



Sanierung des Niederhafendükers in Hamburg

Schlauchlining der Extraklasse

2 Meter Durchmesser, zwei mal 263 Meter lang, pro Röhre 95 Tonnen Schlauch: Eine vergleichbare Sanierung, wie die des **Niederhafendükers in Hamburg**, hat es im Schlauchlining-Verfahren bisher weltweit nicht gegeben.

Der Niederhafendüker ist Teil des Kuhmühlen-Stammsiels und gehört damit zu einer der Hauptschlagadern des Hamburger Entwässerungsnetzes. Über dieses Siel wird das Abwasser der östlichen Teile Hamburgs dem zentralen Klärwerk Köhlbrandhöft zugeführt.

Der Düker unterquert ein Hafenbecken in der schönsten maritimen Lage Hamburgs. Die historische Speicherstadt, der Sportboothafen bilden die Kulisse und an der „Kehrwiederspitze“ – dort wo sich das Dükeroberhaupt befindet – mit Blick auf den Cityhafen ist das Flair Hamburgs als Tor zu Welt förmlich zu greifen.

Über 100 Jahre im Betrieb

Mit dem Bau des Niederhafendükers wurde 1890 begonnen. Fertiggestellt wurde er um die

Jahrhundertwende. Er besteht aus genietetem Flusseisen. Als Doppeldüker ausgeführt haben die beiden Röhren einen Durchmesser von jeweils 2,00 Meter und eine Länge von 263 Meter. Seit nunmehr über 100 Jahren befindet sich der Düker ohne Störungen im Betrieb.

Mitte der 80er Jahre war durch den Ausbau des Sammlernetzes die Möglichkeit gegeben, die Wasserstände in definierten Netzteilen abzusenken und Kanäle abschnittsweise trocken zu legen. Damit waren die technischen Voraussetzungen für eine systematische Reinigung, Inspektion und Sanierung des Netzes geschaffen – der Ausgangspunkt des Hamburger präventiven Sielsanierungsprogramms.

1998 startete die Hamburger Stadtentwässerung das Unterprogramm „Dükersanierung“, und im Rahmen dieser Initiative geriet auch der

Dükerverlauf an der „Kehrwiederspitze“.

Niederhafendüker ins Visier der HSE. Zunächst galt es auch hier den baulichen Zustand des Dükers zu ermitteln. Zu diesem Zweck wurden die beiden Röhren betaucht - vermutlich nichts für schwache Nerven.

Der Taucher fand neben „normalen“ Ablagerungen nicht nur grobe Verunreinigungen wie bis zu 50 cm große Mauerwerksausbrüche oder alte Stahlteile. Im Rohrscheitel hatte sich darüber hinaus eine bis zu einem Meter dicke Fettschicht abgesetzt. Die sperrigen und schweren Gegenstände wurden vom Taucher händisch aus dem Düker entfernt, ansonsten wurden die Röhren mit Spezialgerät und hohem technischen Aufwand von der Firma SIREG aus Hamburg gründlich gereinigt – zum ersten mal, nach gut 100 jähriger Betriebsdauer.

Dünner geworden

Im Zuge der Inspektion des gereinigten Dükers stellte der Taucher Schäden fest, die eindeutigen Sanierungsbedarf ergaben. „Neben der durch Korrosion angegriffenen Oberfläche und einer kleineren Undichtigkeit im Bereich einer Nietverbindung, die sofort durch den Taucher mit einer Spezialmasse abgedichtet wurde, zwang uns vor allem die durch Abrasion im Sohlbereich von ursprünglich 12 Millimeter auf stellenweise 6 Millimeter reduzierte Wandstärke der Rohre zum Handeln,“ sagt Solveig Stenbuck, die seitens der HSE dieses außergewöhnliche Sanierungsvorhaben nicht nur von den ersten Gedanken in der Planungsphase sondern auch während der gesamten Bauzeit als verantwortliche Projektleiterin abwickelte.

Die Betrachtung der Randbedingungen ergab zunächst folgendes Bild: Der Düker war von der baulichen Substanz her noch standsicher, das heißt sanierungsfähig. Da die Überdeckung nicht mehr als 1,5 Meter beträgt und dies als Auftriebsicherung bei weitem nicht ausreicht, dürfen die beiden Rohre niemals entleert werden. Bei der Untersuchung der unterschiedlichen technischen Optionen schied zunächst die Variante „Neubau im Rohrvortriebsverfahren“ aus Kostengründen aus. „Ein Rohrrelining mit Einzelrohren war nicht möglich, da die Abwinkelungen der auf- und abgehenden Dükeräste das Ein-



Neubau des Niederhafendükers ab 1890.

bringen der Rohre verhinderten,“ erläutert Solveig Stenbuck.

Vor diesem Hintergrund fiel recht früh in der Planungsphase die Entscheidung, die Sanierung im Schlauchliningverfahren in Angriff zu nehmen. Die anschließende Umfrage unter den Anbietern, wer denn in der Lage sei, Schlauchlining in diesen Dimensionen und unter diesen Randbedingungen auszuführen, reduzierte den Kreis der infrage kommenden Firmen auf eine: Insituform Rohrsanierungstechniken.

„Die Entscheidung, diesen Auftrag nach dieser Marktumfrage an Insituform zu vergeben, ist uns auch deshalb relativ leicht gefallen, weil die Firma nicht nur auf die erfolgreiche Sanierung von großen Dükern in Leipzig, Dresden oder Magdeburg verweisen konnte, sondern im Jahr 1999 auch bei uns in Hamburg bewiesen hat, dass sie es kann,“ sagt Burkhard Schonlau, Abteilungsleiter Planung und Entwurf Tiefbau bei der HSE.

Damals sanierte Insituform den Düker Brooktorhafen, ebenfalls 2 Meter Durchmesser aber mit 143 Metern Länge deutlich kürzer als der Niederhafendüker. Eine vor einem Jahr durchgeführte Inspektion im Zuge der Gewährleistungsabnahme ergab keinerlei Beanstandungen.

Auch sonst kennt man sich gut: Seit über 25 Jahren saniert Insituform in Hamburg und in dieser Zeit haben die Beteiligten die Vorteile wie auch die Tücken des Schlauchlinings kennen gelernt.

Nicht zuletzt auf der Basis dieser Erfahrungen hat die HSE ein spezielles Regelwerk mit einem eigenen Anforderungsprofil und Qualitätssicherungsplan für Schlauchliningverfahren entwickelt, das auch bei dem aktuellen Großprojekt zur Anwendung kam.

Bei aller Erfahrung und Routine ist eine Maßnahme wie der Niederhafendüker eine besondere Herausforderung weit jenseits des Alltagsgeschäfts. „Kommen wir mit den Schwerlasttransportern mit einem Gesamtgewicht von bis zu 135 Tonnen über alle Brücken, Straßen



Tauchergut von der händischen Grobreinigung





Einzug des ersten Schlauchliners.



Inversion des zweiten Liners mit Wasserdruck.

und Hindernisse bis zum Einbauort oder produzieren wir den Schlauch besser vor Ort,“ beschreibt Jörg Brunecker, Leiter der Hamburger Insituform - Niederlassung beispielhaft eine der notwendigen Überlegungen im Vorfeld.

Das Zeitfenster zwischen April und September, in dem überhaupt gebaut werden kann, um nicht die strengen Hochwasserschutzvorschriften zu verletzen, war ebenso zu berücksichtigen wie das Wetter. Denn bei hochsommerlichen Außentemperaturen hätte man zusätzliche Vorkehrungen treffen müssen, um den imprägnierten Schlauch kühl zu halten. Beispiele nur, die andeuten, was im Vorfeld der Sanierung alles zu Bedenken war.

Die Herstellung der Startbaugrube gestaltete sich relativ unspektakulär. Etwa 4,00m unter Geländeoberkante wurde die 40 cm starke Deckenplatte des Dükeroberhauptes aufgeschnitten. Damit war im Wesentlichen die Zugänglichkeit zum Düker hergestellt. „Dabei war von großem Vorteil, dass dieses Bauwerk vor etwa 20 Jahren von unserem Tiefbaupartner bei dieser Maßnahme, der Firma August Prien, neu gebaut worden war und deren Mitarbeiter Baugrund und Details wie ihre Westentasche konnten,“ betont Jörg Brunecker.

Auch die Wasserhaltung gestaltete sich für eine Leitung dieser Dimension recht unproblematisch. „Durch unser vermaschtes Netz waren wir in der Lage, große Teile des Abwasserstromes schon im Vorfeld des Dükers abzuschleubern und umzuleiten. Den Rest von etwa 300 Liter pro Sekunde konnte die jeweils in Betrieb befindliche Röhre des Doppeldükers problemlos aufnehmen,“ erklärt Solveig Stenbuck.

Bei der Vermessung der Rohrgeometrie und der Kalibrierung der Dükerrohre durch einen Tau-

cher wurde in der Weströhre auf einer Länge von etwa 40 Metern eine Ovalisierung von ca. 4 Prozent festgestellt. Dies war in der statischen Berechnung zu berücksichtigen und hatte letztlich zur Folge, dass der Schlauch für die Weströhre eine höhere Sollwandstärke aufwies als die des Liners in der Oströhre. Dies wurde durch eine 4 Millimeter höhere Wandstärke des Einziehschlauches in dem entsprechenden Abschnitt realisiert.

Aus zwei mach eins

Stichwort Einziehschlauch: Aus mehreren technischen Gründen bediente man sich bei Insituform Rohr-sanierungstechniken der Doppelinversionstechnik.

In die zu sanierende Haltung wird zunächst mit einer Winde der so genannte Einziehschlauch eingezogen. Anschließend wird ein zweiter Schlauch in den Einziehschlauch in der klassischen Inversionstechnik mit Wasserdruck eingestülpt. Damit wird der Einziehschlauch gleichzeitig aufgestellt und an die Altröhre gepresst.

Da sich bei diesem Einstülpvorgang imprägnierter Filz auf imprägnierten Filz legen, entsteht aus beiden Schläuchen in einem überganglosen Verbund der endgültige Schlauchliner mit der geforderten Endwandstärke, in diesem Fall von ca. 35 mm bei der West- und ca. 31 mm bei der Oströhre.

Was sich so einfach anhört, bedarf in der Praxis jedoch einiger Vorüberlegungen.

Zwei Beispiele: Einziehschlauch und Inversionsschlauch werden durch den Wasserdruck während des Einbauprozesses komprimiert und verdichtet.

Entscheidend für die Statik ist jedoch die Endwandstärke. „Die Einbauwandstärke muss also entsprechend der Verdichtung größer bemessen werden,“ erklärt Jörg Brunecker.

Beispiel 2: Bei der Sanierung eines Dükers mit der Doppelinversionstechnik wird der Einziehschlauch während des Einbaus des Inversionsschlauches aufgrund der zu durchfahrenden Bögen der Länge nach gestaucht und muss entsprechend länger konfektioniert werden. „Bei der ersten Röhre wurde das Ende des Einziehschlauches um zehn Meter zurückgezogen, bei der zweiten Röhre waren es sogar 12 Meter. Da wurde es am Ende schon etwas knapp, hat aber schließlich genau gepasst,“ berichtet Solveig Stenbuck.

Bei der Aufteilung der Wandstärken von Einzieh- und Inversionsschlauch spielten die aufzubringenden Kräfte eine wichtige Rolle.

Die maximalen zulässigen Einzugskräfte wurden insbesondere in Hinblick auf die Stabilität des alten Dükers auf 6,0 to begrenzt. Nicht zuletzt hieraus ergab sich ein Verhältnis von 12 mm Einziehschlauch und einem Nettogewicht von ca. 35 Tonnen, zu einem Inversionsschlauch mit einem Nettogewicht von 60 Tonnen. „Wir mussten den Einzugschlauch nie mit mehr als mit 5 Tonnen Einzugskraft belasten, denn in dem vollgefüllten Düker schwebte der Schlauch schier schwerelos dahin,“ so Jörg Brunecker.

Gefertigt und konfektioniert wurden die Schläuche in den Insituform eigenen Werken in England, imprägniert und beschichtet wurden sie in den Imprägnierwerken des Insituform Gesellschafters Per Aarsleff in Dänemark und von dort mit Schwertransportern auf die Baustelle gebracht. Die Fertigung und Installation von Schlauchlinern dieser Größenordnung aus



Einbauprozess über Laufband und Gerüst.



Abkühlphase des Liners in der Weströhre.

einer Hand ist eine erste Gewährleistung für die Qualität des Endprodukts.

Nach dem Einbringen der Schläuche lieferten fünf Heizanlagen rund ca. 7500 Kilowatt Leistung, um die rund 850 Kubikmeter Prozesswasser im Düker für die Aushärtung des Liners aufzuheizen.

8 Tage dauerte der Einbau eines Liners.

- Einbau des Einziehschlauches mit allen Nebenarbeiten: 1 Tag
- Vorbereitungsarbeiten für den Einbau des Inversionsschlauches: ca. 6 Stunden

- Einkrempeln des Inversionsschlauches: ca. 15 Stunden
- Eineinhalb Tage langsames Aufheizen des Prozesswassers auf 60 Grad,
- Ein Tag halten der Temperatur
- Eineinhalb Tage abkühlen
- Anschließend betauchen des Dükers

Risiken

Bei aller Erfahrung und aller Routine, dieses Projekt in vorher noch nie da gewesenen Dimensionen war für alle Beteiligten eine beson-

dere Herausforderung und beinhaltete natürlich auch eine Reihe von Risiken.

Bleibt der Liner auf dem Weg von Dänemark auf die Baustelle bei sommerlichen Temperaturen im Verkehr stecken? Gerät der Inversionsschlauch beim Einkrempeln ins Stocken? Bei einer ungleichmäßigen Temperaturverteilung oder beim Abkühlen können bei diesen Massen enorme Materialspannungen auftreten. Daher ist ein wichtiger Punkt die Gefahr von Rissbildung.

Um dem vorzubeugen wurde genügend Zeit für die Abkühlphase berücksichtigt. Zudem waren





Rückbau der Heizschläuche im fertigen Liner.

lining, in kleinen wie in großen Dimensionen. Wir wissen, was schief gehen kann und worauf zu achten ist. Dieses Wissen und diese Erfahrung konnten wir in die Vorbereitung dieses Projektes einbringen und damit ein stabiles Fundament für die erfolgreiche Durchführung dieser Maßnahme legen.“

Eine Aussage, die Jörg Brunecker gerne unterstreicht und ergänzt: „Wir haben hier als Team mit dem Auftraggeber auf einem Level außergewöhnlicher Professionalität zusammengearbeitet, mit dem gemeinsamen Ziel und Ehrgeiz, dieses bisher weltgrößte Projekt in höchster Qualität fertig zu stellen.“

4,7 Millionen Euro lässt sich die HSE die Sanierung des Niederhafendükers kosten. In dieser Summe enthalten sind alle Nebearbeiten, wie Reinigung, Inspektion, Tiefbauarbeiten und Sanierungsarbeiten in den Bauwerken des Ober- und Unterhauptes.

Die im April dieses Jahres begonnenen Arbeiten waren im Juli komplett abgeschlossen. „Wir kalkulieren bei dem sanierten Düker eine Nutzungsdauer von mindestens weiteren 50 Jahren,“ sagt Burkhard Schonlau und Solveig Stenbuck ergänzt: „Ein Neubau wäre etwa drei mal so teuer geworden bei einer Bauzeit von ungefähr zwei Jahren – mit entsprechenden Behinderungen und Problemen für den Straßenverkehr, die Anlagen der U-Bahn und die Fußgänger.“ Und dies an einem der schönsten und touristisch attraktivsten Orte mitten im Zentrum Hamburgs...



Der zweite Liner ist fertig eingebaut.



Entnahme des Probestückes als Qualitätskontrolle

in die Schlauchliner ca.10 Kilometer Thermofühlerkabel eingearbeitet, um die Temperaturverteilung beim Aushärten und Abkühlen lückenlos zu überwachen.

Doch nicht nur der Liner war Gegenstand der Risikobetrachtungen. Auch das Alrohr war während der Sanierung Belastungen ausgesetzt, die so gering gehalten werden mussten, dass die alte Eisenleitung sie verkraftet.

„Für uns war letztlich die entscheidende Anforderung, dass wir das Endprodukt liefern, was wir unserem Auftraggeber zugesagt haben,“ sagt Jörg Brunecker und weist auf die geforderten Eigenschaften und Materialkennwerte hin. Uns waren jedoch die Risiken des Bauvorhabens sehr wohl bewusst.

„Alle diese Risiken und Anforderungen wurden von beiden Seiten sehr offen und mit

hoher technischer Kompetenz miteinander abgestimmt. Es wurde gemeinsam daran gearbeitet, die Anforderungen an das Endprodukt optimal zu erreichen,“ ergänzt Solveig Stenbuck. Offensichtlich mit Erfolg. Denn beide Liner wurden exakt im Zeitplan und ohne Zwischenfälle eingebaut. Die erste Inspektion durch den Taucher ergab keinerlei Beanstandungen. Inzwischen liegen auch die Untersuchungsergebnisse der Baustellenproben des Prüfinstitutes Siebert vor: Alle Materialkennwerte entsprechen den gestellten Anforderungen.

Gemeinsam zum Erfolg

Für Burkhard Schonlau ist die erfolgreiche Durchführung dieses Projektes kein Zufall: „Wir haben viele Jahre Erfahrung im Schlauch-

A. zu Eulenburg



Anbindung und Auskleidung der Bauwerke mit GFK