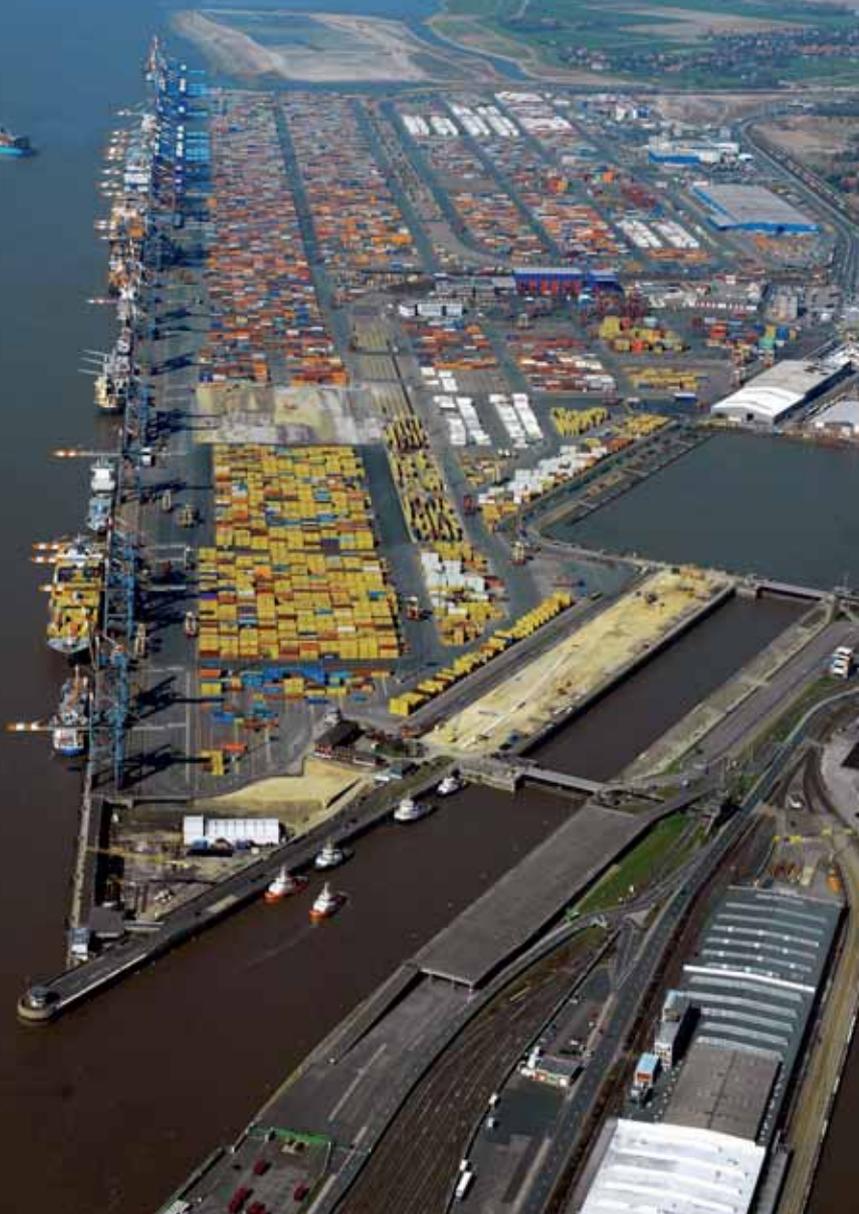


Hochwasserschutz im Land Bremen

Ertüchtigung von alter Bausubstanz

Von Hauke Krebs, Anne Scholz und Ingo Wellbrock

In Niedersachsen und Bremen werden derzeit die Landesschutzdeiche, Kajen und Hochwasserschutzwände erhöht und damit an den klimabedingt beschleunigten Meeresspiegelanstieg angepasst. Insbesondere bei älteren Bauwerken treten hierbei unterschiedlichste Fragestellungen auf. Der vorliegende Praxisbericht stellt die damit verknüpften Aufgaben exemplarisch an zwei historischen Bauwerken vor.



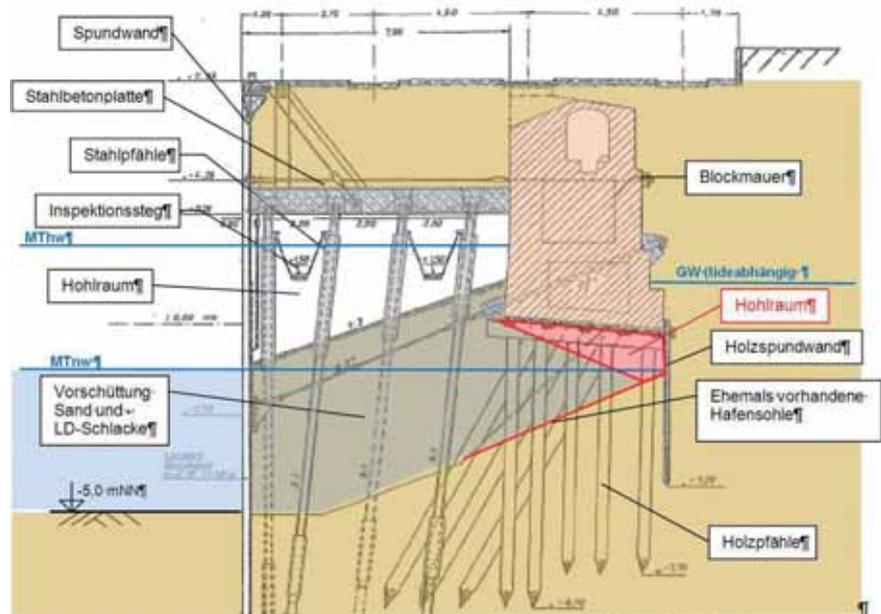
Luftbild Nordschleuse Bremerhaven
Foto: Bremenports

Einführung in den Hochwasserschutz

Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) gibt in regelmäßigen Abständen den Zustand des Klimasystems und Prognosen zu dessen zukünftiger Entwicklung bekannt. Inhalt der Forschungsergebnisse sind auch Angaben und Prognosen zum klimabedingt beschleunigten Meeresspiegelanstieg. 2007 hat das IPCC einen Meeresspiegelanstieg von 26 bis 29 cm im Zeitraum bis 2100 prognostiziert. Hinzukommend wurde ein Anstieg der Globaltemperatur vorausgesagt. Für den Nord-

seeraum bedeutet dies einen potenziellen Anstieg von Starksturmereignissen, was wiederum Auswirkungen auf die Höhe und Anzahl von Hochwasserereignissen hat. Dementsprechend wurde der „Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen“ 2007/2008 überarbeitet und dem klimabedingt beschleunigten Meeresspiegelanstieg angepasst. In der Folge werden in Niedersachsen und Bremen rund 180 km Deiche, Kajen und Hochwasserschutzwände erhöht. Neben diesen

Linienbauwerken sind aber auch Sonderbauwerke wie z. B. Schleusen und Sperrwerke an die gestiegenen Anforderungen anzupassen. Eine Vielzahl dieser Bauwerke weist bereits heute eine lange Nutzungsdauer auf. Daher ist neben der generellen Überprüfung der Ertüchtigungsfähigkeit auch immer eine Prognose zur Restnutzungsdauer abzugeben, um so gegebenenfalls langfristig sinnvolle Alternativen finden zu können. Weitere Aspekte in diesem Zusammenhang sind durch Strukturwandel geänderte Nutzungsansprüche an die Bauwer-



▲ Uferkaje

Abb: Inros Lackner

◀ Vorgefundene Öffnung

an der Blockmauer

Abb: Inros Lackner

ke und nicht zuletzt im Zusammenhang mit der Umstellung auf das Partialsicherheitskonzept (Eurocode 7) geänderte Nachweisverfahren.

Im Folgenden werden zwei historische Bauwerke vorgestellt, anhand derer die spezifischen Fragestellungen aufgezeigt werden.

Historische Hafenkaje

Ausgangssituation

Die historische Hafenkaje an einem tidebeeinflussten Hafenbecken im norddeutschen Raum

besteht aus einer in den achtziger Jahren des vorletzten Jahrhunderts erbauten Schwergewichtswand auf einer Holzpfahlgründung. In den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde vor dieser Schwergewichtswand eine Stahlspundwand errichtet, um das Hafenbecken vertiefen zu können. Der Übergang zwischen Spundwand und Schwergewichtswand wird durch eine auf Stahlpfählen gegründeten Stahlbetonplatte mit Sandüberschüttung gebildet.

Im Rahmen der Umnutzung des ehemaligen Hafenreviers wurde die Hafenkaje bereichsweise umgestaltet, das heißt, die Sandüberschüttung oberhalb der Stahlbetonplatte wurde rückgebaut und dieser Bereich zu einer wassernahen Uferpromenade umgestaltet. Das neue Hochwasserschutzniveau wird dabei durch einen oberhalb der Blockmauer angeordneten Mauerkopf sicher gestellt. Im übrigen Bereich ist noch das ursprüngliche Bauwerk vorhanden, das voraussichtlich in den kommenden Jahren auf das zukünftige Hoch-

wasserschutzniveau ausgebaut werden wird. Die ursprüngliche, gemauerte Schwergewichtswand weist in den sichtbaren Bereichen keine nennenswerten Schäden auf und auch stichprobenartig durchgeführte Untersuchungen an der Holzpfahlgründung ergaben, dass diese noch ausreichend tragfähig ist. Unterhalb der Blockmauer befinden sich allerdings Hohlräume, die vermutlich im Rahmen des Ausbaus der Hafenkaje in den 1930er Jahren entstanden sind, als die Spundwand eingebracht und die Verfüllung des Zwischenraums vorgenommen wurde.

Landseitig der Uferbefestigung befinden sich historische, flach gegründete Stückgutschuppen, die in den 1950er Jahren als ein- bzw. zweigeschossige Stahlbeton-Rahmenbauten errichtet wurden.

In den letzten Jahren wurden Versackungen in der Oberflächenbefestigung zwischen der Uferbefestigung und der landseitigen Bebauung festgestellt. Daraufhin durchgeführte Untersuchungen des Untergrundes ergaben, dass die Ursa-

che für die Versackungen vermutlich ein Ausstrag des anstehenden Bodens quer zur Uferbefestigung durch die historische Holzspundwand in den Hohlraum unterhalb der Blockmauer ist. Darauf deuten auch die an der Blockmauer vorgefundenen Öffnungen hin. Da der Hohlraum im Wasserwechselbereich der Tide liegt, findet der Abtransport von Bodenmaterial jeweils bei ablaufendem Hochwasser und dementsprechend nachlaufendem Grundwasser statt. Das in den Hohlraum eingetragene Bodenmaterial wird dann durch bestehende hydraulische Verbindungen in Quer- und Längsrichtung der Uferbefestigung weiter ausgetragen.

Lösungsmöglichkeiten

Um die Hafenkaje und die angrenzende Bebauung auch langfristig nutzen zu können, sind Abdichtungsmaßnahmen erforderlich. Sie sollen die hydraulischen Verbindungen zwischen dem landseitigen Erdreich und dem wasserseitigen Hohlraum unterbinden und einen weiteren Bodenaustrag verhindern. Dazu bieten sich mehrere Möglichkeiten:

1. Hohlraumverfüllung,
2. Einbau von starren Dichtwandssystemen (Spundwand, Bohrpfahlwand, Schlitzwand u.w.),
3. Einbringen von Injektionsmaterial mit geringen Drücken (Injektionen),
4. Einbringen von Injektionsmaterial mit hohen Drücken (Düsenstrahlverfahren).

Eine Hohlraumverfüllung als erstgenannte Möglichkeit scheidet aufgrund der vorliegenden Geometrien und der dicht angrenzenden Bebauung aus, da der vorhandene, im unteren Wasserwechselbereich liegende Hohlraum weder von der Landseite noch von der Wasserseite mit verhältnismäßigem Aufwand erreicht werden kann. Ein Einbringen von stark fließfähigem Material von der Geländeoberkante her muss aufgrund der vorhandenen hydraulischen Verbindungen ebenfalls ausgeschlossen werden.

Bei den unter Punkt zwei genannten starren Systemen ist zu beachten, dass diese Systeme nur in einem gewissen Abstand zur vorhandenen Bausubstanz eingebracht werden können, um die Schwergewichtswand oder die dortige Rückverankerung der Spundwand aufgrund der zu berücksichtigenden Einbautoleranzen nicht zu beschädigen. Dementsprechend wird

ein Bereich zwischen neuer Dichtwand und alter Blockmauer verbleiben, aus dem ein weiterer Bodenaustrag nicht verhindert werden kann. Daher sind die Dichtwände auf eine Biegebeanspruchung auszulegen, weswegen unbewehrte Wände sowie Schmalwände bei der Sanierung der Hafenkaje ausscheiden.

Für die Anwendung von Injektionen oder Düsenstrahlverfahren wiederum sind genaue Kenntnisse des örtlich anstehenden Baugrunds und eine entsprechende Einstellung des Injektionsverfahrens (Düsdruck, Düsendurchmesser, Rotationsgeschwindigkeit u. a.) erforderlich. Einerseits muss eine vollständige und sichere Vermörtelung des Bodens erreicht werden, andererseits besteht bei zu flüssigem Injektionsgut oder zu hohen Drücken die Gefahr, dass das Material durch die bestehenden Kanäle in den vorhandenen Hohlraum eindringt oder im schlimmsten Fall der vorhandenen Holzspundwand weitere Schäden zufügt. Während bei Injektionen, die mit vergleichsweise geringen Drücken arbeiten, eher die Frage nach der Umweltverträglichkeit der eingesetzten Mittel und zum Teil auch die der Dauerhaftigkeit der Vermörtelung im Vordergrund steht, muss beim Düsenstrahlverfahren ein erhöhtes Risiko der Beschädigung der Holzspundwand berücksichtigt werden, denn der Boden wird dabei mit Drücken von bis zu 600 bar weggefräst und mit Injektionsgut verfüllt.

Ausblick

Da sich das Projekt derzeit in der Planungsphase befindet, liegt bisher keine endgültige Entscheidung zur Ausführung vor. Denkbar ist eine Variante des Düsenstrahlverfahrens, bei der mit halbkreisförmigen Injektionsäulen ein erhöhter Schutz der Holzspundwand gegeben ist.

Nordschleuse Bremerhaven

Ausgangssituation

Die Nordschleuse in Bremerhaven (Baujahr 1928–1931) ist als gesamtes Bauwerk ebenfalls Teil der Landesschutzdeichlinie. Sowohl die Schleusenkommer als auch beide Häupter und die Tore müssen im Rahmen der Anpassung auf die zukünftige Bestickhöhe erhöht werden, um das Prinzip der doppelten Verschlussicherheit an Querungsbauwerken sicherzustellen. Das vorhandene Unterbestick beträgt 1,00 m bis 1,60 m.

Die besondere Schwierigkeit bei der Planung der notwendigen Erhöhung der Nordschleuse resultiert aus den nur noch bruchstückhaft vorhandenen Bestandsunterlagen. Zwar liegen mehrere Schriften, Fotos und Filme zum Bau der Nordschleuse vor, eine quantitative Bewertung dieser Dokumente ist jedoch nur sehr eingeschränkt möglich. Während für die Schleusentore ein Bestandsaufmaß und eine Nachrechnung des Tragwerks aus dem Jahr 1989 vorliegen, gibt es zu den Stahlbetonbauten keine verbindlichen Angaben, wie zum Beispiel Bewehrungspläne.

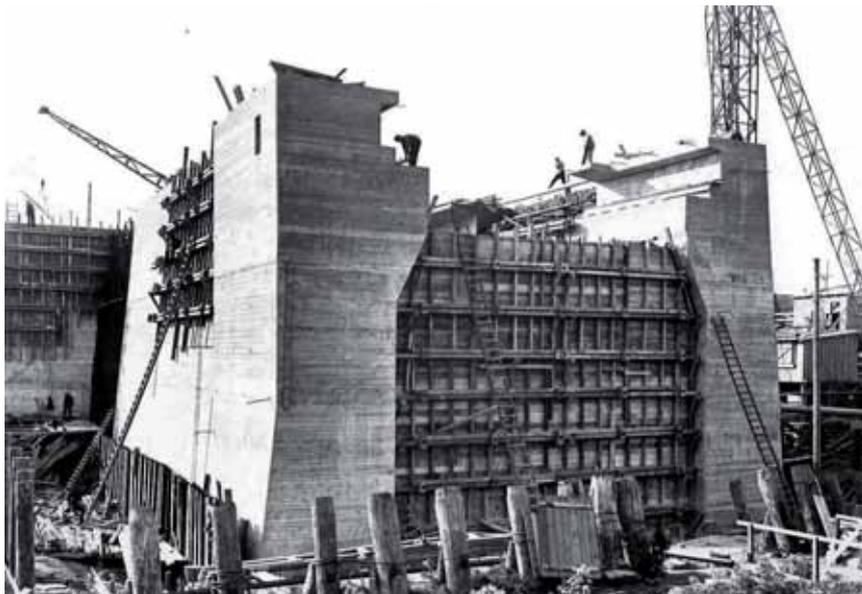
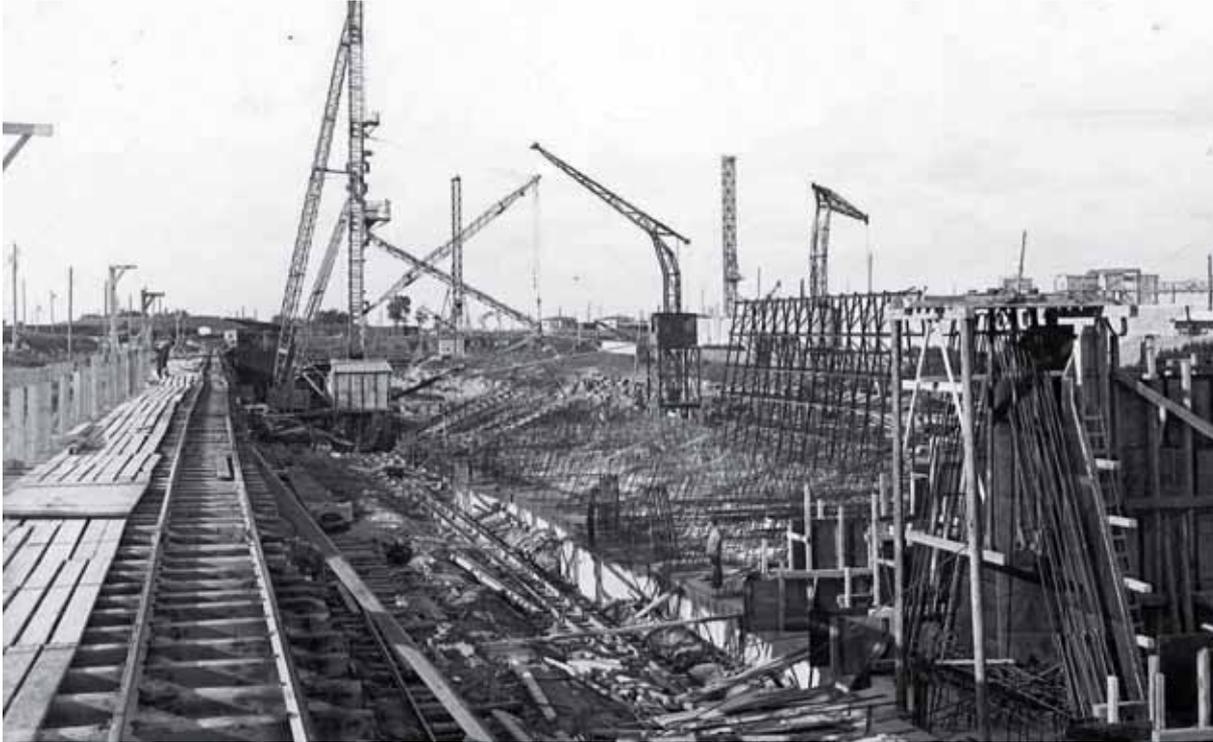
Erhöhung der HWS-Linie an den Schleusenhäuptern

Die mangelhafte Datenlage führt insbesondere im Bereich der Schleusenhäupter dazu, dass die vorhandenen "Eisenbetonkonstruktionen" nur unter Berücksichtigung der aufnehmbaren Betonzugspannungen nachgewiesen werden können. In der Folge sind die Standsicherheitsnachweise im Lastfall Hochwasser nur unter Ansatz entsprechender Binnenwasserstände möglich. In historischen Aufsätzen zum Bau der Nordschleuse finden sich Angaben zu den damals angesetzten maximalen Wasserstandsdifferenzen. Es wurde eine maximale Wasserstandsdifferenz von $\Delta H = 4$ m von binnen nach außen festgelegt, während die maximale Wasserstandsdifferenz von außen nach binnen max. $\Delta H = 3$ m betrug.

Während am Außenhaupt durch die Anhebung des Schleusenwasserstands das erforderliche Sicherheitsniveau im Hochwasserfall hergestellt werden kann, ist dies am Binnenhaupt nicht möglich. Hier würde ein Anheben des Hafenwasserstands eine Vielzahl von betriebstechnischen Problemen nach sich ziehen. Eine Anhebung des Hafenwasserstands als alleiniges Mittel zur Stabilisierung des Binnenhauptes wurde daher verworfen.

Neben der am Binnenhaupt nicht realisierbaren Wasserstandsanhhebung fehlt im Bereich des Binnenhauptes der günstig wirkende landseitige Erdruck, der am Außenhaupt stabilisierend wirkt. Daher musste am Binnenhaupt eine konstruktive Lösung gefunden werden, die die vorhandene Konstruktion in die Lage versetzt, dem zukünftigen Hochwasser Stand zu halten.

Die konstruktive Lösung für diesen als außergewöhnlich einzustufenden Lastfall besteht



▲ Bau der Schleusenammerwände
in Bremerhafen

◀ Bau des Binnenhauptes
Fotos: Bremenports

in einer am Binnenhaupt (Ostseite) herzustellenden Pfahlbockkonstruktion, die im Versagensfall des Außenhauptes das Binnenhaupt stabilisiert.

Ausblick

Zurzeit läuft die Entwurfsplanung dieser Hochwasserschutzmaßnahme, ab 2011 ist mit dem Baubeginn zu rechnen.

Zusammenfassung

In Bremen und Niedersachsen werden zurzeit die Landesschutzdeichanlagen 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 Ausfühler. 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 Überflu-

tung verstärkt in den Vordergrund. Der vorliegende Praxisbericht veranschaulicht an zwei sehr unterschiedlichen Bauwerken, wie solche Anforderungen aussehen können und zeigt beispielhaft Lösungsmöglichkeiten für die dargestellten Fragestellungen auf.

Autoren:

Dipl.-Ing. Hauke Krebs,
stellv. Niederlassungsleiter;

Dipl.-Ing. Anne Scholz,
Projektleiterin;

Dipl.-Ing. Ingo Wellbrock,
Projektleiter;
INROS LACKNER AG, NL Bremen

Literatur

IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007.

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz: Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen-Festland.