

Anne Scholz, Christian Pabst und Heiko Spekker

Neue Schutzziele und alte Bauwerke – der Hochwasserschutz in Bremen und Bremerhaven

In Bremen und Niedersachsen werden die Landesschutzdeiche, Kajen und Hafenanlagen für kommende Hochwasserereignisse erhöht und verstärkt. Da die Deichanlagen nicht nur der Nutzung durch den Hochwasserschutz, sondern auch einer Vielzahl anderer Anforderungen unterliegen, ergeben sich hier immer wieder neue technische Fragestellungen, die anhand von Bauvorhaben erläutert werden.

1. Einleitung

Im Land Bremen liegen rund 89 % der Landesfläche, das entspricht rund 360 km², so niedrig, dass die Flächen ohne Hochwasserschutzbauwerke bei Sturmfluten überflutet würden. Bremen und Bremerhaven sind daher auf die Landesschutz-

deiche angewiesen. Diese mussten in den letzten Jahrzehnten auf Grund einschlägiger Erfahrungen mit aufgetretenen Sturmfluten, insbesondere denen der Jahre 1962 und 1976, wiederholt erhöht und verstärkt werden.

Seit 1973 wird die Landesschutzdeichlinie auf Basis einer die Bundesländer übergreifenden Grundlage, dem „Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen“ (GPK), den jeweils aktuellen Erkenntnissen angepasst [1]. Eine aktuelle Fassung wurde 2007 vorgelegt, die 2008 auf Grund neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse (IPCC-Report) nochmals angepasst wurde [2].

Die Bestickhöhen, d. h. die Schutzhöhen für sofort und zukünftig herzustellende Bauwerke wurden nach einheitlichen Bemessungsmethoden festgelegt, um so bundeslandübergreifend einheitliche Sicherheitsniveaus einzuführen. Je nach Lage und Exposition liegen die aktuell herzustellenden Bestickhöhen im Land Bremen nun bei gleicher Sicherheit zwischen +7,00 mNN (Nordschleuse Bremerhaven) und +8,80 mNN (Deutsches Schiffahrtsmuseum, Bremerhaven). In der Stadt Bremen betragen die Sollhöhen rd. +8,00 mNN.

In der Folge des GPK wurden und werden in Bremen rund 80 % der Deiche, Kajen und Hochwasserschutzwände um bis zu 1,60 m erhöht.

Neben diesen Linienbauwerken sind aber auch Sonderbauwerke wie z. B. Schleusen, Schöpf- und Sperrwerke an die gestiegenen Anforderungen des Küstenschutzes anzupassen.

Eine Vielzahl dieser Bauwerke wie auch viele Kajeneinfassungen weisen bereits heute eine lange Nutzungsdauer auf. Ob eine dauerhafte Erhöhung dieser Anlagen überhaupt möglich ist, muss im Einzelfall untersucht werden. Dabei ist neben der generellen Überprüfung der Ertüchtigungsfähigkeit auch immer eine auf Bauwerksuntersuchungen basierende Prognose zur Restnutzungsdauer abzugeben, sowie bereits in der Vorplanung eine Kostenvergleichsrechnung durchzuführen (s. u.).

Weitere Aspekte in diesem Zusammenhang sind durch Strukturwandel geänderte Nutzungsansprüche an die Bauwerke. Nicht alle Bauwerke müssen oder können ertüchtigt werden, oftmals sind sie auch geänderten Nutzungsansprüchen wegen ganz oder teilweise rückzubauen, umzubauen oder zu erweitern. Im Folgenden werden mehrere Projekte vorgestellt, anhand derer diese spezifischen Fragestellungen erläutert werden.

2. Kaiserschleuse Ostfeuer

In den Jahren 2007 – 2011 wurde die ehemalige Kaiserschleuse (Bj. 1893) durch einen an fast gleicher Stelle errichteten Ersatzneubau erneuert. Dies beinhaltet auch die deutliche Vergrößerung des Osthafens mit den Schlepperliegeplätzen. Im Zuge dessen musste auch das vorhandene, denkmalgeschützte Ostfeuer der Kaiserschleuse (**Bild 1**) ertüchtigt werden. Hintergrund war, dass der 1899 erbaute Leuchtturm auf einer Holzpfahlgründung unbekannter Länge und Tragfähig-

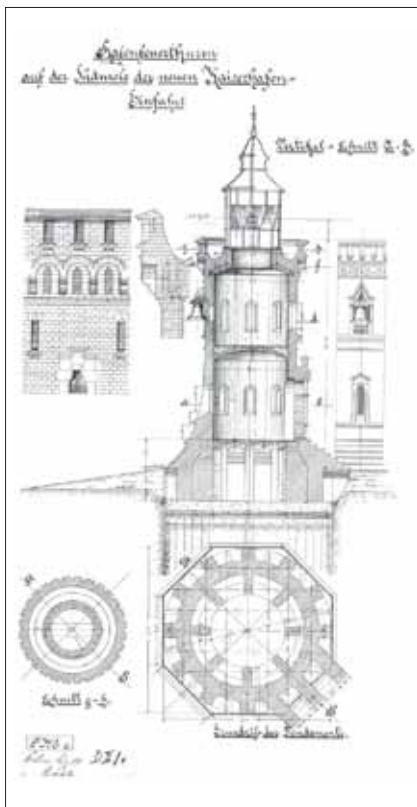


Bild 1: Historisches Leuchttfeuer Kaiserhafen-Ost

keit gegründet war. Durch die Rammarbeiten der östlichen Vorhafenwand konnte eine Schiefstellung des Ostfeuers nicht ausgeschlossen werden. Um dies zu vermeiden, wurde der Leuchtturm vor Beginn der Rammarbeiten durch eine Tiefgründung mittels Mikropfählen (Bohrpfähle mit kleinem Durchmesser) unterfangen.

Vorgesehen wurden acht Bohrpfähle, die die vertikalen Lasten des Leuchtturms in ausreichender Tiefe in den Baugrund leiten. Dafür wurden sie mittels Kernbohrung von ca. +5,00 mNN (Durchstoßpunkt Außenkante Leuchtturm) durch die vorhandene Bausubstanz bis auf +1,80 mNN (Oberkante Kellersohle) geführt und von dort aus auf der erforderlichen Endtiefe von -20,5 mNN abgesetzt.

Neben der ausreichenden Tragfähigkeit musste auch die Knickstabilität der Pfähle im weichen Untergrund nachgewiesen werden.

Oberhalb der Pfahlköpfe wurde ein Stahlbetonring angeordnet, der die Spreizkräfte der geneigten Pfähle aufnimmt. Die vorhandenen Pfeilernischen unter dem historischen Kappengewölbe wurden ausbetoniert, um die Lasteinleitung von den Turmwänden direkt in den Bewehrungsring sicherzustellen. Rippenverdübelungen stellen den Kraftschluss zwischen den vorhandenen Gewölberippen und dem Stahlbetonring her.

Die für den Einbau der Mikropfähle erforderlichen Kernbohrungen (\varnothing 35 cm) wurden nach Einbau der Pfähle wieder verschlossen, sodass das denkmalgeschützte Bauwerk äußerlich fast vollständig unverändert erhalten bleiben konnte (Bild 2).



Bild 2: Saniertes und in die neue Umgebung integriertes Leuchttfeuer Kaiserhafen-Ost

3. Oslebshauer Schleuse, Bremen

3.1. Ausgangslage

Die Entwicklung des Industriehafens Bremen geht zurück auf die ersten Korrekturen der Unterweser in den 1880er-Jahren. Die erste Industriehafenschleuse wurde 1910 in Betrieb genommen. Planungsgrundlage war u. a. der sog. „7 m Ausbau“ der Unterweser, mit dem bei mittlerem Tidehochwasser (MT_{HW}) ein zulässiger Tiefgang von 7 m sichergestellt wurde.

Die folgende Vertiefung des „9 m Ausbaus“, jetzt bezogen auf das Seekarten-Null (SKN), hatte – in Verbindung mit der Ertüchtigung der Schleuse für zukünftige Hochwasserereignisse – Umbauten an der Schleuse in den 1980er- und 90er-Jahren zur Folge, bei denen das Bauwerk für die Anforderungen des seinerzeit geltenden

Hochwasserschutzniveaus sowie für Schiffe der PanMax-Klasse (Schiffe mit einer Größe, die gerade noch durch die Schleusen des Panama-Kanals passen) angepasst wurde.

3.2. Zukünftige Anforderung an den Hochwasserschutz

Die erforderliche zukünftige Bestickhöhe an der Schleuse Oslebshausen beträgt +7,90 mNN, bereichsweise +8,00 mNN. Für die Planungen an der Oslebshauer Schleuse (vgl. Bilder 3a, 3b) waren neben den Anforderungen aus dem Hochwasserschutz folgende Planungsparameter maßgebend:

- Aufrechterhaltung des Schleusenbetriebs, um direkt nach Ablauf auch extremer Hochwasserereignisse Schleusungen vornehmen zu können,
- Zugänglichkeit des Betriebsgebäudes und des Steuerstandes im Sturmflutfall im Schutz der 1. Deichlinie,
- Nutzung des wesenstigen Liegeplatzes für hafengebäudlichen Schiffsverkehr (Lotsen, Schlepper, Hafenunterhaltung) und als Notliegeplatz für Binnenschiffe,
- Vermeidung von Schäden an Bauwerken/baulichen Einrichtungen auf dem Schleusengelände.

3.3. Machbarkeitsprüfung

Vor allem die Belastungen infolge Schwall und Sunk auf die vorhandene Konstruktion am Außenhaupt hat in den vergangenen Jahren umfangreiche Sanierungs- und Unterhaltungsmaßnahmen für Massiv- und Stahlwasserbauteile erforderlich gemacht. Im Zuge der Prüfung grundsätzlich verschiedener Lösungsansätze zur Erhöhung war davon auszuge-

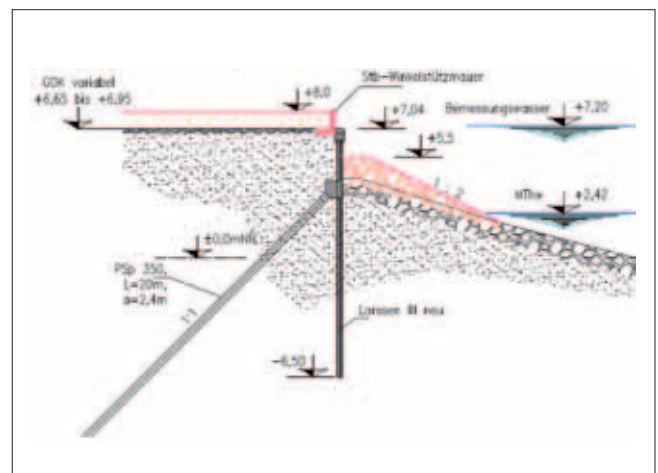
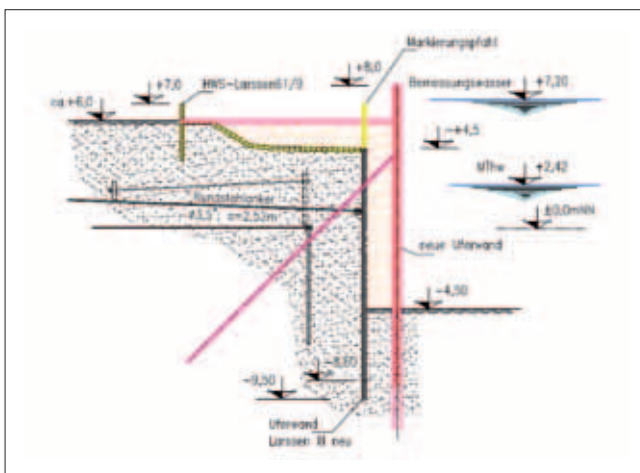


Bild 3a, b: Ertüchtigung und Neubau für den Hochwasserschutz Oslebshauer Schleuse

hen, dass die Lasten auf die vorhandenen Schienensysteme nicht weiter vergrößert werden können.

Für die anstehende Ertüchtigung für höhere Sturmflutwasserstände war deshalb die Machbarkeit der beiden folgenden Planungsansätze zu überprüfen:

- Verstärkung der Tore bei gleichzeitiger Erhöhung der Auftriebskräfte und Sicherstellung der Schwimmstabilität, so dass die Schienen/Unterwagen nicht zusätzlich belastet werden,
- Standsicherheit der vorhandenen Massivbaukonstruktion bei Aufnahme der zusätzlichen Horizontalkräfte in Folge Hochwasser sowie der Kräfte, die aus dem Torkörper in den Massivbau eingeleitet werden.

Für die Untersuchungen der Torkörper wurden die Tore – aufbauend auf den vorliegenden statischen Berechnungen aus den 1980er-Jahren – mit der Methode der Finiten Elemente (FEM) berechnet und die Tore dabei mit Schalen-, Balken- und Stabelementen idealisiert.

Für die Standsicherheitsuntersuchungen der Massivbaukonstruktionen wurden die Nachweise entsprechend des zum Zeitpunkt der Errichtung gültigen Normenkonzeptes geführt, d. h. nach dem Sicherheitskonzept der globalen Sicherheiten. Die Ergebnisse des FEM-Modells wurden verwendet und die Nachweise der Kippsicherheit und der Gleitsicherheit geführt.

3.4. Ergebnisse

Die Erhöhung der Hochwasserschutzrichtungen an der Schleuse Oslebshausen wurde in weiten Teilen als machbar bewertet.

- Folgende bauliche Maßnahmen werden umgesetzt:
- Erhöhung der vorhandenen Uferwände/Hochwasserschutzwände durch Aufsetzen von Spundwandprofilen
- Anpassung der Massivbaukonstruktion der Häupter durch Herstellung von Stahlbetonwänden
- Verstärkung und Ergänzung der vorhandenen Torkonstruktion und Anordnung zusätzlicher Stauwände
- In einem wesen-seitigen Teilbereich ist der Neubau einer Uferneubau notwendig, da bei der Erhöhung des Bestandes hier mit erheblichen Einschränkungen/Auswirkungen auf die Nutzbarkeit des Steuerstandes und des ehemaligen Betriebsgebäudes zu rechnen ist. (vgl. Bild 3a)

4. Geestesperrwerk, Bremerhaven

4.1. Ausgangslage

Im Südwesten Bremerhavens befindet sich das Geestesperrwerk. Das 1962 fertiggestellte Sturmflutsperrwerk dient dem Hochwasserschutz der Länder Niedersachsen und Bremen und wird, um Überflutungen im Hinterland zu vermeiden, ab einem Wasserstand von +2,50 mNN geschlossen. Es muss – wie der gesamte Einfahrtsbereich der Geeste – im Rahmen des Generalplans Küstenschutz auf die zukünftigen Sturmflutwasserstände angepasst werden.

Das Sperrwerk ist mit zwei doppelwandigen Stahl-Stemmtorpaaren ausgerüstet. Die 13 m breiten und 12 m hohen Tore sind für eine Ballastierung mit Schwimmbzw. Frischwasserzellen ausgestattet, der Antrieb der 90 t schweren Tore erfolgt über Elektromotoren.

Das Sperrwerk selbst wurde als tiefgegründetes Massivbauwerk errichtet. Die lichte Breite der Sperrwerksöffnung beträgt 24 m. In das Bauwerk ist eine sechsspurige Brücke, die Kennedybrücke integriert.

4.2. Geestekaje

Südlich des Sturmflutsperrwerks schließt der Bereich der Geestekaje an. Dahinter schließt sich die außendeichs liegende Bebauung der Bussestraße an. Auf einer Länge von rd. 150 m dient die Geestekaje als Liegeplatz für Binnenschiffe. Die Kaje wurde Anfang der 1920er-Jahre errichtet und besteht aus einer auf Holzpfählen gegründeten Trassbeton/Mauerwerkskaje über einer 1:2,5 geneigten Böschung. Sie wurde bereichsweise durch eine vorgerammte Stahlspundwand mit Holmabdeckung ersetzt.

4.3. Doppelschleuse Fischereihafen

Der südliche Bereich der Geestemündung wird wesentlich durch die Nutzung als Vorhafen bzw. Ein- und Ausfahrtsbereich für die Doppelschleuse zum Fischereihafen geprägt. Die erste Doppelschleuse wurde in den 1920er-Jahren errichtet und von 1997 bis 2001 grundlegend erneuert und umgestaltet. Bei diesem Umbau blieb die kleinere Schleusen-kammer aus den 1920er-Jahren bestehen, die größere Kammer wurde in ihren Dimensionen erweitert. Die Schleusen-kammerwände sind in Spundwandbauweise errichtet, die Häupter wurden als Stahlbetonkonstruktionen ausgebildet. Als Verschluss-elemente sind Schiebetore einschließlich Hubdecken installiert.

4.4. Variantenuntersuchungen

In einer Vorstudie wurde 2010 die Möglichkeit einer Erhöhung des vorhandenen Sperrwerkes untersucht. Im Ergebnis ist eine weitere Erhöhung/Ertüchtigung für die nunmehr erforderlichen Bestickhöhen nicht darstellbar. Dementsprechend wurden 2011/2012 folgende Varianten zum Neubau des Geestesperrwerkes untersucht:

- Variante 1: Neubau eines Sperrwerkes wesen-seitig vor dem bestehenden Bauwerk
- Variante 2: Verkürzung der Hochwasserschutzlinie durch Neubau eines Sperrwerkes im Bereich des derzeitigen Fähranlegers
- Variante 3: Verkürzung der Hochwasserschutzlinie durch Neubau eines Sperrwerkes im Bereich der Geestehalbinsel
- Variante 4: Verkürzung der Hochwasserschutzlinie durch Neubau eines Sperrwerkes im Bereich der Molen (Hafeneinfahrt).

Bei Betrachtungen der einzelnen Varianten waren neben den Aspekten des Hochwasserschutzes folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

- Erhalt des Stadtbildes und Sicherstellung der touristischen Nutzung der Geestemündung, z. B. für Gastronomie
- kurze Anbindung für (Fußgänger-) Verkehre von der Geestemündung an die sog. Havenwelten, ein touristisch genutztes Hafengebiet
- erweiterte Nutzung der Liegeplätze des Wasser- und Schifffahrtsamtes für zusätzliche (Arbeits-)Schiffe
- nicht hochwassergeschützter Liegeplatz für das geplante Mehrzweckschiff des WSA erforderlich (u. a. zur Feuerbekämpfung)
- Sicherstellung eines Fährverkehrs Bremerhaven – Blexen bis zu einem Wasserstand von ca. NN+4,0 m sowie Berücksichtigung des Fährschiffs- bzw. Fahrgastbetriebs Weserfähre (Bremerhaven – Nordenham)
- Beibehaltung des Binnenschiffsliegeplatzes an der Geestekaje,
- Berücksichtigung von Gastronomie und Wohnnutzung
- Berücksichtigung der öffentlichen Einrichtungen und Verwaltung: WSA, Zoll, Lotsenbrüderschaft, Wasserschutzpolizei u. a. m.

Basierend auf diesen vielfältigen Anforderungen wurden in Abstimmung mit der Stadt, den betroffenen Ämtern und den Anwohnern vier Lagevarianten zum Neubau des Sperrwerkes entwickelt.

Dabei musste den auf Grund der unterschiedlichen Exponiertheit des zukünftigen Sperrwerks unterschiedlichen Wellen- und Seegangparametern Rechnung getragen werden. Diese wurden im Rahmen einer numerischen Seegangs-Modellsimulation (SWAN) ermittelt und Wellenvorhersagen nach CERC und BISHOP gegenübergestellt. Im Ergebnis sind Bestickhöhen zwischen +7,75 mNN und +8,85 mNN zu berücksichtigen.

Variante 1: Neubau eines Sperrwerks wasserseitig vor der Kennedybrücke

Bei Variante 1 wird ein neues Sperrwerk wasserseitig direkt vor dem heutigen Sperrwerk errichtet (vgl. Bild 4). Das neue Bauwerk wird als tiefgegründetes Massivbauwerk in Stahlbetonbauweise errichtet. Als Verschlussystem werden Stemmtore aus Stahl gewählt.

Das bewegliche Klappteil für die Kennedybrücke bleibt erhalten, um die Berufsschiffahrt auf der Geeste nicht einzuschränken und die Unterhaltung der Wassertiefen weiterhin zu ermöglichen. Die Erhöhung der vorhandenen HWS-Linie nördlich und südlich des heutigen Sperrwerks erfordert die Errichtung von Hochwasserschutzwänden entlang der öffentlichen Flächen. Die starke Verflechtung der neuen HWS-Anlagen mit der örtlichen Bebauung macht einen Neubau von 25 Deichscharten (Öffnung im Deichkörper, durch die ein Verkehrsweg führt) erforderlich. Daraus ergeben sich zusätzliche Personalkosten von rd. 12.000 €/a.

Südlich des Wohnquartiers Bussestraße befindet sich die Doppelschleuse. Die Ers-



Bild 4: Neubau des Geestesperrwerks (Variante 1)

te HWS-Linie – also das Außenhaut mit Schleusentor – kann auf die erforderliche Bestickhöhe erhöht werden. Die zweite HWS-Linie, Schleusenkammer mit Binnenhaupt, wird auf Grund des dort geringeren Wellenaufbaus nicht erhöht.

Variante 2: Neubau eines Sperrwerkes im Bereich des derzeitigen Fähranlegers

Das neue Sperrwerk wird zwischen der WSA-Kaje und der Geestekaje errichtet. Der Anschluss an die landseitige HWS-Wand wird mit einem Fangedamm hergestellt, um eine freistehende Ankerkonstruktion der Wand zu vermeiden (aufwändiger Anfahrerschutz führt zu höheren Kosten) und die Kajenbelegung so wenig wie möglich einzuschränken. Der Vorteil dieser Variante ist, dass das alte Sperrwerk den Hochwasserschutz während der Bauphase sichert, dass es keine Beeinflussung des bestehenden Fährverkehrs gibt und dass die derzeitige Deichlinie um rd. 500 m verkürzt wird. Demgegenüber stehen städtebauliche Einschränkungen durch Errichtung des Sperrwerkes und angrenzender HWS-Wände mit einer OK 4 m über Gelände (eingeschränkte Sichtbeziehung) und ein Eingriff in das Kajenbelegungskonzept des WSA.

Variante 3: Neubau eines Sperrwerkes im Bereich der Geestehalbinsel

Variante 3 sieht den Neubau des Geestesperrwerkes im Bereich der Geestehalbinsel vor. Der Neubau eines Sperrwerkes im Bereich der Geestehalbinsel bedingt eine Verlegung des vorhandenen Fähranlegers. Als neuer Standort wurden zwei Untervarianten – Verlegung des Anlegers in den alten Vorhafen sowie Verlegung auf die Geestehalbinsel – betrachtet.

Die aufwändige Sicherung des Geestequartiers mit der hohen Anzahl an Deichscharten entfällt bei Variante 3, die neue HWS-Linie schließt im Bereich der Fischereihafenschleuse an die bestehende Linienführung an. Zusätzlich werden rd. 8 ha außendeichs liegender Flächen, die heute durch private HWS-Anlagen gesichert werden, in den Bereich des Landesschutzdeiches integriert. Zudem wird die heutige Deichlinie um rd. 700 m verkürzt. Dies alles steuert zur Erhöhung der Deichsicherheit bei.

Weitere Vorteile der Variante 3 sind zudem die landseitige Verkehrsentslastung für den Stadtteil Bremerhaven-Geestemünde, sowie die touristisch attraktive,

fußläufige Anbindung der Weserfähren an die Havenwelten Bremerhaven.

Variante 4: Neubau eines Sperrwerkes an der Hafeneinfahrt

Variante 4 untersucht eine Verlegung des Sturmflutsperrwerkes in den Bereich der Hafeneinfahrt. Um einen ausreichenden Aktionsradius für die Schlepperunterstützung großer Schiffe zu gewährleisten, wird die Durchfahrtsbreite des Sperrwerks für die Variante 3 entsprechend dem Abstand der vorhandenen Molenköpfe auf 90 m erweitert. Als Verschlusselemente für eine Durchfahrtsöffnung dieser Abmessungen werden nach unten öffnende Segmenttore als Verschlüsse vorgesehen.

Die Variante 4 weist hinsichtlich der Anforderungen des Hochwasserschutzes eine Vielzahl von Vorteilen auf. So ergibt sich eine zusätzlich gegen Hochwasser geschützte Fläche von rd. 9 ha. Die HWS-Linie wird nur in einem Bereich und nur mit der minimal erforderlichen Breite geöffnet, was die Deichsicherheit des Bereiches zusätzlich erhöht. Weiterhin sind keine baulichen Maßnahmen im Bereich der Doppelschleuse notwendig.

Demgegenüber stehen bei Umsetzung von Variante 4 erhebliche Nachteile seitens der hohen Investitions- und Unterhaltungskosten, aber auch seitens des Hafenbetriebs, so etwa Einschränkungen für WSA, Zoll, Wasserschutzpolizei, Lotsen, Fährbetrieb und Berufsschiffahrt, da das Sperrwerk ab einem Wasserstand von +2,50 mNN geschlossen werden muss und der Hafen ab diesem Wasserstand nicht mehr erreichbar ist. Entsprechender Ausgleich (außendeichs angeordnete Liegeplätze etc.) wären erforderlich. Weiterhin ergeben sich die Notwendigkeit der Ertüchtigung bzw. Erneuerung der denkmalgeschützten Nordmole sowie ggf. zusätzlich erforderliche Maßnahmen zur Reduzierung des Strömungs- und Seegangseinflusses auf die Schifffahrt vor dem Bauwerk.

Kostenvergleichsrechnung und Wirtschaftlichkeit der Varianten

Für die Bewertung von HWS-Maßnahmen ist im Rahmen der Variantenuntersuchung eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchzuführen. Im Allgemeinen wird hierzu eine dynamische Kostenvergleichsrechnung nach LAWA erstellt. Dabei werden Investitions-, Reinvestitions- sowie Unterhaltungskosten jeweils gemäß ihrem jeweiligen Investitionszeitpunkt finanz-



Bild 5a, 5b: Hochwasserschutzwand aus Stahlspundbohlen vor und nach Erhöhung

mathematisch aufbereitet und miteinander verglichen. Im Fall des Geestesperrwerks ergab sich nach Auswertung der Kostenvergleichsrechnung unter Berücksichtigung der erhöhten Betriebskosten der Variante 1 (Unterhaltung und Betrieb von 25 Deichscharten) eine Kostengleichheit der Varianten 1, 2 und 3. Variante 4 schied wegen des hohen Projektkostenbarwertes und der bereits oben dargestellten Nachteile aus.

Die Rahmenplanung mit Bestimmung einer Vorzugsvariante wird im Sommer 2012 abgeschlossen sein. Die Vorzugsvariante wird nach Fertigstellung der Planungen und Durchführung des Planfeststellungsverfahrens voraussichtlich ab 2015 umgesetzt werden.

5. Hochwasserschutzwand Bremen-Farge/Deichschart B74

Im Jahr 2010 erfolgte termingerecht und unter Einhaltung der Qualitäts- und Kostenvorgaben die Anpassung der in den 60er-Jahren errichteten Landeschutzdeichlinie in Bremen-Farge. Die vorhandenen HWS-Wände (Spundwandprofil Hoesch I) und Deichscharte, u. a. für die Bundesstraße 74, wurden um 1,05 m auf eine Sollhöhe von +7,80 mNN bei einer Geländehöhe um +4,50 mNN erhöht. Untersuchungen zu den Restwanddicken der Spundwandprofile aus dem Jahr 1964 ergaben keine bedeutenden Korrosionsraten. Daher erfolgte die Erhöhung im Bestand durch das Auf-

bringen von Spundwandprofilen Larsen 600 (Bild 5a und b).

Im Spundwandtal wurde eine Holmhalterung angeschweißt, auf welche ein werkseitig hergestelltes Bauteil bestehend aus einem U-Profil und dem Profil Larsen 600 aufgebracht und mit der Holmhalterung verschraubt wurde. Im Hochwasserfall gewährleistet eine Dichtung die Dichtigkeit zwischen bestehendem und aufgesetztem Bauteil. Eine geschweißte Verbindung wurde auf Grund der Vorgabe des Bauherrn nach einer abnehmbaren Konstruktion nicht ausgeführt. Die Standsicherheit der Wand für den neuen Bemessungswasserstand von +6,90 mNN und die zusätzlich zu berücksichtigenden Wellen- und Treibgutlasten werden durch

eine Richtung Wasser ausgeführte Rückverankerung mit Mikropfählen sichergestellt (Bild 6).

Einen besonderen Aspekt für reine HWS-Wände stellt der Nachweis auf Umströmung des Spundwandfußes dar, welcher für dieses Projekt durch eine FEM-Berechnung erfolgte. Trotz der vergleichsweise geringen Einbindetiefe der Bestandswand konnte eine ausreichende Sicherheit gegen Umströmung nachgewiesen werden.

Da die Beschichtung der Bestandswand hohe PAK-Gehalte aufwies, erfolgte aus Umwelt- und Gesundheitsschutzgründen zunächst eine Entschichtung mit anschließendem Neuaufbau der Beschichtung. Nach Strahlen des Untergrunds mit

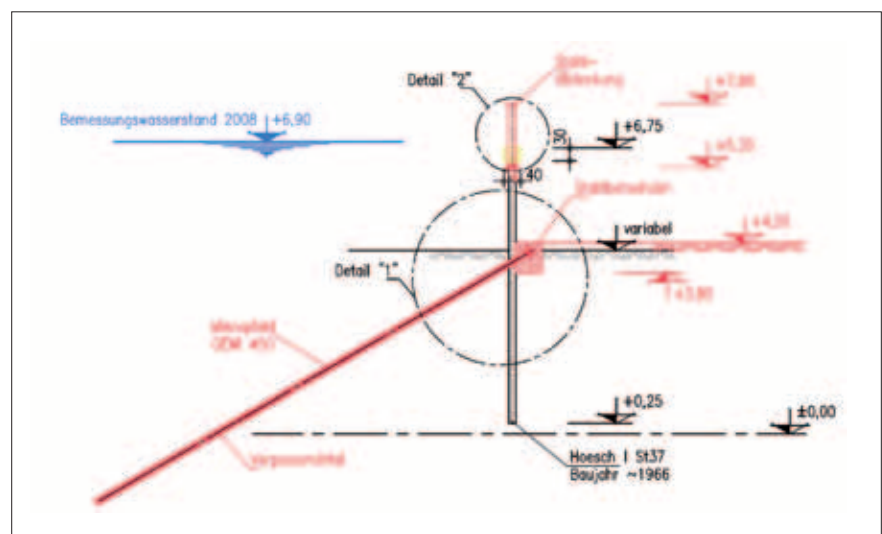


Bild 6: Ausgeführte Erhöhung der Hochwasserschutzwand

Quarzsand erfolgte eine Grundierung und Deckbeschichtung (Schichtdicke 550 µm). Sämtliche Spundwandschlösser wurden zudem entweder verschweißt oder versiegelt, da sich in der Vergangenheit insbesondere in den Schlössern Korrosion zeigte.

Die HWS-Spundwand wurde von zwei Deichscharten, u. a. für die Bundesstraße B 74 und die Zufahrt zum Kohlekraftwerk Farge unterbrochen. Untersuchungen zu den Massivbauwerken führten zu der Entscheidung, die Deichscharte im Bereich der B 74 neu zu errichten (**Bild 7a und b**). Die Gradiente der B 74 inkl. des seitlichen Geh- und Radweges wurde um 1,05 m erhöht. Dadurch konnten die vorhandenen Sperrtore des Scharfs wiederverwendet werden und es wurde vermieden, die Verschlussstore mit elektrischen Antrieben auszustatten. Ein großer Vorteil für den Unterhaltungspflichtigen ist zudem, dass die Tore durch die Anhebung der Drempelhöhe zukünftig deutlich seltener oder später zu schließen sind.

6. Hochwasserschutz für Dom und Rathaus/Hochwasserschutzwand Schlachte

Die festgelegte Bestickhöhe von +7,70 mNN erfordert in einigen Bereichen der Schlachte, der historischen Uferpromenade Bremens, eine Anpassung der Hochwasserschutzwände. Die Höhendifferenz zwischen Ist- und Sollhöhe variiert örtlich und beträgt ca. 20 bis 40 cm. Neben der Berücksichtigung des Alters und fehlen-

der Bestandsunterlagen der vorhandenen Wände stellt diese vergleichsweise marginale Erhöhung auch aus städtebaulichen Gründen auf Grund der intensiven Gastromienutzung landseitig der HWS-Wand für die Architekten und Planer eine Herausforderung dar (**Bild 8**). Berechnungen waren für die unterschiedlichen Uferwandabschnitte, u. a. Sandsteinmauer, Winkelstützwände, Böschungen durchzuführen. In Bereichen, in denen keine Angaben über den Bestand vorlagen, wurden Bestandsuntersuchungen, z. B. Kernbohrungen durchgeführt, und in der Materialprüfanstalt Bremen untersucht.

Am rechten Weserufer werden neben der Bemessung neuer Hochwasserschutzwände statische Nachrechnungen aller Bestandteile der Landesschutzdeichlinie auf einer Länge von rd. 1.500 m durchgeführt. Dafür wurden zusätzliche Baugrunduntersuchungen durchgeführt. Besondere Bedeutung kommt dabei der äußeren Standsicherheit zu.

Ein generelles Problem stellen die Sicherstellung der Unterströmungssicherheit und der Grundwasserstand landseitig der Uferwand dar. Die immer höher anzusetzenden Bemessungshochwasserstände in Verbindung mit den flach gegründeten Elementen der Hochwasserschutzlinie und dem gut durchlässigen Baugrund erfordern eine genaue Betrachtung, ob die Sicherheit gegen Unterströmung noch gegeben ist. Hierfür wurden instationäre Sickerlinienberechnungen an vertikal ebenen Systemen durchgeführt.

Im Zuge der Hochwasserschutzmaßnahmen ist geplant, die Wand um 20 cm

in Stahlbetonbauweise zu erhöhen und anschließend die vorhandene Sandsteinabdeckung wieder aufzubringen.

7. Hochwasserschutz am Weserbahnhof

Im Rahmen der Vorplanung zur Erhöhung der HWS-Linie wurde festgestellt, dass die ausreichende Standsicherheit der vorhandenen Uferfassung im Bereich des „Weserbahnhofs I“ nicht mehr gewährleistet werden kann. Daraufhin wurde eine land- und wasserseitige Sperrung der Kaje veranlasst. Der Weserbahnhof liegt am nördlichen Ende der Uferpromenade Schlachte und grenzt an das städtebauliche Entwicklungsgebiet „Überseestadt Bremen“. Eine Variantenuntersuchung mit Kostenvergleichsrechnung ergab, dass ein Ersatzneubau der Uferfassung (**Bild 9**) gegenüber dem Erhalt der Uferspundwand aus dem Jahr 1929 mittels Vorschüttung die wirtschaftlichste Methode zur langfristigen Sicherung der Uferfassung ist.

Rd. 2,0 m vor der heutigen Uferwand an der Weser wird eine kombinierte Spundwand als neue Uferfassung errichtet. Sie wird aus Gründen des Lärm- und Erschütterungsschutzes vollständig im Rüttelverfahren eingebracht. Um einen eindeutigen Lastabtrag in vertikaler Richtung sicherzustellen, wird eine Pfahlfußverstärkung vorgesehen. Mit Hilfe von Pfahlprobelastungen wird der Lastabtrag im Vorfeld des Baus überprüft. Neben dem Neubau der Uferwand wird eine Winkel-



Bild 7a, 7b: Deichschart an der B74 – Neubau des Betonbauwerks und Erhöhung der Gradiente der B74 um 1,05 m



Bild 8: Bestehende Hochwasserschutzwand an der Schlachte in der Altstadt Bremens

stützwand in Ortbetonbauweise rd. 6,0 m hinter der heutigen Uferwand hergestellt. Diese übernimmt zwei Funktionen: einerseits fängt sie den landseitigen Geländesprung ab, andererseits stellt sie mit ihrer Oberkante den Hochwasserschutz her.

Aktuell wurden Kampfmittelbehebungen und dynamische Pfahlprobelastungen durchgeführt, zeitgleich erstellt die Hafengesellschaft Bremenports die Ausführungsplanung und die Ausschreibungsunterlagen. Die Bauüberleitung sowie die örtliche Bauüberwachung wird sie ab Juli 2012 ausüben.

8. Zusammenfassung

In Bremen und Niedersachsen werden zurzeit die Landesschutzdeiche erhöht. Teile dieser Hochwasserschutzanlagen weisen bereits heute ein hohes Alter auf. Diese alten Bauwerke zu erhöhen und teilweise auch zu ertüchtigen, stellt immer wieder neue Anforderungen an Planer und Ausführer. Bereits die Erfassung des aktuellen Sicherheitsniveaus unter Berücksichtigung der altersbedingten Materialveränderungen ist anspruchsvoll und beeinflusst die heutigen Umplanungen maßgeblich. Durch die Anforderungen des Hochwasserschutzes rücken noch weitere Aspekte wie Restnutzungsdauer, Unterhaltungsaufwand oder Tragverhalten des Bauwerks bei Überflutung verstärkt in den Vordergrund. An sehr unterschiedlichen Bauwerken wird veranschaulicht,

wie solche Anforderungen aussehen können, und es werden Lösungsmöglichkeiten für die dargestellten Fragestellungen aufgezeigt.

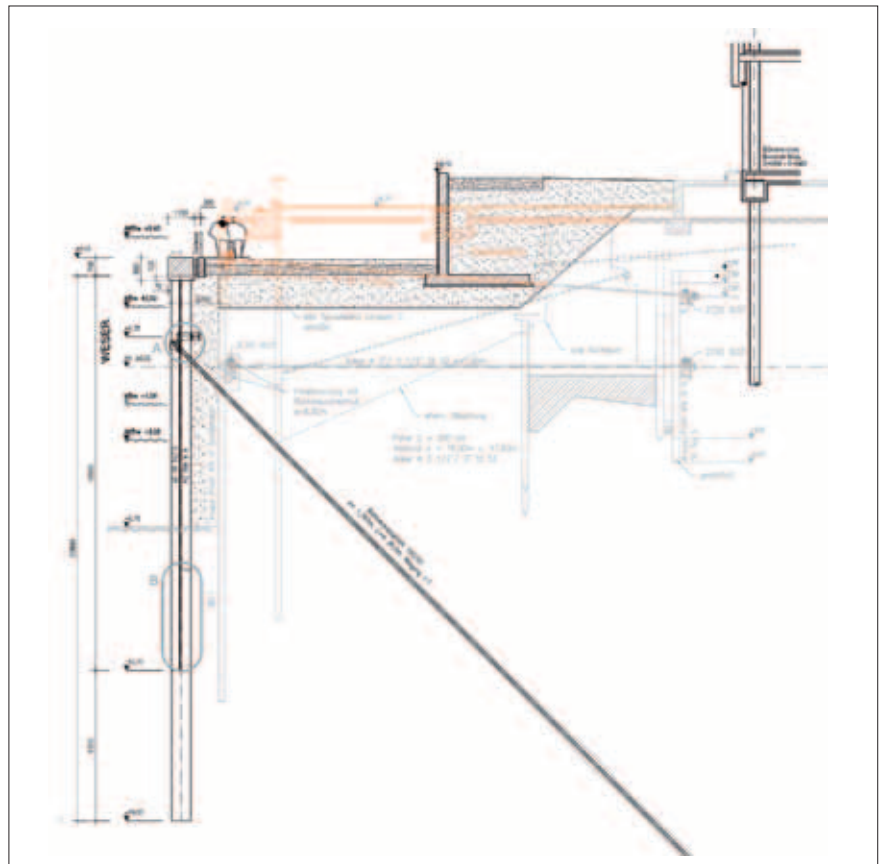


Bild 9: Querschnitt im Bereich des Weserbahnhofs mit neuer Kajenwand, Promenade und Hochwasserschutzwand

Autoren

Dipl.-Ing. Anne Scholz

Projektleiterin
Bremenports GmbH & Co. KG
E-Mail: anne.scholz-joura@bremenports.de

Dipl.-Ing. Christian Pabst

Teamleiter
Bremenports GmbH & Co. KG
E-Mail: christian.pabst@bremenports.de

Dr.-Ing. Heiko Spekker

Projektleiter
Inros Lackner AG, NL Bremen
E-Mail: heiko.spekker@inros-lackner.de

Literatur

- [1] NLWKN: Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen – Festland, Küstenschutz, Band 1, Norden, 2007
- [2] Bleck, M., Krebs, H., Scholz, A., Spekker, H.: "Hochwasserschutz im Land Bremen – Anpassungen an prognostizierte Klimaänderungen", Bautechnik, 86. Jahrgang (2009), Heft 8