

Schleusen, Wehre, Schiffshebewerke (1.3)

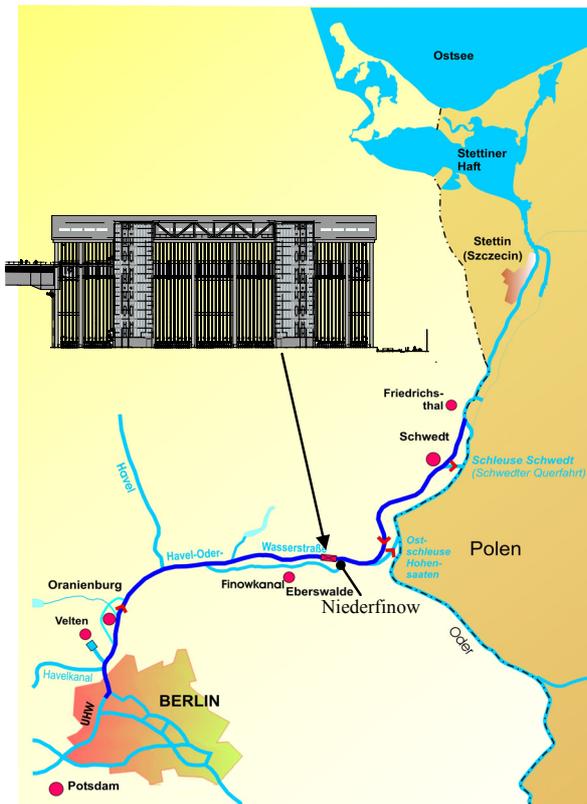
Ein neues Schiffshebewerk in Niederfinow

Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Heymann
Wasserstraßenneubauamt Berlin

Dipl.-Ing. Johannes Siebke
Wasserstraßenneubauamt Berlin

Zusammenfassung

In Niederfinow soll neben dem bestehenden ein zweites Schiffshebewerk errichtet werden. Nach umfangreichen Voruntersuchungen entschied sich die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung für ein Senkrechtbewerk mit Gegengewichtsausgleich. Ein Tragwerk, bestehend aus Stahlbetontürmen, -stützen und Seilrollenträgern, die in einer gemeinsamen Trogwanne gegründet werden, leitet die Lasten des wassergefüllten Troges (9 000 t) in den Untergrund ab. Der an Seilen durch Gegengewichte im Gleichgewicht gehaltene Trog erhält eine nutzbare Länge von 115 m, eine nutzbare Breite von 12,5 m und lässt eine Wassertiefe von 4,0 m zu. Die Vertikalbewegungen des Troges erfolgen mittels Zahnstangenantrieb. Ein Sicherungssystem aus Mutterbackensäulen und Drehriegeln gewährleistet ein sicheres Absetzen des Troges in Havariefällen. Der Planfeststellungsbeschluss zum Bau erging am 04.01.2005 und der Ausführungsentwurf für das Hebewerk wurde am 03.01.2006 genehmigt. Zurzeit werden die Verbindungsunterlagen für die Bauleistung aufgestellt.



1. Vorbemerkungen

1.1 Historischer Abriss

Mit der Fertigstellung des Finowkanals im Jahre 1746 wurde zwischen Berlin und dem Ostseehafen Stettin eine Wasserstraßenverbindung geschaffen, die auf den wirtschaftlichen Aufschwung und die Auswirkung des Handels in dieser Region einen maßgeblichen Einfluss hatte. Der Gütertransport auf dem Wasser stieg im Laufe der Zeit in einem derartigen Maße an, dass zu Beginn des letzten Jahrhunderts Forderungen nach einer deutlich leistungsfähigeren Wasserstraße immer lauter wurden. In Folge dessen entstand in den Jahren 1907 bis 1914 der Oder-Havel-Kanal als Ersatz für den Finowkanal. Die 14 Schleusen des letzteren wurden in Niederfinow durch eine Schleusentreppe, bestehend aus 4 Schleusen von je 9,0 m Fallhöhe, ersetzt.

Die langen Wartezeiten an der Schleusenanlage und erste bauliche Probleme an den Schleusen führten dazu, dass ein bereits 1905 geplanter zweiter Abstieg in Niederfinow vorangetrieben wurde. Nach intensiver Planung und 6 Jahren Bauzeit nahm dann im Jahre 1934 das Schiffshebewerk Niederfinow seinen Betrieb auf. In den folgenden Jahren gewann es aufgrund seiner wesentlich kürzeren Schließungszeiten einen deutlichen Vorrang gegenüber der Schleusentreppe. Die nachlassende Attraktivität für die Schifffahrt und zunehmende Baumängel führten 1972 zur Stilllegung der Schleusentreppe, die heute in ihren baulichen Resten als Denkmal zu besichtigen ist.

1.2 Veranlassung

Das 1934 in Betrieb genommene Hebewerk hat aufgrund seiner soliden Konstruktion in seinen 72 Betriebsjahren insgesamt nur 60 unplanmäßige Stillstandstage aufzuweisen. Die Garantie einer ständigen Betriebsbereitschaft erfordert allerdings einen hohen Unterhaltungsaufwand und zunehmend umfangreiche Instandsetzungsarbeiten.

Die Abmessungen des vorhandenen Troges (85,0 m x 12,0 m x 2,5 m) schränken den Schiffsverkehr mit der heutigen Flotte erheblich ein. Darüber hinaus kann sich ein wirtschaftlicher Containerverkehr aufgrund der zulässigen Durchfahrtshöhe von 4,0 m nicht entwickeln. Diese Umstände führten dazu, dass das Wasserstraßen-Neubauamt Berlin (WNA Berlin) vom Bundesverkehrsministerium beauftragt wurde, im Rahmen des vordringlichen Bedarfs an Aus- und Neubauvorhaben an Bundeswasserstraßen in Niederfinow ein neues Abstiegsbauwerk für die Havel-Oder-Wasserstraße (HOW) zu planen und zu errichten.

2. Das neue Schiffshebewerk

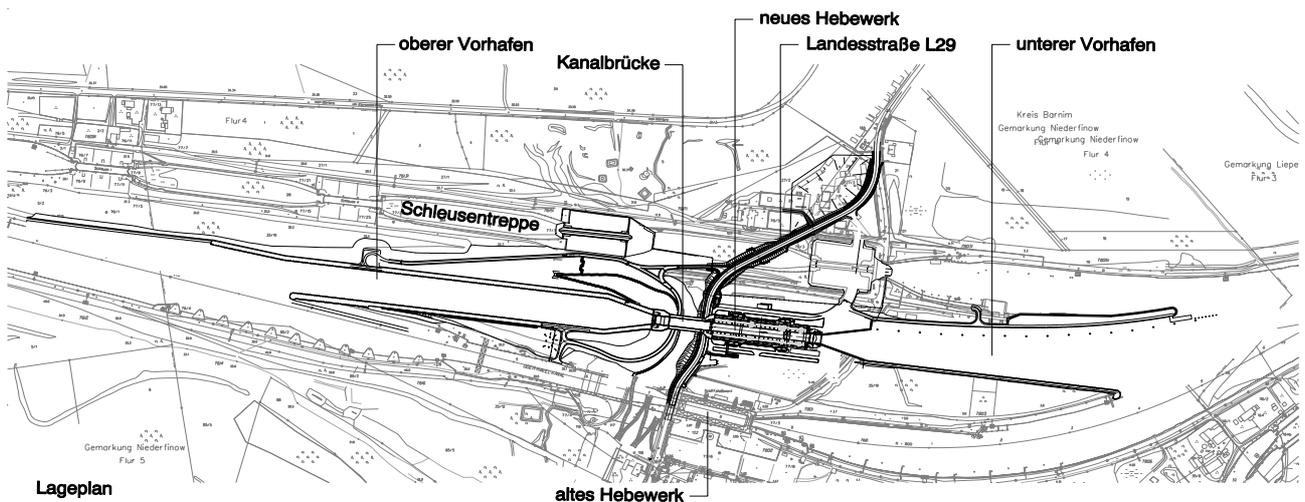
2.1 Voruntersuchungen/ Grundlagen

In einer Vorstudie wurden zunächst die grundsätzlichen Fragen nach dem Standort, dem technischen Konzept und der Dimensionierung des neuen Bauwerks geklärt.

Für die Trasse des neuen Abstiegs waren 4 Varianten zu untersuchen und in eine Rangfolge zu bringen, wobei die wichtigsten Kriterien die nautischen Verhältnisse, wirtschaftliche Gesichtspunkte und die Umweltverträglichkeit darstellten. In einem weiteren Schritt wurde das eigentliche Abstiegsbauwerk ausgewählt und festgelegt. Hierbei galt es, Einflussgrößen wie Verkehrs-

Binnenschifffahrt, Binnenwasserstraßen und Binnenhäfen (1)

Ein neues Schiffshebwerk in Niederfinow



prognosen, Flottenstruktur, Betriebskonzept, Betriebssicherheit, Bauausgaben, Betriebs- und Unterhaltungskosten zu berücksichtigen. Untersucht wurden Bauwerkstypen wie Schachtschleuse, Schleusentreppe, Wasserkeil, Schräg- und Längsaufzüge sowie Senkrechthebewerke. Darüber hinaus war auch noch zu entscheiden, ob es künftig ein oder zwei neue Abstiegsbauwerke geben soll.

Im Ergebnis all dieser Untersuchungen konnte der Neubau eines Senkrechthebewerkes in der Trasse zwischen dem bestehenden Hebwerk und der stillgelegten Schleusentreppe als optimale Variante ermittelt werden. Der Trog war für Schiffsgrößen von 114,0 m Länge, 11,60 m Breite und 2,80 m Tiefgang auszulegen.

Nach einer Vorstellung dieser Ergebnisse der Vorstudie stimmte das Bundesverkehrsministerium der vorgeschlagenen Lösung zu und gab damit grünes Licht für die weitergehende technische Konkretisierung und Planung des neuen Schiffshebwerkes.

Zu Beginn dieser Planung galt es, die technischen Einzelheiten für das Bauwerk festzulegen. Als Vorbilder dienten die Schiffshebwerke in Niederfinow, in Scharnebeck (Deutschland) sowie in Strépy Thieu (Belgien, seinerzeit noch im Bau).

Die Betriebs- und Unterhaltungserfahrungen bzw. der mittlerweile eingetretene technische Fortschritt führten zu einer Vielzahl von Detailfragen, die in einen umfangreichen Fragenkatalog mündeten. Die Beantwortung dieser Fragen durch eine spezielle Projektgruppe und die Bestätigung durch ein Entscheidungsgremium führte zu den Entwurfsgrundsätzen, die die Grundlage der weiteren Planung bildeten. Spezielles Augenmerk wurde hierbei der Abhängigkeit zwischen Tragwerk, Troglagerung, Antriebs- und Sicherungssystem gewidmet.

Im Ergebnis aller dieser Vorarbeiten entstand folgendes Konzept:

- Das Tragwerk verläuft über die gesamte Länge des Troges.
- Die durch Druck belasteten Tragglieder werden aus Beton ausgebildet, die durch Biegung belasteten aus Stahl.

- Die Seile, die den Trog mit den Gegengewichten verbinden, werden direkt an den Trog angeschlagen.
- Der Trog wird, analog dem vorhandenen Hebwerk, durch das System Drehriegel/Mutterbackensäule gesichert.

2.2 Baugrund

Niederfinow liegt auf rund 53° nördlicher Breite, damit prägen die letzten drei Eiszeiten den Standort des Hebwerkes. In jeder Eiszeit drangen die mächtigen Gletscher zweimal bis über Niederfinow hinaus nach Süden. Jedes Mal veränderten sie den Baugrund, sie erodierten Boden, deformierten den Untergrund und während des Abschmelzens lagerten sich Sedimente als neue Bodenschichten ab. Um zutreffende Aussagen über die Untergrundverhältnisse geben zu können, entwickelte die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) aus den Bohrprofilen ein digitales 3-D-Modell des Baugrundes. Sie wertete für dieses Modell neben neuen Aufschlüssen auch die Bohrungen aus, die für den Bau des vorhandenen Hebwerkes und der Schleusentreppe niedergebracht wurden. Insgesamt wurden 371 Bohrungen und 150 Drucksondierungen aus mehreren Bohrkampagnen einbezogen. Die tiefsten Bohrungen hatten dabei eine Teufe von 120 m.

Diese Grundlagen ermöglichten es der BAW, ein Baugrundgutachten zu erstellen, auf dem die technische Planung aufbaute. Dieses Gutachten wurde in der weiteren Bearbeitung fortgeschrieben, um die Wechselwirkungen zwischen Baugrund und Bauwerk aktuell zu berücksichtigen.

2.3 Planfeststellung

Nach der Genehmigung der Haushaltsunterlage (Entwurf HU) durch das Bundesverkehrsministerium war für die Errichtung des Hebwerkes nach dem Bundeswasserstraßengesetz ein Planfeststellungsverfahren durchzuführen. In den hierfür notwendigen Antragsunterlagen mussten der Umfang des Vorhabens und seine Auswirkungen auf die öffentlichen und privaten Belange dargestellt werden. Zu den Auswirkungen gehören unter anderem die auf die Umwelt, das Landschaftsbild, den Verkehr, die Anwohner, die Planungen der Kommune und die auf den Wasserhaushalt. Für die Maßnahme hat die Bundesanstalt für Gewässerkunde die Auswir-

Binnenschifffahrt, Binnenwasserstraßen und Binnenhäfen (1)
Ein neues Schiffshebwerk in Niederfinow

kungen auf die Natur und das Landschaftsbild in einer Umweltverträglichkeitsuntersuchung dargestellt. In einem landschaftspflegerischen Begleitplan wurden Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für unvermeidbare Eingriffe erläutert.

Nach dem Antrag auf Planfeststellung im Jahr 2001 durch das WNA Berlin erfolgten in 2002 und 2003 die Auslegung der Unterlagen und deren Erörterung. Der Planfeststellungsbeschluss erging 2005 durch die Planfeststellungsbehörde.

2.4 Ausführungsentwürfe

In Vorbereitung der Ausschreibung der Baumaßnahmen waren die bisher rechtsgrundsätzlichen Festlegungen durch weitere Planungen zu vertiefen. Der Übersichtlichkeit halber wurde die Gesamtmaßnahme in folgende vier Bereiche gegliedert, für die das WNA Berlin jeweils getrennte Entwürfe aufstellte bzw. noch aufstellt.

- Herrichten des Baugeländes
- Schiffshebwerk mit Kanalbrücke und oberer Vorhafen
- Unterer Vorhafen
- Landschaftspflegerische Maßnahmen

3. Technische Lösung

3.1 Allgemeine Beschreibung

Die Anlage des unmittelbar am Fuß des 36 m hohen Geländesprunges gelegenen neuen Hebwerkes gliedert sich in:

- das Schiffshebwerk mit Tragwerk, Trog mit Gegengewichten, Trogsicherungssystem, Trogwanne und unterem Haltungsabschluss
- die Kanalbrücke mit Widerlager, Sicherheitstor und oberem Haltungsabschluss.
- den oberen Vorhafen, der aus der Scheitelhaltung des Havel-Oder-Wasserstraße abzweigt und den unteren Vorhafen, der in die Haltung Hohensaaten mündet

Die Hauptabmessungen betragen:

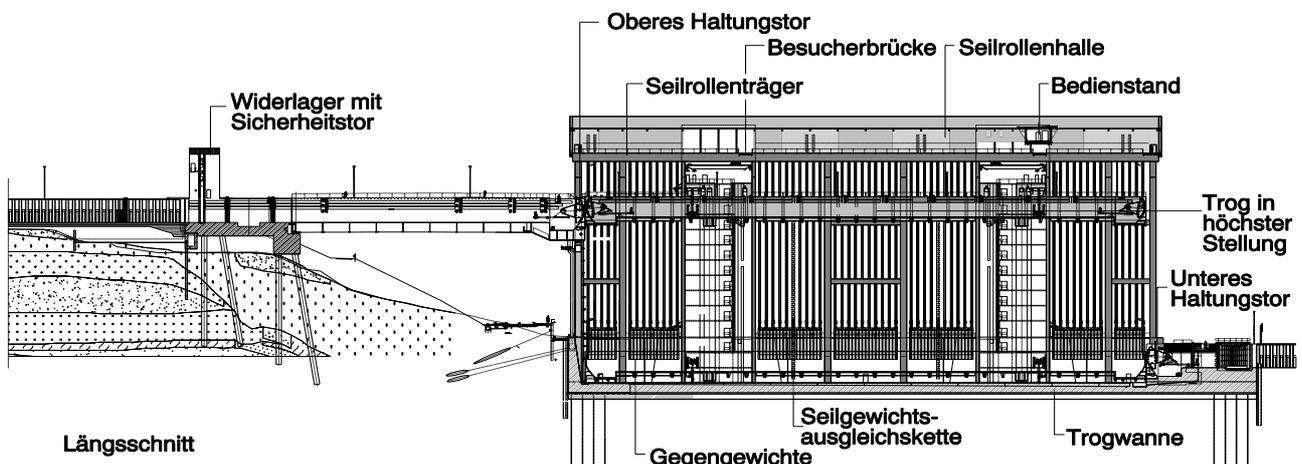
	Höhe	Breite		Länge
Hebwerk	55,0m	32,4 m	46,7 m ²⁾	154,0 m
Trog	7,5 m	18,3 m	27,5 m ²⁾	125,5 m
Trogwanne (außen)	11,0 m ¹⁾	36,5 m	48,4 m ²⁾	133,2 m
Kanalbrücke	8,2 m	21,7 m	28,2 m ³⁾	65,5 m
Oberer Vorhafen		46,5 m		990,0 m ⁴⁾
Unterer Vorhafen		46,5 m – 90,0 m ⁵⁾		800,0 m ⁴⁾

- 1) Tiefe bis OK Trogwannensole
- 2) im Bereich der Pylone/ Antriebshäuser
- 3) westliches Auflager, ohne seitliche Aufweitung für Besucherstege
- 4) Länge Wartestellen für die Berufsschifffahrt
- 5) Aufweitung aufgrund der Kurvenlage

3.2 Schiffshebwerk

Das Schiffshebwerk wird, wie das vorhandene, ein Senkrechthebwerk mit wassergefülltem Trog, dessen Masse durch Gegengewichte ausgeglichen wird. Der wassergefüllte Trog wiegt rund 9.000 t. Er wird über 224 Seile mit 220 Gegengewichten und 4 Gegengewichtsausgleichketten über Seilrollen auf dem Seilrollenträger gelagert. Der Ausgleich des Troges durch die Gegengewichte reduziert die notwendige Antriebskraft. Sie muss demzufolge nur die Reibung, die Anfahrwiderstände, die Massenträgheit und geringe Wasserspiegeldifferenzen überwinden. Diese Last aus Trog und Gegengewichten wird über ein um die Längsachse symmetrisches Tragwerk in den Baugrund eingeleitet.

Die Nutzlänge des Troges ist zu 115 m und die nutzbare Breite der Schifffahrtsöffnung zu 12,5 m festgelegt. Über dem Trog liegen keine für das Haupttragssystem statisch wirksamen Teile, damit kann die Durchfahrts-



höhe später beliebig erhöht werden, die Besucherbrücken und der Bedienstand müssten ggf. angepasst werden.

Der obere Betriebswasserstand der Scheitelhaltung liegt bei NN +37,55 m; das niedrigste Niedrigwasser der Haltung Hohensaaten bei NN +0,98 m. Der maximale Fahrweg des Troges zwischen absoluten Endstellungen beträgt somit 38 m.

Vor ungewollten Bewegungen infolge Überschreitung des planmäßigen Ungleichgewichtes (z.B. erhöhter Wasserverlust) zwischen Trog und Gegengewicht wird der Trog in jeder Stellung durch das Trogsicherungssystem geschützt, bei dessen Wirksamwerden die Trogantriebe elektrisch abgeschaltet werden.

In den Anlegestellungen wird der Trog durch eine Troghaltevorrichtung arretiert und der Spalt zwischen Trog und Haltung durch die Spaltdichtung geschlossen. Aus der anliegenden Haltung wird der Spalt gefüllt, die Tore werden geöffnet und damit das Hebewerk für die Schiffsaus- bzw. -einfahrt freigegeben.

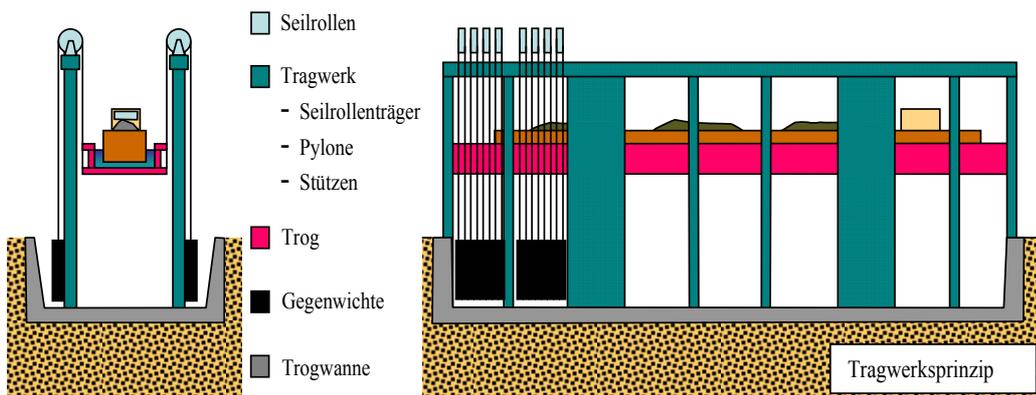
Nach dem Schließen der Tore wird bei Bedarf der Sollwasserstand im Trog mit einer Reversiereinrichtung hergestellt. Der Spalt wird entleert, die Spaltdichtung geöffnet und die Troghaltevorrichtung gelöst. Damit ist die Trogfahrt in die entgegengesetzte Anlegestellung freigegeben.

Die Trogantriebe sind so gestaltet, dass alle Bauteile gut zugänglich sind, um damit den Aufwand für die Unterhaltung und Instandsetzung gering zu halten.

Bedient wird das Hebewerk von dem Bedienstand, der über dem Trog zwischen den östlichen Pylonen angeordnet ist.

3.2.1 Tragwerk

Das Tragwerk leitet die Lasten aus Trog und Gegengewichten über die Seilrollen auf die Seilrollenträger und von dort je Seite über zwei Pylone und sechs Seilrollenträgerstützen über die Trogwanne in den Baugrund ab.



Die Trogwanne ist ein Halbrahmen, der flach auf der Unterwasserbetonsohle der Baugrube gegründet ist. Die Tragwerksseiten sind oben ohne statisch wirksame Verbindung. Seilrollenträger, Seilrollenträgerstützen, Pylone und Trogwanne sind biegesteif miteinander verbunden. Sie bilden zusammen als Gesamtsystem einen Halbrahmen mit stark aufgelösten Schenkeln

unterschiedlicher Steifigkeit. Im Osten geht die Trogwanne in den unteren Haltungsabschluss über.

Auf dem Tragwerk aufgelagert sind: Das östliche Auflager der Kanalbrücke, die Seilrollenhalle, der Bedienstand, die Besucherbrücken zwischen Kanalbrücke und westlichen Pylonen, die Besucherbrücken zwischen den Pylonen sowie die Fachwerkträger zwischen den Pylonen. Für die Auflagerung der Kanalbrücke sind die westlichsten Seilrollenträgerstützen durch einen Betonriegel miteinander verbunden.

Für die auf Biegung beanspruchten Seilrollenträger und den Trog wird Stahl der Güte S355 und für die vorwiegend auf Druck belasteten Pylone und Stützen sowie die in den Baugrund eingebundene Trogwanne wird Beton der Güte C35/45 vorgesehen. Um eine ansehnliche Betonoberfläche zu erhalten, werden Schalungsmusterpläne erstellt, in denen das Schalungsmaterial einschließlich Einteilung sowie Arbeitsfugen festgelegt wird.

Seilrollenträger

Die beiden Seilrollenträger verlaufen längs des Hebewerkes über Pylone und Seilrollenträgerstützen. Sie nehmen die Lasten aus Seilrollen, Seilrollenhalle, Besucherumgängen, Besucherbrücken und Bedienstand auf.

Ihre Länge über alles beträgt 131,2 m, ihre Höhe 2,0 m und ihre Breite 7,2 m. Sie werden als Hohlkästen aus bis zu 40 mm dicken Blechen gefertigt. Auf jedem Seilrollenträger stehen außer über den Pylonen in Böcken gelagert die Doppelseilrollen. Die über die Seilrollen laufenden 256 Gegengewichtsseile werden durch Öffnungen von d = 520 mm durch den Seilrollenträger geführt.

Seilrollenhallen

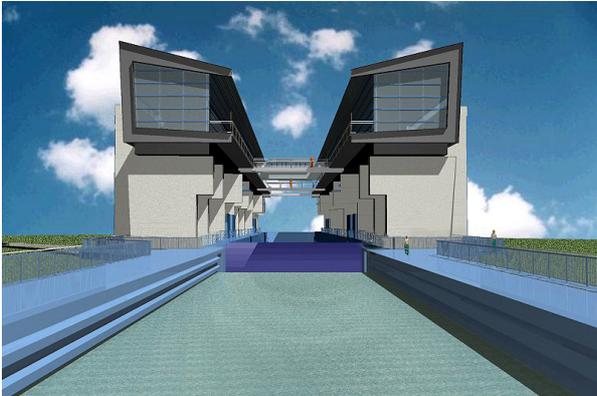
Zwei Seilrollenhallen schützen die Seilrollen vor der Witterung. Sie sind 131,2 m lang, bis 9 m hoch und auf der Grundfläche rund 8 m breit. Mit nach innen auskragendem Vordach über den Besucherumgängen beträgt ihre Dachbreite 10,60 m.

In Längsrichtung gliedert sich jede Seilrollenhalle in fünf Abschnitte. In den Äußeren und im Mittleren stehen die Seilrollen. In den Abschnitten über den Pylonen queren die Besucherwege und Fluchtwege zu den außen in den Pylonen liegenden Treppen und Fahr-

stühlen. Der Abschnitt über den östlichen Pylonen hat ein weiteres Geschoss, durch welches der Bedienstand erreicht wird und in dem Betriebsräume untergebracht sind.

Die äußere Form der Seilrollenhallen ergibt sich mit 14° nach innen geneigten Pultdächern und 3° nach außen geneigten Außenwänden, Dachdeckung und Fassa-

denverkleidung mit Profilblechtafeln aus Aluminium sowie Verglasungen der Stirnseiten und der Innenwänden sind, ebenso wie die äußere Form, ein Ergebnis der architektonischen Gestaltung.



Einfahrt in das Hebewerk

Um die Seilrollen auswechseln zu können, sind die Dachpfetten und -deckung komplett demontierbar

Pylone

Die Pylone sind über Gelände 52,30 m hoch, 16,50 m lang sowie 14,45 m breit und reichen bis 11 m unter das Gelände. Sie stehen bei NN -6,40 m auf der Trogwanne und somit sind im unteren Bereich ihre Außenwände Teil der Trogwanne. 17 Ebenen gliedern die Pylone horizontal, 14 davon liegen oberhalb des Geländes. In der Regel sind die Geschosse 3,73 m hoch.

Den Querschnitt eines Pylons bestimmt der Trogantriebsraum in seinem Inneren; seine Breite ergibt sich aus den Abmessungen des Kranes für Wartungsarbeiten im 15. Geschoss sowie den der Treppen, der Durchgänge und des Trogantriebsraumes.

Die unteren 13 Geschosse sind im Grundriss dreigeteilt. Zum Trog hin öffnet sich der 5 m breite U-förmige Bereich für die Trogantriebsräume. An dessen Rückseite sind die Mutterbackensäule und die Triebstockleiter fest mit den Pylonen verankert. Außen liegen die Treppenhäuser, die Versorgungsschächte für Strom, Wasser und Fahrstühle. In der Mitte verlaufen ein Montageschacht und eine Durchgangszone, die den Trogbereich und die Treppenhäuser brandschutztechnisch voneinander trennt.

Die oberen 4 Geschosse sind im Grundriss zweigeteilt. Außen laufen Treppenhäuser, die Versorgungsschächte und Fahrstühle weiter nach oben. Innen ist im 14. und 15. Geschoss der Bewegungsbereich des Kranes, im 16. Geschoss der Durchgang für die Besucher und im 17. Geschoss der östlichen Pylone sind Betriebsräume untergebracht.

Bedienstand

Der Bedienstand ist zwischen den östlichen Pylonen mit einer Fußbodenhöhe von NN +53,01 m. angeordnet. Sein Tragwerk bildet ein 16 m langer und 6 m breiter Einfeldträger in Stahl-Beton-Verbundkonstruktion mit aufgesetzter Rahmenkonstruktion aus Stahl. Verkleidet wird er mit derselben Fassadenhaut wie die Seilrollenhalle. Seine Fenster werden entsprechend den Vorschriften für Schleusenbedienstände geneigt. Leichtbauwände, entsprechend DIN 4109 schallgedämmt,

trennen die einzelnen Räume voneinander. Das geneigte Pultdach wird wie die Seilrollenhallen mit gedämmten Profiltafeln gedeckt.



Blick aus dem Bedienstand auf die Kanalbrücke und den oberen Vorhafen

Unter dem Bedienstand quert eine Besucherbrücke den Trograum.

Einrichtungen für Besucher

Durch Fahrstühle, Treppen, Wege, Stege und Brücken werden künftige Besucher durch das Hebewerk geführt.

Von den Seitenwegen der Kanalbrücke führt je ein 2,6 m breiter Steg auf der Nord- und Südseite zu den westlichen Pylonen. Die Stege lagern auf der Kanalbrücke, seitlichen Konsolen der Seilrollenträgerstützen und den Pylonen.

Die Besucherumgänge verlaufen auf 49,95 m ü NN im Inneren des Bauwerkes über dem Trog längs der Seilrollenträger mit einer Breite von 2,1 m, außen zwischen den Pylonen hinter dem Fachwerkträger mit einer Breite von 2,8 m. Drei Brücken überspannen den Trograum zwischen den gegenüberliegenden Pylonen und am Ostende.

Treppen, Wege, Stege und Brücken dienen gleichzeitig als Flucht- und Rettungswege.

3.2.2 Trog

Der Hebewerkstrog ist eine selbsttragende Konstruktion. Den tragenden Trogquerschnitt bilden die Betriebswege, die Trogseitenwände und der Trogboden. Querträger und Längsrippen steifen den Querschnitt aus. Die Querträger sind an beiden Enden mit Längsträgern verbunden, an denen die Gegengewichtsseile befestigt sind. Die im Bereich der Trogviertel liegenden verstärkten Querträger übertragen die Ungleichgewichtslasten über die Trogsicherung in das Tragwerk. In diesem Bereich sind seitlich des Troges die in den Pylonen laufenden Antriebe angeordnet. Zum Schutz der Antriebe werden Maschinenhäuser errichtet.

Aus der festgelegten Nutzung ergeben sich eine Troglänge über alles von 125,5 m, eine Breite von 18,3 m im Bereich der Gegengewichte sowie eine von 27,9 m im Bereich der Antriebshäuser und eine konstruktive Höhe von 6,3 m im Bereich der Gegengewichte. Im Bereich der Trogsicherung erhalten die Querträger eine Höhe von 2,5 m, damit ergibt sich dort eine Konstruktionshöhe von 7,5 m. Die seitlichen Betriebswege sind an der

Oberkante der Trogseiten 2,0 m, im Bereich der Stoßschutzanlage 0,6 m und auf der Höhe der Trogsohle 1,1 m breit.

Der Trog wird in Quer- und Längsrichtung während der Fahrt so geführt, dass er abstandsgleich zwischen Querführungen fährt.

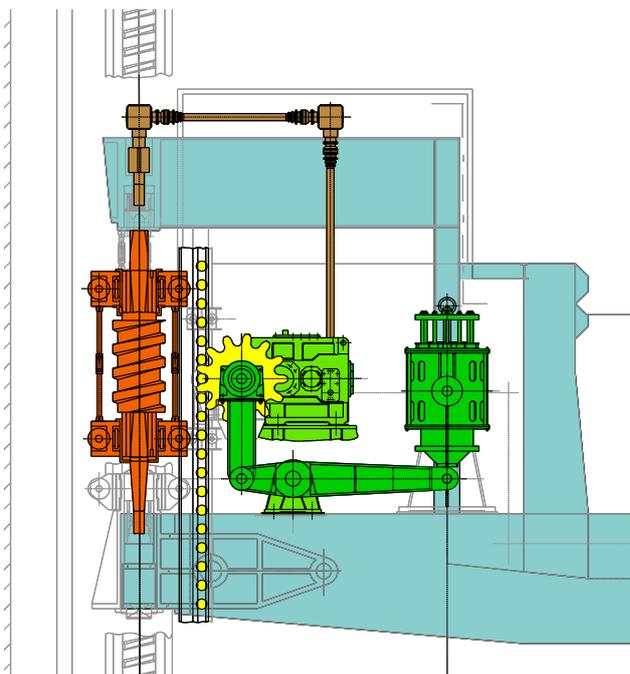
Bei der Ein- und Ausfahrt erzeugen die Fahrzeuge Wasserspiegelschwankungen. Um die daraus für die Antriebe folgenden Belastungen zu reduzieren wird der Trog in den Anlegestellungen durch eine Troghaltevorrichtung gehalten. Die Verriegelung ist für ein Trogungleichgewicht entsprechend einer Wasserlamelle von 25 cm bemessen. Vorgesehen ist eine am Trog befestigte Klinkenkonstruktion, welche mit einem verfahrbaren Gegenstück (Riegelbarren) verriegelt werden kann. Um bei einem größeren Ungleichgewicht die Verriegelung vor Beschädigung zu schützen, weicht die Trogverriegelung der Überlastung aus, was gleichzeitig zu einer Trogbewegung führt. In diesem Falle greift das Trogsicherungssystem und die Drehriegel setzen auf den Mutterbackensäulen auf.

Drehsegmenttore verschließen den Trog an beiden Stirnseiten. Sie werden in der Öffnungsstellung in Bodennischen und in der Revisionsstellung nach oben aus dem Wasser gedreht. Ihre Oberkante liegt 5,0 m über dem Trogboden; damit beträgt ihr Freibord 1,0 m. Zwei Elektrohubzylinder mit je 650 kN Antriebskraft bewegen die Tore.

Eine Seil-Stoßschutzanlage schützt die Tore gegen Schiffsstoß

3.2.3 Trogantrieb

Der Hebewerkstrog wird von vier Punkten aus angetrieben. Die Antriebe befinden sich zu beiden Seiten des Troges jeweils in den Trogvierteln und werden als Zahnstangenantriebe mit Triebstockverzahnung ausgeführt. Sie bestehen je Antriebspunkt aus den Antriebsmaschinen mit Drehstrom-Asynchronmotor, elektrohydraulisch gelüfteten, voneinander unabhängigen



Trogantrieb und Trogsicherung

Betriebs- und Haltebremsen und den Hauptgetrieben. Die beiden Hauptgetriebe eines Antriebspunktes treiben von beiden Seiten das an der Triebstockleiter mit Rollenwagen geführte Ritzel an.

Jeder Antriebspunkt hat eine Leistung von rund 320 kW. Er ist damit so bemessen, dass der Hebewerksbetrieb bei Ausfall einer Antriebskraft aufrechterhalten werden kann.

Die im Beton des jeweiligen Pylons verankerte Triebstockleiter hat eine lichte Breite von 570 mm und einen Bolzenabstand von 376 mm. Das in die Leiter eingreifende Ritzel hat einen Teilkreisdurchmesser von 1556 mm. Es ist in einem Federschwingensystem gelagert.

Um die vier Antriebseinheiten zu synchronisieren, sind eine elektronische Gleichlaufüberwachung und -regelung sowie dauerhaft mitlaufende mechanische Gleichlaufwellen vorgesehen. Die mechanischen Gleichlaufwellen werden so weich ausgeführt, dass der elektronischen Regelung ein ausreichend großer Regelbereich verbleibt. Das mechanische Wellensystem hat zwei Aufgaben:

- Sichern des Gleichlaufes aller Antriebspunkte bei Störungen der elektronischen Gleichlaufsteuerung der Antriebe,
- Ermöglichen des zeitweiligen Weiterbetriebes des Schiffshebewerkes bei Ausfall der Antriebskraft an einem Antriebspunkt.

3.2.4 Gewichtsausgleich

Der Gewichtsausgleich setzt sich zusammen aus dem Seilanschluss am Trog, den Seilen, den Seilrollen und deren Lager, den Lagerböcken, dem Seilanschluss an den Gegengewichten, den Gegengewichten selbst, dem Gegengewichtsfang- und -führungsrahmen mit Führung des Rahmens an den Pylonen und an den Seilrollenträgerstützen sowie der Gegengewichtstarierung und den Seilgewichtsausgleichketten

Seile

Jedes Seil trägt ein Gegengewicht oder eine Seilgewichtsausgleichskette. Es werden vorgereckte, verzinkte Parallelschlagseile in nicht drehungsfreier Ausführung gewählt, die paarweise angeordnet werden. Über eine Doppelseilrolle laufen jeweils ein rechtsgängiges und ein linksgängiges Seil. Die Seilenden werden als Sonderausführung in Gabelseilhülsen vergossen und mit den Gabelhülsen über lösbare Bolzenverbindungen an Trog und Gegengewichten angeschlossen. Die Länge wird mit Spannschlössern an den Gegengewichten genau justiert.

Der Durchmesser jedes Seiles beträgt $d = 60$ mm und seine Drahtnennfestigkeit 1770 N/mm². Die Seile werden seitlich bis zu $1,5^\circ$ abgelenkt. Ursache hierfür ist vor allem die unterschiedliche Temperaturdehnung von Trog und Tragwerk.

Seilrollen

Die Doppelseilrollen werden in Böcken auf den Seilrollenträgern in den Seilrollenhallen mit einem Mittenabstand von 1,5 m gelagert. Der Abstand ermöglicht dem Wartungspersonal ein Durchtreten zwischen den Seilrollen und erleichtert somit ihre Unterhaltung. Der große

Durchmesser der Rollen von 4 m lässt eine lange Lebensdauer der Seile erwarten. Die Lager der Seilrollen sind seitlich, von einer Zwischendecke her, leicht zugänglich angeordnet. Die Seilrollen können so angehoben werden, dass die Lager oder die Seile ohne Öffnen des Daches zu wechseln sind. Sollte allerdings der Austausch einer Seilrolle notwendig werden, ist das Dach zu öffnen und ein 300 t-Mobilkran hebt die Seilrollen einzeln heraus.

Gegengewichte

Sieben Gegengewichtsgruppen sind je Seite zwischen den Seilrollenträgerstützen und Pylonen vorgesehen. Je zehn bis zwanzig Gegengewichte sind mit Hilfe eines Fangrahmens zu einer Gruppe zusammengefasst. Der Fangrahmen überträgt beim Versagen eines Seiles die Last auf die intakten Seile und verhindert so den Absturz eines Gewichtes.

Die 2,5 m breiten und 7,1 m hohen Gegengewichte werden als 68 cm starke Schwerbetonscheiben bzw. an den Rändern jeder Gruppe als 31 cm Stahlscheiben erstellt. Die Gewichte wiegen rund 40 t, die genaue Masse kann erst nach Fertigstellung der Ausführungsplanung durch den ausführenden Betrieb festgelegt werden. Durch Einsatz von Tariergewichten kann die Masse der einzelnen Gegengewichte um bis zu 2 t erhöht werden.

Gegengewichtsführung

Der Gegengewichtsfangrahmen wird quer zum Hebewerk mit festen und federnd gelagerten Rollen und längs durch Gleitschuhe geführt. Die Führungsschienen sind an den Pylonen und den Seilrollenträgerstützen befestigt.

3.2.5 Trogsicherung

Die Trogsicherung verhindert eine Überlastung des Ritzels und der Bremsen des Antriebs durch ein sicheres Absetzen des Troges über vier Drehriegel in vier Mutterbackensäulen. Diese Betriebssituation wird als Havariefall bezeichnet. Sie tritt bei Entleeren oder Überfüllen des Trogs auf. Für Inspektions- und Reparaturarbeiten am Trog wird dieser auch planmäßig etwa einmal pro Jahr entleert.

Die Mutterbackensäulen sind 41,6 m lange, geschlitzte, im Pylon verankerte Innengewinde, welche sich aus mehreren Teilstücken zusammensetzen. Die über Pendelstützen mit dem Trog verbundenen Drehriegel haben 4 Gewindgänge, eine Höhe von 3 m und einen Außendurchmesser von 1,08 m. Jeder wiegt rund 10 t. Die vier Achsen der Mutterbackensäulen haben untereinander, quer zum Trog, einen Abstand von 30 m und längs einen von 69,85 m.

Im normalen Betrieb dreht der Trogantrieb über ein angekoppeltes Wellensystem die Drehriegel frei durch. Die am Ritzel auftretende Kraft entspricht bis zum Aufsetzen der Mutterbacke unter Berücksichtigung der Hebelverhältnisse der äußeren Kraft am Federtopf. Unter Berücksichtigung von Reib-, Massen- und Windkräften und einer Wasserlamelle im Trog von unter 0,08 m ist die über am Federtopf anliegende Kraft kleiner 200 kN.

Die Vorspannung der Federn ist so gewählt, dass erst bei Überschreitung einer Kraft von 200 kN die Einfede-

rung des Ritzels beginnt. Mit Beginn der Einfederung an einem Federtopf werden die 4 Trogantriebe gestoppt. Die Kraft am Ritzel steigt dann entsprechend der Federkennlinie an. Bei einem Wert von 990 kN am Ritzel setzt der Drehriegel in der Mutterbackensäule auf und übernimmt die Differenzlasten bis die maximale Ungleichgewichtslast aufgebracht wurde und damit am Ritzel 1090 kN anliegen. Die auf das Ritzel wirkende Kraft wird kontinuierlich sowohl in Ruhestellung als auch während der Trogfahrt gemessen.

Bei Überschreiten der maximalen Betriebsritzelfkraft wird der Antrieb abgeschaltet, und das Ritzel federt ein.

3.2.6 Steuerung

Die Steuerung des Schiffshebewerkes unterteilt sich in das Automatisierungssystem sowie in ein Bedien- und Beobachtungssystem.

Automatisiert werden die Antriebe des Hebewerkes mit speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) und Sensoren, die den Zustand der Anlage feststellen. Jede Antriebseinheit, wie zum Beispiel ein Trogtor, erhält eine eigene SPS. Die Steuerungen sind untereinander und mit der Master-SPS über ein Bussystem verbunden. Bei Ausfall des Bussystems bleiben die Anlagengruppen einzeln bedienbar.

Um schon während der Planung überprüfen zu können, ob die vorgesehene Steuerung mit der geplanten Maschinenanlage zusammenpasst, wurde ein virtuelles Steuerungsmodell des Hebewerkes erstellt. In diesem Modell werden die Antriebe (Aktoren) sowie die Endschalter, die Messgeräte und Überwachungsgeräte (Sensoren) abgebildet. Damit werden der planmäßige Ablauf des Schleusungsvorganges, der Ausfall oder die Fehlfunktion einzelner oder mehrerer Elemente der Steuerung oder der Sensorik simuliert. Die durch die simulierten Fehlfunktionen auftretenden Reaktionen werden analysiert und der durch die Reaktionen entstehende Zustand wird bewertet. Wird erkannt, dass nichthinnehmbare Zustände eintreten können, sind entweder die Maschinen anders zu steuern, mit anderen Steuerungselementen und Sensoren auszurüsten oder es sind andere Schutzmaßnahmen vorzusehen.

Klassische digitale Steuerungsmodelle zeigen Kurven, Zeigerstände von Sensoren, Positionen von Schaltern und sonstige logische Verknüpfungen. Der Zustand und die Reaktion der Anlage kann meist nur von Steuerungstechnikern schnell und zutreffend erkannt werden. Um die Verständigung zwischen den Steuerungstechnikern, den Planern des Bauwerkes und Bedienern der Anlage zu verbessern, wird der gesteuerte Schleusungsvorgang in bewegten Bildern perspektivisch dargestellt. In diesen Bildern laufen die Vorgänge und Reaktion in den angesetzten Zeiten ab und „Nicht-Steuerungstechniker“ können Unverträglichkeiten und den zeitlichen Ablauf besser erkennen.

Aus diesem Modell für die Planung wird später das Modell für die Testung entwickelt. So wird es möglich, die für die Steuerung entwickelten Programme zu prüfen, bevor die Anlage einschließlich Hardware erstellt wurde. Dabei kann die Reaktion des Hebewerkes auch auf solche Fehler analysiert werden, die beim Testen am realen Hebewerk zu Schäden führen würden.

Nach Fertigstellung des Hebewerkes bleibt das Modell erhalten. Zum einen kann es für die Ausbildung des

Bedien- und des Unterhaltungspersonals weiter entwickelt werden, zum anderen können mit seiner Hilfe die Auswirkungen von Änderungen der Steuerung oder Sensorik abgeschätzt werden.

3.2.7 Unterer Haltungsabschluss

Den unteren Haltungsabschluss bildet ein direkt mit der Ostseite der Trogwanne verbundenes Massivbauteil mit seinem Haltungstor und ein als Revisionsverschluss dienendes Hilfstor. Er ist 20,85 m lang, bis zu 26,80 m breit, seine nutzbare Schifffahrtsbreite beträgt 12,5 m und die Höhe seiner Plattform liegt bei NN +3,05 m. In seinen Seiten sind die Räume für die Antriebe der beiden Tore sowie die Spaltentleerungs- und Reversieranlage untergebracht. Mit ihr wird erforderlichenfalls der Wasserspiegel im Trog korrigiert und vor dem Ablegen des Hebewerkstrogas das Wasser aus dem Spalt zwischen Trogtor und Haltungstor über Rohrleitungen in die untere Haltung abgeführt. Erreicht werden die Räume über Abgänge von der Schleusenplattform.

Das Haltungstor wird wie die Trogtore als Drehsegmenttor ausgeführt. Es ist baugleich mit dem oberen Haltungstor. Die OK der Stauwand liegt bei NN +2,35 m und der Drempel auf NN -2,8 m. Das Tor wird mit einem Überweg versehen. Im Hochwasserfall mit NN +2,70 m würde das untere Haltungstor überströmt, deshalb ist bei entsprechenden Wasserständen das Hilfstor zu schließen. Es soll als Stemmtor ausgeführt werden.

3.3 Kanalbrücke

Die 65,5 m lange Kanalbrücke schließt das Hebewerk an den oberen Vorhafen an. Sie wird als Einfeldbrücke aus zwei seitlichen Hauptträgern, die durch Brückenboden und offene Querträger verbunden sind, gebildet. Ihre nutzbare Wasserspiegelbreite beträgt, wie die des Hebewerkstrogas, 12,5 m.

Zum Hebewerk hin wird sie, wie der Hebewerkstrog, durch ein Drehsegmenttor verschlossen, welches durch eine Seilstoßschutzanlage geschützt wird. Das Tor bildet somit das östliche Ende der Scheitelhaltung. Im östlichen Kopfbereich der Kanalbrücke wird neben den Antrieben für das Tor die Spaltentleerungs- und Reversieranlage untergebracht.

Rechts und links erhält die Kanalbrücke Seitenwege, die mit Unterhaltungsfahrzeugen befahren werden können. So ist es möglich die schweren Schieber der Trogentleerungsanlage mit einem Autokran durch Öffnungen aus der Kanalbrücke zu heben und zu Repara-

turzwecken abzufahren. Die Brücke wird für Inspektionen und Prüfungen von den Seitenwegen aus mit Spezialfahrzeugen besichtigt, die unter die Kanalbrücke reichen.

Das 25 m lange und bis zu 31,5 m breite, westliche Widerlager nimmt neben der Kanalbrücke das Sicherheitstor mit seinen Torantriebshäusern auf. Das Tor wird zum planmäßigem Trockenlegen der Kanalbrücke geschlossen oder wenn im Havariefall ein Auslaufen der Scheitelhaltung über die Kanalbrücke oder das Hebewerk droht. In die Sohle des Widerlagers ist eine Trossenfanggrube mit einem Volumen von 75 m³ integriert. Damit das Widerlager bei geschlossenen Haltungstor und entleertem Spalt die horizontalen Lasten aus der Kanalbrücke zuverlässig in den Baugrund einleitet, wird es auf Bohrpfählen gegründet, die in den festen Geschiebemergel einbinden. Die 28 Pfähle mit einem Durchmesser von 1,2 m werden dementsprechend 24 m bis 30 m lang.

Oberwasserseitig schließen die Tondichtung des oberen Vorhafens und die Sicherheitsspundwand mit Kontrollgang an das Widerlager an. Der Anschluss der Kanaldichtung wird durch einen drei Meter starken Tonkeil ausgeführt. Aus einem Kontrollgang, welcher östlich unter dem Widerlager den Kanal quert, kann der dichte Anschluss der Sicherheitsspundwand an das Widerlager beobachtet werden.

3.4 Oberer Vorhafen

Die Zufahrt zum neuen Hebewerk zweigt aus dem Vorhafen des vorhandenen Hebewerkes mit einem Radius von 2.000 m ab. Der neue Vorhafen erhält eine Wasserspiegelbreite von 46,5 m, eine Wassertiefe von 4 m unter dem unteren Betriebswasserstand und wird 440 m lang. Seine Sohle wird mit einer 40 cm starken Tondichtung, Filtermatten und einem 60 cm starken Deckwerk versehen. Die Ufer werden auf Nord- und Südseite durch Spundwände befestigt und beidseitig als Wartestelle ausgewiesen. Auf der Südseite trennt eine rund 110 m lange und 9 m breite Mole die beiden Vorhäfen.

Der Normalstau des Vorhafens liegt rund 32 m über dem Gelände der Oderniederung. Zur Haltung Hohensaaten erreicht die Dammhöhe rund 36,5 m. Die Dammschüttungen reichen im Norden bis in die stillgelegte Schleusentreppe, deren Schleuse III verfüllt wird, um einen standsicheren Damm zu erhalten.



Blick von der L29 auf das Schiffshebewerk

Um beim Versagen der Dichtung die Standsicherheit des Dammes zu gewährleisten, wird in seinem östlichen Bereich als zweite Dichtung eine Sicherungspundwand bis in den dichten Geschiebemergel eingebracht. Sie beginnt im Bereich der Schleuse III, verläuft bis zum Widerlager parallel zur Uferspundwand, kreuzt das Widerlager und verläuft noch rund 50 m nach Westen zurück. Ihre Bohlen erreichen Längen zwischen 15 m und 30 m.

3.5 Unterer Vorhafen

Der untere Vorhafen mündet in die Haltung Hohensaaten im Bereich des unteren Vorhafens des vorhandenen Hebewerkes. Er ist gekrümmt, und deshalb erweitert er sich trichterförmig auf 90 m Breite. Beide Ufer werden als Wartestellen genutzt, die nördliche mit 440 m und die südliche mit 360 m Länge. Das Nordufer wird als Schrägufer ausgebildet und erhält für das Anlegen der Schiffe Dalben im Abstand von 30 m. Die Südseite wird mit einer verankerten Spundwand befestigt.

4. Umfeld

4.1 Gestaltung

Die Gestaltung des neuen Hebewerkes ist in enger Zusammenarbeit mit der BAW entstanden, die auf die Architektur maßgeblichen Einfluß genommen hat. Sie orientiert sich an der Funktionalität des Bauwerks. Das Ziel der Entwurfsfindung war die Visualisierung des Hebevorgangs und der Aufgabenverteilung der Tragwerksteile. Die Integration in den umgebenden Landschaftsraum wird durch Minimierung der Bauwerksmasse und damit einhergehende Transparenz erreicht. Die Architektur unterstreicht die Rolle des SHW als selbstbewusstes, zeitgemäßes Ingenieurbauwerk. Der Entwurf respektiert das alte Schiffshebewerk von 1934, will aber auch gleichzeitig die hohe Kompetenz der Fachplaner am Anfang des 3. Jahrtausend demonstrieren.

4.2 Besucher

Das bestehende Schiffshebewerk ist eine touristische Attraktion in der Region nordöstlich von Berlin, die in

keinem Reiseführer fehlt. Derzeit werden jährlich 150.000 Besucher gezählt und es ist zu erwarten, dass diese Zahl angesichts des Baugeschehens und des neuen Hebewerkes noch steigt.

Um dem Bedarf an Informationen und Erlebnisraum gerecht zu werden und gleichzeitig den Touristenstrom zu regeln, wurde ein Besucherkonzept erstellt. Dies soll zum einen die wasserbaulichen Anlagen in Niederfinow zugänglich machen und zum anderen die Technik des neuen Hebewerkes erlebbar gestalten. Erreicht wird dies durch ein Wegesystem, über das Schleusentreppe, altes und neues Hebewerk erreichbar sind, sowie eine in dem neuen Bauwerk auf Höhe der Seilrollenhallen liegende Galerie, die durch Treppen und Aufzüge zugänglich ist.

Gehbehinderte Personen können mit Hilfe eines Aufzuges die Ebenen der Kanalbrücke und die der Seilrollenhalle erreichen.

Schwerpunkt des Besucherkonzeptes ist ein Informationszentrum nahe dem bestehenden Hebewerk, in dem eine ständige Ausstellung über die technischen Details beider Hebewerke Auskunft gibt. Daneben werden Informationen über die Aufgaben und das Wirken der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, das Verkehrssystem Binnenwasserstraße sowie die Binnenschifffahrt im Allgemeinen vermittelt.

5. Ablauf und Ausblick

Als vorbereitende Maßnahmen fanden in 2005 Umverlegungen von Leitungen sowie die Verlagerung von Teilen des Bauhofes Niederfinow statt. Im Februar dieses Jahres erfolgte die Ausschreibung notwendiger Abbrucharbeiten.

Zurzeit werden die Verdingungsunterlagen für das neue Schiffshebewerk einschließlich des oberen Vorhafens erarbeitet. Das Ziel ist, in 2007 mit dem Bau des Hebewerkes zu beginnen. Mit einer geplanten Bauzeit von 5 Jahren könnte das neue Schiffshebewerk im Jahr 2012 seinen Betrieb aufnehmen.



Vogelperspektive auf die Hebewerke und das Informationszentrum

Verfasser

Dipl.-Ing. Hans-Jürgen Heymann
Amtsleiter
Wasserstraßenneubauamt Berlin
Mehringdamm 129, 10965 Berlin
Tel.: 030 69580 – 400
E-Mail: h.hey mann@wna-b.wsv.de

Dipl.-Ing. Johannes Siebke
SBL 8: Neubau SHW Niederfinow
Wasserstraßenneubauamt Berlin
Mehringdamm 129, 10965 Berlin
Tel.: 030 69580 – 480
E-Mail: j.siebke@wna-b.wsv.de