

SUBSTANZ

Ausgabe 10/2022

Das URETEK Magazin für Architekten, Bauingenieure und Geologen

Das bleibt stehen?!

Schwerpunktthema
Extreme
Gründungen



URETEK[®]
BEWAHREN, WAS UNS TRÄGT

SCHWERPUNKT - EXTREME GRÜNDUNGEN

IJmuiden – Die größte Seeschleuse der Welt

Mit einer Kammergröße von 500 m Länge, einer Breite von 70 m und einer Kammersohle von 18 m Tiefe gilt die im Januar 2022 offiziell vom niederländischen König Willem-Alexander eröffnete Seeschleuse IJmuiden als die größte Schiffschleuse der Welt. Die eigentlichen Bauarbeiten, mit denen 2016 begonnen wurde, konnten 2021 nach einer 5-jährigen Bauzeit abgeschlossen werden.



*Gegenüber der alten Nordschleuse bedeutete die Schleuse IJmuiden eine Verlängerung von 100 m, eine Verbreiterung von 20 m und einen Tiefgang von zusätzlichen 3 m für die immer größer werdenden Containerschiffe und Tanker.
Foto: Topview Luftfotografie*



Die Baugruben der Schlitzwände wurden ausgegraben und mit Bentonit gefüllt, um den Einsturz der Grubenwände zu verhindern. Als die notwendige Tiefe von ca. 35 Metern erreicht war, wurden die im Alaskahafen zwischengelagerten Bewehrungskörbe eingeführt und die Schlitzte anschließend mit Beton gefüllt. Das durch den schwereren Beton verdrängte Bentonit wurde während des Betonierprozesses kontinuierlich abgesaugt und wiederverwendet.

An der Mündung des Nordseekanals

IJmuiden ist eine Stadt mit 32.255 Einwohnern und liegt in der Gemeinde Velsen, in der Region Nordholland (Noord-Holland).

Die Stadt liegt an der Mündung des Nordseekanals und markiert damit die Zufahrt in den Hafen von Amsterdam.

Die Schleusenanlage ist Teil des niederländischen Küstengebiets IJmond, etwa 30 km westlich des Amsterdamer Stadtzentrums, einem Gebiet, in dem Schwer- und Hafenindustrie direkt neben Naturschutzgebieten und Erholungsgebieten entlang des Meeres angesiedelt sind.

Der Bau der neuen Schleuse, die die Funktion der bestehenden, 1929 fertiggestellten und in Betrieb genommenen Nordersluis – der Nordschleuse – weitgehend übernimmt, geht auf einen ministeriellen Beschluss aus dem Jahr 2008 zurück. In den darauffolgenden Jahren wurden die vertraglichen Vereinbarungen mit der Bauherrschaft, bestehend aus Rijkswaterstaat, der Provinz Noord-Holland und der Gemeinde Amsterdam ausgearbeitet, unterzeichnet und mit der Ausarbeitung der Pläne begonnen.

Im Juli 2015 wurde die Ausschreibungsphase abgeschlossen und der Auftrag dem Baukonsortium OpenIJ zuerkannt, Ende 2015 begann OpenIJ mit den Bauvorbereitungen.

Der offizielle Baubeginn der aus der europäischen CEF-Förderung (Connecting Europe Facility) mitfinanzierten Anlage war der 7. September 2016. Die größte Herausforderung des Bauvorhabens bestand in der Errichtung der neuen Schleuse zwischen den bestehenden Schleusenanlagen, namentlich der benachbarten Nordschleuse, ohne die Betriebstauglichkeit und Stabilität letzterer zu beeinträchtigen. Außerdem musste trotz der gesamten (Um-) Bauarbeiten der Hochwasserschutz intakt bleiben.

Vielschichtige Kooperation

Das Bauprojekt entstand in Zusammenarbeit zwischen Rijkswaterstaat (RWS) – der obersten Straßen- und Wasserbaubehörde der Niederlande –, der Gemeinde Amsterdam, der Port Authority Amsterdam, der Provinz Nordholland und der Gemeinde Velsen und wurde aus verschiedenen Gründen notwendig:

- die Nordschleuse erreicht 2029 das Ende ihrer technischen Betriebsdauer;
- die bestehende Schleuse wurde für die immer größer werdenden Frachtschiffe zu klein;
- die neue Seeschleuse ermöglicht auch bei niedrigem Wasserstand eine schnelle und sichere Passage der Schiffe – selbst zweier Schiffe gleichzeitig – und damit eine gezeitenunabhängige Nutzung;
- die neue Schleuse sichert die Funktionstüchtigkeit und die wirtschaftliche Stabilität des Amsterdamer Hafens – nach Rotterdam der zweitgrößte niederländische Hafen.
- die Schleusenanlage bildet ein zuverlässiges und zukunfts-sicheres Hochwasserwehr gegen Überflutungen während Stürmen und aufgrund des steigenden Meeresspiegels;
- die baubegleitenden Maßnahmen gegen die Salzwasserinvasion und zur Regulierung des Salzgehaltes verhindern die Versalzung des Nordseekanals (bedingt durch die größere Schleuse) und damit die Beeinträchtigungen der Fauna und Flora.

Das Baukonsortium OpenIJ, das für die Errichtung dieser Jahrhundertbauwerks ausgewählt wurde, bestand aus Royal VolkerWessels B.V., dem Dutch Infrastructure Fund (DIF) und BAM-PGGM.

Zusammen mit den Partnern wie Boskalis, Van Oord, Arcadis, Iv-Infra, Royal HaskoningDHV, Hollandia, ZUS, Delta Pi, Nspyre und Bosch Rexroth zeichneten sie für die Realisierung der Anlage verantwortlich. Beim dem zwischen dem Konsortium und Rijkswaterstaat abgeschlossenen Abkommen handelt es sich um einen



Der bereits existierende Schleusenkomplex bestand aus der Südschleuse (Zuiderluis) von 1876, der mittleren Schleuse (Middensluis) von 1896, der Nordschleuse (Noordersluis) von 1929, der Entwässerungsschleuse (Spuisluis) von 1940 und dem Schöpfwerk (Gemaaal) von 1975. Foto: Topview Luchtfotografie

DBFM-Vertrag, also einem Design, Build, Finance and Maintain-Auftrag. Das Baukonsortium war also nicht nur für den Entwurf, die Realisierung und Finanzierung verantwortlich, sondern bleibt auch für die Wartung und Instandhaltung der Anlage, über einen Zeitraum von 26 Jahren, zuständig.

Smartes Design und smartes Bauen

Für den Bau der Schleusen- und Stützwände kamen aufgrund der spezifischen Randbedingungen 3 verschiedene Wandsysteme zum Einsatz: Schlitzwände, Stahlspundwände und pneumatische Senkkästen.

Die Wände der Schleusenkammer und die nördliche Stützwand entlang des meeresseitigen Schleusenvorhafens zur Sicherung



Die Wände der neuen Schleuse liegen +8,85 m über dem Amsterdamer Pegel, dem sogenannten Normaal Amsterdams Peil (NAP), wobei der 0 m Punkt ungefähr dem durchschnittlichen Meeresspiegel der Nordsee entspricht. Mit dieser Höhe übernimmt die Schleuse eine wichtige Funktion als Wall gegen Sturmfluten auch unter Einbeziehung des steigenden Meeresspiegels. Foto: Topview Luchtfotografie

der mittleren Schleuseninsel wurden als Schlitzwände ausgeführt. Durch dieses vibrationslose Bausystem wurde das reibungslose Funktionieren der bestehenden Nordschleuse garantiert und ihre statische Integrität durch Bodenvibrationen nicht gefährdet. Außerdem konnten damit die Lärmbelastung durch die Bauarbeiten für die unmittelbare Umgebung und ihre Bewohner auf ein Minimum reduziert werden.

Für den Bau der beiden Schleusenköpfe oder Schleusenhäupter, dem meeresseitigen Außenhaupt und dem flussseitigen Binnenhaupt, kam das Stahlspundwandensystem mit gebohrten oder gerammten Spundbohlen zum Einsatz. Als massives Bauteil stellen die Schleusenhäupter die Verbindung zwischen dem Schleusenvorhafen und der Schleusenkammer her. Bei geöffneter Schleuse nehmen sie die Schleusentore in den Torkammern auf. Ihre Konstruktion muss sowohl bei geöffneten, als auch bei geschlossenen Schleusentoren, die auf sie einwirkenden Kräfte sicher aufnehmen und ableiten. Zwischen dem Außen- und Binnenhaupt befindet sich die Schleusenkammer.

Für die Errichtung der Torkammern des Außen- und Binnenhaupts griff man wiederum auf pneumatische Senkkästen zurück. Aufgrund ihrer U-Form sind die Torkammern besonders anfällig für Torsionsverformungen, die während des Absenkvorgangs infolge ungleichmäßiger Setzungen auftreten können. Während des Absenkens half ein Echtzeitüberwachungssystem dabei, die Verformungen der Senkkästen innerhalb der Toleranzen zu halten.

Der für die Realisierung notwendige Beton (für die Stützmauern, den Boden der Baugrube des Außenkopfs, die Wände und den Boden der Schleusenkammer und die Torkammern) wurde in zwei direkt auf der Baustelle aufgebauten mobilen Werken produziert. Sämtliche dafür notwendigen Ausgangsstoffe für den Beton wurden per Schiff oder Fähre angeliefert, da kein Zugang für Schwerlastverkehr per LKW auf das Inselbauwerk möglich war. 95% des Transportbetons wurden in der Festigkeitsklasse C30/37 und den Konsistenzen F4 oder sogar F5 ausgeliefert.



Um zu verhindern, dass die Umgebung des Schleusenkomplexes durch die Bauarbeiten zu stark beeinträchtigt wird, wurden vor allem die großformatigen Bauteile mit Schiffen antransportiert. OpenIJ stand während der Bauzeit ein Kai im westlichen Hafengebiet zur Verfügung, der als logistischer Bauplatz fungierte, wo Rohrpfähle und Baumaterialien gelagert und Bewehrungskörbe geflochten wurden. Foto: Topview Luftfotografie

Massive Erdbewegungen

Um den Raum für die neue Seeschleuse zwischen der bestehenden Nordschleuse (der sog. Noordersluis) und der Mittleren Schleuse (der sog. Middensluis) zu schaffen, mussten massive Erdbewegungen durchgeführt und die bestehenden Schleuseninseln großräumig umgebaut und umgeformt werden. In einem kontinuierlichen, ununterbrochenen Prozess wurden Erdmassen abgegraben, verlagert und abgeführt, um die Baustellen einzurichten, die Zufahrten für die Baufahrzeuge und Transportschiffe zu ermöglichen, die Schleusen- und Torkammern zu kreieren und die neu Schleusenlandschaft zu formen.

Während der anfänglichen Bauarbeiten 2017 wurden neben den Schlitzwänden für die Schleusenkommer vor allem die Baugruben für die Torkammern des Außenhaupts und des Binnenhaupts mittels der Stahlspundwände geschaffen. Nach der Verlängerung und Absicherung des kanalseitigen Schleusenkopfs zwischen der Nordschleuse und der neuen Schleuse mittels Stahlspundwänden,



Die 26 m bzw. 55 m breiten, 81 m langen und 4 m dicken Bodenplatten der Torkammern wurden in 4 Abschnitten von ca. 18 m gegossen. Die Wände, mit Dicken bis zu 7 m, wurden ebenfalls in 4 Abschnitten und fünf bzw. sechs Lagen gegossen. Foto: Gerrit Serne

Projektdate Seeschleuse IJmuiden

Bauprojekt Meereszugang IJmond bestehend aus der Seeschleuse IJmuiden und den Baumaßnahmen für die selektive Entwässerung.

Ort: IJmuiden, Nordholland
 Bauherr: Rijkswaterstaat (RWS), die ausführende Behörde des niederländischen Ministeriums für Infrastruktur und Umwelt
 Auftragnehmer: Baukonsortium OpenIJ bestehend aus BAM-PGGM, Royal VolkerWessels B.V. und DIF
 Subunternehmer: u. a. Boskalis, Van Oord, Arcadis, Iv-Infra, Royal HaskoningDHV, Hollandia, ZUS, Delta Pi, Nspyre und Bosch Rexroth
 Vertragsform: Design, Build, Finance and Maintain (DBFM) / Vertrag für Planung, Bau, Finanzierung und Instandhaltung

Baumanagement: Baukonsortium OpenIJ, IJmuiden
 Landschaftsarchitekten:
 ZUS [Zones Urbaines Sensibles], Rotterdam
 Architekten Steuerstand:
 ZUS [Zones Urbaines Sensibles], Rotterdam

Baubeginn Seeschleuse : Juni 2016
 Fertigstellung: August 2021
 Inbetriebnahme: 26. Januar 2022

Baudaten Seeschleuse IJmuiden

- Schleusenkommer: Länge: 500m, Breite: 70m, Tiefe: 18m
- 1.800 m Schlitzwände, Gesamtfläche Schlitzwände: ca. 55.000 m².
- 3 stählerne Schiebetore (Länge: 72 m, Höhe: 24m, Breite 11m), Gewicht/Tor: ca. 3.000 t.
- 10.000 t Spundwände.
- 7.500 t Rohrpfähle.
- 2.000 Anker.
- 300.000 m³ Transportbeton, davon 30.000 m³ Beton für den Boden der Schleusenkommer: Produktion des Betons in zwei direkt auf der Baustelle aufgebauten, mobilen Werken.
- 30.000 t Bewehrungsstahl.
- Insgesamt wurden 4,5 Mio. m³ Erdreich verlagert.

| | Nordschleuse (Noordersluis) | Seeschleuse IJmuiden (Zeesluis IJmuiden) |
|--------|--------------------------------|---|
| Länge | 400 m | 500 m |
| Breite | 50 m | 70 m |
| Tiefe | 15 m | 18 m |



Während des Absenkens der pneumatische Senkkästen half ein Echtzeitüberwachungssystem dabei, die Verformungen der Torkammern innerhalb der Toleranzen zu halten. Foto: Ko van Leeuwen

wurde an dieser Stelle ein Anlegeplatz für die Anlieferung der Baumaterialien und Baumaschinen eingerichtet.

Bereits in der zweiten Jahreshälfte wurde mit den Betonierarbeiten der 4 m starken Bodenplatten der beiden Schleusenkammern begonnen.

Die Arbeiten an den nördlichen und südlichen Schlitzwänden der Schleusenkammer und der Stützwände entlang des meeresseitigen Schleusenhofes wurden ununterbrochen in einem kontinuierlichen Prozess zwischen Ausgraben, Betonieren und Frei-graben der Mauern vorangetrieben.

Die Schleusenkammerwände, für deren Errichtung ca. 80.000 m³ Ortbeton notwendig waren, besitzen eine Dicke von 1,30 m und reichen 35 Meter in die Tiefe.

Absenken Torkammern Aussenhaupt und Binnenhaupt

Ab 2018 wurde mit dem Betonieren der Torkammerwände und deren temporären Stützwände (zur Queraussteifung während des Absenkvorganges) begonnen.

Im November 2018 wurde mit dem Absenken des Außenhaupts ein wichtiger Meilenstein erreicht. Die 80 Meter lange, 26 Meter breite und 22 Meter hohe Torkammer wurde mittels eines Echtzeitüberwachungssystems um mehr als 16 Meter abgesenkt. Dies dauerte mehrere Monate. Das Absenken erfolgte, indem der Sand unter der Torkammer mit ferngesteuerten Sprühanlagen und Roboterarmen weggesprüht wurde. In der zweiten Jahreshälfte wurde am Außenhaupt einerseits mit dem Absenken des pneumatischen Senkkastens der äußeren Torkammer begonnen und andererseits mit dem Ausheben der Baugrube für die äußere Schleusenschwelle. Parallel zum Absenken erfolgte das Einbringen des Betons für die Schleusenschwelle.

Nachdem die Torkammer Ende 2018 auf ihre definitive Position abgesenkt und auch die Schleusenschwelle fertiggestellt worden war, begann man 2020 mit der Flutung der äußeren Torkammer und eines Teils der Schleusenkammer sowie dem Positionieren des äußeren Schleusentors.

Mit dem Absenken der Torkammern des Binnenhaupts wurde in der zweiten Jahreshälfte 2019 begonnen. Diese Torkammer ist 81 Meter lang, 55 Meter breit und 28 Meter hoch und wurde 18 Meter in den Grund abgesenkt. Ihr Gewicht beträgt ca. 150.000 Tonnen. Diese Struktur ist erheblich größer, da neben dem Haupttor noch das Reservetor im Trockendock sowie die Ballastkammern und der Schleusenschutz gegen das Anfahren den Baukörper formen.

Einsetzen der Schleusentore

Im Oktober 2018 wurden die drei Tore mit einer Länge von 72 Metern, einer Höhe von 24 Metern und einer Breite von 11 Metern per Schiff aus Südkorea angeliefert. Es handelte sich um zwei betriebsbereite Schleusentore und ein Reserveschleusentor mit einem Gewicht von jeweils fast 3.000 Tonnen, die auf der Maasvlakte 2 zwischengelagert wurden. Anschließend wurden die Tore in den Niederlanden mit allen elektrischen und hydraulischen Installationen wie Rollwagen, dem Antrieb für die Tore und den Technikräumen ausgestattet.

Im September 2020 wurde das äußere Schleusentor (72 m x 11 m x 24 m) erfolgreich in die Torkammer eingefahren. Im März 2021 wurden auch die beiden kanalseitigen Schleusentore gesetzt. Es handelte sich um die Betriebstür und die Ersatztür, die im sogenannten Trockendock platziert ist. Die Ersatztür wird verwendet, wenn eine der in Betrieb befindlichen Türen gewartet werden muss. Alle drei Türen sind daher gleich groß und austauschbar.

Schleuse als Hochwasserschutz

Die Bauarbeiten an der Schleusenkammer und an den Torkammern wurden von 2018 an von einer Vielzahl von parallel laufenden Bau- und Erdarbeiten zum Erhalt und der Erweiterung des Hoch-



Beton wurde für verschiedene, unter der Wasseroberfläche gelegene Bereiche der Schleuse benötigt wie z.B. für den Boden der Baugrube des Außenkopfs. Dieser ist 4 m dick und wird – gemessen am Amsterdamer Pegel – etwa 20 m unter den Meeresspiegel versenkt. Bei der Passage der Schiffe sorgt der Betonboden vor den Schleusentoren dafür, dass nicht zu viel Sand aufgewirbelt wird und hierdurch keine Strudel entstehen. Foto: Gerrit Serne

wasserschutzes begleitet. In einem ersten Arbeitsschritt wurden die Schalungsarbeiten und Betonierarbeiten der Schleusenwände mit dem Bau der dahinterliegenden Hochwasserschutzwand auf der nördlichen sowie der südlichen Schleuseninsel begleitet. Ab der Jahresmitte 2019 wurde mit dem Anlegen der Stützwände am meeresseitigen Vorhafen (+8.85 m über Amsterdamer Peil) begonnen. Um die Schleusenzufahrt vom Meer aus zu begradigen und zu erleichtern, wurde Ende 2020 das Einkürzen und Abtragen der restlichen Landzunge entlang des äußeren Vorhafens abgeschlossen und die Landmasse durch eine massive Hochwasserschutzwand ersetzt. Ab der zweiten Jahreshälfte 2019 wurde ebenfalls mit dem Aufschütten des Erdreichs zwischen den Schleusenwänden und den Hochwasserschutzwänden begonnen, die Dämme, die letztlich Teil der neuen Landschaftsgestaltung und der Straßengestaltung rund um die Schleuse wurden.

Aushub Schleusenammer

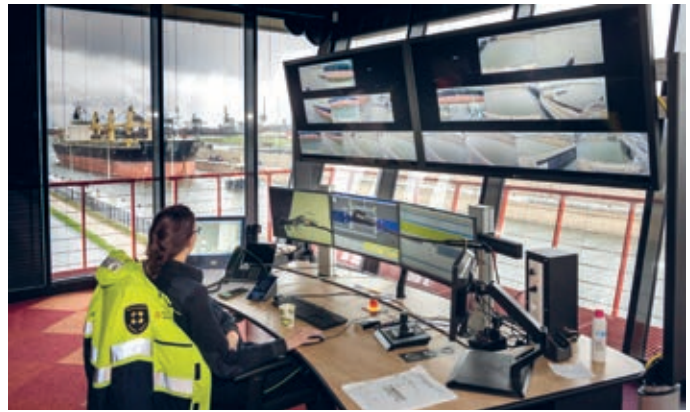
Mit dem Aushub der Schleusenammer wurde im Juni 2020 begonnen. In wenigen Monaten wurden rund 600.000 m³ Material abgetragen, um eine Tiefe von 18 Metern zu erreichen. Der Sand wurde mit einem Schneidkopf-Saugbagger ausgehoben und abgesaugt und das Sand-Wassergemisch auf der Mittelinsel vor dem definitiven Abtransport zwischengelagert. Der gesamte durch das Ausgraben der Schleusenammer und das Abgraben und Einkürzen der Mittelinsel frei gewordenen Sand wurde zur Verstärkung der Strandlinie in der Nordsee verteilt.

Nachdem am 4. September die erforderliche Tiefe für die Schleusenammer erreicht wurde, startete man die Betonierarbeiten für den Schleusenammerboden mit dem Einbringen der Schotterlage für den Unterwasserbeton. Daraufhin wurde in einem ununterbrochenen Arbeitsgang während vier Wochen, 24 Stunden pro Tag und 7 Tage pro Woche ca. 30.000 m³ Unterwasserbeton in das neue Schleusenbecken eingebaut.

Montage der Schiebetore

Ein oberliegender Rollenwagen treibt die Tore mittels sechs Hydromotoren an, um sie zu öffnen oder zu schließen. Dabei werden die Schleusentore von großen Antriebsrädern auf einer Schiene vor- und zurückbewegt, die Teil der Schleusenschwelle sind. Der Hängewagen hat eine Größe von 14 x 7 x 5,5 m (l x b x h) und wiegt fast 200 Tonnen. Im März 2019 wurde der erste Deckenrollenwagen in der Torkammer des Außenhauptes installiert und später mit dem Tor gekoppelt. Die im Oktober 2020 installierte und definitiv in Betrieb genommene Schleusentür übernahm somit ab November ihre Funktion als Hochwasserwehr. Ab diesem Zeitpunkt konnte das letzte Erdreich zwischen dem äußeren Schleusentor und dem Meer abgegraben und die vorrübergehend angebrachten, 35 m langen Stahlbohlen der Hochwasserschutzwand aus dem Erdreich gezogen werden.

Der oberliegende Rollenwagen des Binnenhauptes, der mit dem des Außenhauptes identisch ist, wurde im November 2020 installiert.



Nach dem Abschluss der Bauarbeiten im August 2021 folgte eine lange Testperiode, während der Benutzer und Bediener, wie Lotsen und Schlepper, sowie die verschiedenen Hilfe- und Rettungsdienste Übungen und Tests durchführten. Foto: Gerrit Serne

Mehrmonatige Test- und Übungsphase

Auf die im August 2021 abgeschlossene Bauphase folgte eine Übungs- und Testphase (Oktober – Dezember 2021). Rijkswaterstaat testete die Seeschleuse zusammen mit den Betreibern der Zentralen Nautischen Verwaltung, den Schleppdiensten, den Schiffsbesatzungen (sie machen die Schiffe in der Schleuse fest), dem Lotsendienst und den Rettungsdiensten. Ziel war es, alle Beteiligten einzubeziehen. Ein wichtiges Ziel der Übungen bestand im Kennenlernen der in der Kammer auftretenden Strömungen und Kräfte auf die Schiffsleinen beim Öffnen der Schleusentore zum Zeitpunkt des Salz- und Süßwasseraustausches.

Energieautarker Steuerstand

Das Lock Operation Center (SOC), mit dessen Bau 2018 begonnen und dessen Errichtung Ende 2019 abgeschlossen werden konnte, ist der Steuerstand der Meeresschleuse. Das 18 m hohe Gebäude neigt sich in einem Winkel von 15 Grad zur Schleusenammer, wodurch störende Blendungen durch das Sonnenlicht vermieden werden können. Das massive Bauwerk, das durch ZUS [Zones Urbaines Sensibles] architecten entworfen wurde, wird durch ein Wartungsgebäude und ein Technikgebäude flankiert. Sie sind Teil des Landschaftsentwurfs, das vom selben Büro entwickelt wurde. Der durch eine Solaranlage betriebene Steuerstand ist energie-neutral.

Autor



Michael Koller

Atelier Koller
Architect – Urban Planner – Journalist,
Den Haag
www.atelierkoller.com