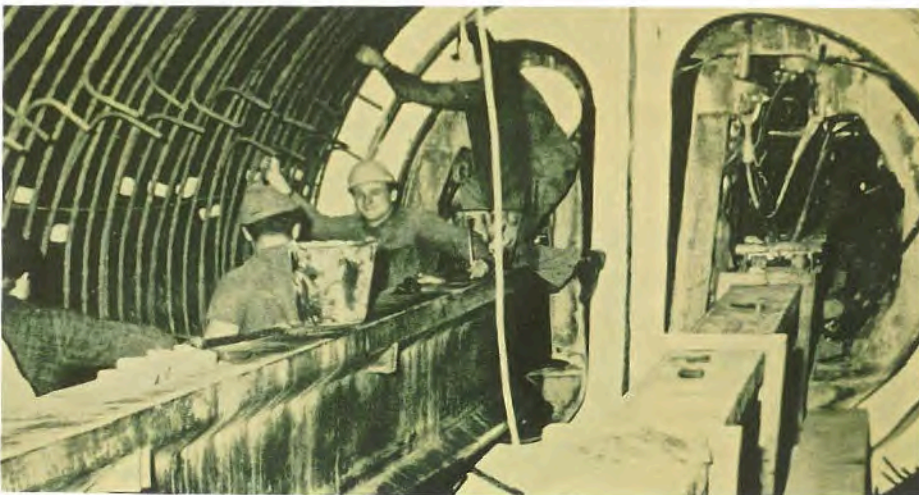
Die Landeshauptstadt Düsseldorf betreibt seit Mitte der 60er Jahre einen 1000 Meter langen Düker unter dem Rhein, der das gesamte Abwasser, das im rechtsrheinischen

Düsseldorfer Norden anfällt, auf die linke Rheinseite zum Klärwerk Nord transportiert. Bereits 1935 begannen die ersten Planungen für den Bau einer Großkläranlage zur Entwässerung des nördlichen Stadtgebietes. Die Unterbringung der Anlage auf der rechten Rheinseite stieß aus hygienischen und städtebaulichen Gründen auf erhebliche Bedenken und führte dazu, die Großkläranlage linksrheinisch zu errichten. Die Ausbildung eines Dükers, auch „Taucher“ genannt, ermöglichte es, auf Pumpwerke zu verzichten, da der Abwassertransport allein über das hydraulische Druckgefälle zwischen dem Oberhaupt und dem Unterhaupt ermöglicht wird.

Das Einzugsgebiet umfasst eine Gesamtlänge des Düsseldorfer Kanalsystems von etwa 1.500 km und stellt damit eine wichtige Hauptschlagader des Düsseldorfer Entwässerungssystems dar.

Eine Premiere: der Übergang von Stahl- zu Stahlbetontübbings

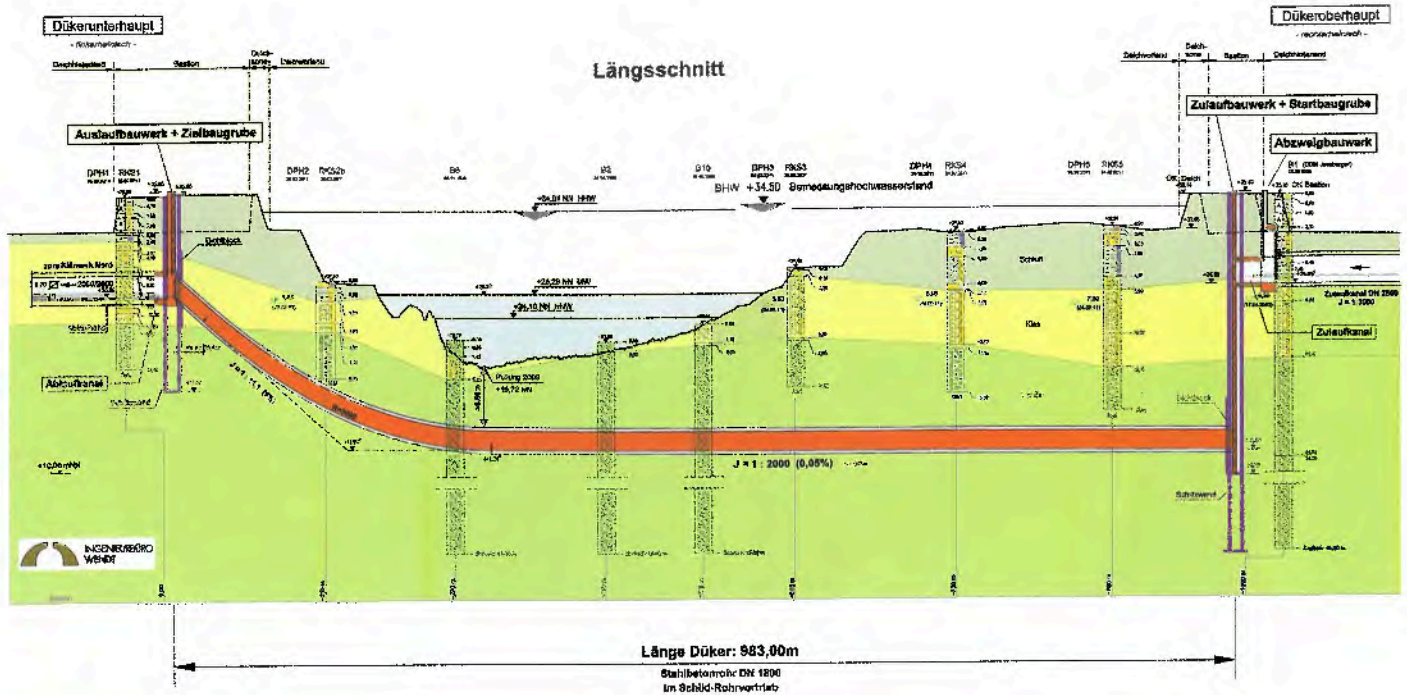
Mitte 1958 wurde mit dem Bau des noch heute in Betrieb befindlichen Dükers begonnen. Er besteht aus gusseisernen Tübbings mit einem Außendurchmesser von 3,80 m. Auf einem Teilstück von 300 m kamen dabei erstmalig auch Stahlbetontübbings mit eingebauter Dichtung zum Einsatz. Sie läu-



Tiefbau-Pioniere wagten in den 60er Jahren erstmalig für den Bau des ersten Düsseldorfer Rheindükers die Herstellung eines nierenförmigen Abflussquerschnitts und auf einem Teilstück den Übergang vom Stahl- zum Stahlbetontübbing.



Erst 30 Meter in die Tiefe, dann 1000 Meter unter dem Rhein vorgetrieben: Hochleistungs-Stahlbetonrohre DN 1800 / DA 2400 mit erhöhtem Säurewiderstand (SWB®).



tete eine neue Ära im Kanalbau ein. Der Vortrieb erfolgte im Druckluftverfahren in einem offenen Haubenschild. Der Innenausbau des Tunnels mit einem 2-zügigen Düker aus nierenförmigen und unterschiedlich großen Abfluss-Querschnitten erfolgte erst in den Jahren 1964 bis 1965, der dann 1966 zusammen mit dem Klärwerk Nord in Betrieb ging. Gebaut wurde der Kanal-Tunnel in einem Full-round-Schalwagen, d.h. ohne Arbeitsfugen in 10 m Betonierabschnitten.

Manch kritischer Bürger wird sich gefragt haben, wofür jetzt ein neuer Düker überhaupt notwendig ist, wenn wenige Meter weiter ein solcher bereits seit rd. 50 Jahren „Laufzeit“ besteht. In diesem Zusammenhang ist der SEBD den Vorschriften der SüwV-Kann gefolgt, im Jahre 1994 den Rheindüker zum Klärwerk Nord zu inspizieren – was bis heute aus technischen Gründen nicht möglich war – und vor allem über eine Redundanz nachzudenken, sollte der Düker einmal ausfallen. Der Kanal ist zwar noch immer in einem recht guten Zustand, der Aufwand für Unterhaltung sowie Inspektion und Sanierung wäre jedoch erheblich und aus konstruktiven Gegebenheiten unter laufendem Betrieb auch hinsichtlich des Arbeitsschutzes gar nicht mehr möglich gewesen. Es besteht bereits heute die akute Gefahr von Verstopfungen.



Schweres Gerät im Einsatz, um die Schlitzwände für die Startbaugrube bis in eine Tiefe von 47 m zu erstellen.

Umfängliche Planungsstudien ergaben eine nachhaltige Lösung

Nach der Analyse von acht Varianten entschied sich der Düsseldorfer Stadtentwässerungsbetrieb für eine gemeinsam mit dem In-

genieurbüro Wendt entwickelte langlebige, kostengünstige Lösung: den Neubau eines im Abstand von 25 m parallel und in etwa auf gleicher Tiefe verlaufenden Dükers vom rechtsrheinischen zum linksrheinischen Dükeroberhaupt im Schild-Rohrvortrieb. Damit wurde eine 100%ige Redundanz ermöglicht, so dass der vorhandene Düker zur Reinigung und für die Instandsetzung stillgelegt und entleert werden kann. Bei einem Ausfall des Dükers wären große Probleme entstanden, die Behandlung und Ableitung des Abwassers zu gewährleisten – aus Umweltschutzgründen ein nicht zu vertretender Zustand. Die Alternativplanung – Bau eines Bypasses in offener Bauweise mittels einer Baggerrinne – wurde von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung Köln nicht genehmigt. Gründe dazu waren die besonderen geologischen Verhältnisse. In diesem Streckenabschnitt befinden sich die sogenannten „Steinerschen Bänke“, die die Schifffahrtsrinne stabilisieren. Diese durften nicht durchörtert werden. Die Mindestüberdeckung des neuen Dükers zur Rheinsohle beträgt 5,50 m. Ermittelt wurde sie aus dem Erosionsabtrag von 3,0 m in 100 Jahren und einer Mindestüberdeckung von 2,5 m.

Die Herstellung der 27 m tiefen Startbaugrube für den Rohrvortrieb am Dükeroberhaupt erfolgte im Schlitzwandverfahren als Kreis-Polygon mit einem Innendurchmesser von 10,5 m. Die sieben Lamellen der Schlitzwände wurden in einer Wandstärke von 1,2 m ausgeführt, die Flachfugen als „Stein-Fuge“. Für die spätere Schildausfahrt war ein Dicht-



Auf der 27 m tiefen Schachtsohle wird die Vortriebsmaschine „Anita“ für ihren Einsatz eingeschwenkt.

block vorgesehen. Die 42 m tiefen Schlitzwand-Lamellen, die bis 16 m unter die Baugrubensohle reichen, waren selbst für erfahrene Tiefbauer keine leicht zu lösende Aufgabe. So durfte z.B. die Lotrechte der einzelnen Stiche maximal um 1% abweichen. Bei 42 m langen Schlitzungen sind das immerhin 42 cm. Damit wäre eine Überlappung im Tiefsten von zwei Lamellen selbst bei ungünstigster, gegenläufiger Abweichung von 30 cm gewährleistet gewesen. Das war erforderlich, damit das System Startbaugrube bei allen Grundwasserständen funktionierte. Weiterhin waren die Anforderungen an die Dichtigkeit der Baugrube dahingehend formuliert, dass lediglich feuchte Stellen akzeptiert werden würden – also hohe Anforderungen an den Unternehmer.

Um die Qualität der Ausführung zu gewährleisten, waren diverse Kontrollen vorgesehen. Zum Beispiel wurden die jeweiligen Lamellen vor der Betonage mit Inklinometern auf Lotreichtigkeit gemessen.

Die Arge Hochtief/Smet hatte noch einen Sondervorschlag eingereicht. Er sah Vorteile bei der Bauablaufplanung, wenn die bauzeit-



Ablassen der Doppelkammer-Fertigteile mit rd. 44 t Einzelgewicht in die Schlitzwandbaugrube. Das Fertigteilwerk hatte in Anlehnung an das Konzept der Düker-Vortriebsrohre eine SW-Beton-Rezeptur erarbeitet.

liche Grundwasserhaltung auf ein Minimum reduziert werden würde, und schlug vor, eine wasserdichte Stahlbetonsohle in die Baugrube einzubauen, so dass die Grundwas-

serhaltung im Anschluss abgestellt werden kann. Aufgrund dieses Vorteils und der damit verbundenen Kosteneinsparung wurde dem zugestimmt.

Vor dem Bodenaushub wurden innerhalb der Baugrube fünf Tertiärbrunnen sowie ein Quartärbrunnen installiert. Der letztere dient zur Absenkung des Grundwasserspiegels bis knapp oberhalb der Grenze Quartär zum Tertiär $D=720$ mm. Die fünf Tertiärbrunnen $d=600$ mm waren zur Absenkung und Entspannung des Grundwasserspiegels im Tertiär sowie letztlich zur Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch erforderlich, bis die Wasser dichtende Stahlbetonsohle eingebracht war. Nach deren Aushärtung wurden die Brunnen mit Schiebern verschlossen und diese mit einbetoniert. Eine Wasserhaltung war ab diesem Zeitpunkt nicht mehr erforderlich. Die Auftriebsicherheit ist für einen äußeren Wasserstand von 32,5 m ü. NN unter Ansatz der Schlitzwände nachgewiesen. Der Standsicherheitsnachweis gegen hydraulischen Grundbruch sah eine Einbindung der Tertiärbrunnen bis 3 m unter UK Schlitzwand vor.

Zur Überprüfung der Wirksamkeit der Brunnen und zur Dichtigkeit der Schlitzwandbaugrube wurde nach Herstellung der Brunnen und vor Beginn des Aushubs für jeden Brunnen ein Pumpversuch durchgeführt. Zur Überwachung des Porenwasserdrucks unterhalb der Baugrubensohle wurden zwei Messstellen mit je sechs Porenwasserdruckgebern installiert. Das geförderte Grundwasser wird unmittelbar im bestehenden Düker oberhalb (von 1960) eingeleitet und so dem linksrheinischen Klärwerk zugeführt.

Innovativer Betonfertigteilschacht mit zahlreichen Vorteilen

Zu den „herausragenden“ Objekten des neuen Rheindükers zählt ohne Zweifel der mit Gründung 27 m tiefe Schacht für die Startbaugrube mit einem Grundriss von 6,60 m x 3,80 m. Er wurde nicht, wie ursprünglich geplant, in Ortbeton erstellt. Schwierige Rand-

Bis zum letzten Tropfen!

Vom Marktführer im Bausektor:
Pumpen für Klar-, Schmutz- und Abwasser

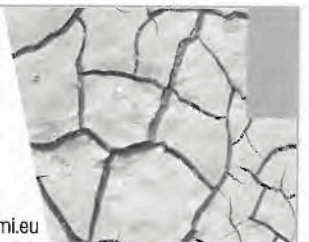


Elektro/Benzin/Dieselmotor.
Verschleißarm. Kraftvoll.
Trockenlaufsicher. Effizient.
Wartung einfach & schnell.

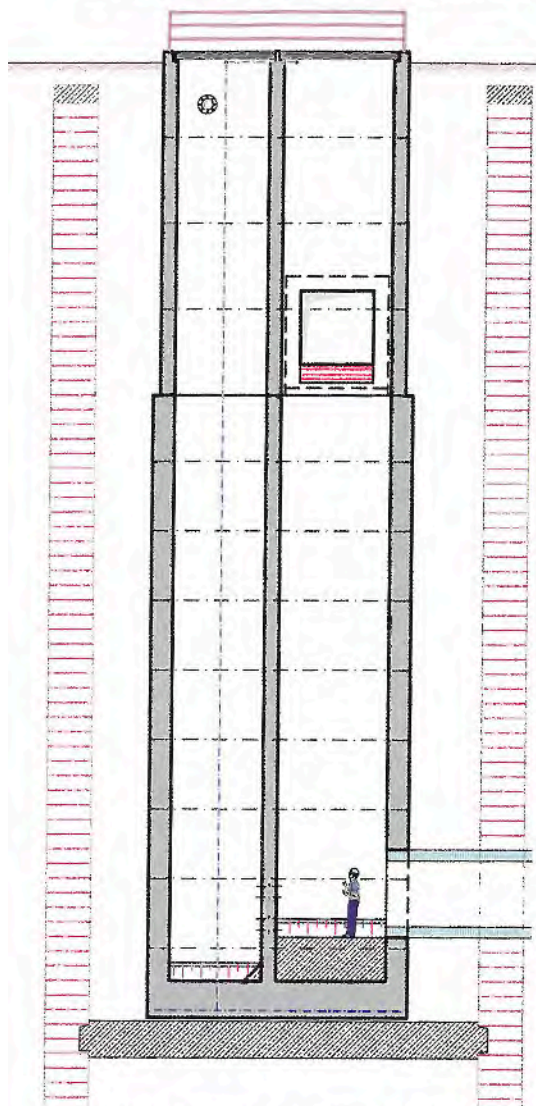


TSURUMI PUMP

Tel. 0211 - 417 937 450
vertrieb@tsurumi.eu • www.tsurumi.eu



DÜKEROberHAUPT - ZULAUfBAUWERK



13 einzelne Stahlbeton-Doppelkammer-Schachtfertigteile bilden das über 27 m tiefe Zulaufbauwerk zum Rheindüker.

bedingungen sprachen für eine innovative Fertigteillösung, die sich nach kritischen neuen Planungsansätzen herauskristallisiert hatte. Ausschlaggebend waren vor allem folgende Parameter:

- beengte Baustellenverhältnisse
- minimierte Wandstärken
- Dichtheit der Fertigteilkonstruktion
- hoher Schalungsaufwand und Platzbedarf bei Ortbetonbauweise
- durchgängig hohe Beton- und Oberflächenqualität
- minimierter Zeit- und Kostenfaktor

Das neue Bauwerk Dükeroberhaupt wurde vom Ingenieurbüro Wendt als offener Zweikammerschacht geplant: Ein Schacht dient als Absturzschacht zur Beschickung des neuen Dükers, der zweite Schacht zur Pumpenaufstellung für die Entleerung der neuen Dükeranlage.



Montage des Justier- und Führungssystems zum lagegenauen Setzen der Schachtfertigteile. Eine speziell für diese Baumaßnahme entwickelte Dreifachabdichtung sichert die mit 26 Metern Wassersäule beaufschlagten Fugen.

Das Ortbetonkonzept sah ursprünglich 80 cm dicke Wände vor. Mit der gewählten Fertigteilkonstruktion gelang es, diese auf 40 cm, im oberen Bereich sogar auf 30 cm zu reduzieren. Aus Transportgründen hatte man das Einzelgewicht auf maximal 44,5 t festgelegt. Die Herstellung der hochwertigen, rd. 42 t schweren Elemente war selbst für einen erfahrenen Fertigteilerhersteller wie Caspar Hessel aus Dortmund eine nicht alltägliche Herausforderung. Für den Sonderschacht als viereckige Stahlbetonfertigteilkonstruktion mit Zwischenschacht erwartete der Bauherr als durchgängige Materialqualität wie bei den Hochleistungs-Stahlbetonrohren ebenfalls einen hochwertigen Beton C60/75 mit erhöhtem Säurewiderstand. Das Betonwerk erarbeitete hierfür eine Betonrezeptur in Anlehnung an das Konzept für die Düker-Vortriebsrohre.

Konformitätsuntersuchungen stellten in einem hierfür besonders geeigneten Institut die Gleichwertigkeit zum Betonkonzept der Vortriebsrohre fest. Dazu wurden entsprechend dem üblichen Vorgehen sowohl Porositätskenndaten als auch der Chlorid-Migrationskoeffizient bestimmt. Mit Hilfe dieser Parameter werden Gefügedichtheit und der Schadstoff-Eindringwiderstand des Betons charakterisiert.

Die ermittelten Beständigkeitseigenschaften erfüllten uneingeschränkt das hohe Anforderungsprofil des Bauherrn und Planers für den neuen Düker.

Die für den Schacht notwendigen 13 Elemente mit einem Gesamtgewicht von rund 600 t mussten nebst einer von Hochtief entwickelten WU-Sohlenkonstruktion komplett einbaufertig zur Baustelle geliefert werden. Entsprechend zügig, fast wie am Fließband,

erfolgte die Montage der Schachtelemente, die bei 26 m Wassersäule aus Sicherheitsgründen erstmalig mit einer ganz speziellen Dreifachabdichtung versehen sind. Insgesamt wurde die avisierte Montagezeit von nicht mehr als vier Wochen einschließlich Ausbildung der Sohle, des Gerinnebetons sowie Rohreinbindung realisiert.

Für die Steuerung des neuen Dükers und die Verbindung mit dem vorhandenen Zulaufkanal wurde ein gemeinsames Abzweig- und Verbindungsbauwerk realisiert, das Vorrichtungen für Dammbalkenverschlüsse sowie manuell zu betätigende Schieber beinhaltet. Damit kann dann wahlweise der neue Düker oder der bestehende 60 Jahre alte Düker nach seiner Sanierung beschickt werden.

Auf der linksrheinischen Seite wurde der 12 m tiefe Zielschacht im Schutze einer überschnittenen, ovalen Bohrpfahlwand als Tertiärbaugrube errichtet und für die spätere Schildeinfahrt ein Einfahrkissen aus Bohrpfählen ausgeführt. Die Entwässerung geschah über eine mit dem Bauaushub folgende offene Wasserhaltung.

Nach Erreichen der Aushubsohle wurde eine wasserdruckhaltende Stahlbetonsohle eingebaut. An der ovalen Zielbaugrube schließt unmittelbar ein Ablaufkanal an, der eine Verbindung an den Zulaufkanal zum Klärwerk Nord schafft. Auch hier wird das geförderte Restwasser der Kläranlage zugeführt. Das später zu errichtende Schachtbauwerk wurde oben offen ausgeführt und gut belüftet, um so die gefürchtete biogene Schwefelsäurekorrosion zu vermeiden. Es erhielt Vorrichtungen für einen Dammbalkenverschluss und einen manuell zu betreibenden Steuerschieber. Bei Außerbetriebnahme des neuen Dükers wird der Schieber geschlossen.



Abnahme der Anschlussbewehrung und Qualitätsprüfung der Fertigteile durch den Bauherrn SEBD und Mitarbeiter des Ingenieurbüros Wendt



Montage gelungen: Das letzte Element wird millimetergenau eingefädelt.

Hohe Anforderungen an Stahlbetonrohre

Wegen nicht abschätzbarer Betriebszustände in späteren Jahren und der besonderen Lage unter dem Rheinbett waren die Qualitätsansprüche an das Rohrmaterial besonders hoch. Für den Vortrieb wurde ein Rohrquerschnitt DN 1800/DA2400 gewählt, der sowohl aus hydraulischen Gründen ausreicht, als auch aus ergonomischen und verfahrensbedingten Gründen für eine bemannte Schildfahrt als Minstdurchmesser noch geeignet ist.

Insgesamt waren für die Rheinunterquerung rund 250 Stahlbeton-Vortriebsrohre erforderlich, die individuell nach Vorgaben des Bauherrn in der Schalungsform erhärtend im DW-Fertigteilerwerk Nievenheim von Berding Beton hergestellt wurden. Neben einer Vielzahl von

Sonderrohren ist die Dükerstrecke überwiegend mit 20 t schweren und 4 m langen Vortriebsrohren bestückt.

Vorgaben zum Betondesign, zu den im Normenvergleich deutlich reduzierten Maß-Toleranzen der Vortriebsrohre, zum Korrosionsschutz und zu einem besonderen Dichtungskonzept sind in der ZTV (Zusätzliche technische Vertragsbedingung) des Bauherrn detailliert beschrieben. Seitens des SEBD war ein Beton mit erhöhtem Säurewiderstand (SWB) in der Mindestbetongüte C 60/75 und in genanntem Werk unter Einhaltung aller im Leistungstext vorgegebener Beanspruchungsgrade der Expositionsklasse XA3 ein spezielles Betonkonzept erarbeitet, welches nach intensiven Versuchsreihen durch ein akkreditiertes Prüfinstitut mit hervorragenden Beständigkeitseigenschaften bestä-

tigt wurde. Sowohl Porositätskennwerten, als auch Chlorid-Migrationskoeffizient des gewählten SW-Betons bestätigen die sichere Erfüllung der in der Projektbeschreibung aufgeführten Beanspruchungen durch Betonaggressivität des Grundwassers. Wegen der hohen Pyritbelastung des Grundwassers wurden Stahlführungsringe der Rohrverbindung in Edeldstahlgüte V4A ausgeführt.

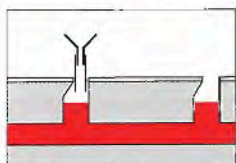
Die werkseigene Produktionsüberwachung der Herstelltoleranzen wie auch die durch externe Gegenprüfung bestätigte Vermessung der Vortriebsrohre sicherten die Einhaltung der anspruchsvollen Toleranzvorgaben des Bauherrn, die deutlich unter den normativ zulässigen Werten liegen.

Dem Sicherheitskonzept dieser besonderen Baumaßnahme entsprechend (Lage unter dem Rhein), hatte der Bauherr darüber hi-

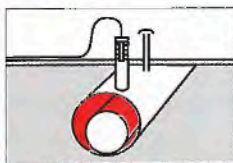
füllmix[®]
Verfüllsysteme GmbH

Systeme für dauerhafte Verfüllungen

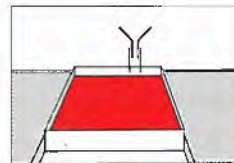
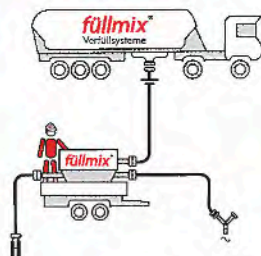
www.fuellmix.de



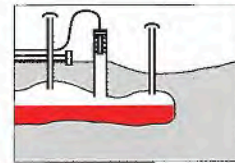
Kanalverfüllungen



Ringraumverfüllung



Unterbetonausbringung



Hohlraumverfüllung

Mit dem bewährten **füllmix**[®]-Verfüllsystem können stillgelegte Rohr- und Leitungssysteme, alte Tunnel, Stollen, Tankanlagen und andere Hohlräume dauerhaft und volumenbeständig verfüllt werden. Das **füllmix**[®]-Verfüllsystem eignet sich auch zur Herstellung von Verpress- und Injektionsmörtel, sowie zur Ausbringung von Unterbeton bei Baugrundsicherungen. Überall wo Verfüllungen erforderlich sind, bietet das **füllmix**[®]-Verfüllsystem die richtige Lösung aus einer Hand. In Abhängigkeit vom Einsatzzweck können verschiedene Verfüllbau-

stoffe, wie zum Beispiel **füllmix**[®], **DämmMix**[®] oder vergleichbare Baustoffe, mit Druckfestigkeiten von bis zu 30 N/mm² hergestellt und eingebaut werden. Höchste Qualität wird durch die Mehrfachmischung der Baustoffe im **füllmix**[®] Misch- und Pumpmobil, sowie der ständigen Überwachung der Suspension gewährleistet.

Weitere Leistungen:

- Handel & Transport von staubförmigen Gütern
- Lieferung von Baustoffen für die Bodenstabilisierung, z.B. **stabimix**[®]

Tel.: 02527/614, Fax: 02527/410, e-mail: info@fuellmix.de, Oskerheide 9, 59510 Lippetal



Fotos links und oben: Parallel zum Vortrieb und Schachtbau wurden die unterirdischen Verbindungsbauteile vom noch in Betrieb befindlichen Düker zum neuen Abwasserkanal realisiert und mit entsprechenden Schiebern ausgestattet

naus durch ein von ihm beauftragtes Ingenieurbüro eine zusätzliche Vermessung von Vortriebsrohren nach einem komplexen Messprogramm durchführen lassen. Auch diese Ergebnisse bestätigen die Erfüllung aller geforderten Vorgaben.

Rohrvortrieb rund um die Uhr

Nachdem Start- und Zielgrube abgeteufelt und für die Schildfahrt eingerichtet waren, konnte die Vortriebsmaschine „Anita“ ihre Arbeit rund um die Uhr aufnehmen, um trotz unvorhersehbarer Hindernisse im Boden das angestrebte Endziel zu erreichen.

Der Vortrieb wurde von dem Startschacht zur linksrheinischen Seite mit einem Dükergefälle von 0,5 Promille und zur Zielbaugrube mit einem Kreisbogen von $R=3000$ m ansteigend aufgeföhren.

Vom Tiefpunkt des Dükers am Dükeroberhaupt + 11,50 m ü. NN steigt der Düker mit einem Gefälle von $J=1:2000$ in Richtung des Dükerhauptes an. Unter dem linksrheinischen Vorland geht das Gefälle des Dükers in den Kreisbogen über, der dann auf einer Höhe von 26,20 m ü. NN am Dükerunterhaupt endet. Eine Entleerung des Dükers ist im Dükeroberhaupt möglich.

Für die anstehenden geologischen Bodenformationen war ein Vortriebsverfahren mit vollflächigem Abbau und flüssigkeitgestützter

Ortsbrust und Druckluftpolster als Mixschild erforderlich.

Die Schildfahrt startete rechtsrheinisch in den tertiären Feinsanden der 27 m tiefen Baugrube und tauchte linksrheinisch vom Tertiär in die quartäre Bodenformation ein. Die Bodenverhältnisse zeigten unter einer Auelehmschicht Kies und Sand in unterschiedlicher Mächtigkeit. Das liegende Gebirge bildet ein tertiärer Feinsand, der einen mittleren Korndurchmesser von 0,1 mm hat und sehr gleichförmig ist. Dieses Material steht in dichtester Lagerung ab etwa 15 m unter GOK-Deich an. Im Übergangsbereich vom Tertiär zum Quartär war deshalb beim Vortrieb den geologischen Verhältnissen besondere Aufmerksamkeit zu schenken. An der Oberfläche des Tertiärs fanden sich im Übergang zum Quartär mächtige Quarzitblöcke, meist aus verhärtetem Feinsand, die mehrere Meter Durchmesser erreichen konnten. In der Flusssohle ist das Tertiär durch Quarzite, die in der Schiffahrt auch als „Steinersche Bänke“ bekannt sind, abgedeckt.

Der Düker selbst und alle Bauwerke mussten im Endzustand für ein Bemessungshochwasser von 34,50 m über NN dimensioniert sein (2,5 bar).

Um beim Vortrieb die Vorpresskräfte des 1000 m langen Dükers zur Verminderung der Reibungskräfte zwischen Rohrstrang und Boden sicher zu managen, wurden in genau be-

rechneten Abständen sieben Zwischenpressstationen positioniert und der Vortrieb durch die Aktivierung dieser mit Hydraulikzylindern ausgestatteten Sonderrohre diskontinuierlich in Richtung der Zielbaugrube aufgeföhren: Jede Station kann dadurch einzeln Vorschub leisten, und zwar so, dass sich der Gesamtstrang in Pressrichtung fortbewegt. Die verwendeten Dichtungen waren nachstellbar auszuführen.

Zur Reduktion der stetig mit der Presslänge steigenden Mantelreibungskräfte wurde ein Bentonit-Schmiersystem durch werkseitig in den Vortriebsrohren eingebaute Injektionshülsen eingesetzt. Anzahl und Lage dieser Edelstahlhülsen oblag der Erfahrung des Pressunternehmens, welches die genaue Positionierung vorgab.

Zur statischen Bemessung der Vortriebsrohre ist eine Vielzahl von möglichen Lastsituationen, z.B. die wechselnden Baugrundverhältnisse, die Schichtgrenze Tertiär/Quartär und deren Überlagerung durch die Statik- und Konstruktionsabteilung des Rohrherstellers berechnet worden. Die Stahlbewehrung der im Endzustand ca. 5,50 m unter der Rheinsohle liegenden Leitung konnte durch von externer Prüfung bestätigte statische Bemessung mit werkseigenen Korbschweißmaschinen hergestellt werden.

Der besonderen Lage der Abwasserleitung unter dem Rhein angemessen, wurde eine spezielle Rohrverbindung gewählt: ein Doppel-dichtungssystem bestehend aus zwei in einzelnen Betonkammern fixierte Lippengleitedichtungen aus Elastomeren nach DIN 681 Teil 1 und DIN 4060.

Darüber liegt im Einbauzustand ein mit zusätzlichen Profilen im Beton rückverankerter Stahlführungsring in Sonderabmes-



Über 250 Stahlbeton-Vortriebsrohre wurden im Werk mit Innenimprägnierung, vormontiertem Druckübertragungsring und Doppeldichtungssystem ausgestattet. Die Anlieferung fand unter Berücksichtigung der eingeschränkten Baustellen-Lagersituation nach einem festgelegten Logistikkonzept statt.



Das rotierende Schneidrad der Vortriebsmaschine nach einem Kilometer Vortriebsleistung unmittelbar an der Einfahrdichtung der Zielbaugrube.

sung 410 x 15 mm aus Edelstahl, Material 1.4571. Zwischen den Dichtungskammern wurden werkseits mindestens zwei Prüfröhrchen 1/4" aus Edelstahl, Werkstoffnummer 1.4571 einschließlich Umläufigkeitssperre monolithisch im Rohrherstellungsvorgang eingebaut. Ziel ist eine Prüfung der Rohrverbindung mit Hilfe der Röhrchen auf Wasserdichtheit mittels Wasser oder Luft – nach dem Vortrieb und für Kontrollprüfungen quasi zu jedem weiteren Zeitpunkt des Dükerbetriebs. Auch eine Nachverpressung bei Undichtheit der Rohrfuge wird damit ermöglicht.

Nach einem mit allen am Bau beteiligten Ins-

tanzen festgelegten Logistikkonzept wurden in über 250 LKW-Touren die zuvor werkseitig konfektionierten Stahlbeton-Vortriebsrohre, einschließlich Dichtmittel, vormontierten OSB-3-Druckübertragungsringen und vollflächiger Innenimprägnierung aus Zweikomponenten-Epoxidharz, angepasst an die eingeschränkte Lagersituation der Baustelle, ausgeliefert.

Bauzeit gut gemacht – trotz unvorhersehbarer Hindernisse

Als Gesamtbauzeit für die komplette Dükeranlage waren 30 Monate veranschlagt wor-

den. Auf vorbereitende Arbeiten und die Herstellung der tiefen Baugruben entfallen etwa acht Monate, für den reinen Vortrieb fünf Monate sowie die Erstellung der Bauwerke und die Renaturierung der Oberflächen noch einmal 17 Monate. Dann steht eine neue große Herausforderung ins Haus: die eigentliche Sanierung des bestehenden Rheindükers. Sie wird weiterhin viel neues Know-how bei Bauherren, Planern und Ausführenden erfordern, damit der Vater Rhein in mindestens 100 Jahren noch dem Abwasser gebührend Paroli bieten kann. Die Voraussetzungen dafür wurden bereits geschaffen. ■

Die am Bau Beteiligten

Bauherr

Stadtentwässerungsbetrieb der Landeshauptstadt Düsseldorf (SEBD)

Planung

Ingenieurbüro Wendt, Düsseldorf

Bauausführung

Arge Hochtief Infrastructure GmbH, Köln (federführend)

Rohrvortrieb

Smet Tunneling, Dessel, Belgien

Betonfertigteile

Vortriebsrohre
DW-Werk Nievenheim der Berding Beton GmbH

Fertigteile Dükeroberhaupt

Caspar Hessel GmbH&Co KG, Dortmund



Wasserdichtheitsprüfung der Rohrverbindungen nach abgeschlossenem Vortrieb, ohne hohen Aufwand ermöglicht durch das Doppeldichtungssystem bestehend aus zwei in einzelnen Betónkammern fixierten Lippengleitdichtungen und dazwischen liegenden Prüfröhrchen aus Edelstahl.