

5. Schleuse Brunsbüttel – Informationen zur Baumaßnahme unter besonderer Berücksichtigung des Stahlwasserbaus

Dipl.-Ing. Joachim Abratis (Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Brunsbüttel)

Einleitung

Der Nord-Ostsee-Kanal (NOK) ist für die nationale und internationale Schifffahrt ein wichtiger Ostseezugang und steht als umweltfreundlicher Transportweg im Wettbewerb zur Skagenroute. Für die deutschen Nordseehäfen ist der NOK ein wichtiger Standortvorteil durch eine Verkürzung der Fahrzeiten- und -wege.

Die jährlichen Passagezahlen liegen bei durchschnittlich 33.000 Fahrzeugen (ohne Sportbootpassagen).

Die vorhandene Schleusenanlage in Brunsbüttel ist seit der Fertigstellung vor über 100 Jahren im ununterbrochenen Betrieb und besteht aus insgesamt vier Schleusenkammern. Die Kleine (Alte) Schleuse im Süden der Anlage ist seit 1895 in Betrieb und besteht aus zwei Schleusenkammern mit Nutzlängen von 125 m.

Die Große (Neue) Schleuse im Norden der Anlage wurde 1914 fertiggestellt und besteht aus zwei großen Schleusenkammern mit Nutzlängen von 310 m.

Durch die Lage im Tidebereich der Nordsee dienen die Schleusen einerseits der Überwindung der unterschiedlichen Wasserstände zwischen Elbe und Nord-Ostsee-Kanal, andererseits sind sie Bauwerke des Küstenschutzes. Darüber hinaus erfolgt über die Schleusen eine Regulierung der Vorflut im Landesinneren.

Das Baufeld für den Neubau der 5. Schleusenkammer liegt – mit allen Vor- und Nachteilen - direkt zwischen den bestehenden Doppelschleusen auf der von diesen gebildeten Schleuseninsel.



Bild 1: Luftbild der Schleusen Brunsbüttel (WSA Brunsbüttel)

An den Großen Schleuse ist eine umfassende Grundinstandsetzung des Massivbaus, Stahlwasserbaus sowie der maschinen- und elektrotechnischen Anlagen zur Aufrechterhaltung der Verkehrs- und Betriebssicherheit erforderlich. Der Neubau einer zusätzlichen Schleusenkammer vor der Durchführung einer Grundinstandsetzung wurde untersucht und als wirtschaftlich sinnvolle Lösung veranlasst. Dadurch werden die mit einer Grundinstandsetzung erforderlichen Sperr- und Wartezeiten für die Schifffahrt begrenzt und eine Abwanderung des Schiffsverkehrs vermieden.

Zur Kostenreduzierungen im späteren Betrieb und der Erhöhung der Anlagensicherheit wurde insbesondere die Kammerbreite an die Breite der vorhandenen Großen Schleusen angepasst (Austauschbarkeit der Schiebetore mit der Großen Schleuse) und die Kammerlänge daran orientiert.

Der Baugrund ist durch eine Kleischicht von der Geländeoberkante bis etwa NHN -23,0 m, überwiegend weicher Konsistenz gekennzeichnet. Erst darunter befinden sich Sande mit Kies, mit großer bis sehr großer Festigkeit, die von Geschiebemergel steifer bis halbfester Konsistenz unterlagert werden.

Beschreibung der Baumaßnahme

Die Schleuse besteht aus einem Außen- und Binnenhaupt und einer Schleusenkammer mit einer Länge von insgesamt rd. 360 m und einer Breite von 45 m. Die Verschlusskörper in den Schleusenhäuptern werden als Schiebetore ausgebildet.

Der elbseitige Vorhafen hat eine Länge von rd. 500 m. Beginnend an der Mole wird zunächst eine geböschte Uferbefestigung gebaut, die Richtung Schleuse zur Sicherung des Geländesprunges zu einem Spundwandufer wechselt. Zum Schutz der Anlagen und als Manövrierhilfe werden Leitwerke elb- und kanalseitig angeordnet.

Aufgrund der unmittelbaren Nähe der Einbaubereiche zu vorhandenen, erschütterungsempfindlichen Bauwerken der bestehenden Schleusenanlage (die Kleine (Alte) Schleuse ist im Klei, die Große (Neue) Schleuse in den Sanden, flach gegründet) müssen die Gründungs- und Baugrubenelemente mit erschütterungsarmen Bauverfahren eingebracht werden. In Abhängigkeit von der Örtlichkeit werden im Wesentlichen zwei Einbringverfahren eingesetzt. Landseitig erfolgt der Einbau der kombinierten Spundwände in einen Einphasenschlitz. Wasserseitig und im Böschungsbereich werden verrohrte Mantelbohrungen hergestellt, in die die Tragbohlen eingestellt und die Tragbohlenfüße einbetoniert werden. Oberhalb des Betons kommt als Bohrlochstützung eine Bodenersatzsuspension zum Einsatz. Die Füllbohlen werden nachträglich, nach Ausführung von Räumungsbohrungen, eingebracht. Rückverankerung werden soweit erforderlich gebohrt und überwiegend als Düsenstrahlpfähle ausgeführt.

Die Kammerwände werden als einfach rückverankerte, kombinierte Spundwand mit einem Stahlbetonholm und auf Ortbetonbohrpfählen tiefgegründeter Abschirmplatte hergestellt. Als Rückverankerung kommen Düsenstrahlschrägpfähle zur Anwendung. Die Kammerseite erhält eine Stahlbetonvorsatzschale zum Schutz vor mechanischen Beanspruchungen infolge des Betriebs der Schleuse. Dieser gesamte Stahlbetonüberbau wird in fugenloser Bauweise hergestellt.

Der Korrosionsschutz für die Spundwand sowie die Bewehrung der Stahlbetonschürze im Bereich der Wasserwechselzone erfolgt durch eine fremdstrombetriebene KKS-Anlage.

Die Kammersohle ist eine mittels Düsenstrahlpfählen rückverankerte Unterwasserbetonsohle und dient der Aussteifung der Kammerwände. Die vollständige Trockenlegung im Rahmen von Revisionen ist nicht vorgesehen und mit wirtschaftlichen Konstruktionen nicht erreichbar.

Die Häupter werden in trockenen und ausgesteiften Baugruben mit rückverankerter Unterwasserbetonsohle hergestellt. Die monolithisch und fugenlos in Stahlbetonbauweise erstellten Bauteile sind baulich wie folgt unterteilt:

- Torkammer zur Aufnahme des Schiebetors bei geöffneter Schleusenammer und mit Überwasserschienen für den Toroberwagen,
- Drempe im Bereich der Schleusendurchfahrt mit Unterwasserschienen für den Torunterwagen,
- Toranschlagpfeiler am Ende des Drempe zum Dichten und zur Aufnahme der Lasten aus dem Schiebetor in geschlossenem Zustand,
- Torhäuser mit Antriebsanlagen und betrieblichen Einrichtungen.

Aufgrund der Lage müssen die Baugruben während der Bauzeit den Hochwasserschutz sicherstellen. Bei Baugrubentiefe von bis zu 26 m ist mit einem Wasserüberdruck von ca. 20 m zu rechnen. Da die Füllbohlen keine Zulassung für die hohen Wasserüberdrücke haben, ist eine Stützung erforderlich, die entweder über die Gewölbewirkung einer erhärteten, mit Zement angereicherten Bodenersatzsuspension oder über innenliegende und betonverfüllte Füllbohlenelemente erfolgt.

Die klimatischen Bedingungen verbunden mit der vorgesehenen Lebensdauer des Bauwerkes von 100 Jahren verlangen hohe Anforderungen an die Konzeption des Betons. Hier sind die Beanspruchungen aus der exponierten Lage, durch Feuchtigkeit in Verbindung mit Frost- und Chloridangriff (Meerwasser), die extreme mechanische Beanspruchung aus der Nutzung und die großen Bauwerksabmessungen (massige Bauteile) zu berücksichtigen.

Die Schiebetore fahren stirnseitig auf einem Torunterwagen und sind antriebsseitig an einem hinteren Toroberwagen aufgehängt. Dieser Toroberwagen wird über drucksteif gelagerte Ketten mittels Elektromotoren in den Torhäusern angetrieben. Die Befüll- und Entleervorgänge der Schleusenammer erfolgen über je 4 Füllkanäle mit doppelten Hubschützen die in den Schleusentoren integriert sind. Die Hubschütze werden mit Hydraulikzylindern angetrieben. Für Revisionszwecke sind die Tore schwimmfähig. Dazu befinden sich in der unteren Torhälfte Auftriebstanks, die im eingebauten Zustand z.T. gefüllt sind. Durch eine im Tor eingebaute Lenz- und Ballastieranlage kann einerseits im Betrieb das Tor entsprechend der Anforderungen (z. B. aus erhöhten Sturmflutwasserständen) nachballastiert werden. Andererseits sind schwimmstabile Zustände für Ein- und Ausbau der Tore auch ohne zusätzliche Auftriebskörper (Hebepontons) möglich.



Bild 2: Fertigung der Schiebetore in der Schiffbauhalle in Emden (WSA Brunsbüttel)

Bei den landseitigen und wasserseitigen Baufeldern handelt es sich um Kampfmittelverdachtsflächen, die insbesondere vor den der Baggerarbeiten beräumt werden mussten. Beim Rückbau der Schleuseninsel, dem Aushub der Schleusenammer und der Baugruben als Nass- und Trockenaushub fällt insgesamt ca. 1,9 Mio. m³ Boden an. Dieser wird mit Schuten zum ca. 12 km kanalaufwärts gelegenen ca. 60 ha großen Bodenlager Dyhrssenmoor transportiert, dort angelandet und eingebaut. Aufgrund geringer Tragfähigkeit und eines oberflächennahen Grundwasserstandes, wurden im Vorfeld Bodenverbesserungen, die Herstellung eines Entwässerungssystems mit Flächendrainagen und der Bau von Baustraßen erforderlich.

Je nach Vernässung und Konsistenz der angelandeten Böden ist die Vorbehandlung der Böden zum Erreichen der Einbaufähigkeit notwendig. Hierzu stehen Flächen im Bodenlager zur Verfügung. Insgesamt ist der Einbau des Aushubbodens mit einer mittleren Tagesleistung von bis zu 2.500 m³/Tag vorgesehen.

Eine Herausforderung stellt die Insellage hinsichtlich der Baustellenlogistik und des Baustellenmanagements dar. Baumaterial, Baugeräte und Personal müssen auf dem Wasserweg zum Baufeld transportiert werden. Neben einem binnenseitigen Fähranleger (als Rettungs- und Verkehrsweg) sind zwei bauzeitliche, elbseitige Anleger (für Massengutumschläge) auf der Schleuseninsel eingerichtet. Für die Betonage ist ein eigenes Mischwerk auf der Schleuseninsel in Betrieb, das insbesondere für die erforderlichen Großbetonagen den stetigen Materialfluss sicherstellt. Der Rückbau nach Abschluss der großen Betonagen beeinflusst den Bauablauf maßgeblich, da diese im zukünftigen direkten Zufahrtsbereich der Schleuse angeordnet werden musste.

Der Neubau wurde im Rahmen der Hauptbaumaßnahme 2014 begonnen. Ursprünglich sollte die Schleuse ab 2021 fertig gestellt sein, nach aktueller Einschätzung wird sich dies um ca. drei Jahre verschieben. Gründe sind die Probleme bei der Kampfmittelfreigabe, insbesondere im mit Schlick beaufschlagten Unterwasserbereich. Darüber hinaus sind die beschriebenen logistischen Herausforderun-

gen und die aufwändige Verifizierung der im Vorwege im Rahmen einer Z. i. E. zugelassenen Düsenstrahlpfähle zu benennen.



Bild 3: Schleuse und Baustelle (GDWS Kiel)

Für die Baustellenlogistik wurde die Einrichtung des Bodenlagers Dyhrssenmoor mit zwei Baustellenanlegern, der Bau zweier Baustellenanleger und eines Betonwerkes auf der Schleuseninsel abgeschlossen. Weiter erfolgten die Baufeldfreimachung, Kampfmittelsondierungs- und Schlickbaggerarbeiten in den NOK- und elbseitigen Vorhafenbereichen sowie Maßnahmen zum temporäre Hochwasserschutz. Die Verlängerung der Mole 2 wurde bereits im Vorfeld der Baumaßnahme abgeschlossen.

An den wichtigen (Haupt-)Bauteilen zeigt sich der Bearbeitungsstand wie folgt:

- **Kammerwände und -sohle:**
Die Spundwände und geneigten Vertikalpfähle sind auf beiden Kammerseiten (Nord und Süd) auf rund 90 % und die Düsenstrahlschrägpfähle auf ca. 30 % der Kammerlänge eingebracht. Im Bereich der Kammersohle kann aufgrund der notwendigen Bauflächen noch nicht gearbeitet werden.
- **Außenhaupt:**
Das Bauteil ist in zwei Baugruben unterteilt, die mittels Spundwänden bereits vollständig umschlossen sind. In der 1. Teilbaugrube wurden die Rückverankerung der Sohle und die UW-Betonsohle eingebaut. Die Baugrube wird aktuell trockengelegt (mittels mehrstufiger Teilabsenkungen des Wasserstandes und Einbaus von inneren Aussteifungen). Die 2. Teilbaugrube ist noch vollständig verfüllt, dient dem Hochwasserschutz und als Überfahrt, daher erfolgen hier keine Bautätigkeiten.
- **Binnenhaupt:**
Die im Mittel 30 m breite und 100 m lange Baugrube wird in drei Bereiche aufgeteilt. Die Rückverankerung gegen Auftrieb erfolgt mittels Großbohrpfählen von denen rund die Hälfte eingebaut wurde. Die Baugrubenwände sind zu 20 % eingebracht, der weitere Einbau erfolgt derzeit vom Wasser aus.

- Vorhafenwände:
Auf rund 80 % der Vorhafenwandlänge sind die Spundwände eingebracht, erforderliche Rückverankerungen mittels Düsenstrahlpfählen sind noch auf der gesamten Länge nicht ausgeführt.
- Stahlwasserbau:
Bei zwei Schiebetoren sind die Segmentfertigungen im Werk abgeschlossen und der endgültige stahlbauliche Zusammenbau erfolgt. Das 1. Tor ist zu rund 40 % aufgebaut, das 2. Tor zu etwa 20 %. Für das 3. Tor erfolgt noch die Segmentfertigung.

Quellenverzeichnis

Bilder 1 + 2 WSA Brunsbüttel

Bild 3 GDWS Standort Kiel