

Erstveröffentlichung in Baukammer Berlin 1 (2015), S. 35-39.

Für eine korrekte Zitierbarkeit ist die Seitennummerierung der Originalveröffentlichung für jede Seite kenntlich gemacht.

S. 35

Das neue Schiffshebewerk Niederfinow

Verbindung zwischen robustem Wasserbauwerk und filigranem Maschinenbau

Dipl.-Ing. C. Puscher, Dipl.-Geol. A. Heeling, Hamburg, Dipl.-Ing. R. Bischof, Dipl.-Ing. P. Huth, Dipl.-Ing. T. Honnef, Dipl.-Ing. (FH) M. Münster, Berlin

Das Wasserstraßen-Neubauamt Berlin errichtet am Oder-Havel-Kanal (OHK) nördlich des bestehenden das neue Schiffshebewerk Niederfinow mit einer nutzbaren Troglänge von 115 m und einer Hubhöhe von 36 m. Die Baumaßnahme umfasst zusätzlich die Herstellung des oberen und unteren Vorhafens und der Kanalbrücke.

Seit der Grundsteinlegung am 23. März 2009 wächst das „Neue Schiffshebewerk Niederfinow“ heran. Es muss nicht nur dem Vergleich mit dem benachbarten alten Schiffshebewerk standhalten, sondern soll aus dem Schatten seines Vorgängers heraustreten und sich selbstbewusst und zeitgemäß präsentieren. Trotz seiner beträchtlichen Ausmaße soll es sich gut in die Landschaft einfügen und mit dem alten Schiffshebewerk, der Kanalbrücke, dem oberen und unteren Vorhafen und dem Besucherinformationszentrum eine optische Einheit bilden. Der folgende Beitrag beschreibt Anforderungen, Rahmenbedingungen und Herausforderungen beim Bau des neuen Schiffshebewerks.

Historie

Die Havel-Oder-Wasserstraße wurde 1914 als „Hohenzollern-Kanal“ in Betrieb genommen und ersetzte den alten Finowkanal vom Anfang des 17. Jahrhunderts. Dieser Wasserweg war und ist das Bindeglied zwischen Berlin und dem Ostseehafen Stettin an der Mündung der Oder. Die größte technische Herausforderung bei der Verlegung des alten Wasserwegs aus dem Tal der Finow auf die nördlich gelegene Hochfläche des Choriner Forstes war ein Geländesprung von rd. 36 m bei Niederfinow aufgrund der Topologie, die letzte Weichseiszeit kam hier zum Stehen. Zum Überwinden dieses Höhenunterschieds wurde zuerst eine vierstufige Schleusentreppe gebaut. Für einen zweiten, parallelen Abstieg wurde der Bau des damals höchsten Schiffshebewerks der Welt geplant. Es wurde 1934 für den Verkehr freigegeben [1].

Das Schiffshebewerk Niederfinow wurde im Jahr 2007 von der Bundesingenieurkammer als „historisches Wahrzeichen der Ingenieurbaukunst in Deutschland“ ausgezeichnet. Das faszinierende Bauwerk hat seit seiner Inbetriebnahme im Jahr 1934 nur 71 außerplanmäßige Stillstandstage erlebt und gilt damit als Inbegriff der Zuverlässigkeit. Nach 75 Jahren Betrieb häufen sich jedoch die

Autorenfassung

Puscher, Heeling, Bischof, Huth, Honnef, Münster: Das neue Schiffshebewerk Niederfinow, 2015

Anzeichen von Abnutzung und Materialalterung. Die Bereitstellung von Ersatzteilen für die Antriebs- und Sicherungstechnik nach dem Stand von 1934 ist oft nur noch unter erheblichem Aufwand möglich. Das alte Tragwerk beginnt nach jahrzehntelanger Arbeit spröde zu werden. Güterschiffe moderner Bauart passen nicht mehr durch das alte Schiffshebewerk. Die Abmessungen des bestehenden Troges (85,0 m Länge x 12,0 m Breite x 2,5 m Wassertiefe) schränken den Schiffsverkehr erheblich ein, so dass es



zu einem maßgeblichen Engpass im transeuropäischen Netz der Binnenwasserstraßen geworden ist.

Fast noch kritischer ist zu bewerten, dass die Durchfahrtshöhe im alten Hebewerk auf Grund der Hubtore und der Tormasken auf 4,10 m begrenzt ist. Damit wird das vorhandene Hebewerk für einen Containerverkehr, der eine Durchfahrtshöhe von 5,25 m benötigt, ein unüberbrückbares Hindernis. Es wurde also höchste Zeit für ein neues Bauwerk der nächsten Generation. Umfangreiche Voruntersuchungen ergaben, dass der Neubau eines Senkrechtbewerkes auch heute noch die günstigste Variante darstellt.

Standortfindung¹

- herzustellenden Kanalabschnitte, die das neue Hebewerk an den besteh-

¹ Die folgenden Abschnitte sind Auszüge aus einem Vortrag auf der 33. Baugrundtagung, 23.–26.9.2014 in Berlin [2]

Autorenfassung

Puscher, Heeling, Bischof, Huth, Honnef, Münster: Das neue Schiffshebewerk Niederfinow, 2015



Abb. 1: Das alte Schiffshebewerk Niederfinow – ein Denkmal der Ingenieurbaukunst (Foto: R. Bischof)



Abb. 2: Die neue Trasse zwischen altem Hebewerk und Schleusentreppe (Fotomontagen: WNA Berlin)

Autorenfassung

Puscher, Heeling, Bischof, Huth, Honnef, Münster: Das neue Schiffshebewerk Niederfinow, 2015

Puscher, Heeling, Bischof, Huth, Honnef, Münster: Das neue Schiffshebewerk Niederfinow. S. 36
Baukammer Berlin 1 (2015), S. 35-39.

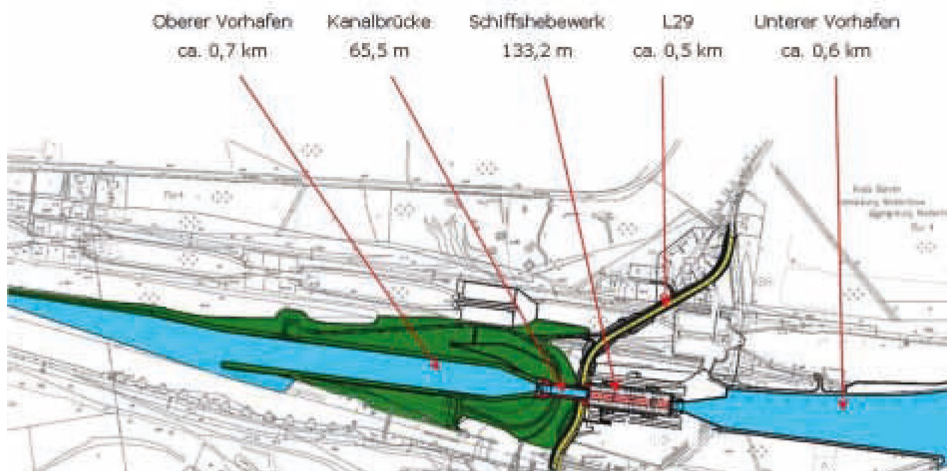


Abb. 3: Lageplan (Quelle: WNA Berlin)

henden Kanal anschließen, sind aus Kostengründen möglichst kurz zu halten.

- Die Eingriffe in Natur und Umwelt sind zu minimieren.
- Die Baugrundverhältnisse müssen geeignet sein.

Alle drei Kriterien ließen sich am besten erfüllen, indem man einen Standort möglichst nah am bestehenden Hebewerk einerseits und weit genug entfernt andererseits, dass keine Gefährdung des alten Hebewerkes während der Baumaßnahme eintritt, wählte. Daraus ergab sich ein Standort zwischen der inzwischen stillgelegten Schleusentreppe und dem alten Hebewerk (Abb. 2 und 3).

Konzept und technische Daten

Die Auswertung der Erfahrungen mit den Hebewerken in Niederfinow, in Lüneburg/Scharnebeck am Elbeseitenkanal (fertiggestellt 1975) und in Belgien in Strépy Thieu am Kanal du Centre (fertiggestellt 2003) führten zu folgendem technischen Konzept:

- Der Gewichtsausgleich erfolgt durch Gegengewichte.
- Das Tragwerk verläuft über die gesamte Länge des Troges, d.h. der Trog wird über seine gesamte Länge an vielen Punkten gehalten.
- Die durch Druck belasteten Tragglieder werden aus Beton hergestellt und die durch Biegung beanspruchten aus Stahl.

Autorenfassung

Puscher, Heeling, Bischof, Huth, Honnef, Münster: Das neue Schiffshebewerk Niederfinow, 2015

- Die Seile, die den Trog mit den Gegengewichten verbinden, werden direkt an den Trog angeschlagen.
- Der Trog wird durch Zahnstangenantrieb, bestehend aus Ritzel und Triebstockleiter, angetrieben.
- Der Trog wird, analog zum vorhandenen Hebewerk, durch das System „Drehriegel – Mutterbacke“ gesichert (Abb. 4 und 5).

Das neue Hebewerk als wasserbauliche Anlage gliedert sich in mehrere Einzelbauwerke.

Neben dem Hebewerk selbst sind dies:

- die 65,5 m lange Kanalbrücke mit Widerlager, Sicherheitstor und einem Abschlusstor für die obere Haltung,
- der obere 440 m lange Vorhafen, der aus der Scheitelhaltung des Oder-Havel-Kanals abzweigt und
- der untere Vorhafen mit einem 440 m langen nördlichen Böschungsufer und einem 360 m langen Südufer, das mit einer Spundwand hergestellt wird.

Der wassergefüllte Trog wiegt über 9.000

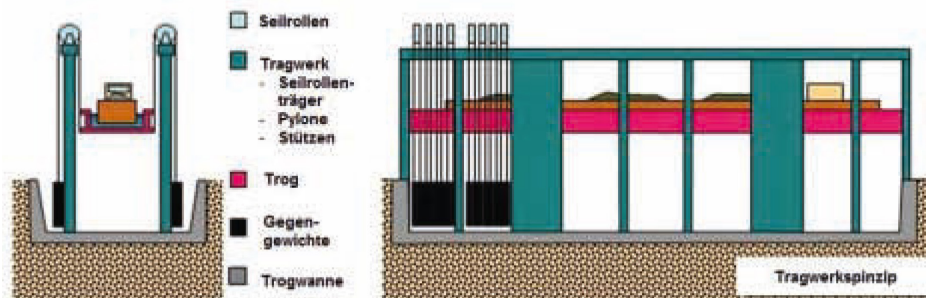


Abb. 4: Tragwerksprinzip (Quelle: WNA Berlin)



Abb. 5: Modell eines Abschnittes einer Mutterbackensäule (blau) mit Drehriegel (grau) im Maßstab 1:1 (Foto: R. Bischof)

Mutterbackensäulen dienen der Trogsicherung

Die Mutterbackensäulen sind rd. 42 m lange, geschlitzte Innengewinde, die sich aus mehreren Teilstücken zusammensetzen. Sie sind mit dem Traggerüst verbunden. Die über Pendelstützen mit dem Trog verbundenen Drehriegel entsprechen einer Schraube mit vier Gewindegängen. Sie haben eine Höhe von 3 m und einen Außendurchmesser von 1,08 m. Jeder Drehriegel wiegt rd. 10 t.

Die Trogsicherung, also die Mutterbackensäule mit Drehriegel, sitzt an jedem der vier Antriebspunkte. In jeder Mutterbackensäule fährt ein Drehriegel mit. Im Normalbetrieb berühren sich Drehriegel und Mutterbackensäule nicht. Erst wenn ein über 200 kN starkes Ungleichgewicht zwischen Trog und Gegengewichten entsteht, tritt die Trogsicherung in Kraft:

die Antriebe schalten sich aus, das Ritzel federt ein und löst den Absetzvorgang der Drehriegel auf die Gewindegänge der Mutterbackensäulen aus.

Dieses System, das auch im alten Hebewerk für Sicherheit sorgt, bewirkt das sichere Fixieren des Troges in jeder Stellung.

Autorenfassung

Puscher, Heeling, Bischof, Huth, Honnef, Münster: Das neue Schiffshebewerk Niederfinow, 2015

Puscher, Heeling, Bischof, Huth, Honnef, Münster: Das neue Schiffshebewerk Niederfinow. S. 37
Baukammer Berlin 1 (2015), S. 35-39.

	Hebewerk	Trog	Trogwanne (außen)	Kanalbrücke
Höhe	55 m	7,5 m	11 m*	8,2 m
Breite	32,4 m 46,7 m**	18,3 m 27,5 m**	36,5 m 48,4 m**	21,7 m 28,2 m***
Länge	154 m	125,5 m	133,2 m	65,5 m
*	Tiefe OK Trogwannensole			
**	im Bereich der Pylone *** im westlichen Auflager			

Tabelle 1 Hauptabmessungen Bauwerk

t. Er wird über 224 Seile, die über insgesamt 112 Doppelseilrollen in den Seilrollenhallen laufen, mit 220 Gegengewichten und 4 Gegengewichtsausgleichketten am Seilrollenträger aufgehängt. Der Ausgleich des Troges durch Gegengewichte reduziert die notwendige Antriebskraft. Sie muss nur die Reibung, die Anfahrwiderstände, die Massenträgheit und geringe Wasserspiegeldifferenzen überwinden.

Die Last aus Trog und Gegengewichten wird über das in Längsrichtung symmetrische Tragwerk in den Baugrund abgeleitet. Bedient wird das Hebewerk von einem Bedienstand, der über dem Trog zwischen den östlichen Pylonen angeordnet ist. Die Hauptabmessungen des Bauwerks zeigt Tabelle 1.

Baugrunderkundung

In Niederfinow lagen schon vor Beginn der eigentlichen Baugrunderkundung für das neue Schiffshebewerk eine Vielzahl von Baugrundaufschlüssen vor: aus der Bauzeit der Schleusentreppe und des alten Schiffshebewerkes sowie aus zahlreichen kleineren Projekten der näheren Umgebung – eine etwa 100-jährige Erkundungsgeschichte. Insgesamt wurde der Untergrund mit über 550 Baugrundaufschlüssen bis in Tiefen von bis zu -120 mNHN erkundet, wobei es sich überwiegend um

Bohrungen, untergeordnet um Drucksondierungen (z.T. mit Porenwasserdruckmessungen) und vereinzelt um Sondierungen mit der Schweren Rammsonde und um Schürfe handelt. Dabei wurden ca. 11.500 Bohr- und über 3.000 Sondiermeter abgeteuft (Abb. 6).

Baugrundaufbau

Das Schiffshebewerk verbindet zwei morphologische Einheiten: Die Hochebene (> NHN +30 m), die über einen Hangbereich in die Niederung des Oderbruches (= NHN +4 m) übergeht. Bei der Hochebene handelt es sich um eine weichselzeitliche Sanderfläche mit sehr heterogenen Lagerungsverhältnissen im Untergrund.

Es überwiegen bindige Böden (Tertiärer Schluff, Oberer und Unterer Geschiebemergel, Oberer und Unterer Beckenschluff) meist halbfester bis fester Konsistenz. Zwischengelagert sind Tertiäre Sande und Beckensande sowie Schmelzwassersand und Kies mit in Abhängigkeit von der Höhenlage stark wechselnden Festigkeiten. Abbildung 7 zeigt einen Profilschnitt im Übergangsbereich von der Hochebene zum Hang in der Achse des Kanalbrückenwiderlagers.

Im Hang keilen die bindigen Böden weitestgehend aus und werden von einem Schmelzwassersand und -kies überlagert. Im Bereich der Schleusentreppe tritt als Rinnenfüllung auch Holozäner Sand und Schluff auf.

Im Oderbruch überwiegen unterhalb von Torf und Mudde bzw. Holozänem Schluff nichtbindige pleistozäne und tertiäre Sande großer bis sehr großer Festigkeit.

Örtlich sind Braunkohle und Braunkohleschluff halbfester bis fester Konsistenz eingelagert. Abbildung 8 zeigt einen Schnitt im Bereich der Trogwanne.

Gründung der Bauwerke

Die Baugrundsituation mit den gut tragfähigen Böden ließ eine Flachgründung des Hebewerkes zu. Aufgrund der Grundwassersituation, die eine Herstellung der Baugrube mit einer Unterwasserbetonsohle erforderte, sowie zur Lastverteilung aus den aufgehenden Lasten und der Sicherstellung der Wasserdichtigkeit der Trogwanne wurde eine Stahlbetonsohle als Fundamentkörper gewählt. Die Stahlbetonsohle liegt auf der verankerten Unterwasserbetonsohle im Bereich der Schmelzwassersande und -kiese und damit im Bereich von Böden mit hoher Tragfähigkeit (siehe Abb. 8). Für das Widerlager der Kanalbrücke wurde eine Tiefgründung auf Großbohrpfählen vorgesehen. Dies wurde erforderlich, um die Lasten aus dem Bereich der Böschung heraus in den tieferen Baugrund abzuleiten und somit die Standsicherheit der in diesem Bereich stark geneigten Böschung nicht zu gefährden.

Baugrube

Die Baugrube weist eine Länge von 155 m auf, die Breite variiert, bedingt durch die Kontur der Pylone, zwischen 37 m und 48 m. Die Sohle liegt ca. 14 m unterhalb der Geländeoberkante. Aufgrund des hohen Grundwasserstandes mit

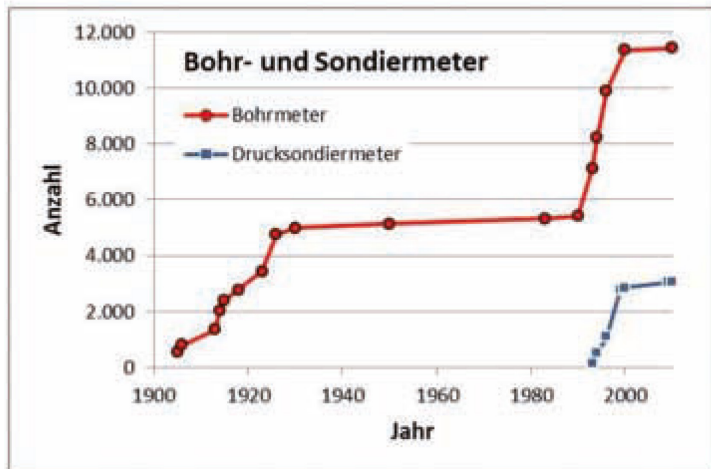


Abb. 6: Umfang Baugrunderkundung (Quelle: BAW)

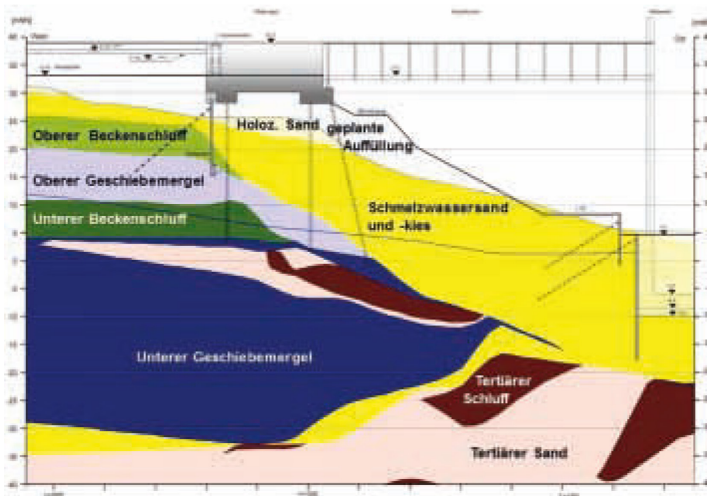


Abb. 7: Baugrundprofil (Quelle: BAW, 2001)

Autorenfassung

Puscher, Heeling, Bischof, Huth, Honnef, Münster: Das neue Schiffshebewerk Niederfinow, 2015

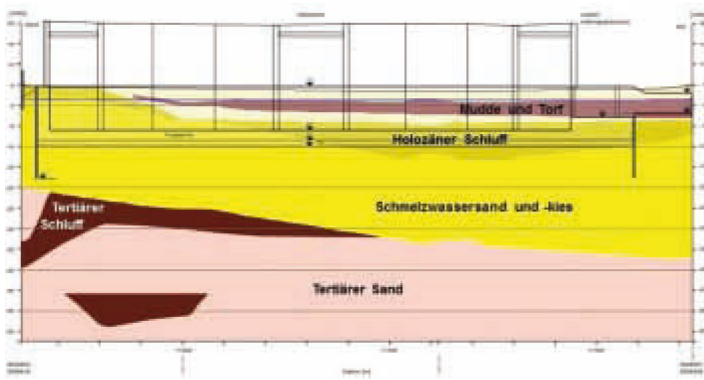


Abb. 8: Baugrundprofil Oderbruch (Quelle: BAW, 2001)

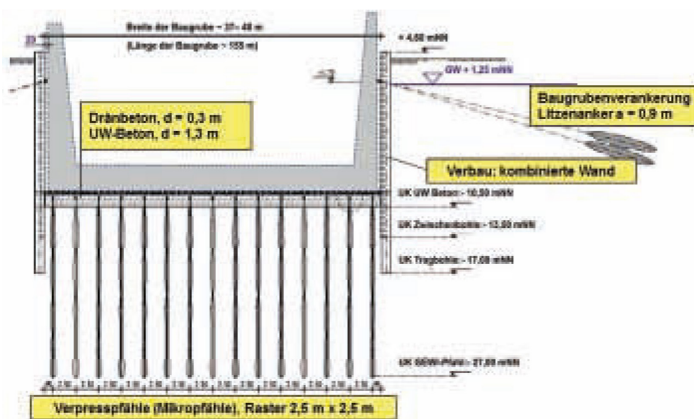


Abb. 9: Querschnitt Baugrube (Quelle: BAW, 2001)

einem Normalwasserstand von ca. 12 m über Aushubziel war die Baugrubensicherung neben dem Erddruck auch auf einen hohen Wasserüberdruck auszulegen. Zur Ausführung kam als seitliche Baugrubenumschließung eine einfach rückverankerte, kombinierte Spundwand und als unterer Abschluss eine unbewehrte Unterwasserbetonsohle, die mit über 1.000 Verpresspfählen (Mindestgebrauchslast ca. 825 kN, Länge i. M. 18 m) in einem Raster von 2,50 m x 2,50 m gegen Auftrieb gesichert ist. Auf die 1,30 m mächtige Baugrubensohle wurde noch 30 cm Dränbeton (Einkornmisch) aufgebracht, um

das innerhalb der Baugrube anfallende Wasser während der Baumaßnahme bis zum Abschalten der Wasserhaltung sicher fassen und abführen zu können.

Die kombinierte Spundwand war auf ein max. Widerstandsmoment von ca. 8.100 cm³/m auszulegen. Zuerst wurden die Tragbohlen (Profil PSp 1001, also ca. „1.000-er Doppel-T-Träger“) mit einer Länge bis zu 24 m im Pilgerschrittverfahren eingebracht. Im Nachgang wurden die um ca. 20 % kürzeren Zwischenbohlen (je zwei Z-Profile, PZ 675/12) eingefädelt und auf Tiefe gebracht. Nach einem Voraushub im Randbereich wurden 429

Autorenfassung

Puscher, Heeling, Bischof, Huth, Honnef, Münster: Das neue Schiffshebewerk Niederfinow, 2015



Abb. 10: Einbringen der nördlichen Träger am Pylon 2 (Quelle: WNA Berlin)

Verpressanker, ausgelegt auf max. ca. 650 kN, mit einer Länge bis 48 m inklusive Vergurtung hergestellt. Der Aushub erfolgte soweit wie möglich im Trockenem, die letzten ca. 4 m mittels Saugbagger. Nach Erreichen des Aushubziels wurden die Auftriebspfähle parallel von zwei Pontons aus eingebracht. Wie auch bei den seitlichen Verpressankern erfolgte die Ausführung im Überlagerungsbohrverfahren.

Anschließend wurde die Unterwasserbetonsohle in 4,5 Tagen ohne Unterbrechung betoniert. Nach Erreichen der 56-Tage-Festigkeit des Betons konnte dann das Wasser innerhalb der Baugrube gelentzt und mit der Herstellung des eigentlichen Hebewerkes begonnen werden.

Verformungsanforderungen

Die Anforderungen an die Lagegenauigkeit des Hebewerks sind sehr hoch. So sollen beispielsweise die Seilrollenträgerstützen und Pylone zum Endzeitpunkt senkrecht stehen, wobei eine horizontale Abweichung von lediglich ± 20 mm am Stützenkopf zulässig ist. Für die Stahl-Einbauteile im Erstbeton ist eine Toleranz ± 10 mm einzuhalten. Darum war schon bei der Herstellung der Bodenplatte (hier „Trogwannensohle“ genannt) ein Augenmerk auf deren Verformungen zu legen.

Die vertikalen Verformungsanteile der Bodenplatte aus Eigengewicht und Grundwasser in Interaktion mit Baugrube und Baugrund wurden mittels FE (Abaqus) prognostiziert. Dazu wurden nicht

Autorenfassung

Puscher, Heeling, Bischof, Huth, Honnef, Münster: Das neue Schiffshebewerk Niederfinow, 2015



Abb. 11: Luftbild über die gesamte Baufläche, Stand April 2009 (Quelle: WNA Berlin)

Puscher, Heeling, Bischof, Huth, Honnef, Münster: Das neue Schiffshebewerk Niederfinow. S. 39
Baukammer Berlin 1 (2015), S. 35-39.



Abb. 12: Böschung am Ende des oberen Vorhafens im Hebewerksbereich, April 2010

Autorenfassung

Puscher, Heeling, Bischof, Huth, Honnef, Münster: Das neue Schiffshebewerk Niederfinow, 2015



Abb. 13: Hebewerkbaustelle Ende April 2014
(Fotos 12+13: BAW)

nur alle Massivbauteile, sondern auch die einzelnen Bauphasen, also der zeitliche Ablauf der Arbeiten (z.B. der Aushub, das Lenzen der Baugrube oder die jeweiligen Betonierabschnitte), modelliert.

Die Verformungen aus Kriechen und Schwinden und aus Temperatur wurden anderweitig quantifiziert. Alle Bauteile werden ständig global in Lage und Höhe eingemessen. Die Messergebnisse werden regelmäßig ausgewertet und mit den Prognosen verglichen (Monitoring).

Die Klettervorgaben für die Betonage der aufgehenden Seilrollenträgerstützen und Pylone ergaben sich aus diesen Verformungsanteilen der Gründung zuzüglich der Verformungsanteile der aufgehenden Bauteile aus Kriechen und Schwinden und aus den Temperaturverformungen.

An den Seilrollenträgerstützen und Pylonen sind je Betonierabschnitt mindestens zwei Prismen angeordnet, die 14-tägig eingemessen werden. Die Solllagen wurden i.d.R. erreicht. Die Abweichungen betragen derzeit max. ca. 10 mm, bleiben also innerhalb der Toleranz.

Dammstrecken oberer Vorhafen

Bei der Errichtung des oberen Vorhafens



Abb. 14: Baustellenansicht Richtung Osten, Juli 2014 (Quelle: WNA Berlin)

waren aufgrund der zu überwindenden Wasserspiegeldifferenz von 36 m hohe Dammstrecken zu errichten. Diese weisen bis zu 34 m Höhendifferenz zwischen der Dammkrone und dem Umgebungsgelände auf. Als Dammmaterial wurden sowohl aus anderen Bauwerksbereichen gewonnene nichtbindige Aushubböden als auch Lieferböden aus Kiesgruben verwendet.

Als Dammbaumaterial standen damit hauptsächlich Böden der Bodenklassen SE, GE, SW, SI und GI nach DIN 18196 zur Verfügung. Zur Vorbereitung des Dammplans sowie zum Bodeneinbau für die Dämme wurde als Einbauvorschrift die „ZTV-W LB 205: Erdarbeiten“ angewendet. Diese sieht für die vorgenannten Böden hohe Lagerungsdichten von $D = 1,0$ bzw. $D = 1,3$ im Einbau vor. Da den zu verdichtenden nichtbindigen Auffüllungsböden aufgrund der angestrebten hohen Lagerungsdichten Scherparameter von $j' = 40^\circ$ und $c' = 0$ kPa zugewiesen wurden, waren die Verdichtungsarbeiten entsprechend zu kontrollieren.

Hierzu wurden im Vorwege Prüffelder angelegt und mit verschiedenen Walzenübergängen beprobt. Dies diente zum Nachweis der Eignung des gewählten Verfahrens sowie zur Kalibrierung des vom Auftragnehmer zusätzlich eingesetzten Verfahrens der „Flächendeckenden Dynamischen Verdichtungskontrolle“ (FDVK). Die vertraglich vorgesehenen Verdichtungskontrollen erfolgten mittels des Flüssigkeitersatzverfahrens nach DIN 18125-2. Die Referenzdichte wurde mittels des Rütteltischverfahrens ermittelt.

Die geforderten Lagerungsdichten wurden für das Dammbauwerk nachgewiesen. Somit waren auch die Standsicherheiten der bis zu 1:2 geeigneten Böschungen rechnerisch gegeben.

Autorenfassung

Puscher, Heeling, Bischof, Huth, Honnef, Münster: Das neue Schiffshebewerk Niederfinow, 2015

Stand der Arbeiten Sept. 2014

Nach Baubeginn im Jahr 2008 ist der Massivbau seit Anfang 2014 abgeschlossen. Im September 2014 liegt der Focus auf dem Stahlbau: Der Seilrollenträger ist mittels Raupenkran eingehoben, verschweißt (ca. 1.080 t Stahl) und weitestgehend fertiggestellt. Die Kanalbrücke liegt seit Februar 2014 auf und wird verschweißt.

Literatur

- [1] Schinkel, E.: Das alte Schiffshebewerk Niederfinow. Bd. 1: Historische Wahrzeichen der Ingenieurbaukunst. Bundesingenieurkammer. 2009
- [2] DGGT: 33. Baugrundtagung, Geotechnische Herausforderungen beim Bau des neuen Schiffshebewerkes Niederfinow. Tagungsband 34, S. 47. 2014

Autoren:

Dipl.-Ing. Ramona Bischof,
Redaktion BauPortal

Dipl.-Ing. Christian Puscher,
Dipl.-Geol. Anne Heeling,
Bundesanstalt für Wasserbau,
Dienststelle Hamburg

Dipl.-Ing. Peter Huth,
Dipl.-Ing. Thomas Honnef,
Dipl.-Ing. (FH) Matthias Münster,
Wasserstraßen-Neubauamt Berlin

Erstveröffentlichung im Bauportal
November 2014.

Mit freundlicher Genehmigung von
Redaktion und Verlag.