

# TAGUNGSBAND

## TEIL A



Maritim Hotel Bremen  
1. bis 3. November 2023

Telefon: 040 42847-2178  
E-Mail: [service@htg-online.de](mailto:service@htg-online.de)  
Internet: [www.htg-online.de](http://www.htg-online.de)

Vorsitzender: Robert Howe  
Stellvertretende Vorsitzender: Dr. Peter Ruland, Jan Göttsche  
Geschäftsführer: Michael Ströh

Registergericht: Amtsgericht Hamburg  
Vereinsregister Nr. VR 1112  
Ust-IdNr.: DE253776206

## Inhaltsverzeichnis der Langfassungen zu den Vorträgen

Hinweis: Die Titel der Langfassungen im Inhaltsverzeichnis entsprechen den Vortragstiteln

- 4 Potenziale der Binnenschifffahrt zur Verbesserung des Klimaschutzes**  
 Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Ch. Heinzemann, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe,  
 Dr.-Ing. Ch. Noß, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, Dr. rer. nat. D. Weber, Bundesan-  
 stalt für Wasserbau, Karlsruhe., A. Orlovius, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, Dr.  
 rer. nat. M. Hämmerle, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
- 15 Entwicklung und Komplexität des Küstenschutzes im Land Bremen**  
 Dipl.-Ing. (FH), M.Sc. Anika Rühl, Freie Hansestadt Bremen - Die Senatorin für Umwelt,  
 Klima und Wissenschaft
- 25 Die Stadtstrecke Bremen: Küsten- und Hochwasserschutz im Spannungsfeld komplexer in-  
 nerstädtischer Anforderungen. Ist diese Planungsaufgabe lösbar?**  
 Dipl.-Ing. Hauke Krebs, Dipl.-Ing. (FH) Henning Schick, Freie Hansestadt Bremen - Die Sena-  
 torin für Umwelt, Klima und Wissenschaft, Dipl.-Ing. Timo Baars, Dipl.-Ing. Inken Kaunert,  
 Sweco GmbH
- 36 Weseranpassung: Planung und wasserbauliche Wirkung**  
 Dr. Frank Kösters, Bundesanstalt für Wasserbau, Anne Schäfer, WSA Weser-Jade-Nordsee
- 47 Planung und Bau der Columbuskaje mit messtechnischer Begleitung**  
 M.Sc. B. Borchers, bremenports GmbH & Co. KG, Bremerhaven, Dr.-Ing. J. Gattermann,  
 Technische Universität Braunschweig, Dipl.-Ing. (FH) K. Holste, HydroMapper GmbH, Ham-  
 burg
- 64 Hafen- und Wasserbau für das internationale Großprojekt Feste Fehmarnbeltquerung**  
 Kristina Heveling, M.Sc., WTM Engineers GmbH  
 Zusammen mit Dr.-Ing. Morgen und Dipl.-Ing. Spang
- 65 Injektionsarbeiten mit Meerblick**  
 Dipl.-Ing. Karsten Kegelbein, BAUER Spezialtiefbau GmbH  
 Zusammen mit Dipl.-Ing. Beier, Dipl.-Ing. Jud, Dipl.-Geol. Warber, Siebenborn
- 76 Erneuerung der Schiebetore der Großen Seeschleuse Wilhelmshaven**  
 Jens Fiedler, M.Sc., Mathias Kant, B. Sc., Tractebel Hydroprojekt GmbH

- 85 **HTG Förderpreis für Masterarbeiten**  
**Technischer Hochwasserschutz der Hansestadt Wismar – Detaillierte Schwachstellenanalyse und Entwicklung eines verbesserten Schutzkonzepts**  
Timo Hildebrandt, M.Sc., Hochschule Bremen
- 87 **HTG-Förderpreis für Innovation der Werner-Möbius-Stiftung 2023**  
**Einbau von Spundbohlen bei kombinierten Rohrspundwänden unterhalb der Wasserlinie**  
Dipl.-Ing. Christian Buhmann, Depenbrock Ingenieurwasserbau GmbH & Co.KG  
Zusammen mit Andreas Handel, Josef Messmann, Jakobus Bollen
- 88 **HTG-Förderpreis der Victor-Rizkallah-Stiftung 2023**  
**Modelling of Excess Pore Pressure Accumulation in Sand around Cyclically Loaded Foundations**  
Dr.-Ing. Jann-Eike Saathoff, Leibniz Universität Hannover
- 90 **Nachhaltigkeitspreis der HTG**  
**Landstromanlagen als wichtiger Beitrag zur Verwirklichung der globalen Nachhaltigkeitsziele**  
INROS LACKNER SE zusammen mit Fichtner GmbH & Co. KG und Fichtner Water & Transportation GmbH; Einreichende: Günzl, T., Berndt, M, Klein, C, Lemke, J, Arentz, R, Nahnsen, T, Dr. Lutz, B.
- 92 **Smart Port - Digitalisierung der Hafenzuläufe**  
Daniel Becker, M.Sc., bremenports GmbH & Co. KG
- 97 **Cyber-Security – Weiterentwicklung des Aufgabenfeldes der Hafensicherheit**  
Jan Schirrmacher, bremenports GmbH & Co. KG  
Zusammen mit Prof. Dr. Krämer, Vasterling-Will
- 103 **Neubau LNG / Öl-Terminal Seehafen Rostock“**  
**Nutzung von WEB-GIS und BIM für eine interaktive Planung**  
Dipl.-Ing. Torsten Retzlaff, INROS Lackner SE
- 113 **Erneuerung Südmole Norderney – Umsetzung der BIM-Methodik in der Ausführungsphase**  
Pauline Falkenrich, M.Sc., INROS Lackner SE  
Zusammen mit Dipl.-Ing. Ollero
- 123 **Kooperationsgestaltung als ökonomisches Prinzip**  
Prof. Stefan Leupertz, 3D2L GmbH



- 135 **Kompensationsmaßnahmen in Fließgewässern – Erfahrungen bei der Planung und Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen in Kooperation mit Wasser- und Bodenverbänden**  
Dipl.-Ing. (TU) Ulrich Kraus, bremenports GmbH & Co. KG
- 136 **Charta für die Zusammenarbeit auf Baustellen an Wasserstraßen und weitere partnerschaftliche Formen der Zusammenarbeit?**  
Lisa Bednarski, Hülskens Wasserbau GmbH & Co. KG  
Zusammen mit Dipl.-Ing. Groß, Dipl.-Ing. Wählen
- 146 **Komplex ist nicht kompliziert: Welche Kompetenzen brauchen Mitarbeitende in Hafenverwaltungen? Nationale und internationale Perspektiven**  
Dr. Lars Stemmler, bremenports GmbH & Co. KG
- 155 **Forum HTG, veranstaltet von der Jungen HTG**  
**Wie wollen wir zukünftig arbeiten und bauen?**  
Junge HTG

# Potenziale der Binnenschifffahrt zur Verbesserung des Klimaschutzes

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Ch. Heinzlmann, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Dr.-Ing. Ch. Noß, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Dr. rer. nat. D. Weber, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

A. Orlovius, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Dr. rer. nat. M. Hämmerle, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

*Um den Temperaturanstieg und die negativen Folgen des anthropogen bedingten Klimawandels zu begrenzen, müssen die Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor drastisch sinken. Hierzu kann die Güterverlagerung von LKW auf die schon heute klima- und umweltfreundlichen Binnenschiffe einen wirkungsvollen Beitrag leisten. Trotz dieser schon bestehenden Vorteile gilt es, Verbesserungspotenziale der Binnenschiffstransporte zu ermitteln, zeitnah zu nutzen und die Wasserstraße an die zukünftigen klimawandel-bedingten Veränderungen anzupassen. Als wissenschaftlicher Dienstleister auf dem Gebiet des Verkehrswasserbaus sowie als Ressortforschungseinrichtung des Bundes kann die Bundesanstalt für Wasserbau durch Politik- und Projektberatung die Umsetzung dieser Ziele für das System Schiff/Wasserstraße wirkungsvoll unterstützen. Im vorliegenden Beitrag werden Beispiele zur Reduzierung von Ressourcenverbrauch und Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt sowie zur Anpassung der Wasserstraßen an die Folgen des Klimawandels dargestellt.*

## 1. Einleitung

Die Folgen des anthropogen bedingten Klimawandels sind auch in Deutschland zu spüren. Meteorologische Naturereignisse, wie Hitze, Trockenheit und Überschwemmungen, haben zuletzt an Intensität und Häufigkeit zugenommen. Beispiele hierfür sind die monatelang anhaltende Trockenheit in den Jahren 2018 (BfG 2019, IKS 2020) und 2022, die die Schifffahrt auf dem Rhein nahezu zum Erliegen gebracht hat, und die Flutkatastrophe in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen im Sommer 2021, die zu großem menschlichen Leid und hohen materiellen Schäden geführt hat.

Der Weltklimarat verweist in seinem Sonderbericht (IPCC 2018) auf die Notwendigkeit, die Emissionen der Treibhausgase (THG) deutlich zu reduzieren, um die globale Erwärmung auf 1,5°C gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter zu begrenzen. Dieser Wert spezifiziert das mit dem Pariser Klimaabkommen (UN, 2015) festgelegte Ziel, irreversible Folgen durch klimatische Rückkopplungseffekte abzuwenden. Darüber hinaus soll die Fähigkeit erhöht werden, sich an die nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels anzupassen bzw. diesen vorzubeugen. Auf nationaler Ebene setzen das Klimaanpassungsgesetz (KANg, Referentenentwurf) und das Klimaschutzgesetz 2021 (KSG, 2021) diese Ziele in Vorgaben und rechtlich verbindliche Grenzwerte um. So darf z. B. mit Bezug zum Jahr 1990 ab 2030 nur noch 35 % und ab 2040 nur noch 12 % CO<sub>2</sub> emittiert werden. Ab dem Jahr 2045 gilt die THG-Neutralität, d. h. es darf nur noch so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt werden, wie sich durch Photosynthese und andere natürliche Prozesse sowie eventuell technische Maßnahmen binden lassen. Ab 2050 soll die THG-Bilanz größere Senken als Quellen aufweisen.

Die notwendige Reduzierung der THG-Emissionen ist im Trend der Jahre 2000 bis 2021 allerdings nicht zu erkennen (Expertenrat, 2022). Besonders gering fällt die Minderungsrate im Verkehrssektor mit nur 0,5 Mio. t/a aus. Um die zulässige CO<sub>2</sub>-Gesamtemission des Jahres 2030 (85 Mio. t) nicht zu überschreiten, hätte für denselben Zeitraum eine Minderung um 7 Mio. t/a erfolgen müssen. Vor dem Hintergrund, dass 97 % der verkehrsbedingten Emissionen dem Straßenverkehr zuzurechnen sind, wird klar, dass allein die angestrebte, langsam voranschreitende Elektrifizierung der Kraftfahrzeugflotte nicht ausreichen wird. Eine grundlegende Mobilitätswende ist erforderlich. Im Güterverkehr kann eine Transportverlagerung von LKW auf klima- und umweltfreundliche Binnenschiffe einen wirkungsvollen Beitrag leisten (BMVI 2019). Auch die Bahn gilt als ein besonders klima- und umweltfreundliches Verkehrsmittel. Allerdings befindet sich das Schienennetz bereits heute an seiner Kapazitätsgrenze. Dagegen verfügt das Wasserstraßennetz bundesweit noch über erhebliche freie Kapazitäten.

Zwei grundlegende Eigenschaften kennzeichnen die Klimafreundlichkeit der Binnenschifffahrt und begründen die dringend notwendige Verkehrsverlagerung:

1. Im Vergleich zu LKW und Bahn ist die Transporteffizienz eines Schiffes, d. h. der Leistungsbedarf je Transportmenge und -strecke, am günstigsten (Krueger 2009, PLANCO 2007).
2. Die technische Nutzungsdauer von Binnenschiffen ist im Vergleich zu LKW und Bahn mit Abstand am längsten (GDWS 2019, Statista 2022, DIW 2022).

Beide Aspekte wirken sich positiv auf die Reduzierung des verkehrsbedingten Ressourcenverbrauchs und der THG-Emissionen aus. Trotz dieser Vorteile gilt es aber auch in der Binnenschifffahrt, alle Potenziale zur Emissionsminderung auszuschöpfen und die Wasserstraße an die Auswirkungen des Klimawandels anzupassen.

Als wissenschaftlicher Dienstleister auf dem Gebiet des Verkehrswasserbaus sowie als Ressortforschungseinrichtung des Bundes kann die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) die Ziele eines nachhaltigen Gütertransports auf der Wasserstraße wirkungsvoll unterstützen. Im Jahr 2021 hat die BAW eine neue „Forschungsstrategie Verkehrswasserbau“ entwickelt. Die Verbesserung des Klimaschutzes sowie die Anpassung des Verkehrssystems Schiff/Wasserstraße an den Klimawandel spielen darin eine wichtige Rolle.

Der vorliegende Beitrag fokussiert auf zügig umsetzbare Möglichkeiten zur Reduzierung von Ressourcenverbrauch und Treibhausgasemissionen der Binnenschifffahrt (Kap. 2) sowie auf Anpassungsoptionen für die Wasserstraßeninfrastruktur (Kap. 3). Beide haben das Ziel, sowohl die Transporteffizienz als auch die Zuverlässigkeit der Binnenschifffahrt und damit die Konkurrenzfähigkeit gegenüber den anderen Verkehrsmitteln zu verbessern. Zusätzliche Änderungen der Schiffsantriebe, z. B. durch eine Umstellung auf regenerative Energieträger (CLINSH 2021), werden nicht betrachtet.

## **2. Reduzierung von Ressourcenverbrauch und Treibhausgasemissionen**

Zu den betrieblichen Emissionsminderungsmaßnahmen zählt u. a. das sogenannte slow steaming, die Geschwindigkeitsreduzierung zum Einsparen von Treibstoff, das sich insbesondere zur Vermeidung bevorstehender Wartezeiten anbietet. Ting und Schonfeld (1999) zeigten, dass signifikante Einsparungen an Treibstoff, Kosten und Emissionen möglich sind, wenn infolge absehbarer

Schleusenstaus die Zulaufgeschwindigkeit in den Stauhaltungen reduziert sowie der emissionsintensive Stop-and-Go-Betrieb vor den Schleusen vermieden wird.

Das derzeit laufende Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (FuE) „Intelligente Schleusenzulaufsteuerung“ (iSZS) der BAW hat das Ziel, die Schleusungsrangfolgen in Stauhaltungsketten so zu optimieren, dass Gesamtwarezeit und Stauwahrscheinlichkeit möglichst gering ausfallen. Mit der Optimierung ergeben sich erwünschte Ankunftszeiten (engl. Requested Time of Arrival, RTA), nach denen die Schiffsführer ihre Fahrt durch eine angepasste Geschwindigkeit oder einen späteren Fahrtbeginn ressourcenschonend gestalten können. Die Grundlage der Optimierung und RTA-Mitteilung ist eine präzise Abschätzung der erwarteten Ankunftszeit (engl. Expected Time of Arrival, ETA), die aufgrund individueller Entscheidungen der Schiffsführer von rein fahrdynamisch basierten Zeiten deutlich abweichen kann.

Mit Hilfe des maschinellen Lernens entwickelt die BAW eine Methode, die zu einer performanten ETA-Bestimmung und damit zu einer zielgerichteten Schleusenzulaufsteuerung führt. Die Entwicklung und Validierung der Methode erfolgt in einer virtuellen Testumgebung, in der verschiedene Situationen unter Verwendung des bereits im Pilotbetrieb befindlichen Schleusenmanagementsystems der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) sowie eines Verkehrs- und Schleusensimulationsmodells (Noss et al. 2020) analysiert werden. So lässt sich der Erfolg von Methoden und Maßnahmen zur Reduzierung von Wartezeiten vor Schleusungen bewerten, bevor diese im realen Betrieb Anwendung finden.

In einem weiteren FuE-Vorhaben entwickelt die BAW gemeinsam mit externen Partnern ein Assistenzsystem zur Reiseunterstützung für die Binnenschifffahrt (RUBIN), um Transportprozesse durch Empfehlungen zum Zeit- und Ladungsmanagement zu optimieren. Dem Reeder bzw. Schiffsführer werden maximal mögliche Abladetiefen vor Fahrtbeginn und der zeitliche Reiseverlauf während der Fahrt mitgeteilt. Mit diesen Empfehlungen und Angaben lassen sich Wasserstraßentransporte möglichst ressourcenschonend planen und eine weit vorausschauend angepasste Fahrweise wählen.

Die Reisedaten werden auf Basis zuverlässiger Prognosen zu Schiffsverkehr und Strömungsbedingungen mit Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten sowie Informationen zu Einschränkungen entlang der vorgeschlagenen Route ermittelt. Für die Reiseunterstützung dienen mehrtägige Strömungsprognosen auf der Grundlage von zweidimensional hydrodynamisch-numerischen (HN) Modellierungen und Verkehrsprognosen auf Basis von Mikro-Verkehrsmodellierungen des gesamten Wasserstraßennetzes. Die HN-Modellierungen nutzen hierfür Pegelprognosen und Wasserhaushaltsmodelle der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG). Aus den Verkehrs- und Strömungssimulationen lassen sich optimale schiffsindividuelle Betriebszustände aufbereiten, die den an der Logistikkette Beteiligten als Entscheidungshilfe mitgeteilt werden. Durch einen bidirektionalen Informationsfluss bietet sich perspektivisch die Möglichkeit, das Reiseunterstützungssystem mit der intelligenten Schleusenzulaufsteuerung zu koppeln, was einen ökonomisch und ökologisch optimierten Verkehrsfluss fördern wird.

Um den Erfolg der zuvor genannten und weiterer Minderungsmaßnahmen hinsichtlich Treibstoffverbrauch und THG-Emissionen bewerten zu können, müssen sowohl der Status quo als auch die Wirkungsweise der Maßnahmen möglichst präzise abgeschätzt werden. Obwohl bereits einige Modelle (Corbett und Fischbeck 2000, Chen et al. 2017) und Messungen (Corbett und Robinson 2001, Pillot et al. 2016) zu Binnenschiffsemissionen existieren, sind aufgrund der vielfältigen

Anwendungsfälle, Randbedingungen und neuerer Erkenntnisse weitere Modellentwicklungen und Messungen erforderlich. So lassen sich im Vergleich zu früheren Modellen, die auf verkehrsstatistischen Daten beruhen (z. B. Corbett und Fischbeck 2000), die Emissionen mittlerweile direkt aus beobachteten Schiffsverkehren bestimmen (z. B. Chen et al. 2017).

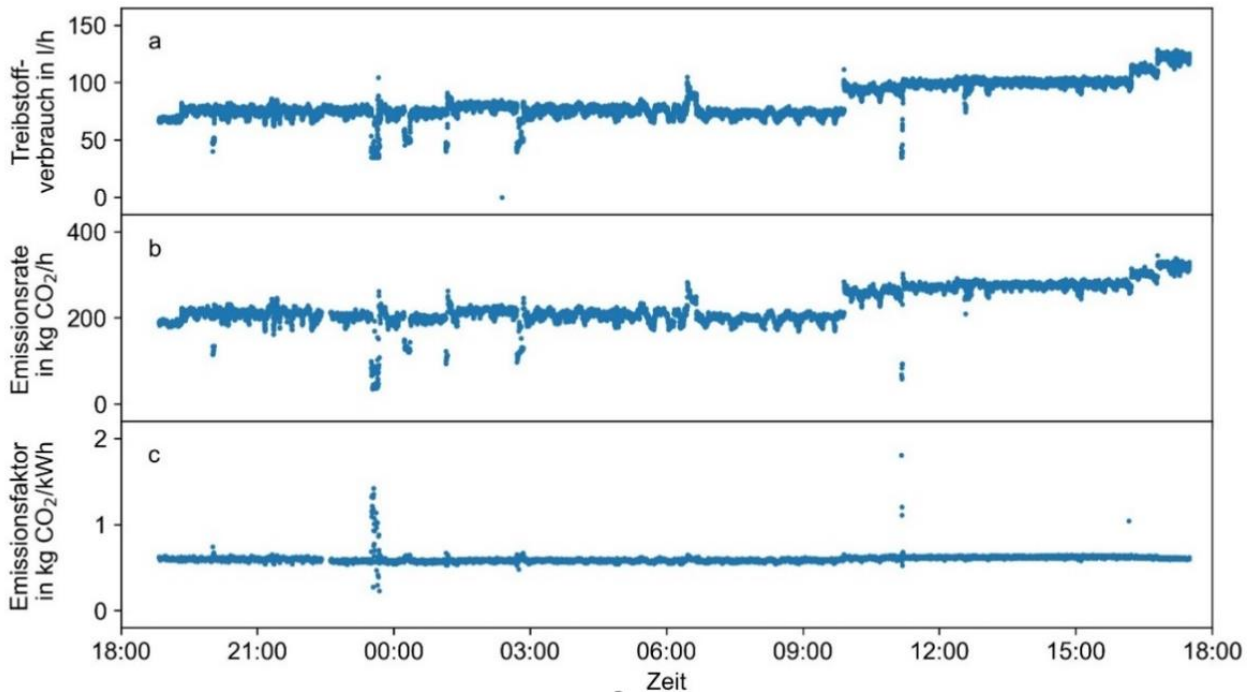
Einen zu Chen et al. (2017) analogen Ansatz verfolgt die BAW mit einem Emissionsmodell (Abb. 1), das auf Daten des automatischen Identifikationssystems (AIS), auf Ergebnissen von ein- und zweidimensionalen Strömungsmodellen, auf fahrdynamischen Grundlagen sowie auf leistungsspezifischen Faktoren beruht. Die Faktoren gewährleisten hierbei eine Übertragung der berechneten Schiffsmotorleistungen entlang der beobachteten Trajektorien auf den jeweiligen Treibstoffbedarf und Abgasausstoß. Die Emissionen aller Schiffe lassen sich über den Beobachtungszeitraum und gewählte Wasserstraßenabschnitte integrieren und anschließend als streckenspezifische Emissionsraten ausdrücken.



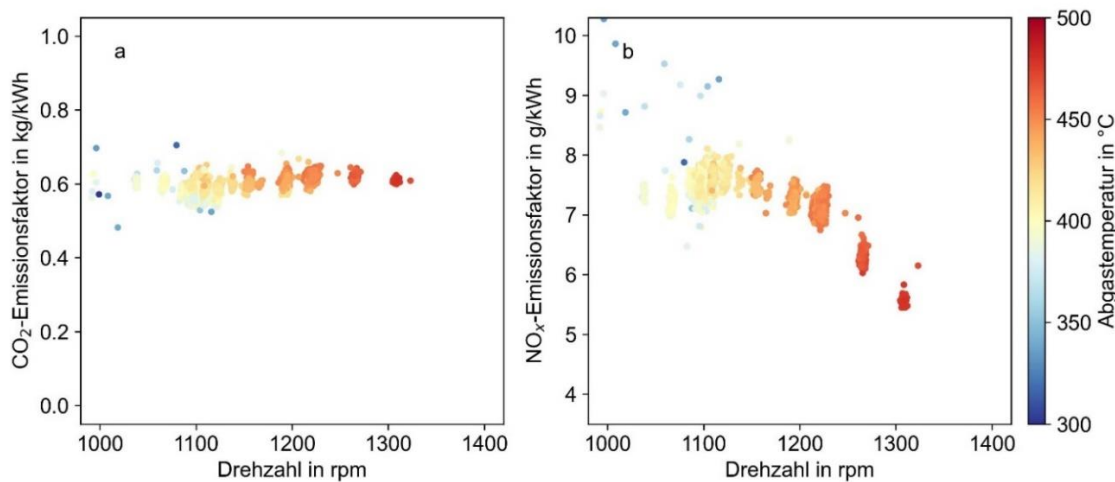
**Abb. 1 Grundlegende Struktur zur Modellierung von THG-Emissionsraten auf Binnenschiffahrtsstraßen, aus Heinzlmann und Noss (2022)**

Eine beispielhafte Anwendung des Emissionsmodells soll die Wirkungsweise von iSZS und RUBIN auf die Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen verdeutlichen. Mit dem Szenario, dass ein auf 2,50 m abgeladenes Europaschiff auf dem Wesel-Datteln-Kanal zur Vermeidung einer insgesamt 1,5 Stunden dauernden Wartezeit vor den Schleusen mit 8 km/h anstelle von 10 km/h Reisegeschwindigkeit fährt, lassen sich 61 kg Treibstoff einsparen und 195 kg CO<sub>2</sub>-Emission vermeiden. Dies entspricht einer Reduzierung um jeweils 36 %. Zusätzliche Differenzen durch den Verbrauch während des Liegens oder für Stop-and-Go-Manöver bleiben hierbei unberücksichtigt.

Die für die Modellierung wichtigen Verbrauchs- und Emissionsfaktoren stammen meist aus protokollierten Motorprüfstandsmessungen. Diese können jedoch von der üblichen Betriebsweise während einer Fahrt durch andere Randbedingungen, wie Belastungsabfolgen oder Motorlaufzeiten, deutlich abweichen. Zur Überprüfung etwaiger Differenzen, aber auch zur Erfassung bisher unberücksichtigter Motortypen und Betriebsweisen, führt die BAW mit eigenem Equipment sogenannte Real-Driving-Messungen an Bord von Binnenschiffen durch. Hierbei wird entweder kein Einfluss auf die Fahrweise des Schiffsführers genommen, oder es werden gezielt definierte Drehzahl- bzw. Lastbereiche angefahren. Während die erste Methode den Treibstoffbedarf und die Emissionen im realen Betrieb wiedergibt (Abb. 2), liefert die zweite Methode die Drehzahl- bzw. Belastungsabhängigkeit der Faktoren (Abb. 3). Grenzwertüberschreitungen finden nur in außergewöhnlichen Situationen, wie z. B. Kaltstartbedingungen, und über kurze Zeitspannen statt.



**Abb. 2** Ausschnitt eines Tages der Messfahrt auf einem übergroßen Großmotorgüterschiff von Mainz nach Rotterdam mit Angaben zum Treibstoffverbrauch (a), CO<sub>2</sub>-Emissionsraten (b) und CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren (c)



**Abb. 3** Leistungsbezogene Emissionsfaktoren für CO<sub>2</sub> (a) und NO<sub>x</sub> (b) vs. Drehzahl bzw. Abgastemperatur

### 3. Anpassung der Wasserstraßen an den Klimawandel – Fokus extremes Niedrigwasser

Als Folge des Klimawandels ist künftig mit gravierenden hydrologischen, hydraulischen und morphologischen Veränderungen in den Binnenschiffahrtsstraßen zu rechnen. Besonders betroffen sind hierbei die freifließenden Wasserstraßen bei extremen und langanhaltenden Niedrigwasserabflüssen (Nilson et al. 2020). Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit der Schiffstransporte nehmen ab mit negativen Auswirkungen für die Wirtschaftsstandorte. Einen Vorgeschmack auf das langfristig regelmäßig zu erwartende Szenario lieferte die extreme Niedrigwassersituation im zweiten Halbjahr 2018, die für die Binnenschiffahrt in Deutschland zu gravierenden Einschränkungen auf den Wasserstraßen geführt hat. Lieferengpässe sowie Transportverlagerungen auf Straße und Schiene



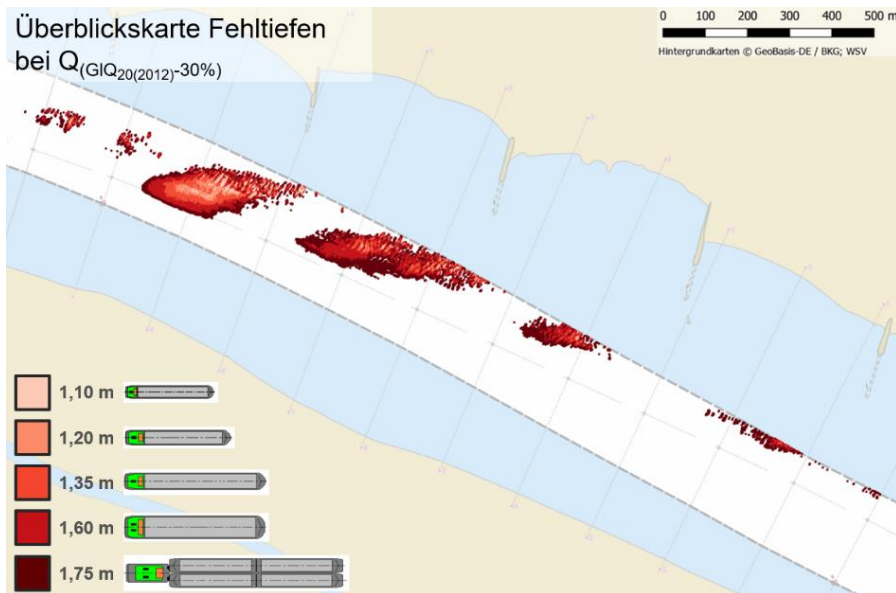
waren die Folge. Die wirtschaftlichen Auswirkungen für die Unternehmen, vor allem entlang des Rheins, waren erheblich (ZEIT ONLINE 2018, BfG 2019).

Eingedenk einer jahrzehntelangen Nutzungsdauer von Infrastrukturelementen müssen künftige klimawandel-bedingte Änderungen und Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit der Wasserstraßen bereits heute mitgedacht werden (Scharf et al. 2022, Scharf et al. 2023). Es sind effiziente, innovative Maßnahmen zu entwickeln, die den Konzepten des *no-regret* oder *low-regret* entsprechen, also die Anpassung an den Klimawandel mit keinem oder geringem zusätzlichem aktuellen oder zukünftigen Aufwand möglich macht. Entsprechende Anpassungsmaßnahmen können dabei informativ oder regulatorischer Art sein, ingenieurstechnische Ansätze verfolgen oder im operativen Management der Infrastruktur sowie seitens der Infrastrukturnutzer verortet sein (Abb. 4; Norpoth et al. 2020).



**Abb. 4 Schema zur Klassifizierung von Klimawandel-Anpassungsoptionen, wie es verkehrsträgerübergreifend im BMDV-Expertennetzwerk entwickelt und angewendet wird (Norpoth et al. 2020, BAW 2020)**

Aus der Perspektive der Wasserstraßeninfrastruktur ist die BAW u. a. im Rahmen des 2019 verabschiedeten Aktionsplans Niedrigwasser Rhein (BMVI 2019) beauftragt, wasserbauliche Optionen als langfristige Lösungsansätze zur Verbesserung der schiffahrtlichen Verhältnisse bei extrem geringen Abflussverhältnissen zu untersuchen. Die zwei an die BAW gerichteten Aufgaben sind (1) die Identifikation und Charakterisierung schiffahrtlich relevanter Engpässe im freifließenden Rhein bei extrem geringen, dem Niedrigwasserereignis 2018 entsprechenden Abflüssen und (2) die Verknüpfung der Engpässe mit wasserbaulichen Optionen vor dem Hintergrund der Eingriffsminimierung und schiffahrtlicher Randbedingungen. Zur Identifikation von Engpässen wird untersucht, wo in der Strecke auf über der Hälfte der Fahrrinnenbreite Fehlstellen auftreten, in denen die potenzielle Abladetiefe geringer ist als ausgewählte schiffsbezogene Schwellenwerte (Abb. 5; BAW 2022).

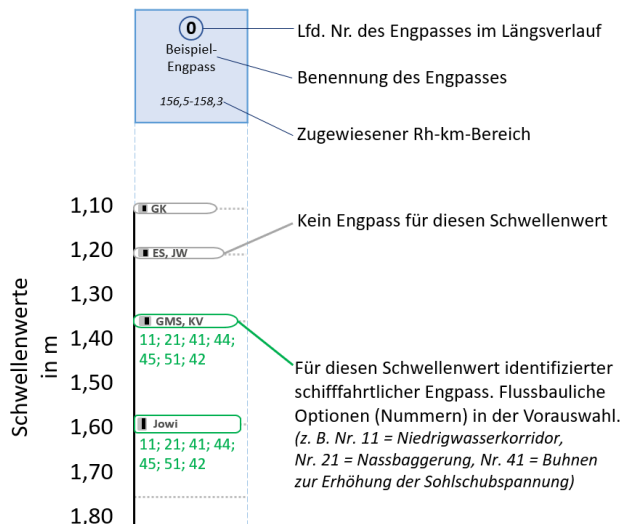


**Abb. 5 Exemplarische Kartendarstellung der Engpassanalyse: Bei einem Abfluss, der 30% unter dem  $GIQ_{20(2012)}$  liegt und damit etwa den geringsten Abflüssen des Niedrigwasserereignisses 2018 entspricht, treten für Typschiffe (nach Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e.V. 2015) unterschiedlicher Tiefgänge Fehlstellen auf, die nicht mehr nautisch genutzt werden können. Die farbig abgestuften Flächen in der Karte stellen entsprechende Fehlstellen dar (hellrot = Fehlstellen für Schiffe mit einem Tiefgang von 1,10 m und größer; dunkelrot = Fehlstellen für Schiffe od. Verbände mit einem Tiefgang von 1,75 m und größer). Von einem schiffahrtlichen Engpass bei extrem geringen Abflüssen spricht man in der Studie, wenn sich die Fehlstellen auf über die Hälfte der Fahrrinnenbreite ausbreiten.**

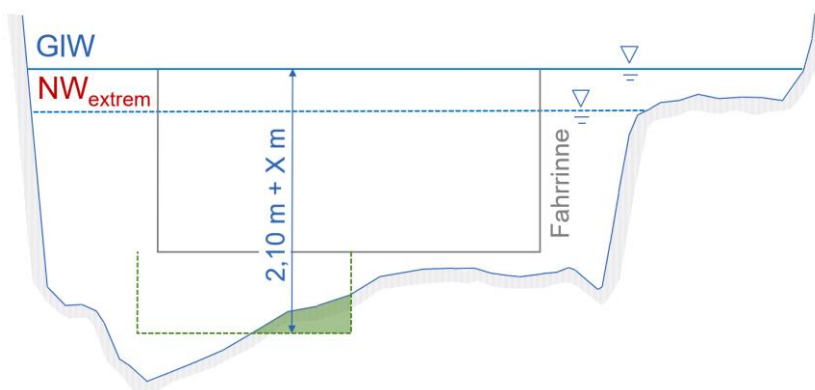
Die anschließende Vorauswahl flussbaulicher Optionen je Engpass erfolgt zunächst schematisiert anhand von Kriterien, die sowohl zur Charakterisierung eines Engpasses geeignet sind als auch eine Voraussetzung für den Einsatz einer Option darstellen. Die vorausgewählten Optionen werden dann unter Einbeziehung flussbaulicher Streckenexpertise plausibilisiert und bezüglich der zu erwartenden Eingriffstiefe gereiht. Das Ergebnis dieser Kopplung aus schiffahrtlich relevanten Engpässen bei extrem geringen Abflüssen und jeweiligen flussbaulichen Anpassungsoptionen ist in Abb. 6 anhand eines fiktiven Beispiels skizziert. Die konkreten Studienergebnisse sind im Bericht (BAW 2022) dargestellt.

Ein Ergebnis der Studie ist, dass sich für die weitere Konkretisierung flussbaulicher Maßnahmen – und dies vor allem aus Gründen der Eingriffsminimierung – die vertiefte Untersuchung des Konzepts Niedrigwasserkorridor empfiehlt. Als Niedrigwasserkorridor ist ein Bereich innerhalb des Fahrwassers zu verstehen, in welchem, im Vergleich zur freigegebenen Fahrrinne, eine größere nautisch nutzbare Tiefe unter Einbeziehung vorhandener Übertiefen auf einer reduzierten Breite bereitgestellt wird (Abb. 7). Das Konzept zielt darauf ab, die schiffahrtlichen Verhältnisse in Phasen mit extrem geringen Abflüssen zu verbessern, für die die bestehende Fahrrinne ausdrücklich nicht dimensioniert ist und bei denen der Verkehrsflächenbedarf der Schiffe geringer ist. Ein Niedrigwasserkorridor ist zwar ggf. mit einer reduzierten Leichtigkeit der Schifffahrt verbunden (z. B. zusätzliche Strecken mit Richtungsverkehr während der Phase extrem geringer Abflüsse), gleichzeitig kann er jedoch zumindest breitenbeschränkten Verkehr ermöglichen bzw. die schiffahrtlichen Bedingungen innerhalb des Korridors verbessern.





**Abb. 6** Schema der grafischen Zusammenfassung der Engpassanalyse sowie der engpassspezifischen flussbaulichen Optionen



**Abb. 7** Prinzipskizze zum Konzept Niedrigwasserkorridor: Im dargestellten Fließquerschnitt ist mit GIW die Wasserspiegellage des Niedrigwasserabflusses eingezeichnet, bis zu welcher die Fahrrinne bereitgestellt wird. Bei noch geringen Abflüssen und entsprechend tiefer liegenden Wasserspiegellagen ( $NW_{\text{extrem}}$ ) sollen im Niedrigwasserkorridor (grüne Linie und Fläche) natürlich vorhandene Übertiefen nautisch genutzt und – je nach örtlichen Gegebenheiten – durch geringe bauliche Eingriffe durchgängig nutzbar gemacht werden.

Die BAW führt hierzu derzeit eigene und in Kooperation mit Partnerinstitutionen gemeinsame Untersuchungen durch, die drei wesentliche Ziele verfolgen: (1) Vorbereitung des Pilotbetriebs eines Niedrigwasserkorridors ohne flussbauliche Maßnahmen, d. h. unter Ausnutzung vorhandener Übertiefen, in einer Pilotstrecke im freifließenden Rhein, (2) Ausweitung der Untersuchungen zum möglichen Verlauf sowie zu Nutzen und Aufwand eines Niedrigwasserkorridors in natürlichen Übertiefen auf den ganzen freifließenden Rhein und (3) Optimierung des Nutzens der Ergebnisse aus Punkt 2 durch flussbauliche Maßnahmen. Im Ergebnis soll damit einerseits die praktische Umsetzbarkeit des Konzepts getestet und andererseits eine Abschätzung für den gesamten freifließenden Rhein erarbeitet werden, welche Niedrigwasserkorridor-Varianten welchen Nutzen und welchen Aufwand bedeuten. Hierzu wird u. a. das bereits in Kapitel 2 genannte Verkehrssimulationsmodell eingesetzt.

#### 4. Zusammenfassung

Das Pariser Klimaabkommen fordert eine Begrenzung der Temperaturerhöhung sowie die Anpassung an den Klimawandel. Hierzu kann das Verkehrssystem Binnenschiff/Wasserstraße durch Güterverkehrsverlagerung auf die Wasserstraßen sowie durch emissionsmindernde, ressourcenschonende und innovative Lösungen wirkungsvoll beitragen. Digitalisierung und Prozessoptimierung bieten vielfältige Potenziale zur Stärkung der klima- und umweltfreundlichen Binnenschifffahrt. Messungen und Modellierungen der Schiffsemissionen liefern wichtige Grundlagen für die Bewertung und Priorisierung von Minderungsmaßnahmen.

Der Klimawandel wird die hydrologischen, hydraulischen und morphologischen Bedingungen in den frei fließenden Wasserstraßen gravierend verändern. Die Binnenschifffahrt ist dort vor allem durch extreme und langanhaltende Niedrigwasserereignisse betroffen. Durch informatorische, regulatorische, bauliche und operative Maßnahmen können die Folgewirkungen des Klimawandels abgefedert werden. Das Konzept des Niedrigwasserkorridors ist ein Beispiel, wie auch künftig wirtschaftliche Schiffstransporte bei geringen Eingriffen in Wasserwirtschaft und Umwelt möglich sind.

#### 5. Literaturverzeichnis

- BAW (2020): Aufbau einer Modellkette zur Betroffenheitsanalyse aufgrund von Klimaveränderungen und Extremwetterereignissen und Erarbeitung von Anpassungsmaßnahmen. FuE-Abschlussbericht B3953.02.04.70006. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BMVI-Expertenetzwerk Wissen Können Handeln). <https://henry.baw.de/items/87a50b85-167c-425e-b1ad-6465c7b1ea9c>
- BAW (2022): Aktionsplan Niedrigwasser Rhein, Handlungspunkt 7: Untersuchung wasserbaulicher Optionen zur Sicherstellung zuverlässig kalkulierbarer Transportbedingungen am Rhein bei Niedrigwasser (BAW-Auftragsnummer B3953.02.06.10197). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. <https://henry.baw.de/items/0b5ab972-2145-4ca4-87f4-ffeabad55604>
- BfG (2019): BfG-Broschüre „Das Niedrigwasser 2018“. Eigenverlag, Koblenz. [http://dx.doi.org/10.5675/BfG-Niedrigwasserbroschuere\\_2018](http://dx.doi.org/10.5675/BfG-Niedrigwasserbroschuere_2018)
- BMVI (2019): Masterplan Binnenschifffahrt, Eigenverlag, Bonn.
- Chen, D., Wang, X., Li, Y., Lang, J., Zhoua, Y., Guoa, X., Zhao, X. (2017): High-spatiotemporal-resolution ship emission inventory of China based on AIS data in 2014, *Sci. Total Environ.*, 609, 776-787.
- BMVI (2019): Aktionsplan „Niedrigwasser Rhein“ für zuverlässigen Transport. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/WS/gemeinsame-erklaerung-acht-punkte-plan-niedrigwasser-rhein.html>, abgerufen am 02.06.2023
- CLINSH (2021): Clinsh Layman’s report, Eigenverlag, Den Haag.
- Corbett, J., Fischbeck, P. (2000): Emissions from Waterborne Commerce Vessels in United States Continental and Inland Waterways, *Environ. Sci. Technol.*, 34, 3254-3260.
- Corbett, J., Robinson, A. (2001): Measurements of NOx Emissions and In-Service Duty Cycle from a Towboat Operating on the Inland River System, *Environ. Sci. Technol.*, 35, 1343-1349.

- DIW (2022): <https://www.diw.de/sixcms/detail.php?id=285581>, abgerufen am 05.04.2022.
- Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e.V. (DST) (2015): Auswirkungen unterschiedlicher Abflüsse auf die Transportkosten und Kapazität der Binnenschifffahrt auf dem Rhein (DST-Bericht, Nr. 2073).
- Expertenrat (2022): <https://www.expertenrat-klima.de/>, abgerufen am 15.06.2023
- GDWS (2019): Verkehrsbericht 2019, Eigenverlag, Bonn.
- Heinzelmann, C., Noss, C. (2022): Grundlagen zur Umsetzung des Pariser Klimaabkommens für das System Schiff/Wasserstraße, 45. Dresdner Wasserbaukolloquium, Dresden.
- IKSR (2020): Bericht zum Niedrigwasserereignis Juli - November, Eigenverlag, Koblenz.
- IPCC (2018): Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, 3-24.
- Krueger (2009): Vorlesungsskript Schiffswiderstand, Eigenverlag, Hamburg.
- KSG (2021): Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist.
- Nilson, E. et al. (2020): Beiträge zu einer verkehrsträgerübergreifenden Klimawirkungsanalyse: Wasserstraßenspezifische Wirkungszusammenhänge – Schlussbericht des Schwerpunktthemas Schiffbarkeit und Wasserbeschaffenheit (SP-106) im Themenfeld 1 des BMVI-Expertennetzwerks. 195 Seiten.  
<https://henry.baw.de/items/f30fc0dd-e088-48f1-a021-c2cb54fe221f>
- Norpoth, M. et al. (2020): Konzeptionelle Beiträge zur Auseinandersetzung mit der Anpassung des Bundesverkehrswegesystems an den Klimawandel – Schlussbericht des Schwerpunktthemas Anpassungsoptionen (SP-107) im Themenfeld 1 des BMVI-Expertennetzwerks. 105 Seiten.  
<https://henry.baw.de/items/3c26b967-6881-4b10-9a94-a73720cdd0e1>
- Noss, C., Wagner, T., Braunroth, N., Schröder, M. (2020): An Intelligent Lockage Management System for Inland Waterways. AISS Conf., Duisburg.
- Pillot, D., Guiot, B., Le Cottier, P., Perret, P., Trassel, P. (2016): Exhaust emissions from in-service inland waterways vessels, J. Earth Sci. Geotechn. Eng., 6(4), 205-225.
- PLANCO (2007): Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße, Eigenverlag.
- Scharf, L., Patzwahl, R., Hämmerle, M. (2022): Prozessverständnis kommt vor Anpassung – Ein Ansatz für die Wasserstraße. Woche der Klimaanpassung, Zentrum KlimaAnpassung (ZKA) und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV), 12.09.2022 (online).
- Scharf, L., Hämmerle, M., Patzwahl, R. (2023): Information for decision-makers: compiling and providing expertise on climate change impacts on waterways. Adaptation Futures, 02. - 06.10.2023, Montreal.

- Statista (2022): <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154528/umfrage/durchschnittliches-alter-der-lkw-in-deutschland/>, abgerufen am 05.04.2022.
- Ting, C., Schonfeld, P. (1999): Effects of Speed Control on Tow Travel Costs. J. Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng, 125(4), 203-206.
- UN (2015): United Nations Framework Convention on Climate Change – Conference of Parties 21, Eigenverlag, Paris.
- ZEIT ONLINE (2018): Niedrigwasser führt zu Lieferengpässen und Preissteigerungen. <https://www.zeit.de/wirtschaft/2018-11/flusspegel-pegelstaende-niedrigwasser-rhein-lieferengpaesse-benzin-diesel-duerre>, abgerufen am 02.06.2023

# Entwicklung und Komplexität des Küstenschutzes im Land Bremen

Dipl.-Ing. (FH), M. Sc. A. Rühl, Freie Hansestadt Bremen - Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau (SKUMS), Bremen

*Der Küstenschutz der Vergangenheit war geprägt durch Erddeiche; in dicht besiedelten Bereichen kamen hingegen gemäß der Vorgabe „form follows function“ eher Wände/ Mauern sowie Hafenanlagen zur Anwendung.*

*Die Strategie im Land Bremen beschränkte sich aufgrund der Platzsituation auf die Beibehaltung der Küstenschutzlinie. Die wesentlichen Veränderungen des Küstenschutzes folgten auf schwere Sturmfluten und politische Entscheidungen. So wurden Sperrwerke in den Weser-Nebenflüssen Geeste, Lesum, Ochtum und Hunte gebaut, weitere Ertüchtigungen umgesetzt oder neue Anlagen hergestellt. Im Jahr 2007 wurde der „Generalplan Küstenschutz – Teil 1 – Festland“ zwischen den Ländern Niedersachsen und Bremen entwickelt, um den Auswirkungen der globalen Erwärmung zu begegnen. Hierbei wurden die Ergebnisse des IPCC Berichtes (2007) berücksichtigt, Defizite identifiziert sowie erforderliche Maßnahmen abgeleitet. Derzeit wird dieser aufgrund des SROCC Sonderberichtes (2019) überarbeitet.*

*Infolge der Umsetzung des Generalplanes zeigte sich die Komplexität von Küstenschutzmaßnahmen. Der vordergründige Aspekt des Wasserbaus impliziert bereits eine Herausforderung; diese wird aber zunehmend verschärft durch rechtliche Vorgaben und die Berücksichtigung von tangierenden Aspekten (Stadtplanung/ Verkehr/ Natur- und Klimaschutz etc.). Insbesondere die Genehmigungsbehörde muss frühzeitig für eine nachhaltige, zukunfts- und rechtssichere Planung sensibilisieren. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die Öffentlichkeitsarbeit im Hinblick auf die Akzeptanz dieser Maßnahmen.*

*Somit appelliert dieser Vortrag an alle im Küstenschutz-Tätigen, eine Akzeptanz für die Maßnahmen und komplexen Konsequenzen zu schaffen, Chancen aufzuzeigen und perspektivisch gute Lösungen zu entwickeln. Das wird nur gemeinsam, kompromissfähig und kommunikativ funktionieren.*

## 1. Einleitung

Die Thematik des Küstenschutzes stellt sich seit jeher als eine Daueraufgabe dar. Historisch betrachtet wurde überwiegend bedarfsbedingt im Anschluss an ein konkretes Sturmflutereignis gehandelt, ohne größere Zukunftsvorsorge zu betreiben. Im Laufe der jüngsten Geschichte, ebenfalls als Reaktion auf Sturmflutkatastrophen, aber vor allem auch als Aktion mit Weitblick aufgrund von Forschungsergebnissen, wie z. B. den Prognosen des Weltklimarates zum säkularen Meeresspiegelanstieg.

Dabei richtet sich der Fokus dieser Daueraufgabe zunächst auf die Unterhaltung und Instandhaltung der Anlagen, aber zunehmend auf die verstärkte, wiederkehrende Anpassung und Neuerrichtung gemäß aktuellen, wissenschaftlichen Erkenntnissen. Hierbei gestaltet sich die Planung, Genehmigung und schließlich auch die finale bauliche Umsetzung fortwährend aufwendiger und komplexer. Zu den Gründen zählen neben der Komplexität der wasserbaulichen und geotechnischen Aspekte u.a. auch gesetzliche Anforderungen, die Berücksichtigung von essentiellen Belangen und der durch

Maßnahmen dieses Umfangs ausgelösten Betroffenheiten, Materialverfügbarkeiten und Personalkapazitäten.

Dieser Vortrag möchte einen Ausblick auf die Entwicklung und Komplexität des Küstenschutzes im Land Bremen geben, aktuelle und zukünftige Herausforderungen beleuchten und für integrative Planungen plädieren. Es sollen Chancen erkennbar und nachhaltige Lösungen aufgezeigt werden, die in erster Linie den Anforderungen des Küstenschutzes gerecht werden, aber auch gleichzeitig Belange der Urbanität gesamtheitlich wieder spiegeln. Eine wesentliche zukünftige Aufgabe wird auch darin bestehen, die Gesellschaft zu sensibilisieren und ihr Verständnis zu erreichen – für erneute Anpassungsmaßnahmen, größere Flächenbedarfe und zwangsläufige persönliche Einschnitte.

## **2. Rückblick auf die Entwicklung des Küstenschutzes in Bremen**

Die Strategie des Landes Bremens basiert grundsätzlich auf der Beibehaltung der Küstenschutzlinie. Eine Rückverlegung ist aufgrund der überwiegend unmittelbar angrenzenden Bebauung nicht möglich. Eine Eindeichung neuer Flächen in Folge einer Vorverlegung der Linie gestaltet sich aufgrund der schmalen und nur wenig vorhandenen Vorlandflächen schwierig. Eine Eindeichung in Folge von erhöhten Bemessungswasserständen und der daraus resultierenden Gefährdung von dringend zu schützenden Bereichen, wie Gewerbegebieten und Hafensarealen, fand hingegen im Laufe der Geschichte statt und wird auch aktuell verfolgt; zu den gegenwärtigen Beispielen zählen die Gewerbegebiete „Bernhardtring“ und „Vegesacker Hafen“ in Bremen Nord, der Bereich der Überseestadt sowie der Hohentorshafen an der linken Weserseite.

Die Küstenschutzanlagen wurden und werden in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten, wie der Flächenverfügbarkeit, sowie der Nutzungsanforderungen errichtet. Eine Differenzierung findet hier im ländlichen und urbanen Raum sowie in Gewerbegebieten und Hafensarealen statt. So wurden die Anlagen in den ländlich geprägten Bereichen überwiegend als Erddeiche gebaut; im Zuge von Anpassungs- und Erhöhungsmaßnahmen sind bis heute noch Bestrebungen vorhanden, diese weiterhin beizubehalten, zu ertüchtigen und zu erhöhen. In vielen Fällen werden diese aufgrund der immer geringer werdenden Flächenverfügbarkeit als eine Kombination aus Erddeich und konstruktivem Bauwerk umgesetzt.

In den urbanen Bereichen, wie z.B. der ‚Schlachte‘ im Innenstadtbereich am rechten Weserufer, finden sich überwiegend konstruktive Anlagen wieder – in Form von Spund- und Winkelstützwänden oder Schwergewichtsmauern.

Die Hafensareale folgen naturgemäß der Funktionalität und sind durch Kajenanlagen und möglichst hohem Gelände zum Schutz der Lagerflächen geprägt.

Die Anpassung der Küstenschutzanlagen erfolgte - historisch betrachtet – infolge von Sturmflutereignissen, die ein sofortiges Handeln, Anpassen und Erhöhen erforderte (Kramer J. 1990). Eine Betrachtung der vergangenen sieben Jahrzehnte zeigt hingegen ein Überdenken der Reaktionsweise hin zum aktiven, vorbeugenden Küstenschutz. Als Auslöser gilt insbesondere die verheerende Sturmflut am 01.02.1953 im niederländischen Raum. Aus diesen Überlegungen entstand der erste Deutsche Küstenplan, der am 01.04.1955 von Bund und Ländern verabschiedet wurde. Infolge dessen wurden Modellversuche zur Ermittlung der erwartbaren Wasserstände am Ludwig-Franzius-Institut an der Technischen Hochschule in Hannover in Auftrag gegeben; diese bildeten die Grundlage für die anschließenden Deicherhöhungsmaßnahmen im gesamten Land Bremen sowie die Planung und Umsetzung von einem Sturmflutsperrwerk in der unteren Geeste in Bremerhaven. Es



diente der Verkürzung der Küstenschutzlinie um ca. 13 km und dem Schutz des Hinterlandes. Dieser Schutz durch das Sperrwerk bewährte sich im Rahmen der Sturmflutkatastrophe am 16./17.02.1962 (2. Julianenflut): obwohl es noch nicht final fertiggestellt wurde, war es wehrfähig (Wittstock J. 1980).

Die verheerende Sturmflut 1962 führte zu Scheitelwasserständen von bis zu NN + 5,62 m (Großes Weserwehr, Bremen) und damit zu großen Überschwemmungen und Deichbrüchen im Bereich bremsischer Stadtteile sowie im Raum Delmenhorst.

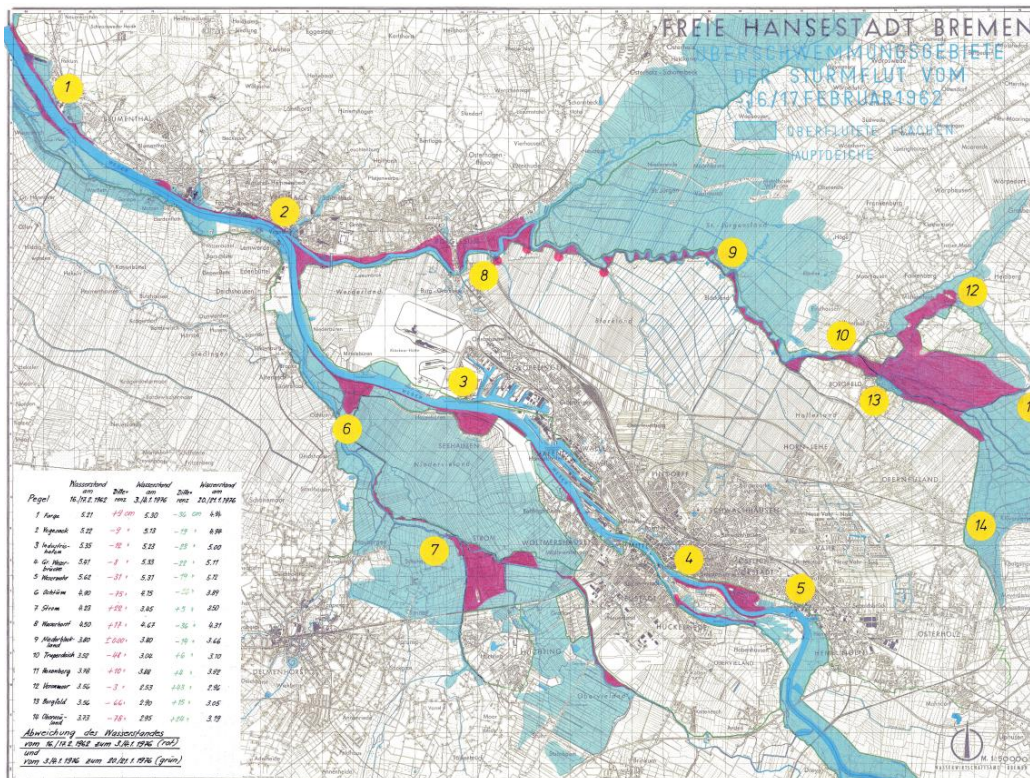


Abb. 1 Überflutete Gebiete in Bremen während der Sturmflut 1962, Quelle: SKUMS

In Folge dieser Sturmflut und den Ergebnissen der Modellversuche des Franzius-Institutes wurde ein neues Deichbestick festgelegt und die nach der Hollandflut im Jahr 1953 erhöhten Deiche nochmals verstärkt und erhöht. Dabei wurde ein säkularer Meeresspiegelanstieg von 20 cm angenommen und das Deichbestick in Bremen für Erddeiche auf NN + 7,00 – 7,20 m und für Spundwände und Betonbauten auf NN + 6,75 m festgelegt (Wittstock J. 1980).

Eine weitere Folge war die Errichtung von drei weiteren Sperrwerken in den Weser Nebenflüssen Lesum, Ochtum und Hunte zum Schutz des Hinterlandes. Konsequenterweise wurden alle Sperrwerke in einem ähnlichen Zeitraum gebaut und im Jahr 1979 gleichzeitig in Betrieb genommen, um Wasserstandserhöhungen sowie weitere negative Auswirkungen in den jeweils anderen Nebenflüssen zu vermeiden.

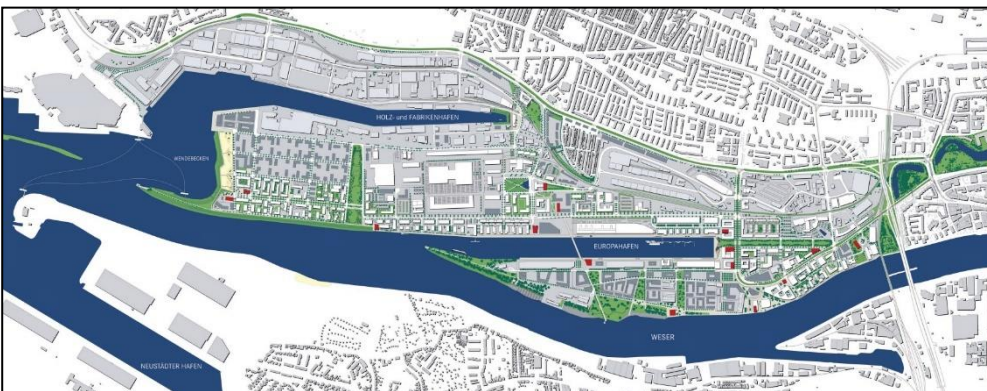
Eine weitere Veranlassung zur Ausdehnung der Küstenschutzlinie in Bremen ergab sich durch die Aufgabe des Übersee-Hafenbeckens, einer von drei Freihäfen im damaligen Ortsteil Handelshäfen, Stadtteil Häfen. Diese drei Hafenbecken wurden ab dem Jahr 1906 hergestellt und als typische Stückgut-Häfen bis in die 1960er-Jahre betrieben.



**Abb. 2 Gewässerkarte – Bereich der heutigen Überseestadt im Jahr 1996, Quelle: SKUMS**

Im Jahr 1964 begann das Zeitalter des Containertransportes und das Stückgutaufkommen ging in der Folgezeit sukzessive zurück. Hinzu kam, dass die Containerschiffe durch mehr Kapazität und Tiefgang größer und der Überseehafen sowie die dazugehörigen Lagerflächen für diese Größen zu klein wurden. Letztlich wurde das Hafenbecken auch aufgrund der baufälligen Kajanlagen geschlossen und verfüllt. Damit wurde der Grundstein für ein neues Quartier gelegt (die heutige „Überseestadt“), als neuer Ortsteil definiert und dem Stadtteil Walle zugeordnet. 2011 gehörte es mit einer Größe von ca. 300 ha zu einem der größten innerstädtischen Stadtentwicklungsprojekte in Europa (WFB 2023). Diese vollständige, infrastrukturelle Neuerschließung bedingte auch den damit einhergehenden Küstenschutzbedarf.

Die heutige Küstenschutzlinie umschließt nahezu vollständig den Ortsteil ‚Überseestadt‘, ausgenommen das südlich des Europahafens gelegene Gewerbegebiet ‚Überseeinsel‘.



**Abb. 3 Städtebaulicher Rahmenplan im Jahr 2021; Quelle: Wirtschaftsförderung Bremen GmbH**



### 3. Betrachtung der Gegenwart

Im Jahr 2007 wurde der von den Ländern Niedersachsen und Bremen erarbeitete „Generalplan Küstenschutz – Teil 1 – Festland“ (NLWKN 2007) als eine Fortführung des Niedersächsischen Generalplans Küstenschutz aus dem Jahr 1973 und als gesamtheitliche Betrachtung der Küstenlinie von der Ems bis zur Elbe veröffentlicht. Die in dem 4. Sachstandsbericht des IPCC von 2007 dargestellten Prognosen zu dem säkularen Meeresspiegelanstieg wiesen für unterschiedliche Szenarien damals ein Spektrum von 18 cm bis 59 cm auf (IPCC 2007). Diese dienten als Grundlage für das hydronumerische Modell zur Ermittlung der zukünftigen Bemessungswasserstände sowie zur anschließenden Ableitung der Soll-Bestickhöhen für die zukünftigen Küstenschutzanlagen. Darauf basierend wurde ein Abgleich zwischen dem Ist- und Soll-Zustand der Anlagen durchgeführt und die Defizite in Abhängigkeit der Bestickhöhe und weiteren Kriterien, wie Deichneigungen und andere erforderliche Bestandteile, herausgearbeitet. Daraus entstand das noch aktuell geltende Maßnahmenprogramm zur zukunftsfähigen Anpassung oder Neuerrichtung der Küstenschutzanlagen.

Dieses Maßnahmenprogramm wird im Land Bremen durch die beiden Deichverbände am linken und rechten Weserufer sowie durch die beiden senatorischen Dienststellen „Senatorin für Wissenschaft und Häfen“ und „Senatorin für Wirtschaft, Arbeit und Europa“ in der Funktion als Projektträger umgesetzt.

Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau fungiert (SKUMS) als Wasser-, Planfeststellungs- und Förderbehörde (Mittelgeber). Die erforderlichen Kostenaufwendungen werden durch den Bund (GAK – Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“) sowie das Land Bremen getragen.

Im Rahmen der Umsetzung des Generalplans Küstenschutz zeigt sich die Komplexität der Küstenschutzmaßnahmen in der wasserbaulichen Dimensionierung und den Umsetzungsmöglichkeiten der Anlagen, in den Flächennutzungen und -inanspruchnahmen, und durch das Auslösen von Betroffenheiten sowie Berücksichtigung gesetzlicher Vorgaben.

Dabei weist insbesondere die örtliche Situation Bremens aufgrund des urbanen, dicht besiedelten Raums ein hohes Potential an Komplexität auf. Dies betrifft nicht nur den Umgang mit bestehenden, sondern auch die Integration von neu zu errichtenden Anlagen. Das Einbinden in einen voll erschlossenen Stadtraum löst eine Ballung an Betroffenheiten aus, u.a. die des Städtebaus, der Verkehrsplanung, der Barrierefreiheit, des Denkmalschutzes und des Immissionsschutzes.



**Abb. 4 Schlachte-Promenade Bremen, Quelle: Bremischer Deichverband am rechten Weserufer**

Das für Küstenschutzmaßnahmen erforderliche Genehmigungsverfahren wird zweistufig durchgeführt: Ein vorgezogenes Scopingverfahren zur Überprüfung der Umweltauswirkungen einer

Maßnahme mit Betrachtung aller Schutzgüter sowie dem anschließenden wasserrechtlichen Planfeststellungsverfahren.

Hierbei zeigt sich entsprechend, wie die aktuellen Prognosen inkl. einem konstruktiv mitgedachten Zukunftsausbaumaß von zusätzlich 75 cm Berücksichtigung finden können. Oftmals bedingen diese Maßnahmen eine Erhöhung und räumliche Ausdehnung der Küstenschutzanlage und greifen zu meist in Bestandsstrukturen und angrenzender Bereiche ein. Sie müssen dadurch weitere, entscheidende Belange in der Gesamtplanung einbeziehen. Hierzu zählen z.B. die Eingriffe in den Naturhaushalt mit der Ermittlung des erforderlichen Kompensationserfordernisses, Eingriffe in den Städtebau bzw. in Verkehrsanlagen mit der Gewährleistung der fortwährenden Funktionalität und Eingriffe in den Denkmalschutz mit der Aufrechterhaltung oder mindestens Wiederherstellung dieser Schutzfunktion.

Des Weiteren sind neben diesen Aspekten noch gesetzliche Vorgaben, wie die des Naturschutzes, Klimaschutzes, Bodenschutzes, Immissionsschutzes und der Barrierefreiheit zu gewährleisten. Diese zusätzlich von extern wirkenden Faktoren müssen in der Planung mitgedacht werden - im besten Fall bereits vor dem wasserrechtlichen Verfahren. Denn spätestens im Rahmen des Scopingverfahrens - der Abprüfung der Auswirkungen auf die Umwelt und die einzelnen Schutzgüter - tauchen genau diese Fragestellungen auf und sind schließlich im Zuge der Erarbeitung und Aufstellung der Genehmigungsunterlagen zu integrieren. So besteht die Aufgabe der Planfeststellungsbehörde konkret darin, bereits im Vorfeld eine Beratungsfunktion einzunehmen, die Antragsunterlagen auch im Hinblick auf eine Variantenuntersuchung zu prüfen und insbesondere in einem maßvollen und sensiblen Abwägen zwischen den aus den Betroffenheiten resultierenden Forderungen und allen voran den technischen Anforderungen des Küstenschutzes.

Im Zuge der baulichen Umsetzung einer Maßnahme besteht eine große Herausforderung in dem Umgang mit den vorliegenden Bestandssituationen, insbesondere im Hinblick auf Kampfmittel, Leitungen und anderen, im Untergrund befindlichen Bestandsstrukturen, wie zum Beispiel ehemalige Kajen- und Kranbahnanlagen. Diese bedingen sehr zeit- und kostenintensive, umfangreiche Voruntersuchungen des Untergrundes sowie gegebenenfalls daraus resultierende Rückbau- und Umverlegungsarbeiten noch vor Beginn der Küstenschutzmaßnahme.

Insofern gestalten sich bereits jetzt die Maßnahmen im Zuge der Umsetzung des Generalplans Küstenschutz im Land Bremen komplex und erfordern intensive Abstimmungen in den Planungs- und Ausführungsphasen mit tangierten Trägern öffentlicher Belange sowie Dritten, um eine integrative und nachhaltige, zunehmend im Ergebnis auch multifunktionale Küstenschutzanlage zu schaffen.

#### **4. Blick in die Zukunft**

Die oben beschriebene komplexe Situation wird verschärft durch die regelmäßig aktualisierten wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Klimawandel und den dadurch ausgelösten Meeresspiegelanstieg. So hat der Weltklimarat im Jahr 2019 den „IPCC-Sonderbericht über den Ozean und die Kryosphäre“ (IPCC 2019) veröffentlicht und darin neue Prognosen für den säkularen Meeresspiegelanstieg und der Sturmfluthäufigkeit bekanntgegeben. Dabei gehen die Prognosen, in Abhängigkeit zu dem jeweiligen Szenario, von unterschiedlichen Meeresspiegelanstiegen aus (Szenario RCP2.6: 29cm – 59cm, Szenario RCP8.5: 61cm – 110cm).

Die Länder Niedersachsen und Bremen haben sich im Jahr 2020 auf das Extrem-Szenario RCP8.5, welches die höchsten Treibhausgasemissionen sowie keine Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels beinhaltet, verständigt.

Dies impliziert, im Vergleich zu den Ansätzen des Generalplans Küstenschutz – Teil 1, einen um 50 cm erhöhten Meeresspiegelanstieg und damit die Notwendigkeit zur Fortschreibung des Generalplans sowie des Maßnahmenprogramms. In Folge dieser Entscheidung müssen erneut hydraulische Berechnungen durchgeführt und neue Bemessungswasserstände ermittelt werden. Dieser Prozess benötigt Zeit und macht deutlich, dass eine Interimslösung bis zum Vorliegen der neuen, wissenschaftlich ermittelten Höhen, geschaffen werden muss, um das ursprünglich verabschiedete Maßnahmenprogramm fortführen zu können. Hierzu wurden die neuen Anforderungen sowie eine abgestufte Vorgehensweise in Abhängigkeit zu der jeweiligen Umsetzungsphase (Leistungsphase HOAI) der Maßnahme festgelegt.

Die neuen Anforderungen berücksichtigen einen säkularen Meeresspiegel von 100 cm sowie ein zusätzliches Zukunftsausbaumaß von bis zu 100 cm.

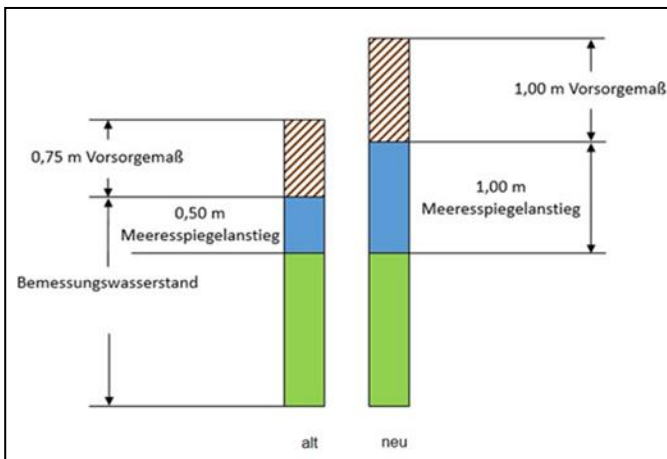


Abb. 5 Gegenüberstellung Prognosen – Entwicklung von 2007 zu 2019, Quelle: SKUMS

Entsprechend der differenzierten Vorgehensweise werden in den Projekten, die sich in den Leistungsphasen 1 und 2 (Grundlagenermittlung und Vorplanung) befinden, die neuen Anforderungen berücksichtigt; für Projekte in der Leistungsphase 3 (Entwurfsplanung) werden Einzelfallentscheidungen erforderlich, die Aspekte, wie den Planungsstatus, die fachliche Relevanz und die finanzielle Situation miteinbeziehen. Projekte, die sich mindestens in der Leistungsphase 4 (Genehmigungsplanung) befinden, erfahren keine Anpassungen an die neuen Anforderungen.

Diese Interimslösung sowie die Fortschreibung des Generalplans macht die Konsequenzen in Bezug auf die Umsetzung der Maßnahmen im fachlichen, zeitlichen und finanziellen Rahmen deutlich:

Die *fachlichen* Konsequenzen beziehen sich dabei u.a. auf die Planungsanpassung, die zu einer Ausdehnung des Projektgebietes führen kann sowie eine stärkere Einbindung und Beteiligung im Projektprozess erfordert, da neue und umfangreichere Betroffenheiten ausgelöst werden können.

Die *zeitliche* Komponente bezieht sich auf die unbestimmte Verzögerung, auch durch die Mehrbelastung von Planungs- und Ausführungskapazitäten.

Der *finanzielle* Aspekt weist eine Verteuerung durch die Ausdehnung des Projektgebietes, aufgrund der größeren Dimensionierung der Küstenschutzanlage, größerer Betroffenheiten und damit die Berücksichtigung umfassenderer Anforderungen, auf. Weiterhin bedingen zeitliche Verzögerungen Preissteigerungen, u.a. aufgrund von Inflation, sowie die Behinderung von eingeplanten Mittelabflüssen.

Neben den oben genannten, sich potentiell negativ auswirkenden Aspekten, wird aber vor allem die positive Konsequenz deutlich - eine nachhaltige Planung und kurzfristige Umsetzung neuer, wissenschaftlicher Erkenntnisse und damit ein sicherer Schutz für die Länder Niedersachsen und Bremen.

## 5. Zusammenfassung

Die aus dem Vergleich der historischen Betrachtung und der aktuellen Situation des Küstenschutzes sich ableitende Entwicklung und resultierende Komplexität zeigt einen klaren Fortschritt in Bezug auf das Vorhandensein von wissenschaftlichen Erkenntnissen und die aktive Vorgehensweise zum vorbeugenden Küstenschutz. Hinzu kommen gesetzliche Regelungen mit dem Ziel der Sicherstellung von Küstenschutzanlagen. Diese dienen auch der Gewährleistung von finanziellen Mittel durch Bund und Länder. Des Weiteren stehen bessere und umfangreichere Planungsmittel sowie Baugeräte für die Baugrunduntersuchung und die finale Ausführung zur Verfügung.

Die praktische Umsetzung der Projekte zeigt aber genau hier ihre Komplexität – die regelmäßige Überprüfung der Küstenschutzanlagen im Einklang mit den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen und der damit einhergehenden Neudimensionierung der Anlagen bedingt eine Ausdehnung – nicht nur in der Vertikalen, sondern auch in der Horizontalen.

Dadurch finden weitere Flächeninanspruchnahmen und – Beeinträchtigungen mit dem daraus resultierenden Auslösen von Betroffenheiten und ggf. mit Entschädigungsansprüchen statt. Diese sind möglichst frühzeitig herauszuarbeiten und mit den gesetzlichen Vorgaben zu unterschiedlichen Belangen, wie z.B. dem Natur-, Klima- und Immissionsschutz, der jeweiligen Stadt- und Verkehrsplanung sowie mit Versorgungsträgern in Einklang zu bringen.

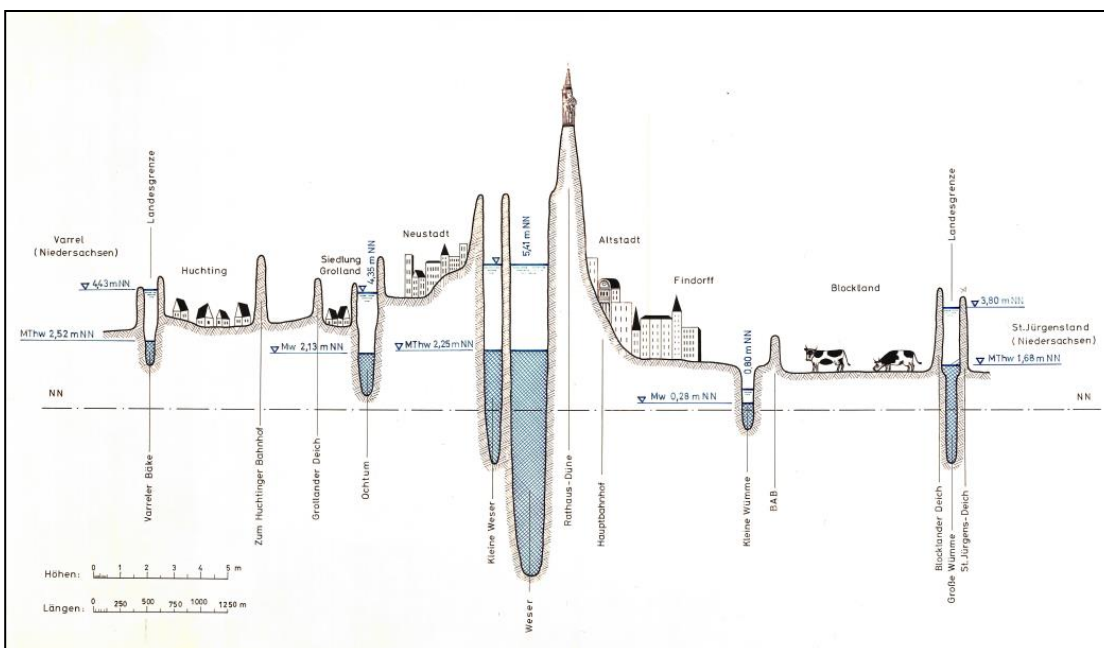
Es wird deutlich, dass aufgrund der Projektausdehnung verstärkte Eingriffe auch in Naturschutzgebiete erfolgen, die ein Kompensationserfordernis auslösen. Aufgrund der relativ kleinen Gesamtfläche Bremens ist es derzeit bereits schwierig ausreichende Kompensationsflächen zu finden, um diesem Anspruch gerecht zu werden. Hier möchte das Land Bremen gegenwirken und im Rahmen eines Kompensationspools auch nachhaltige und langfristige Lösungen finden und z.B. die Zahlung von Ersatzgeld vermeiden.

Zusätzlich werden für alle aktuell und zukünftig anstehenden Küstenschutzmaßnahmen Mehrbedarfe an Materialien, eine enorme Steigerung des finanziellen Rahmens und sowie Schwierigkeiten bzgl. der Verfügbarkeit aller Materialien, insbesondere des für den Deichbau erforderlichen Kleibodens, gesehen. Im Land Bremen wurde daher in Abstimmung mit den örtlichen Projektträgern und den Bodenschutzbehörden eine Kleistrategie zur Sicherstellung des Bodens entwickelt. Diese sieht Optionen für kurz- und langfristig angelegte Lösungen vor; kurzfristig als Zwischenlagerung des Bodens im Bereich der zukünftig auszuführenden Maßnahme sowie langfristige Kleilager.

Die Planfeststellungsbehörde kann als Beratungsstelle bereits im Planungsprozess hinzugezogen werden, um bei absehbaren Eingriffen in Schutzgüter und dem Auslösen von Betroffenheiten auf wesentliche Anforderungen und Ansprüche unterschiedlicher externer Belange hinzuweisen, zu sensibilisieren und damit unnötige Planungsaufwendungen zu vermeiden. Dies stellt jedoch noch keine abschließende Entscheidung des eigentlich später durchzuführenden Genehmigungsverfahrens dar, sondern dient ausschließlich zur frühzeitigen Abstimmung und der grundsätzlichen Ausrichtung des jeweiligen Projektes. Im Hinblick auf eine möglichst komprimierte, zielführende Planung und Umsetzung eines Projektes wird dieses Vorgehen bereits durchgeführt und empfohlen, um Personal-, Zeit- und Finanzressourcen zu schonen.

Das an die Planung anschließende Genehmigungsverfahren dient der Beteiligung aller Tangierten und Betroffenen, der Variantenüberprüfung und der abschließenden Beschlussfassung für eine zukunfts- und rechtssichere Küstenschutzmaßnahme.

Dieser Vortrag möchte dafür werben, die komplexen Planungen zielführend, nachhaltig und transparent zu bearbeiten, gemeinsam Chancen zu finden und Lösungen zu schaffen. Insbesondere der frühen und projektbegleitenden Öffentlichkeitsarbeit wird eine hohe Bedeutung zugewiesen, da aufgrund der ausführlich beschriebenen entstehenden Eingriffe und Betroffenheiten, die Akzeptanz gesamtgesellschaftlich gewährleistet sein sollte. Im Zuge der Öffentlichkeitsarbeit sollten die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse, die Bedeutung des Küstenschutzes, die komplexe Gefährdungslage sowie die Konsequenzen eines Nicht-Handelns vermittelt werden.



**Abb. 6 Historischer Geländeschnitt Bremen, Quelle: SKUMS**

Gemeinsam, kompromissfähig und kommunikativ werden die Küstenschutzmaßnahmen zielführend gelingen und ein dauerhafter Schutz der Bevölkerung gewährleistet sein.

## 6. Literaturverzeichnis

IPCC (2007): Ein Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Klimaänderung 2007: Synthesebericht. Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger.

IPCC (2019): Der Ozean und die Kryosphäre in einem sich wandelnden Klima. Ein Sonderbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger.

Kramer J. (1990): Sturmfluten. Küstenschutz zwischen Ems und Weser.

NLWKN (2007): Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/ Bremen – Festland. Norden: NLWKN, 2007.

WFB (2023): „Überseestadt Bremen“, unter: <https://www.ueberseestadt-bremen.de/de/page/projekte-entwicklung/meilensteine-entwicklung>. Wirtschaftsförderung Bremen GmbH. Abgerufen am 22.05.2023.

Wittstock J. (1980): Bremen im Schutz seiner Deiche. Begleitheft zur Sonderausstellung 01.10.1980 - 18.01.1981.



# Die Stadtstrecke Bremen: Küsten- und Hochwasserschutz im Spannungsfeld komplexer innerstädtischer Anforderungen. Ist diese Planungsaufgabe lösbar?

Dipl.-Ing. H. Krebs, Freie Hansestadt Bremen  
Dipl.-Ing. H. Schick, Freie Hansestadt Bremen  
Dipl.-Ing. T. Baars, Sweco GmbH, Hannover  
Dipl.-Ing. I. Kaunert, Sweco GmbH, Bremen

*Die Stadtstrecke, ursprünglich ein Hochwasserschutzprojekt, umfasst die Umgestaltung des stadtbremischen linken Weserufers auf knapp 2 km. Neben dem Hochwasserschutz ist an dieser städtebaulich exponierten Strecke auch die Schaffung einer stadträumlichen Kante mit gehobener Aufenthaltsqualität und der Ausbau der Nahmobilität vorgesehen. Aspekte, Schwierigkeiten und Lösungen des Planungsprozesses werden im Beitrag vorgestellt.*

## 1. Hintergrund: Bremen ist gefährdet

Rund 86% der Fläche des Landes Bremen unterliegen einer potentiellen Gefährdung durch Hochwasser. Innerhalb dieser gefährdeten Gebiete leben rund 532.000 Menschen. Der Hochwasserschutz ist daher eine existentielle Aufgabe. Neben dem Binnenhochwasser besteht für Bremen zusätzlich die Gefahr durch Sturmfluten von der Nordsee, die zu sehr hohen Wasserständen führen können.

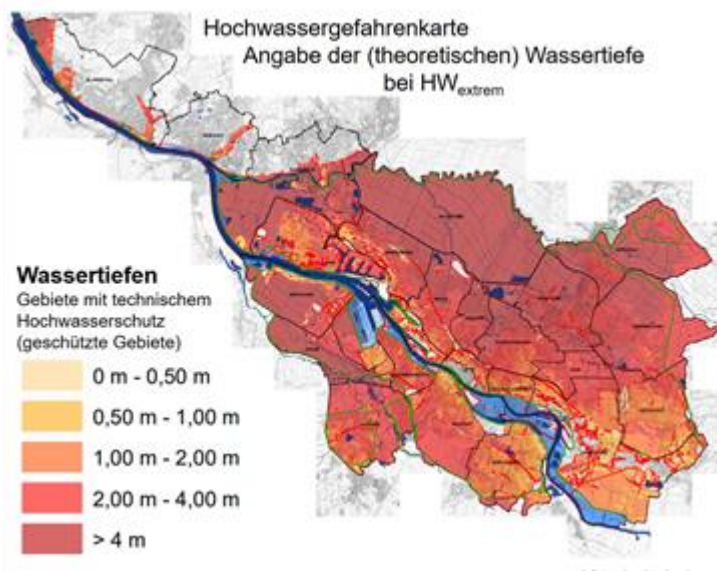


Abb. 1 Hochwassergefahrenkarte der Unterweser in Bremen (SKUMS, bearbeitet)

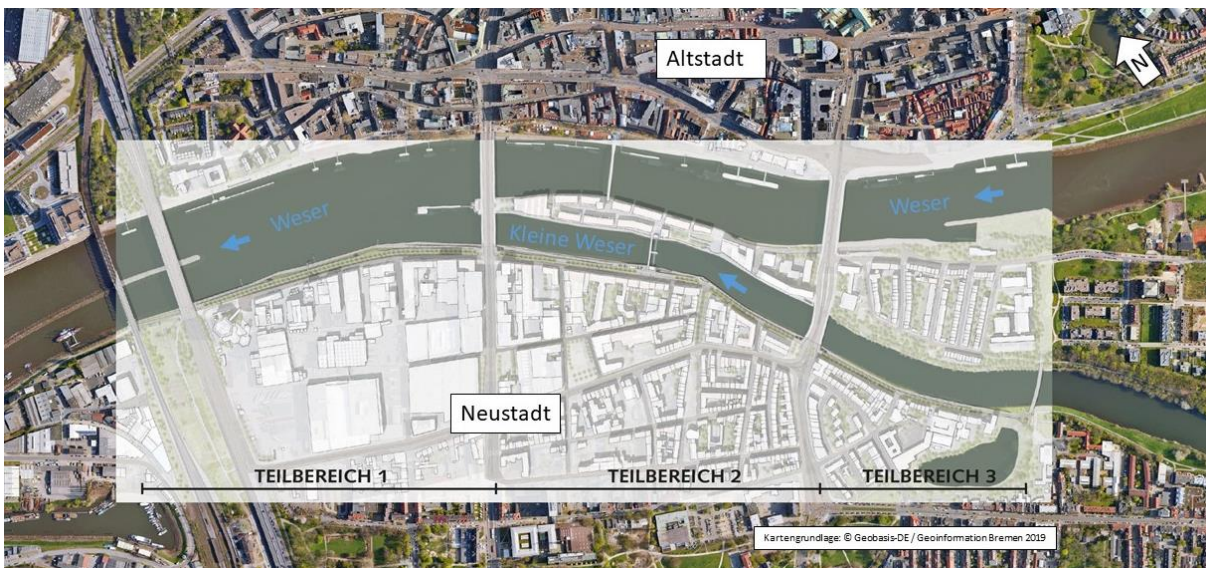
Die Hochwassergefahrenkarte der Unterweser in Bremen - Abb. 1. - zeigt in Rottönen die Gebiete, die bei einem extremen Sturmflutereignis überschwemmt wären, wenn keine Hochwasserschutzanlagen existieren würden oder diese vollständig versagen.

Die aktuelle Handlungsgrundlage für den Hochwasserschutz in Bremen - somit auch für die Stadtstrecke - ist der im Jahr 2007 aufgestellte Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen [1]. Das

daraus abgeleitete Bauprogramm dient der Anpassung der Hochwasserschutzinfrastruktur an die erwarteten Verhältnisse infolge des klimawandelbedingten Meeresspiegelanstiegs. Mit den vorliegenden neuen Erkenntnissen des IPCC/SROCC von 2019 wird das Programm in den kommenden Jahren angepasst werden [2]. Auswirkungen auf langlaufende Vorhaben werden – wie bei diesem Vorhaben – berücksichtigt.

## 2. Die Situation vor Ort

Die Stadtstrecke umfasst mit ihrer Länge von knapp 2 km im Wesentlichen das Ufer der Alten Neustadt am linken Weserufer. Die Stadtstrecke beginnt im Westen im 1. Teilbereich auf Höhe der Eisenbahnbrücke und zieht sich stromaufwärts bis zur Piepe - einem alten Hafenbecken und heutigem Stillgewässer, welches das Ende des 3. Teilbereichs markiert. Die Strecke liegt im Zentrum des städtischen Ballungsraumes und grenzt unmittelbar an unterschiedliche definierte Stadträume von Gewerbe bis Wohnen. Auf weitestgehend ganzer Länge besteht das heutige, dem Hochwasserschutz dienende Hochufer aus einer Art schar liegenden Gründeich. Das Hochufer hat, bezogen auf seine Deichfunktion, einen mangelhaften und sehr inhomogenen Aufbau (größtenteils ist es sogar mit Bauschutt versetzt), ist mit Neigungen bis 1:1,5 zu steil und hat nicht die notwendige Bestickhöhe.



**Abb. 2 Lageplan (Topotek1, bearbeitet)**

Das Tidegeschehen aus der Nordsee setzt sich bis Bremen fort und weist mit einem mittleren Tidenhub an der Wilhelm-Kaisen-Brücke von mehr als 4 Metern einen deutschen Rekord auf. Der Planungsraum wird durch das Wehr „Kleine Weser“ in zwei wasserwirtschaftlich unterschiedliche Hälften geteilt: das durch die Tide starken Wasserstandschwankungen ausgesetzte Unterwasser und das staugeprägte Oberwasser. Das Wehr weist nicht die Funktion eines Sperrwerkes auf.

Im Planungsraum verläuft auf der wasserseitigen Böschungsschulter eine Baumreihe aus 136, i. W. in den 30ern und 50ern gepflanzter Platanen. Diese stadträumlich bedeutsame grüne Achse prägt das Weserufer an dieser Stelle und ist von hoher stadt-gesellschaftlicher Relevanz.





**Abb. 3 Stadtstrecke: Kleine Weser in Fließrichtung, links die Teilbereiche 1 und 2 (J. Krebs)**

Die mit der beschriebenen Geometrie und bautechnischen Qualität des Hochufers sowie dem Baumbewuchs verbundenen erheblichen Risiken für die Stand- und z. T. auch Verkehrssicherheit erfordern nicht nur die Ertüchtigung und Anpassung an die Regeln der Technik, sondern prägen auch die Lösungsfindung bei der Neuplanung der städtebaulichen Situation.

### **3. Die Randbedingungen und die Ziele der Planung**

Die Höhe und die Standsicherheit der Hochwasserschutzanlagen an der Nordseeküste und in den Ästuaren müssen den gestiegenen Anforderungen des Küstenschutzes nachhaltig Rechnung tragen und deshalb mit hoher Priorität ausgebaut werden. Der Ausbau der Hochwasserschutzanlagen im Stadtgebiet Bremens hat dabei auch erhebliche Auswirkungen auf das Stadtbild und die Nutzbarkeit der Uferbereiche.

Bei der Maßnahmenplanung stehen neben dem Hochwasserschutz auch die urbane Nutzung und folglich gestalterische Aspekte im Blickpunkt. Der Umgang mit der vorhandenen Baumreihe im Querschnitt der Hochwasserschutzanlage mit ihrer gleichzeitig prägenden Wirkung, das direkt angrenzende Straßensystem, die vielfältigen Verkehrswege und Verkehrsbeziehungen für den Kraftfahrzeug-, Fahrrad- und Fußgängerverkehr sowie die durch die bestehende innerstädtische Bebauung gegebenen beengten Platzverhältnisse stellen besondere Anforderungen an die Planung. Hinzu kommen weitere Aspekte wie die Nutzung des Weserufers für Binnenschiffsliegeplätze und einen Umschlagplatz, die Sicherung des bestehenden Abflussquerschnittes und Überflutungsraums der Weser oder die Naherholungsfunktion des frei zugänglichen Weserufers.

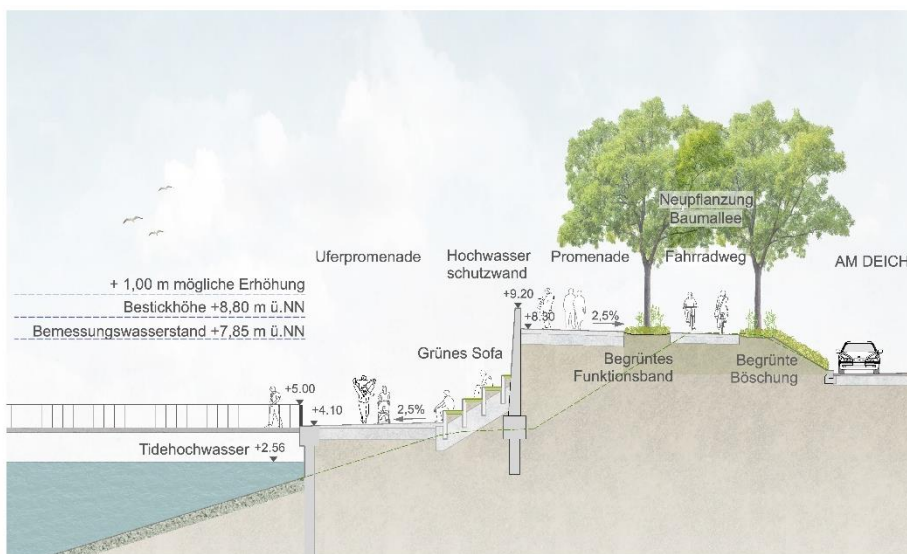
In dem Bereich der Stadtstrecke sind die Weser und die kleine Weser hydraulisch hoch ausgelastet. Vor diesem Hintergrund ist auf Einengungen und Einbauten in das Abflussprofil hinein grundsätzlich zu verzichten. Da auch aufgrund der innerstädtischen Lage Hochwasserschutz in Form eines klassischen Deichs nicht möglich ist, müssen diese Anforderungen in eine ansprechende, multifunktionale konstruktive Lösung umgesetzt werden.

Die *übergeordneten Ziele der Planung* liegen heute im Wesentlichen in drei Kernbereichen:

- nachhaltige Bewältigung der Klimafolgen durch Errichtung einer den langfristigen Prognosen angepassten Hochwasserschutzanlage,
- Nutzung der Lagegunst der Stadtstrecke zur Schaffung eines lebendigen und grünen Stadtraumes mit höchster Aufenthalts- und Erholungsqualität für die Neustadt
- Angebote für nachhaltige und klimafreundliche Mobilität durch Schaffung großzügiger Promenaden und Premium-Radwege.

#### 4. Die Vorzugsvariante

Die technische und gestalterische Idee der Vorzugsvariante - Abb. 4 bis Abb. 6 - beinhaltet, die funktional notwendigen Ebenen mit einer geometrisch abwechslungsreich ausgebildeten Betonkonstruktion sowie Rampen und Treppenanlagen zu verbinden. Die untere Fußgängerpromenade ist gleichzeitig der Deichunterhaltungsweg und liegt auf der wassernahen Ebene. Auf der oberen Ebene ist der Deichverteidigungsweg angeordnet. Dieser ist als Fußweg ausgelegt und wird von der alleestartig durch zwei Baumreihen eingefassten Radpremiumroute funktional abgegrenzt.



**Abb. 4 Schnitt mit Darstellung der Nutzungsräume**

Dort, wo es der Platz erlaubt, sollen auf der unteren Ebene grüne Stufenelemente entstehen. Das „Grüne Sofa“ – Abb. 6 (links) - ist als Sitzstufenanlage von beiden Ebenen zugänglich und bietet die Möglichkeit zum entspannten Verweilen.

Umfangreiche Neupflanzung von Bäumen über die gesamte Strecke schaffen eine stadtklimatisch und ökologisch bedeutsame grüne Kulisse. Die neuen Bäume stehen in einem Funktionsband und – wo es der Platz erlaubt – auch in einer zweiten Reihe auf der landseitigen Böschungsoberkante. Zwischen den Bäumen sind eine grüne Unterpflanzung, Bänke, Spielgeräte, Radbügel, Trinkbrunnen und andere funktionale Elemente als Aneignungsmöglichkeit für die Nutzenden vorgesehen. Das Ziel ist, eine Draußen-Kultur mit hoher Aufenthaltsqualität zu ermöglichen.

Zur Abfangung der entstehenden Geländesprünge ist im Regelbereich - Abb. 5 - eine zweigeteilte konstruktive Lösung vorgesehen. Die untere Promenade wird gegenüber der Weser mithilfe einer rückverankerten Uferspundwand gesichert. Zwischen den beiden Promenaden ist eine Winkelstützwand aus Stahlbeton angeordnet. Das Gestaltungskonzept auf Grundlage des städtebaulichen Wettbewerbs gibt eine im Verlauf der Stadtstrecke variierende Wandneigung vor.

Im Anschlussbereich an Widerlager der Bestandsbrücken wird die Oberkante der Uferspundwand teilweise als Rampe bis auf die obere Ebene angehoben und zusätzliche Rückverankerungen angeordnet. Darüber hinaus werden Sonderlösungen z. B. im Bereich des Wehres und im Bereich angrenzender Hafenanlagen erforderlich.

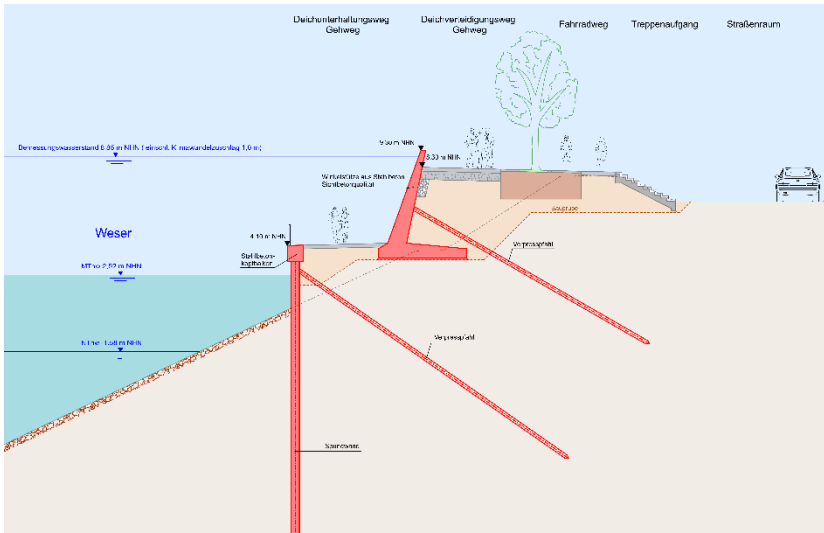


Abb. 5 Schnitt mit Darstellung der konstruktiven Regellösung (Sweco)

## 5. Projektverlauf und Bürgerbeteiligung

Das Vorhaben wurde seit 2010 vom Bremischen Deichverband am linken Weserufer (DVL) vorangetrieben. Auf Basis einer ersten Analyse im Jahr 2010, aufbauender geotechnischer Fachgutachten in 2012 und einer Erstbewertung des bereits als problematisch erkannten Baumbestandes wurde 2014 eine Arbeitsgemeinschaft aus dem Ingenieurbüro Grontmij (heute Sweco) und dem Landschaftsplaner WES beauftragt, eine Machbarkeitsstudie unter Berücksichtigung der ingenieurmäßigen Problemstellung und der mittlerweile erkannten städtebaulich-verkehrlichen Relevanz zu erstellen.

2017 wurde - insbesondere auf der Basis einer umfangreichen Beteiligung der Bevölkerung mit Bürgerdialog und ‚Deichcharta‘ - ein unter dem Logo „Nationale Projekte des Städtebaus“ geförderter städtebaulicher Wettbewerb durchgeführt. Dieser schloss mit der der Auswahl des Siegerentwurfes des Büros Topotek1, welcher bis 2020 in die vorgenannte Machbarkeitsstudie eingearbeitet wurde [4]. Zurzeit befinden sich die Planenden in der Entwurfsplanung, begleitet von einer Vielzahl von Fach- und Sondergutachten.

Erwähnenswert ist die Änderung der Projektträgerschaft: die Ausbaupflicht wurde durch Änderung des Bremischen Wassergesetzes aus dem Pflichtenheft des DVL herausgelöst und an das Land Bremen übertragen. Seit dem 01.10.2019 liegt die Projektverantwortung bei der *Stabsstelle Deichbau Stadtstrecke* bei der Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau (SKUMS).

Die Realisierung der Maßnahmen zum Hochwasserschutz mit den ergänzenden Maßnahmen der Stadtplanung und Freiraumgestaltung wird noch mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Der benötigte

Zeitbedarf ergibt sich nicht nur aufgrund des erforderlichen baulichen Aufwands der Gesamtmaßnahme: durch Restriktionen für Baumaßnahmen an bestehenden Hochwasserschutzanlagen (Bauen nur in der hochwasserfreien Zeit), durch Anliegerbedürfnisse gesteuerte limitierte Baufelder (Wohnnutzung, ein Krankenhaus, mehrere Altenheime, Gewerbe-/Industrieanlieger), durch Begleitarbeiten an örtlichen und überörtlichen unterirdischen Infrastrukturen, durch die Baustellenlogistik mit den erforderlichen Materialtransporten und Arbeitsflächen und nicht zuletzt Steuerung der jährlich verfügbaren Haushaltsmittel, wird der zeitliche Ablauf bestimmt.

### Bürgerbeteiligung

Obwohl der bisherige Planungsprozess aus Sicht der Projektbeteiligten objektiv als transparent und partizipativ bewertet werden kann, wird in der Stadtöffentlichkeit seit längerem eine kontroverse Diskussion um die Angemessenheit der ausgewählten Lösung geführt und speziell der technisch nicht realisierbare Erhalt der Baumkulisse am Weserufer gefordert. Von der SKUMS und dem DVL wurde zur Stärkung der Bürgerbeteiligung u. a. im Jahr 2016 ein Partizipationsprozess vor Ort initiiert, in der Neustädter Deich-Charta [3] –dokumentiert und zur Leitlinie der Planung gemacht. Um breit gefächerte Maßnahmenaufklärung zu erreichen, wurden und werden nach wie vor Runde Tische, Begleitgremien und eine Vielzahl weiterer Maßnahmen der frühen Öffentlichkeitsbeteiligung umgesetzt. Über den langen Umsetzungszeitraum wird sich zeigen, ob die Akzeptanz durch kontinuierliche und transparente Information gesteigert werden kann [4]. Gleichzeitig wird eine solche streckenintensive Maßnahme kritischen Fragen ausgesetzt bleiben, auf die Planer und Maßnahmenträger im Planungsprozess immer wieder eingehen müssen.

### Kernziel: Nachhaltigkeit

Neben der jetzt erforderlichen Erhöhung der Hochwasserschutzlinie auf +8,80 m NHN unterhalb bzw. +8,70 m NHN oberhalb des Wehrs „Kleine Weser“ ist die Erhöhung der Bestickhöhe um weitere 100 cm zu berücksichtigen. Im Sinne einer nachhaltigen Planung wird damit Vorsorge für den Fall getroffen, dass eine weitere Erhöhung der Hochwasserschutzanlagen notwendig werden könnte. Auch die Neupflanzung von rund 180 Bäumen wird unter dem Nachhaltigkeitsaspekt geplant. Die Bäume werden jeweils in eine besonders große Pflanzgrube mit gutem Wurzelsubstrat und mit erheblicher Größe ab Baumschule eingesetzt und können sich unter optimalen Bedingungen entwickeln.



Abb. 6 Das „Grüne Sofa“ in BA 1 und ein Regelquerschnitt in BA 2 (Topotek1)

### Kernziel: Grüner Stadt-Raum

Der Aspekt der Baumerhaltung nimmt in der öffentlichen Diskussion zum Hochwasserschutz auf der Stadtstrecke einen breiten Raum ein und wird vielfach als wesentlich angesehen. Aus Sicht der Vorhabenträgerin lassen die Summe der planerischen Ansprüche an den Raum einen Erhalt der



vorhandenen Baumreihe aus 136 Platanen leider nur vereinzelt zu. Somit schließt die Vorplanung mit der beschriebenen Vorzugsvariante, bei der acht beieinanderstehende Platanen im Bereich der Brautstraße bleiben können und zusätzlich rund 180 standortgerechte Baumneupflanzungen vorgesehen sind.



**Abb. 7 Ansicht mit gemischter Baumauswahl (Topotek1)**

Die genaue Baumart der Ersatzpflanzungen wurde stadtklimatisch sinnvoll und klimawandelgerecht unter Berücksichtigung der Klimabaumliste festgelegt. Dabei wurden auch insekten- oder vogelfreundliche Faktoren abgewogen und gestalterische und funktionale Aspekte – z. B. eine raumbildende und interessante Wuchsform - sowie eine “transparente“ lichtdurchlässige Kronenausbildung sind in die Bewertung eingeflossen. Die Unterpflanzungen werden ebenfalls nach ökologischen Gesichtspunkten zur Steigerung der Biodiversität ausgewählt

Im Rahmen der Eingriffs-/Ausgleichsregelungen kommen noch die zu erwartende Pflanzung von mehr als 300 Bäumen in der näheren und weiteren Umgebung sowie weitere stadtklimatische Maßnahmen hinzu.

### **Kernziel: Nahmobilität und Barrierefreiheit**

Die Maßnahme umfasst bedeutsame Infrastrukturen mit bremenweit wichtigen Fußgänger- und Fahrradrouen. Fußläufig haben die Promenaden – neben der Qualität als hochwertiger Stadt-Raum mit Aufenthaltsqualität in sich selber - auch eine wichtige Verbindungsfunktion zwischen den Ortsteilen der Neustadt sowie zwischen der linken und der rechten Weseruferseite. Der Radweg wird als Bestandteil der bereits im Verkehrsentwicklungsplan 2025 als Premiumroute Nr. D.17 ausgewiesenen Verbindung zwischen Obervieland und dem Güterverkehrszentrum das Netz für diese klimaneutrale Verkehrsart stärken.

Menschen mit Bewegungseinschränkungen bekommen barrierefreie Zugänge, um Stadträume erleben zu können. Und für Alle wird Platz für Ruhepausen und Entspannung geschaffen: ein grünes Kleinod am blauen Band der Weser.

### **Kernziel: Standsicherheit und Dauerhaftigkeit**

Die bestehenden Außenböschungen der Weser weisen an der Stadtstrecke abschnittsweise insbesondere unter Beaufschlagung durch das Bemessungshochwasser aktuell keine ausreichende Standsicherheit auf. Selbstverständlich ist die Tragfähigkeit nach dem Neubau mindestens für einen Nutzungszeitraum von 100 Jahren unter Berücksichtigung der aktuellen Normen sicherzustellen. Vor den Hintergrund des Klimawandels und des damit verbundenen Anstiegs des Meeresspiegels, wurden im laufenden Projekt die zugrundliegenden Bemessungswasserstände angepasst. Darüber hinaus wird ein sogenanntes Vorsorgemaß zur Berücksichtigung des voranschreitenden Klimawandels

von einem Meter zusätzlich statisch und räumlich berücksichtigt. Zunächst ist damit eine maximale Bestickhöhe von bis zu +8,80 m NHN planerisch umzusetzen. Die Bauteile sind jedoch so auszulegen, dass die Erhöhung der Bestickhöhe auf +9,80 m NHN ohne wesentliche Anpassungen der bestehenden Konstruktion möglich ist.

## 6. Zielkonflikte

Ein rund 2.000 m messender Planungsraum im eng besiedelten Stadt-Raum, ein anspruchsvolles Ingenieurbauwerk mit enger Regel- und Vorschriftenlage und eine kaum eingrenzbar Zahl von zusätzlichen Planungsansprüchen, garniert mit einem aus der notwendigen Öffentlichkeitsbeteiligung und politischer Einflussnahme erwachsenden Konfliktpotenzial - Zielkonflikte sind bei der vorgeannten Ausgangslage vorprogrammiert.

Höchst beispielhaft seien hier einige Konfliktlinien angedeutet:

1. Ein durchaus auch überregional beachteter Konflikt ergibt sich aus der notwendigen Fällung von 128 Stück 40 bis 80 Jahre alter Platanen auf der Böschungsschulter. Diese stellen heute eine erhebliche Gefährdung der HWS-Funktion des Hochufers dar und sind andererseits wohl unbestritten ein städtebaulich-landschaftliches Kleinod. Sorgfältige Prüfung und Alternativuntersuchungen haben ergeben, dass eine Lösung mit Erhalt der Bäume nicht machbar ist. Dies wird jedoch durch viele Bürger:innen und eine damit befasste sehr aktive Bürgerinitiative (BI) bezweifelt. Runde Tische und kontinuierliche Information zu den technischen Grundlagen führen hier bisher nicht zu der erwünschten Bewusstseinsbildung – tatsächlich strebt die BI ein Volksbegehren zur Abstimmung über den Baumerhalt an. Dies wiederum würde (aus heutiger Kenntnislage) zu einer Gefährdung des HWS führen, da die von der BI vertretene alternative Konzeption aus Sicht der Projektträgerin nicht realisierbar ist. Offener Konflikt also: Abstimmung zwischen Lösung A und Lösung B - und Lösung B existiert faktisch nicht. Hier zeigen sich deutlich die Grenzen von Öffentlichkeitsbeteiligung (Näheres im Kongressvortrag, da die juristische Entscheidung mit Stand Mai 2023 noch offen ist)
2. Schaut man auf das heutige Ufer, so sind die nutzbaren Flächen ausgesprochen begrenzt. Ein wasserseitiger Leinpfad von i.d.R. weniger als einem Meter und ein unbefestigter gemischter Rad-/Fußweg von weniger als 2,5 m Breite auf der Krone. Die durch die Planung angebotenen Flächen eines separaten 3,0 m breiten Radweges, einer bis zu 4,5 m breiten Promenade mit Deichverteidigungsfunktion und eine wasserseitige Promenade mit mindestens 4,0 m Breite werden dem knappen Planungsraum abgerungen, der beidseitig natürlich begrenzt ist. Vergleicht man hier IST mit SOLL, scheint vordergründig eine großzügige Anlage zu entstehen. Tatsächlich finden sich im Detail neue Konflikte: viele der Hauptabmessungen sind technischen Regelwerken geschuldet und befinden sich dann oftmals an der unteren Grenze des Zulässigen – also im Bereich „geht gerade noch so, anders wäre aber besser“. Kompromisse müssen gefunden werden, die oftmals jedem Interesse ein Zugeständnis abverlangen – und am Ende jeden etwas unzufrieden hinterlassen. Schaffe ich für die klimaneutrale Mobilität einen großzügigen Radweg mit 4,5 m Breite in Premiumqualität oder eine zweite Reihe Baumnachpflanzungen mit ebenfalls unbestrittener stadtklimatischer Wohlfahrtswirkung? Darf ich eine gestalterisch ansprechende Wandbegrünung vornehmen oder werden die Kosten für den Erhaltungspflichtigen der Hochwasserschutzanlage unbeherrschbar? Antworten für diese Zielkonflikte stehen nicht in der EAU oder der EAK.

3. Vielfältige Konflikte ergeben sich aus der kontinuierlich parallel mit der Planung zu beantwortenden Frage nach der späteren Zuständigkeit für Teile der Anlagen und Flächen. Ist vordergründig zunächst Jeder und Jede für eine gestalterisch ansprechende Lösung in Anbetracht der besonderen Lagegunst dieses Projektes, so äußern sich die späteren Verantwortlichen dann doch differenzierter. Für attraktive Qualitäten und abweichende Lösungen müssen gesonderte Vereinbarungen getroffen werden - oder sie können eben gar nicht realisiert werden. Das betrifft beispielsweise die Qualität von Oberflächenbefestigungen, die Auswahl von Gestaltungselementen, Außenmöblierung, Geländern, Beleuchtungskörpern, aber auch die Festlegung von Abweichungen von Regelbauweisen nach Normen und Richtlinien. Sogar die Auswahl der Begrünungselemente ist infolge unterschiedlicher Erhaltungspflichtiger von einer notwendigen Definition als „Grünanlage“ vs. „Straßenbegleitgrün“ betroffen, da in der Folge unterschiedliche Kostensätze für die Pflege definiert sind.
  
4. In Bezug auf die konstruktive Lösung stehen die Anforderung an die Sicherheit im Standardfall gemäß Normvorgaben den projektspezifischen Randbedingungen gegenüber. In diesem Projekt tritt dieser Konflikt insbesondere in der Festlegung der Wasserdruckansätze unter Berücksichtigung der zukünftigen Bemessungshochwasser zu Tage.  
Gemäß EAU [5] ist bei Hochwasserschutzwänden – hier die obere Winkelstützwand bzw. die Uferwand, wenn Sie die Hochwasserschutzlinie darstellt – beispielsweise ein schnell abfließendes Hochwasser mit einem Außenwasserstand entsprechend dem mittleren Tideniedrigwasser und ein Binnenwasserstand in Höhe der GOK zu berücksichtigen (BS-P). Bei Uferwänden – hier die Fußspundwand – ist hingegen lediglich eine deutlich geringere Wasserdruckdifferenz in Abhängigkeit von den mittleren Tidewasserständen anzusetzen. Entscheidend aus Sicht der Tragwerksplanung ist demnach also die Frage, ob ein Bauteil eine Hochwasserschutzwand ist oder nicht. Im Rahmen der Vorplanung wurde in diesem Projekt ein Bauteil als Hochwasserschutzbauwerk definiert, wenn das Bemessungshochwasser das hinter dem Bauwerk liegende Gelände übersteigt und durch das Bauteil zurückgehalten wird.  
In Bezug auf die Fußspundwand ist die Einstufung zunächst eindeutig. Hier übersteigt das Hochwasser die Oberkante und wird nicht durch das Bauteil zurückgehalten. Die obere Winkelstützwand dient hingegen bei Berücksichtigung des Vorsorgemaßes dem Hochwasserschutz. Da die Fußspundwand jedoch nicht nur den Geländesprung, sondern auch die Winkelstützwand abfängt, ist eine isolierte Betrachtung mit den vereinfachten Wasserdruckansätzen gemäß EAU nicht möglich.  
Auch der in der EAU vorgegebene binnenseitige Wasserstand, bei schnell abfließendem Hochwasser in Höhe des Geländes, ist bei der Stadtstrecke zu hinterfragen. Das Bemessungshochwasser übersteigt das Gelände lediglich um wenige Dezimeter, das Gelände liegt etwa einen Meter höher als die angrenzende Straße und das binnenseitige Grundwasser steht etwa 5,0 m tiefer an. Es stellt sich also die Fragen, ob die allgemeinen Ansätze der EAU hier sinnvoll angewendet werden können.  
Um projektbezogene Wasserdruckansätze zu erhalten, werden im Rahmen der Entwurfsplanung hydraulische Untersuchungen unter Berücksichtigung der möglichen Kettentiden, des Grundwasserzuflusses und der baulichen und geologischen Situation durchgeführt. Ziel ist es, durch eine Optimierung des Tragwerks Kosten und Materialeinsatz zu reduzieren.

Dies ist nur ein kleiner Auszug aus den gelösten oder zur Lösung anstehenden Aufgaben mit erweitertem Konfliktpotenzial. Eine weitergehende Auswahl wird im Kongress-Vortrag bildreich dargestellt werden.

## 7. Zusammenfassung bzw. Fazit

Wie bereits weiter oben aufgeführt, stehen Handreichungen für die beschriebenen Aufgaben weder in der EAU noch in der EAK oder in DWA-Merkblättern. Für viele vergleichbare Küstenschutzanlagen im urban geprägten Umfeld mit signifikantem Nutzungsdruck wird – nach Einschätzung der Autor:innen - zunehmend mit komplexer planerischer Lage zu rechnen sein. Dies erhöht besonders auch die Bedeutung von höchst erfahrenen Planungsbeteiligten. Auf der Seite der Auftraggebenden und der Planenden muss ein Bewusstsein für komplexe interdisziplinäre Aufgabenstellungen (ergo: Lösungen) vorhanden sein. Über den Tellerrand der engeren Zielstellung muss hinausgeblickt, eigene Grenzen müssen erkannt werden und zügig die Abarbeitung von unbequemen, unbekanntem Fragestellungen angegangen werden, um das zentrale Ziel eines sicheren Hochwasserschutzes genehmigungsfähig und wirtschaftlich zu erreichen.

## 8. Literaturverzeichnis

- [1] Generalplan Küstenschutz Niedersachsen / Bremen - Festland, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, März 2007
- [2] IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in an Changing Climate, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019
- [3] Bürgerdialog zum Hochwasserschutz in der Bremer Neustadt, Hrsgb.: Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr / Bremischer Deichverband am linken Weserufer; Mai 2016
- [4] [www.bauumwelt.bremen.de/info/stadtstrecke](http://www.bauumwelt.bremen.de/info/stadtstrecke)
- [5] Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen, EAU 2020



# EcoSheetPile™ Plus



## ArcelorMittal

## Nachhaltige Stahllösungen

### XCarb®

Recycelt und  
erneuerbar hergestellt



Neubau der Columbuskaje in Bremerhaven (1. + 2. BA) © ARGE Neubau Columbuskaje, Herr zu Putlitz

Reduzieren Sie die Umweltwirkungen Ihrer Projekte mit **EcoSheetPile™ Plus** Stahlpundwänden, die aus 100% recyceltem Stahl und zusätzlich unter ausschließlicher Verwendung von zertifiziertem Strom aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden.

Prinzipien der Kreislaufwirtschaft:

- **Reduzieren:** Ingenieurtechnische Optimierung der Projekte durch Nutzung effizienter Profile und hochfesten Stahlsorten;
- **Wiederverwenden:** Spundwände können bei temporären Projekten bis zu 10-mal wiederverwendet werden;
- **Recyceln:** Spundwände können am Ende des Lebenszyklus eines Bauwerks gezogen werden und ohne Qualitätsverluste recycelt werden.



Für weitere  
Informationen hier  
scannen

# Weseranpassung: Planung und wasserbauliche Wirkung

Dipl.-Ing. Anne Schäfer, WSA Weser- Jade- Nordsee, Bremerhaven  
Dr.-Ing. Roland Hesse, Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg  
Dr.-rer. nat. Frank Kösters, Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg

*Die ursprünglich im Jahr 2000 begonnene Planung zur Anpassung von Außenweser und Unterweser (Nord) wird seit 2021 nach dem neuen Maßnahmengesetzvorbereitungsgesetz durchgeführt. Ende 2022 erfolgte die Festsetzung des Untersuchungsrahmens. Für die nun folgende Umweltverträglichkeitsuntersuchung sind aktualisierte gutachterliche Aussagen der wasserbaulichen Wirkung notwendig. Diese basieren heute auf teilweise neuen Bearbeitungskonzepten, die zum einen die natürliche Variabilität des Systems nutzen, um vorhabenbedingte Änderungen umfassender für unterschiedliche Systemzustände (Oberwasser, Tideverhältnisse) abzuleiten und zum anderen neueste wissenschaftliche Erkenntnisse in die Begutachtung einfließen zu lassen.*

## 1. Einleitung

Transportrouten, Schifffahrt und die Hafenstädte prägen seit jeher die Weserregion. Mit der wirtschaftlichen Entwicklung der Häfen und der wachsenden Anzahl an immer größer werdenden Schiffen nehmen auch die Anforderungen an die Bundeswasserstraße Weser zu.

Im Jahr 2000 haben die Länder Niedersachsen und Bremen zur Verwirklichung ihrer hafenpolitischen Ziele Anträge beim Bund auf eine Vertiefung der Weser gestellt. Daraufhin wurden erste Voruntersuchungen durchgeführt, die 2002 zu einer Aufnahme der Projekte in den Bundesverkehrswegeplan führten. Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Bremerhaven (heute Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt WSA Weser-Jade-Nordsee, WSA WJN) wurde als Träger des Vorhabens mit der Planung beauftragt. Diese führte 2011 zu einem Planfeststellungsbeschluss, der beklagt wurde. 2016 urteilte das Bundesverwaltungsgericht (BVerwG), dass der Planfeststellungsbeschluss rechtswidrig und nicht vollziehbar sei. Die vom BVerwG erkannten Mängel könnten aber in einem ergänzenden Verfahren behoben werden. Das WSA WJN begann daraufhin mit den Arbeiten am sogenannten Heilungsverfahren.

Am 1. April 2020 trat das Maßnahmengesetzvorbereitungsgesetz (MgvG) in Kraft. Mit ihm wurde ein rechtliches Verfahren geschaffen, mit dem der Neu- oder Ausbau sowie die Änderung von Verkehrsinfrastruktur durch Gesetz anstelle eines Verwaltungsaktes zugelassen werden können. Durch die Aufnahme der Anpassung der Außenweser und Unterweser (Nord) in das MgvG bestanden zwei parallele Zulassungsverfahren. Der Planfeststellungsbeschluss wurde daraufhin im Januar 2021 aufgehoben und die Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS) beauftragte das WSA WJN mit der Planung des Vorhabens nach MgvG. Die Planungen nach MgvG umfassen dabei die von den antragstellenden Ländern Niedersachsen und Bremen nach wie vor geforderten Anpassung der Außenweser und der Unterweser (Nord) zwischen Bremerhaven und Brake. Der im Antrag von 2000 vorgesehene Abschnitt zwischen Brake und Bremen (UW Süd) ist nicht mehr Gegenstand der aktuellen Planungen.

Ziel des Vorhabens in der Außenweser ist die Anpassung der Fahrrinne an die Entwicklungen im Schiffsverkehr zur Gewährleistung einer tideunabhängigen Erreichbarkeit des Containerterminals (CT) Bremerhaven für Containerschiffe mit einem Abladetiefgang von 13,50 m.

Ziel des Vorhabens in der Unterweser (Nord) ist die Anpassung der Fahrrinne an die Entwicklungen im Schiffsverkehr. Mit der Fahrrinnenanpassung soll die tideabhängige Erreichbarkeit des Hafens Brake für Schiffe mit einem Abladetiefgang von 12,80 m ermöglicht werden.

## 2. Maßnahme Weseranpassung

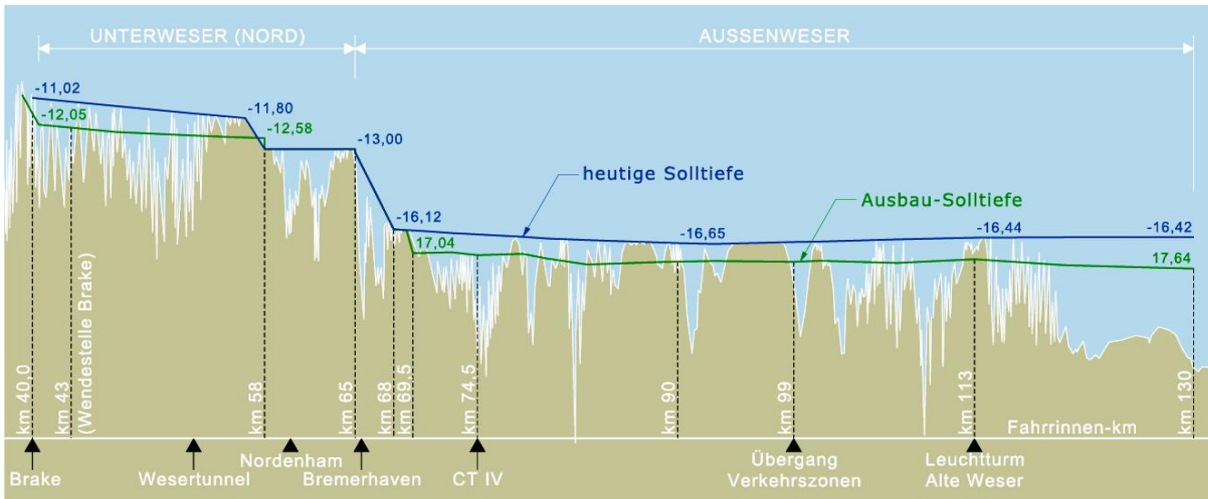
Die für die Erreichung der Ziele mindestens erforderliche Höhenlage der Gewässersohle in der Fahrrinne für die tideunabhängige Revierfahrt ergibt sich aus der Summe folgender Tiefenanteile bezogen auf den Bemessungswasserstand (MTnw der jeweiligen Pegel):

- Abladetiefgang des Schiffes in Seewasser
- Zuschlag für Mindertiden
- Zuschlag für Weseranpassung (Tidekennwertänderungen aufgrund der Unter- und Außenweseranpassung)
- Squat (abhängig vom Geschwindigkeitsprofil)
- Krängung durch Wind und Manöver
  
- Tiefgangszunahme aufgrund von Dichteänderung (Abnahme des Salzgehaltes)
- Unter-Kiel-Freiheit (Netto-Underkeel Clearance: UKC)
- Zuschlag für Ungenauigkeiten

Die schiffsabhängigen Tiefenanteile beziehen sich dabei sowohl auf die aktuell verkehrenden, als auch absehbaren zukünftigen Schiffsgößen. Dabei sind die für die Gewährleistung der Manövrierbarkeit mindestens benötigten Schiffsgeschwindigkeiten berücksichtigt. Nach Abzug der aktuell vorhandenen Sohlsohle erhält man das theoretische notwendige zukünftige Vertiefungsmaß an den gewählten Stützstellen. Zwischen den Stützstellen wird die Tiefenlage der neuen Sollsohle linear interpoliert. Die Sollsohle wird in beiden Vorhaben um max. 1,0 m abgesenkt. Die bereits vorhandene hafenbezogene Wendestelle auf Höhe des Containerterminals Bremerhaven bei km 70,5 bis km 73,25 wird ebenfalls an die geplante angrenzende Sollsohle angepasst.

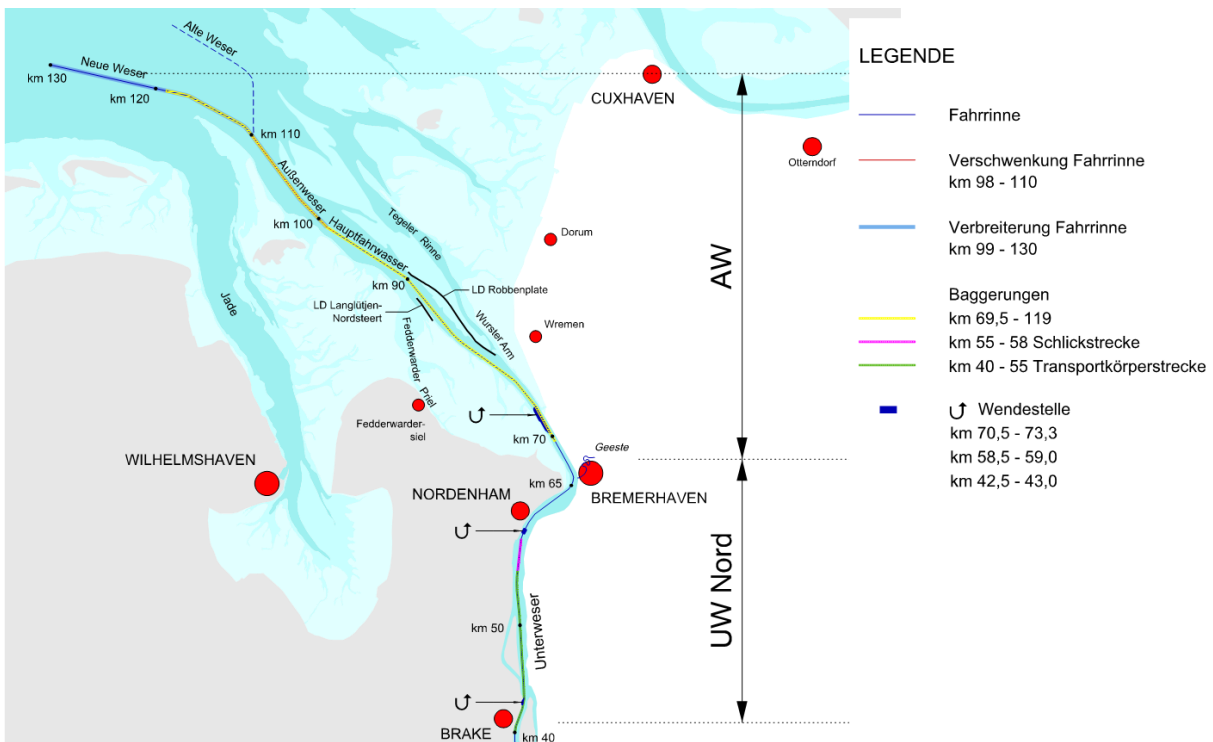
Wie in Abbildung 1 zu erkennen ergeben sich nur für einzelne Abschnitte der Fahrrinne Anpassungsbedarfe. In der Unterweser beschränkt sich die Neufestlegung dieser Ausbautiefen auf den Abschnitt Brake (km 40) bis Nordenham (km 58), da die Fahrrinne zwischen Nordenham und Bremerhaven bereits ausreichend tief ist. In der Außenweser umfasst die Neufestlegung der Ausbautiefen den Abschnitt von km 69,5 oberhalb der Nordschleuse Bremerhaven bis km 120 (Neue Weser).

Um in der äußeren Außenweser Begegnungsmöglichkeiten zu verbessern, soll auf der Grundlage von nautischen Fahrsimulationen die Fahrrinne zwischen km 99 und km 130 von 300 m auf 380 m verbreitert werden. Vor dem im Jahr 1999 fertiggestellten SKN-14m-Ausbau der Außenweser war in diesem Abschnitt bereits eine Fahrrinnenbreite von 400 m vorhanden.



**Abbildung 1: Heutige und im Rahmen der Weseranpassung geplante Solltiefe im Längsschnitt der Weser (km 40-130)**

Zudem ist ab Weser-km 98 bis Weser-km 110 eine Westverschwenkung der Fahrrinne um bis zu 240 m in Bereiche größerer natürlicher Wassertiefen vorgesehen, um hierdurch die Böschungsschnitte im Bereich der Tegeler Plate deutlich zu verringern und so den zukünftigen Unterhaltungsaufwand zur Gewährleistung der neuen Tiefenlage der Fahrriinnensohle zu reduzieren. Damit einhergehend ist eine Kurvenaufweitung um bis zu 70 m geplant. Die einzelnen Maßnahmen sind auf der Karte in Abbildung 2 dargestellt.



**Abbildung 2: Übersicht der geplanten Maßnahmen im Rahmen der Weseranpassung**

Zur Herstellung der neuen Sollsohle soll das Sediment vorwiegend mittels Laderaumsaug-baggern („Hopperbaggern“) entnommen werden. Das entnommene Sediment soll auf die vorhandenen Umlagerungsflächen in der Außenweser verbracht werden.



Das Ausbaubaggervolumen aus der Fahrrinne beträgt insgesamt ca. 7 Mio. m<sup>3</sup>. Durch die morphologischen Veränderungen bis zum Baubeginn wird sich das o. g. Volumen noch verändern. Die Arbeiten für die Herstellung der neuen Sohle sollen über einen Zeitraum von neun Monaten in der Außenweser und 6 Monate in der Unterweser (Nord) erfolgen, wobei sich für die einzelnen Baggerabschnitte Herstellungszeiten von wenigen Tagen ergeben.

Eine Zunahme der jährlichen Unterhaltungsvolumina gegenüber denen des bisherigen Status Quo wird erwartet, was im Wesentlichen durch die vertiefungsbedingte Zunahme der Unterhaltungsflächen begründet ist. Es wird aufgrund der bisherigen Erfahrung in der Außenweser davon ausgegangen, dass sich die Unterhaltungsbaggermengen prozentual in gleichem Maße wie die vertiefungsbedingten Baggereingriffsflächen erhöhen. Durch die Fahrrinnenverschwenkung in der Hohewegrinne reduziert sich die Unterhaltungsfläche in diesem Abschnitt gegenüber der bisherigen Unterhaltung.

### 3. Planung

Nach Umstellung auf das MgvG durch Verfügung der GDWS im Januar 2021 plant das WSA WJN erneut die Anpassung der Außenweser und Unterweser (Nord). Der grundsätzliche Ablauf des Verfahrens ist Abbildung 3 zu entnehmen.

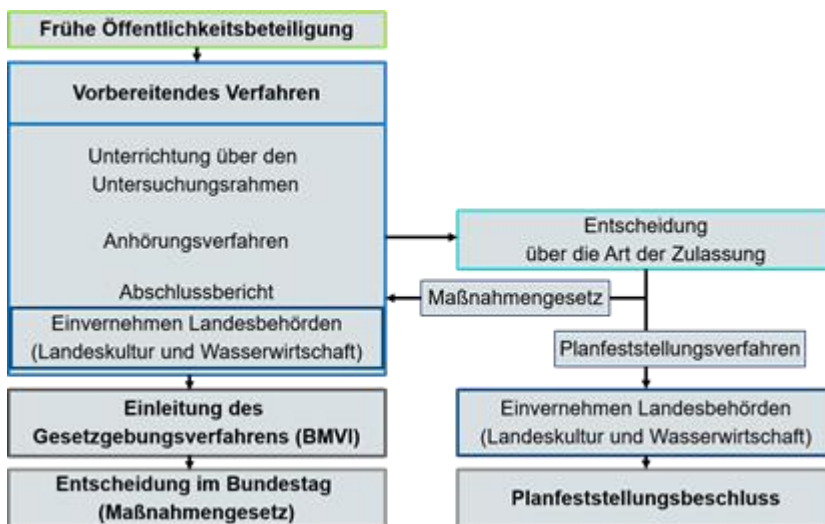


Abbildung 3: Das Zulassungsverfahren nach Maßnahmengesetzvorbereitungsgesetz (MgvG)

Im Unterschied zum bisherigen Planfeststellungsverfahren war hier eine frühzeitige Öffentlichkeitsbeteiligung durchzuführen. Das anschließende Vorbereitende Verfahren ist an ein klassisches Planfeststellungsverfahren angelehnt, wodurch die Planunterlagen im Umfang und Qualität denen eines Planfeststellungsverfahrens entsprechen. Kommt die zuständige Behörde nach Abschluss des Anhörungsverfahrens zu dem Ergebnis, dass keine triftigen Gründe für die Annahme bestehen, dass die Zulassung des Verkehrsinfrastrukturprojektes besser durch ein Maßnahmengesetz erreicht werden kann, so leitet sie dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) einen entsprechend begründeten Entscheidungsvorschlag zu. Das BMDV kann auf Grundlage des Entscheidungsvorschlags davon absehen, ein Gesetzgebungsverfahren für ein Maßnahmengesetz zu veranlassen, wenn durch das Maßnahmengesetz die Zulassung des Verkehrsinfrastrukturprojektes zugunsten des Gemeinwohls nicht oder nur unwesentlich beschleunigt wird. In diesem Fall wird das Zulassungsverfahren in ein Planfeststellungsverfahren überführt. Falls die Weseranpassung weiterhin als



Maßnahmengesetz zugelassen werden soll, entsteht ein Abschlussbericht der zuständigen Behörde. Dieser dient dem Deutschen Bundestag als Grundlage für einen Gesetzentwurf.

### **Beteiligung der Öffentlichkeit**

Das MgvG sieht als ersten Verfahrensschritt die frühe Öffentlichkeitsbeteiligung vor. Die frühe Öffentlichkeitsbeteiligung wurde im dritten und vierten Quartal 2021 durchgeführt. Auf insgesamt 15 Präsenzveranstaltungen in Bremerhaven und Elsfleth mit zusammen ca. 180 Teilnehmenden wurde die betroffene Öffentlichkeit unterrichtet über:

- die Ziele des Verkehrsinfrastrukturprojekts,
- die Mittel, die erforderlich sind, um das Projekt zu verwirklichen und
- die voraussichtlichen Auswirkungen des Projekts.

Der fachliche Austausch mit der betroffenen Öffentlichkeit bietet dem TdV die Möglichkeit, die angesprochenen Themen in der Planung aufzunehmen und ggf. vertieft zu betrachten. Als wesentliche Schwerpunkte in der öffentlichen Wahrnehmung wurden dabei die Auswirkungen auf den Salzgehalt und die Sedimentation in den Hafenanlagen, Außentiefs, Nebenflüssen und sonstigen Flachwasserbereichen herausgestellt.

### **Vorbereitendes Verfahren**

Das vorbereitende Verfahren startete im Frühjahr 2022 mit einer Besprechung zur Ermittlung des Untersuchungsrahmens für den UVP-Bericht – dem sogenannten Scopingtermin. Gemäß MgvG wurden beim Scoping den nach UVPG zu beteiligenden Behörden und Verbänden Gelegenheit zur Besprechung des Untersuchungsrahmens gegeben. Darüber hinaus wurde entsprechend des MgvG der betroffenen Öffentlichkeit Gelegenheit zur Teilnahme an der Besprechung gegeben. Die im Scoping von Behörden, Verbänden und der betroffenen Öffentlichkeit gegebenen Äußerungen wurden durch die zuständige Behörde bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens berücksichtigt.

Durch die Beteiligung der betroffenen Öffentlichkeit wurde der Scopingtermin thematisch vielschichtiger, da sowohl umweltfachliche als auch gesellschaftliche Aspekte des Vorhabens diskutiert wurden. Die thematischen Schwerpunkte, die bereits in der frühen Öffentlichkeitsbeteiligung hervorgetreten sind, wurden im Scopingtermin weiter spezifiziert.

Im November 2022 erfolgte daraufhin die Festsetzung des Untersuchungsrahmens für die Umweltverträglichkeitsuntersuchungen für die Fahrrinnenanpassung der Außenweser und der Fahrrinnenanpassung der Unterweser (Nord) durch die zuständige Behörde, die Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt. Demnach sind zunächst die Vorhabenwirkungen auf die abiotischen Systemparameter der Weser und der einzubeziehenden Nebenflüsse und -gewässer zu prognostizieren. Auf dieser Grundlage werden weitergehend die Auswirkungen auf die einzelnen Schutzgüter und alle weiteren Umweltbelange sowie Betroffenheiten Dritter ermittelt und bewertet. Insgesamt ist hierfür eine Vielzahl an Untersuchungen notwendig.

## **4. Wasserbauliche Systemanalyse**

Die geplante Vertiefung der Fahrrinne um ca. 1 m und eine abschnittsweise Verbreiterung haben Auswirkungen auf das Gewässer. Diese reichen von Veränderungen der Tidewasserstände über veränderte Sedimentations- und Erosionsmuster an der Gewässersohle bis hin zu weiter in das Ästuar eindringendes Salzwasser der Nordsee.

Als Grundlage für eine spätere umwelt- und naturschutzfachliche Bewertung der Maßnahmen werden die vorhabenbedingten Veränderungen der Gewässerphysik in einer wasserbaulichen Systemanalyse bestimmt.

### Schematischer Ablauf

Um die Wirkungen von wasserbaulichen Maßnahmen wie einer Fahrrinnenanpassung im Tidebereich naturähnlich abzubilden, entspricht es heute dem Stand der Technik, das zu betrachtende System, wie die Tideweser, mit einem numerischen Modell nachzubilden (PIANC, 2021). Die BAW verwendet dazu das strukturierte Vorgehen einer wasserbaulichen Systemanalyse (Abbildung 4). Wesentlich dabei ist der Aufbau eines naturähnlichen numerischen Modells auf Basis umfassenden Systemverständnisses und Messdaten (Schritte 3-5), die Untersuchung des Vorhabens im validierten numerischen Modell (Schritt 6) und die anschließende Analyse und wasserbauliche Bewertung (Schritte 7 und 8) als Grundlage für eine gutachterliche Aussage.

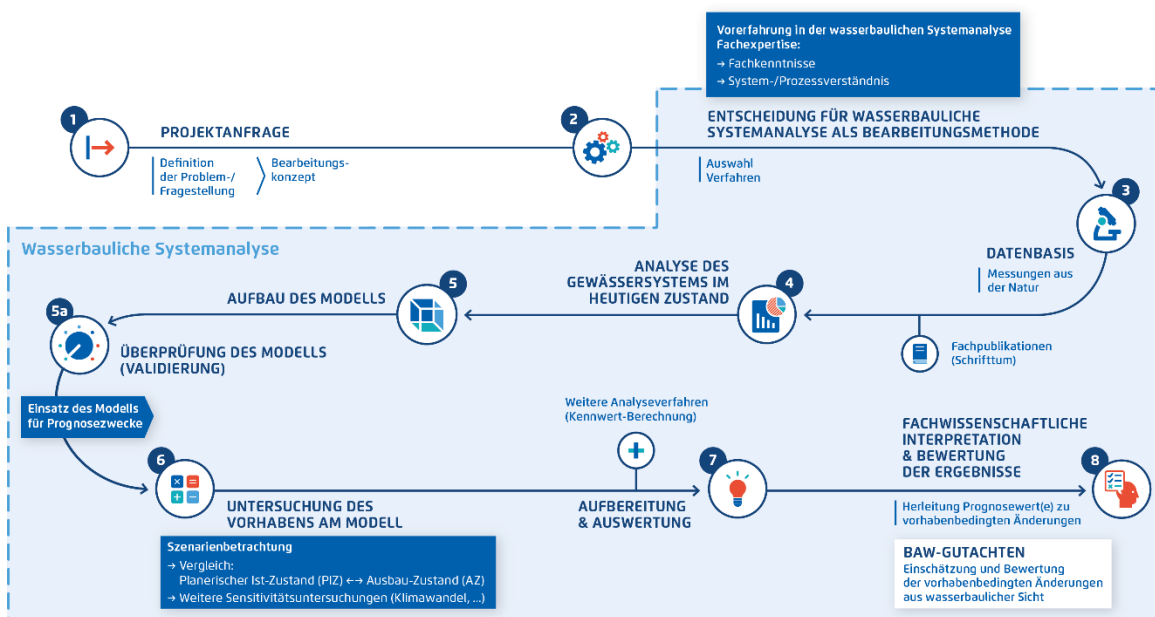
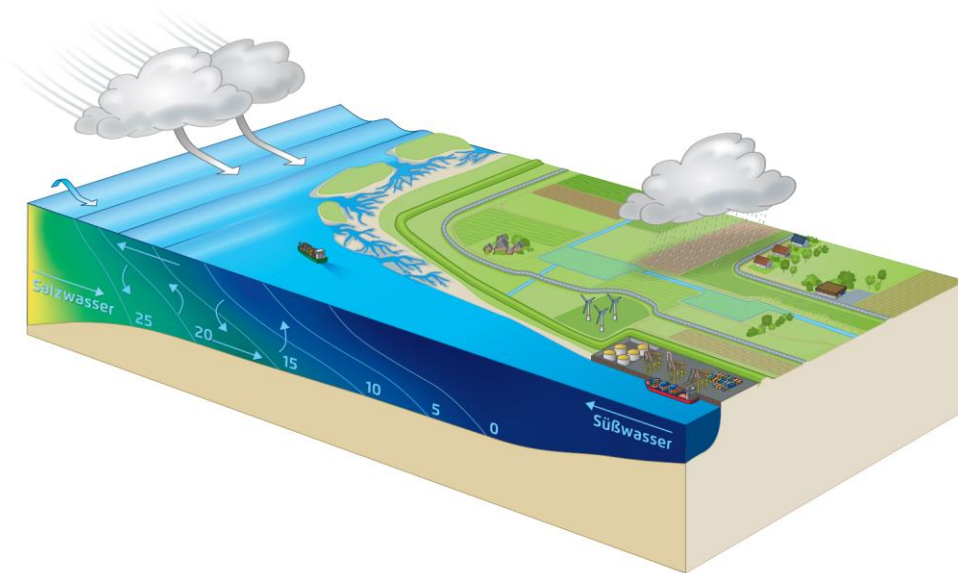


Abbildung 4: Schematischer Ablauf einer wasserbaulichen Systemanalyse

### Hydrodynamik der Weser im heutigen Zustand

Generell sind Ästuare wie die Tideweser durch die Vermischung von Süß- und Salzwasser gekennzeichnet (vgl. Abbildung 5). Der Vermischungsbereich wird als Brackwasserzone bezeichnet, das Eindringen des Salzwassers in das Ästuar als Salzintrusion. Die Salzintrusion als solche ist somit ein natürlicher Prozess. Im Verfahren sind lediglich vorhabenbedingte Veränderungen in diesem natürlichen Prozess zu bestimmen.

Die Salzintrusion wird neben der Tideströmung durch die höhere Dichte des Salzwassers angetrieben. Dieses dringt von See kommend in das Ästuar ein und vermischt sich mit dem Süßwasser des Flusses. Die dadurch veränderte Dichtestruktur interagiert wiederum mit der Strömung und es kommt zu komplexen Rückkopplungsprozessen mit Auswirkung auf andere Prozesse wie dem Sedimenttransport, insgesamt wird dies als ästuarine Zirkulation bezeichnet (Geyer und MacCready, 2014). Für umfangreiche Maßnahmen wie die Weseranpassung ist als Grundlage für gutachterliche Aussagen daher die Untersuchung von Vorhabenswirkungen anhand von dreidimensionalen Modellen notwendig.



**Abbildung 5: Schematische Darstellung der Salzintrusion in einem Ästuar mit ausgewählten Linien gleichen Salzgehaltes (Isohalinen)**

Die Lage der Brackwasserzone verändert sich auf unterschiedlichen Zeitskalen, insbesondere täglich in Abhängigkeit der Tideverhältnisse in der Deutschen Bucht (Nipp-Springtiden) und saisonal in Abhängigkeit des Oberwasserzuflusses. Mit jeder Flut wird die Brackwasserzone der Weser durch die Flutströmungen ca. 15 km stromauf verschoben und bei Ebbe wieder stromab. Die oberwasserabhängige Lage der gesamten Brackwasserzone kann sich saisonal für den Zeitraum von Wochen und Monaten um mehr als 25 km im Weserästuar verschieben. Die zwischenjährliche Variabilität wird durch den klimawandelbedingten Anstieg des mittleren Meeresspiegels überlagert, der kontinuierlich zu einer Zunahme der Salzintrusion führt. In diesem hochvariablen System gilt es, im Verhältnis geringe Veränderungen in der Lage der Brackwasserzone, die der Weseranpassung zuzuordnen sind, zu bestimmen.

### **Wirkprinzip**

In der Vergangenheit durchgeführte wasserbauliche Maßnahmen zur Anpassung an die Erfordernisse von Seeschifffahrt, Küstenschutz und Wasserhaushalt haben den Naturraum Ästuar verändert und sich unter anderem auf Wasserstände, Strömungen und Salzgehaltsverteilung ausgewirkt. Diese Anpassungen reichen mehr als ein Jahrhundert zurück. Die erste umfassendere Anpassung „Weserkorrektion“ erfolgt von Ludwig Franzius bereits im 19. Jahrhundert (Lange, 2008). Grundsätzlich wird durch eine Vertiefung einer Fahrrinne der Rinnenbereich hydraulisch leistungsfähiger, das heißt, die von der Nordsee in die Tideweser einschwingende Tidewelle dringt weiter vor und führt zu einer Zunahme des Tidehubes im Ästuar.

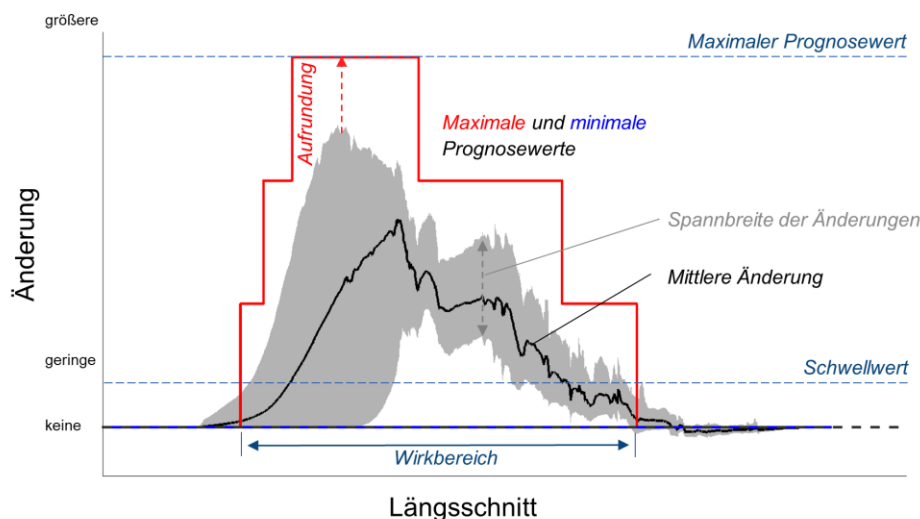
Mit Veränderungen der Tidedynamik ist eine Beeinflussung der Strömungs- und Transportprozesse und damit der Salzgehaltsverteilung verknüpft. Vorhabenbedingte Änderungen des Salzgehalts ergeben sich sowohl durch eine veränderte Advektion (strömungsbedingter Transport) von Salz als auch einer veränderten ästuarinen Zirkulation (i. W. dichtegetriebener Transport). Für die Veränderung der Advektion ist die vorhabenbedingte Erhöhung des Tidevolumens und eine Erhöhung der Tidestromgeschwindigkeit maßgeblich, die den stromaufgerichteten Transport von Salz stärkt. In der Weser ist die Korrelation von Salzgehalts- und Geschwindigkeitsvariationen für den Salztransport von besonderer Bedeutung (Kolb et al., 2022). Diese beschreibt, dass der Stromauftransport

von Salz dann besonders effizient ist, wenn zeitgleich hohe Flutstromgeschwindigkeiten und hohe Salzgehalte im seeseitigen Teil der Brackwasserzone vorliegen. Die Verstärkung der ästuarinen Zirkulation (i. W. dichtegetrieben) hingegen erfolgt primär durch die Vertiefung im seeseitigen Teil der Brackwasserzone.

Die Gesamtwirkung der unterschiedlichen wasserbaulichen Maßnahmen (z.B. Fahrrinnenausbauten, begleitender Strombau und Hafententwicklung) und morphologischen Veränderungen im Weserästuar seit den 1970er Jahren wird von Kolb et al. (2022) mit ca. 3,5 km stromauf- Verschiebung der Brackwasserzone angegeben und deckt sich im Wesentlichen mit den Prognosen vergangener Ausbaumaßnahmen.

### Prognosebildung

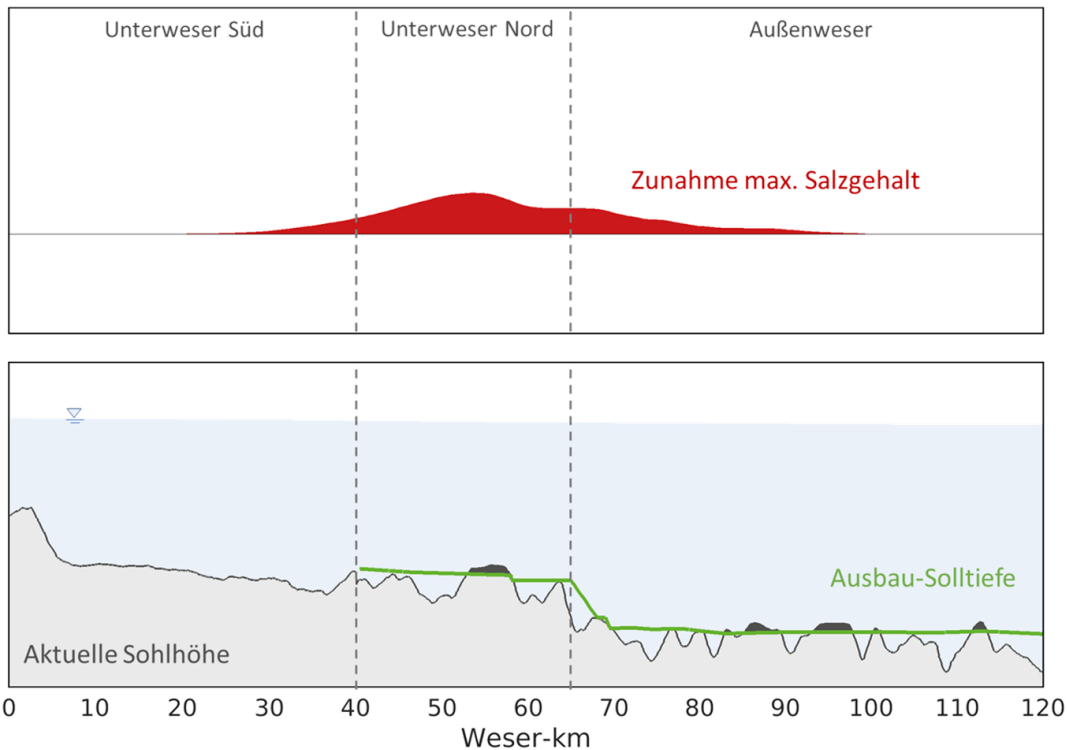
Der Vergleich zwischen Referenzzustand mit heutigen Solltiefen (planerischer IST-Zustand, PIZ) und dem Szenario mit umgesetzten Maßnahmen und neuen Solltiefen (Ausbauzustand, AZ) lässt sich anhand des numerischen Modells für beliebige Systemzustände (z.B. Tide, Oberwasser) betrachten. Bisher wurde die Variabilität durch einzelne ausgewählte Szenarien von mittleren- und Extremzuständen abgebildet. Im Rahmen der Neubearbeitung der Weseranpassung wurde ein erweiterter Ansatz gewählt. Durch die Simulation eines vollständigen hydrologischen Jahres wurde eine Vielzahl von möglichen Systemzuständen abgedeckt. Dadurch ergeben sich sehr umfassende Bewertungsgrundlagen, die die hohe räumliche und zeitliche Variabilität des Systems abbilden. Für eine anschließende umwelt- und naturschutzfachliche Bewertung werden jedoch zusammenfassende, repräsentative Werte benötigt. Für die Ableitung dieser Werte ist die hohe natürliche Variabilität des Systems eine besondere Herausforderung. Um die Berechnungsergebnisse aufzubereiten, wurden Kennwerte jeder einzelnen Tide (z.B. maximaler Salzgehalt) des betrachteten Jahres ermittelt, die vorhabenbedingten Veränderungen (Differenzen) dieser Kennwerte berechnet und die Verteilung über das Jahr statistisch analysiert. Die resultierende Häufigkeitsverteilung zeigt die Spannweite möglicher rechnerischer, vorhabenbedingter Änderungen entlang der Fahrrinne (Abbildung 6). Aus dieser Spannweite werden wiederum aggregierende, klar abgestufte Prognosewerte abgeleitet, die eine repräsentative und vorsorgeorientierte Aussage über die zu erwartenden vorhabenbedingten Änderungen treffen. Diese Prognosen beschreiben zunächst nur die Veränderung der Gewässerphysik, die umwelt- und naturschutzfachliche Bewertung baut auf diesen Prognosen auf.



**Abbildung 6: Prognosebildung mit Spannweite der Rechenwerte (grau) und abgeleiteten minimalen und maximalen Prognosewerten (schematisch)**

### Bestimmung der Umweltauswirkungen

Die numerischen Modelluntersuchungen in PIZ und AZ zeigen, dass sich bei gleichbleibenden äußeren Einflüssen (Tide, Oberwasser) eine tendenzielle Stromaufverschiebung der Brackwasserzone ergeben wird. In der Natur wird diese Verschiebung als eine Zunahme der Salzgehalte an einzelnen Messpunkten festzustellen sein (vgl. Abbildung 7).



**Abbildung 7: Vorhabenbedingte Änderung des Salzgehaltes (Prinzipiskizze)**

Durch die vorhabenbedingte Veränderung der den Salztransport bestimmenden Prozesse wird es auch zu einer Zunahme der Salzgehalte in der Unterweser kommen, wenn nur die Außenweser vertieft werden würde.

### 5. Zusammenfassung

Die Weseranpassung kann als ein Pilotvorhaben für ein Verfahren nach Maßnahmengesetzvorbereitungsgesetz (MgvG) im Küstenbereich gesehen werden. Die ursprünglich im Jahr 2000 begonnene Planung zur Anpassung von Außenweser und Unterweser (Nord) wird seit 2021 nach MgvG durchgeführt. Der bisherige Ablauf in der neuen rechtlichen Struktur war erfolgreich, Ende 2022 erfolgte die Festsetzung des Untersuchungsrahmens.

Für die nun folgende Umweltverträglichkeitsuntersuchung sind aktualisierte gutachterliche Aussagen der wasserbaulichen Wirkung notwendig. Diese basieren heute auf erweiterten Bearbeitungskonzepten, die die natürliche Variabilität des Systems nutzen, um vorhabenbedingte Änderungen für unterschiedliche Systemzustände (Oberwasser, Tideverhältnisse) umfassender abzuleiten, um weiterhin eine hohe Vorsorgeorientierung mit Prognosen auf der sicheren Seite zu gewährleisten.



## 6. Literaturverzeichnis

Geyer, MacCready (2014): The Estuarine Circulation. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 46, S. 175-197.

Kolb, P.; Zorndt, A.; Burchard, H.; Gräwe, U.; Kösters, F. (2022): Modelling the impact of anthropogenic measures on saltwater intrusion in the Weser estuary. *Ocean Sci.* 18 (6), S. 1725–1739. DOI: 10.5194/os-18-1725-2022.

Lange, D.; Müller, H.; Piechotta, F.; Schubert, R. (2008): The Weser Estuary. *Die Küste*, 74, S. 275–287.

PIANC (2021): WG198 - Saltwater Intrusion in Inland Waterways. Technical Report: WG198, PIANC – The World Association for Waterborne Transport Infrastructure.





# Das weltweit genaueste Decision-Support-System für sichere und effiziente Häfen

Physikalisch fundierte und validierte Symbiose aus Vorhersage-Modellierung und  
Anforderungen von Häfen und Terminal-Betreibern



27/07/2018	10:45:18
BC	1.29 m
MM	1.69m
Squat	0.79m
Dynamic Heel	0m
Hs Swell	0.4 knots
Current	3.2 knots
Wind	9.5 knots
Planned Speed	

MEHR SICHERHEIT

WENIGER VERSPÄTUNGEN

WENIGER AUSFALLZEITEN

FLEXIBLER MODULARER AUFBAU

INTEGRATION IN BESTEHENDE INFORMATIONSSYSTEME

24.7 SUPPORT-TEAM



ISO 27001 zertifizierte Cyber-Sicherheit

**NCOS ONLINE** informiert, warnt und unterstützt fundierte Entscheidungen bei täglichen Operationen und im Unwetterfall:

- **Hoch aufgelöste Wettervorhersage** - Welche Windbelastungen sich im Hafen einstellen werden
- **Containersicherheit auf dem Terminal** - Welche Container gesichert werden müssen (und welche nicht!)
- **Sicherheit am Liegeplatz\*** - Welche Schiffe besser vertäut werden sollten
- **Schiffsmanöver und Schlepper** - Wie viele Schlepper für ein Manöver erforderlich sind
- **Dynamische Kielfreiheit** - Wie groß die tatsächliche Kielfreiheit während einer anstehenden Schiffspassage mindestens sein wird
- **Unterhaltungsbaggerung und Sedimentationsvorhersage** - Wie die nautische Tiefe effizienter unterhalten werden kann

Zu unseren Entwicklungspartnern gehören die größten Häfen der Welt.

\* Die Entwicklung des Vertäu-Moduls erfolgt in enger Zusammenarbeit mit der Hamburg Port Authority A.ö.R.



Wollen Sie mehr wissen? [mail@dhi-wasy.de](mailto:mail@dhi-wasy.de)

Wir unterstützen mehr als 600 Häfen weltweit – seit 60 Jahren





# Planung und Bau der Columbuskaje mit messtechnischer Begleitung

M.Sc. B. Borchers, bremenports GmbH & Co. KG, Bremerhaven  
 Dr.-Ing. J. Gattermann, Technische Universität Braunschweig  
 Dipl.-Ing. (FH) K. Holste, HydroMapper GmbH, Hamburg

Die alten Ufereinfassungen der Columbuskaje in Bremerhaven wurden in den Jahren 1924 bis 1926 erbaut und im Jahr 1928 verstärkt. Die Kaje hat den technisch erwartbaren Nutzungszeitraum von 80 Jahren somit deutlich überschritten und wird daher im Zeitraum von 2021 bis 2024 abschnittsweise und unter laufendem Betrieb durch eine 20 m vor dem Bestand angeordnete kombinierte Spundwand ersetzt. Hierbei kommen verschiedene messtechnische Verfahren zum Monitoring von Spundwänden zum Einsatz. Der Vortrag gibt sowohl einen Überblick über die Bemessungsansätze der Spundwand als auch über die messtechnische Begleitung. Die erzielten Messergebnisse werden im Rahmen des Vortrages diskutiert, bewertet und den Bemessungsansätzen gegenübergestellt.

## 1. Projektgebiet und Baufeld

Die Columbuskaje liegt im stadtbremischen Überseehafengebiet (Abb. 8) und erstreckt sich auf einer Länge von rd. 1000 m von der weserseitigen Südspitze der Columbusinsel (Einfahrt Vorhafen Kaiserschleuse) bis zur sogenannten Kaje 66 im Norden bzw. der Einfahrt in den Vorhafen der Nordschleuse (Abb. 10). Zwischen den Stationen 1+054 und 0+435 findet hier Kreuzfahrtbetrieb statt, zwischen den Stationen 0+435 und 0+000 Stückgutumschlag.



Abb. 8: Lage der Columbuskaje in Bremerhaven

## 2. Kajenneubau

Die Baugrundsichtung im Projektgebiet zeigt sich als sehr inhomogen und speziell hinsichtlich der Tiefenlage und Dicken der unterschiedlichen Böden stark unterschiedlich. In den überwiegenden Bereichen steht ab der Gewässersohle zunächst Schlack über dem Kleiboden an. Unter dem Klei folgen Sandböden mit stark unterschiedlichen Lagerungsdichten, halbsteife bis feste Schluffböden sowie Lauenburger Tone (vgl. Abb. 9).

Bei Beibehaltung der bisherigen Geländeoberkante auf NHN +4,93 m sowie einer neuen Bemessungssohle von NHN -13,50 ergeben sich der Geländesprung zu 18,50 m und die nutzbare Wassertiefe zu 10,50 m (LAT).

Als Regelquerschnitt des rund 850 m langen Neubaus wurde eine einfach verankerte, kombinierte Spundwand HZ 1080 bzw. HZ 1180 (S 430) in Kombination mit Füllbohlen AZ 26-700 (S 355) gewählt. Der Einbau der Tragbohlen erfolgte mittels Vibrationsverfahren, die letzten 5 Meter wurden schlagend gerammt. Die Verankerung erfolgte mittels schlagend gerammter Schrägpfähle PSt 600/188 und PSt 600/159 bzw. HTM 600/158 (S 355).

Die 200 t- Einzelpoller sind in einem Abstand von 12 bzw. 24 Metern angeordnet und über einen exzentrischen Stahlbetonholm in Blockbauweise (b/h = 2,10 x 3,50 m; Blocklänge l ≈ 24 m) angeschlossen. Die Befederung der Kaje erfolgte konstruktiv mit Fendern vom Typ Ocean Guard D=3.000 mm in einem alternierenden Raster von 33,57 m /38,37 m.

Der Korrosionsschutz wird über eine Beschichtung sichergestellt und mittelfristig um eine Fremdstrom-Anlage ergänzt, bei der die alte Bestandswand als Kathode fungiert.

Entsprechend der aktuellen und perspektivischen Nutzung wurde die Kaje für eine Flächennutzlast von 20 kN/m<sup>2</sup> sowie für Mobilkrane & schweres Umschlaggerät gemäß EAU 2020 bemessen.

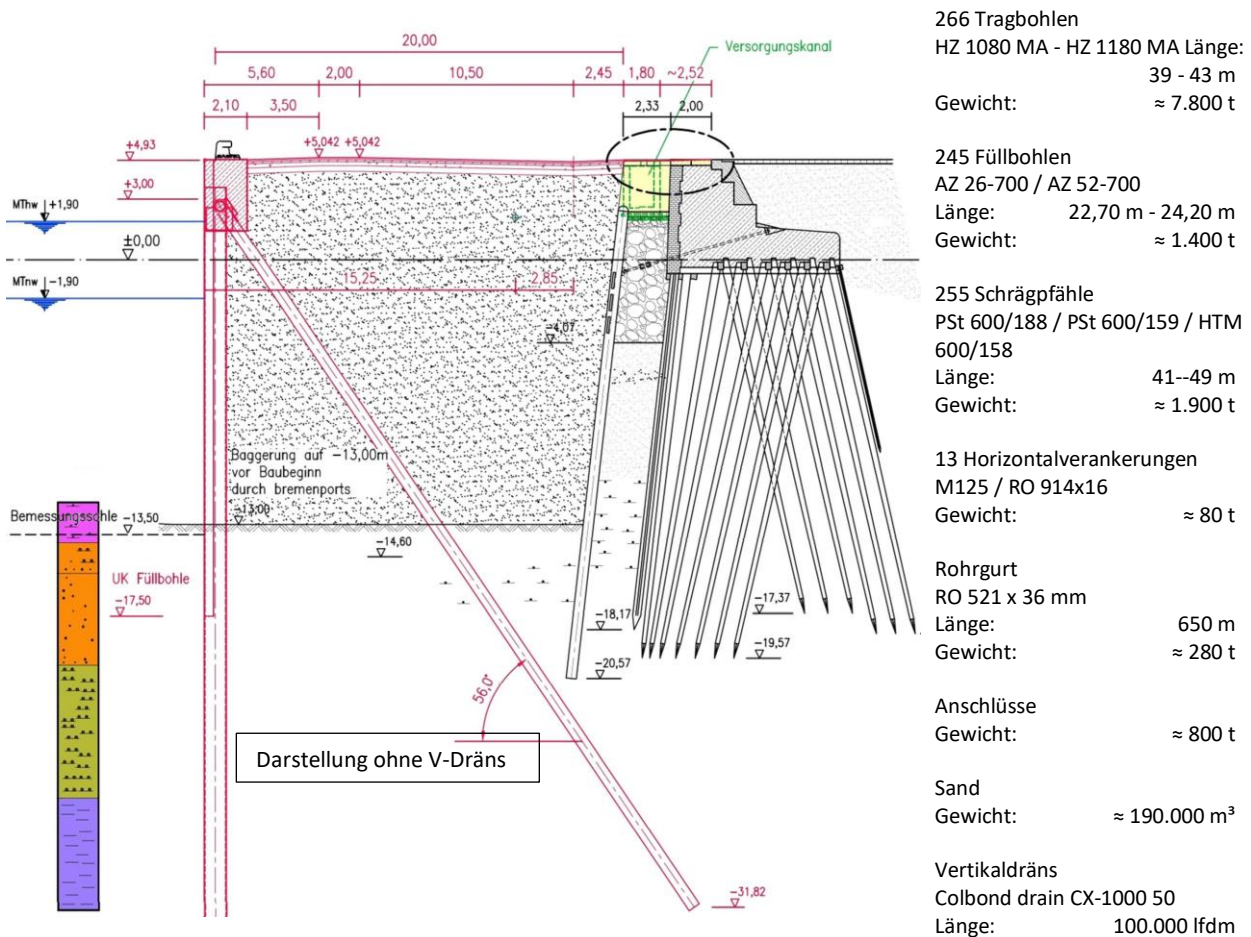


Abb. 9: Schematischer Querschnitt und eingebautes Material am BA 1 und BA 2

### 3. Messkonzept

Ziel des Messkonzeptes war es, die tatsächlich auftretenden Lasten und Verformungen der Uferwand zu erfassen und die Erkenntnisse aus dem ersten Bauabschnitt in der Bemessung der folgenden Bauabschnitte optimierend bzw. korrigierend zu berücksichtigen.

Die zu beobachtenden Kenngrößen zeichneten sich bereits während der Planungsphase ab. Durch die -mit Einführung der EAU 2020- geänderten Lastansätze für Poller in Kombination mit einer Schrägpfahlneigung von  $56^\circ$  ergaben sich Schrägpfahllängen von bis zu 57,5 m. Um die erforderlichen Pfahllängen im 1. BA reduzieren zu können, wurden vorgezogene Pfahlprobelastungen geplant. Für die Bemessung des zweiten und dritten Bauabschnittes sollte zusätzlich noch der Anwachsfaktor in den bindigen Böden, sowie der Abbau der Pfahlkräfte bzw. die wirksamen Mantelreibungsspannung messtechnisch erfasst werden.

Neben dem Nachweis der äußeren Tragfähigkeit fand weiterhin der Nachweis der inneren Tragfähigkeit von Anschlüssen und Schrägpfählen Eingang in das Messkonzept. Um unplanmäßige Beanspruchungen aus dem Hinterfüllen der Kaje sowie dem Einbringen zusätzlicher Gründungselemente abzudecken, sieht die EA-Pfähle eine auf 70% reduzierte Ausnutzung der Schrägpfähle bzw. Pfahlanschlüsse vor. Da auf eine tiefgegründete Pierplatten verzichtet wird, sollte der alleinige Einfluss der Hinterfüllung auf die Schrägpfähle bestimmt werden. Hierfür müssen die Anschlusskräfte und Schrägpfahlverformung mit den zugehörigen Setzungen in Korrelation gesetzt werden. Geplant war eine dauerhafte Messung, um die Anschlusskräfte -im Hinblick auf Vertäulasten- auswerten zu können.

Ein weiterer Schwerpunkt des Messkonzeptes galt dem Nachweis der Spundwand. Um unplanmäßige Bauzustände -und perspektivisch Nutzlasterhöhungen- rechnerisch nachweisen zu können, sollen die Verformung der Tragbohlen baubegleitend und im Rahmen der späteren Nutzung regelmäßig gemessen werden. Um die lokale Aussage von Inklinometer-messungen zu ergänzen, wurde zusätzlich ein 3D-Oberflächenscan der Spundwand über und unter Wasser vorgesehen. Dieses Verfahren stellt eine weitere Möglichkeit der Bauüberwachung hinsichtlich der Detektion von Auffälligkeiten unter Wasser dar. Der kombinierte Einsatz beider Messsysteme ermöglicht auch einen direkten Vergleich. Dies ist im Hinblick auf das Monitoring alter Bestandskajen von besonderem Interesse. Eine Übersicht mit den finalen Messstellen ist Abb. 10 zu entnehmen.

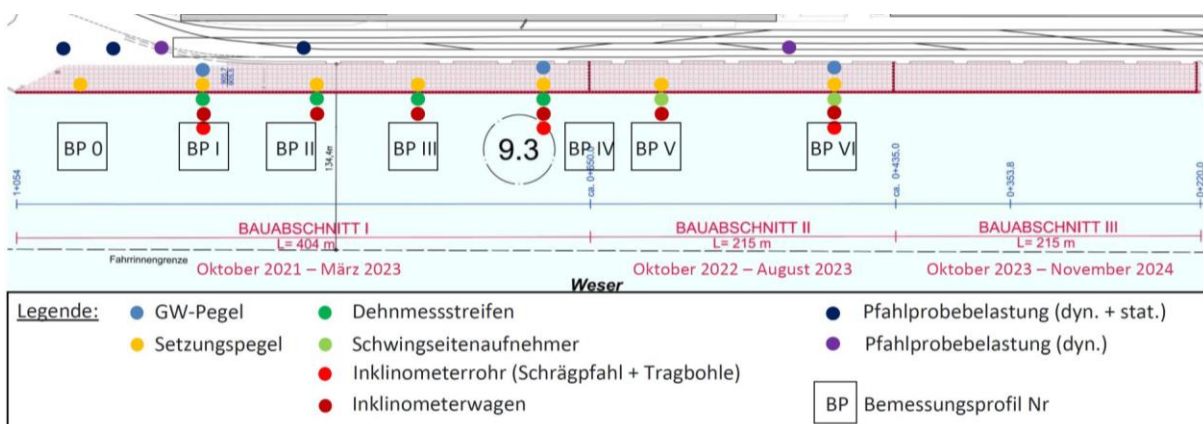


Abb. 10: Übersichtsplan Messstellen BA 1 und BA 2



#### 4. Pfahlprobelastungen

##### Vorgezogene Probelastungen an lotrechten Ankerpfählen

Zur wirtschaftlichen Bemessung der Ankerpfahllängen wurden im August 2021 insgesamt fünf dynamische (8.000 kN Druck) und drei statische Pfahlprobelastungen (6.000 kN Zug) an fünf lotrecht eingebauten Stahlträgerprofilen HZ 630 M (mit Lamellen verstärkt) durchgeführt. Die Anwachszeit nach Einbau sowie zwischen den unterschiedlichen Probelastungen betrug jeweils 21 Tage. Infolge der Pfahlprobelastungen konnten die rechnerisch ansetzbaren Pfahlmantelreibungsspannungen in den bindigen Schichten um rund 10% erhöht und die Teilsicherheit vor Baubeginn von 1,50 auf 1,15 reduziert werden. Auf diesem Weg war ein Einkürzen der Bauwerkspfähle zwischen 5 m und 9 m möglich, was, neben den Vorteilen in der baulichen Umsetzung, eine erhebliche finanzielle Einsparung darstellte.



**Abb. 11: Probelastungen an lotrechten Ankerpfählen im 1.BA (links dynamische Probelastung, rechts statische Probelastungen)**

Um die Tragfähigkeitszunahme der gerammten Pfähle mit der Zeit zu quantifizieren (set-up-Effekt), wurden nach weiteren 210 Tagen erneut dynamische Pfahlprobelastungen an drei von fünf Testpfählen durchgeführt. Aufgrund einer ungleichmäßigen Schlageinleitung konnten die ersten Schläge für die Auswertung nicht herangezogen werden. Die Wiederholungstests belegen dennoch einen Zuwachs der Mantelreibung von mindestens 10%. Bei optimaler Krafteinleitung in den ersten Schlägen wären aber vermutlich höhere Mantelreibungsspannungen gemessen worden. Es sind demnach noch Systemreserven vorhanden.



**Abb. 12: Dynamische Wiederholungsprüfung an lotrechten Ankerpfählen im 1. BA**

**Tab. 1: Vergleich zulässiger Mantelreibungsspannungen  $q_{sk}$  [kN/m<sup>2</sup>] von Stahlträgerprofilen am BP I**

Boden	EA Pfähle <sup>1)</sup>	Prognose	Vorgezogene Probebelastung	Ergänzende Probebelastung
Schluff $c_u = 150 \text{ kN/m}^2$	36	70	80	90
Ton $c_u = 200 \text{ kN/m}^2$	42	90	100	110

1) Inkl. Modellfaktor

### Pfahlprobebelastungen an Tragbohlen (Bauwerksbohle)

Neben den vorgezogenen Pfahlprobebelastungen an lotrechten Ankerpfählen wurden im Februar 2022 außerdem an insgesamt sechs und im November 2022 an zwei weiteren Bauwerksbohlen dynamische Pfahltests durchgeführt. Hierbei hat sich gezeigt, dass die -durch Probebelastungen gestützten- prognostizierten Tragfähigkeiten mindestens erreicht, teilweise sogar überschritten wurden.

Insgesamt konnte bestätigt werden, dass insbesondere bei bindigen Böden eher auf lokale Erfahrungswerte und ergänzende Pfahlprobebelastungen zurückgegriffen werden sollte, um eine wirtschaftliche Bemessung zu gewährleisten.

## 5. Tide- und Grundwassermessungen

### Bauzeitliche GW-Messung

Die geplanten, dauerhaften Grundwassermessstellen konnte aus Gründen des Bauablaufs erst nach Abschluss der Sandauffüllungen installiert werden. Während der Baumaßnahme erfolgten die erforderlichen Messungen an provisorischen Messstellen mittels Kabellichtlot.

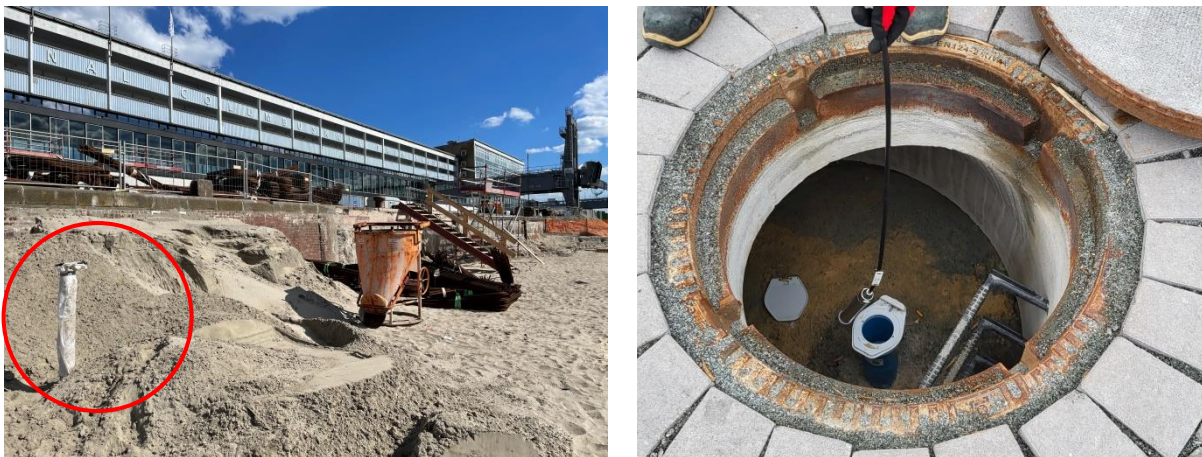


Abb. 13: Grundwassermessstellen im 1.BA (links bauzeitliche Messstelle, rechts dauerhafte Messstelle)

### Dauerhafte Grundwassermessung

Für die dauerhafte Grundwassermessung wurden aufgrund der in Bremerhaven gemachten Erfahrungen Absolutdruckwertgeber eingebaut. Diese wurden in Pegelschächte eingesetzt, die als Filterrohre ausgebaut sind. Zwei Referenzluftdruckgeber dienen zur Justierung und Kalibrierung der realen Grundwasserpegelverhältnisse. Der Luftdruck wird vom Absolutdruck abgezogen um die reale Wasserhöhe zu detektieren und in die Datenbank zu schreiben. Als Referenzwert wird außerdem der Weserwasserstand über Sensorik erfasst.



## 6. Setzungsmessungen

Für die Abrechnung des eingebauten Materials sowie als Vergleich für die Deformationsmessungen der Schrägpfähle wurden klassische Setzungspegel installiert. Diese wurden im Zuge der baubegleitenden geodätischen Vermessung händisch eingemessen.

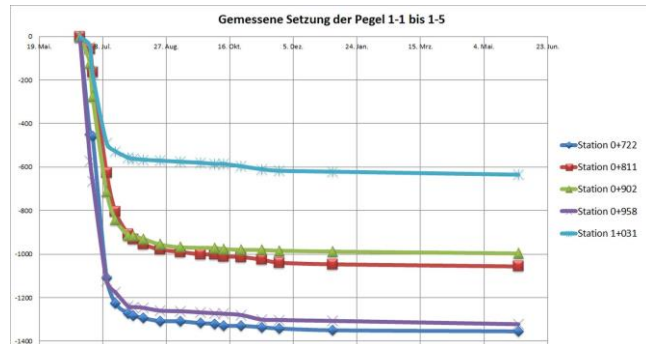


Abb. 14: Setzungsmessung mittels Setzungspegel im 1.BA (links Setzungspegel, rechts gemessenen Setzungen)

## 7. Deformationsmessungen an Tragbohlen

Im Hinblick auf das zukünftige Bauwerksmonitoring der Bestandskajen im Land Bremen auf sollten auch verschiedene Messsysteme miteinander verglichen werden. Insgesamt wurden drei Messverfahren angewandt:

1. Inklinometermessung mit klassischer Inklinometersonde (Institut für Geomechanik und Geotechnik; TU Braunschweig)
2. 3D-Oberflächenscan System „HydroScanning“ (HydroMapper GmbH)
3. Inklinometermessung mit Führungswagen auf der Spundwand (Hansataucher GmbH)

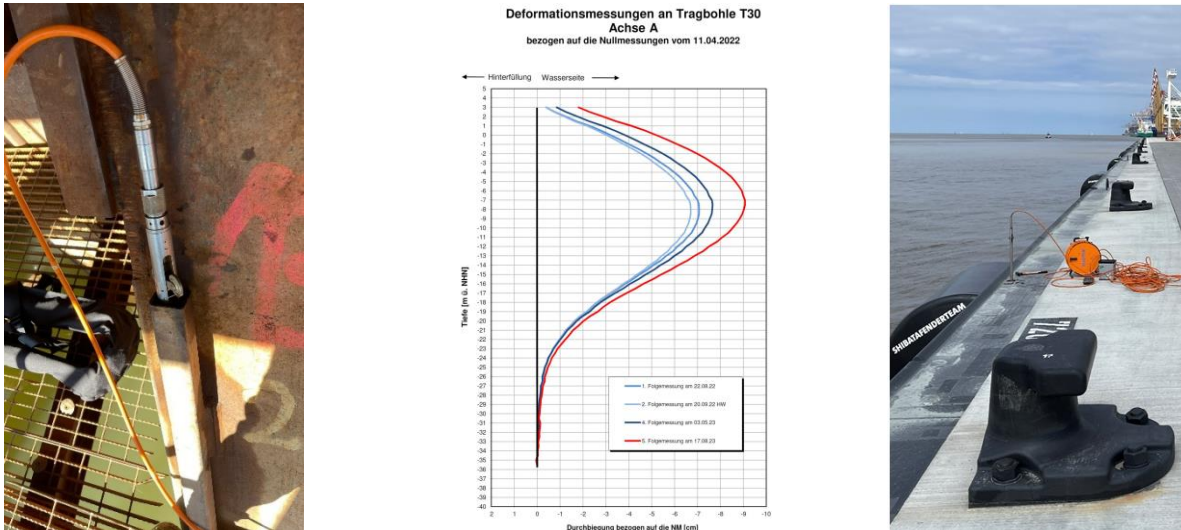
Allen Verfahren gemeinsam ist der Umstand, dass nur die Lage im Raum gemessen werden kann. Für die absolute Messung von einwirkungsbedingten Verformungen ist es daher erforderlich, die Lage der unbelasteten Profile im Raum unter Beachtung der Imperfektionen zu kennen. Hierfür wurden unmittelbar nach Fertigstellung der Ankeranschlüsse Nullmessungen durchgeführt. Die einwirkungsbedingten Verformungen ergeben sich dann aus der Differenz von Nullmessung und Folgemessung. Für das Monitoring wurden die Messetappen wie folgt festgelegt:

1. Fertigstellung der Ankeranschlüsse (Nullmessung)
2. Erste Auffüllstufe bis +2,00 mNN (Bauzustand)
3. Finale Auffüllung bis +5,00 mNN
4. Weitere Folgemessungen nach Bedarf

### 7.1 Messung einzelner Tragbohlen mittels Inklinometersonde in Führungsrohren

Für die Inklinometermessungen wurden vor der Rammung Quadrat-Hohlprofile (am unteren Ende verschlossen und mit einem Rammschuh versehen) an den zu überwachenden Tragbohlen angeschweißt. In diesen Führungsrohren wird mittels Inklinometersonde der Neigungsverlauf des Messrohres und damit der Tragbohle gemessen. Die Messung beginnt an der Unterkante des Inklinometerrohres. Die Sonde wird dabei in den Ecken der Hohlprofile geführt und in 50 cm-Schritten hochgezogen. An den Haltepunkten wird die Neigung der Sonde in zwei Hauptachsen erfasst und an das Auswertegerät übertragen. Um Nullpunktverschiebungen zu kompensieren, wird in einem zweiten

Messdurchgang die Sonde um 90 Grad umgeschlagen. Da die Sonde um 45° gedreht zur erwarteten Bewegungs-richtung geführt wird, müssen die Ergebnisse der A- und B-Achsen verrechnet werden.



**Abb. 15: Inklinometermessung an Tragbohle mittels Inklinometersonde im Führungsrohr (links vor Hinterfüllung, mittig Verformungskurven, rechts im Endzustand)**

## 7.2 Flächiges Scanning der Columbuskaje mit dem Multisensorsystem HydroMapper

Die Erfassung von Geodaten mit mobilen Trägerplattformen in städtischen und ländlichen Räumen ist der breiten Öffentlichkeit bekannt. Die Datenerfassung mit Kraft- oder Luftfahrzeugen hat sich in den vergangenen Jahren so stark vereinfacht, dass den Nutzern stetig aktualisierte Karten oder 3D Modelle von Städten über die bekannten kostenlosen Datenplattformen zur Verfügung gestellt werden können.



**Abb. 16: Einsatz Messboot „LUX“ beim HydroScanning mit Photogrammetriesystem HD Scanning**

Die hochpräzise Geodatenerfassung von Infrastrukturbauwerken im See- und Binnenbereich über und unter Wasser steckt dagegen noch in den Kinderschuhen. Bislang wurde zur Inspektion und Beurteilung von Bauwerken unter Wasser eine stichprobenhafte händische Abtastung von ca. 5 - 10

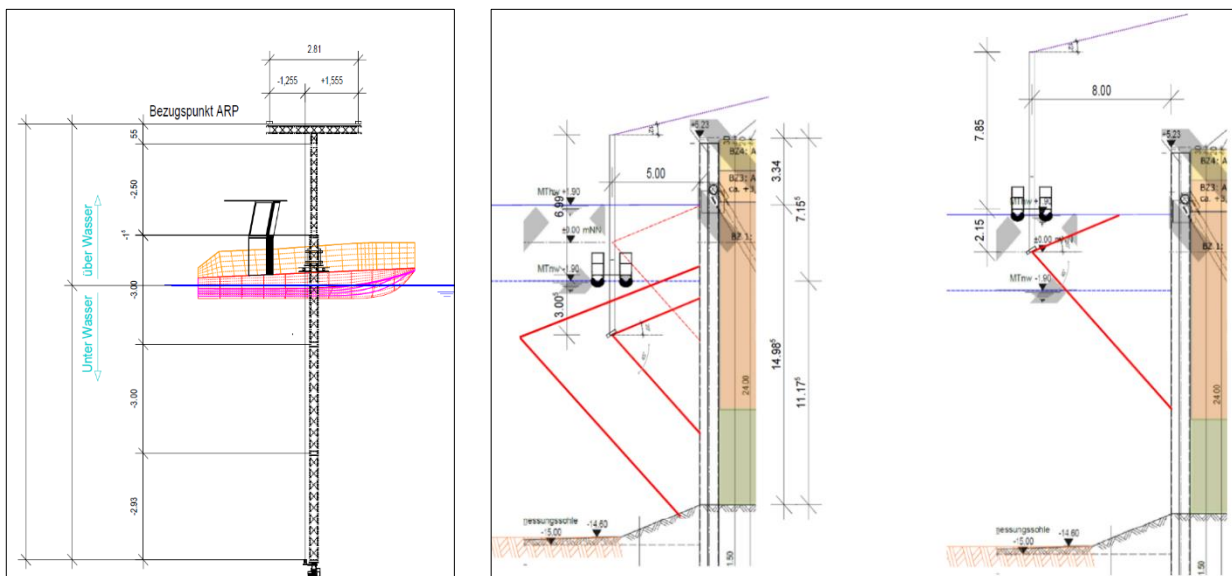
% der Bauwerksfläche durch Taucher durchgeführt. Bei einem unter Wasser befindlichen Bauwerksflächenanteil von 50 – 60 % verbleiben bis zu 50% des Bauwerkes ungeprüft. Durch die Alterung des Bauwerksbestandes und die damit verbundene Sensibilisierung bei betrieblichen Einschränkungen sind Infrastrukturbetreiber an der Vervollständigung ihrer Datengrundlage stark interessiert, um einen Gesamtüberblick über ihre Bauwerke zu erhalten.

Die HydroMapper GmbH wurde von bremenports beauftragt, die drei Bauabschnitte der Columbuskaje (s. Abb. 2) vor Beginn der Hinterfüllung, unmittelbar danach und ca. 2 Monate nach Abschluss der Hinterfüllung über und unter Wasser vollflächig zu scannen.

Ziel des Scanning war dabei, einerseits eine flächenhafte Aufnahme zu erzielen und lokale Auffälligkeiten an der kombinierten Spundwand zu dokumentieren, sowie andererseits den Flächenscan mit den Deformationsmessungen mittels Inclinometersonde an den einzelnen Tragbohlen zu vergleichen und aus dem gemessenen Datensatz eine Biegebeanspruchung zu approximieren.

### Methodik

Der HydroScan der unter NHN rd. 11 Meter tiefen Wand erfolgte mit einem höhenverfahr- und drehbaren Multibeam – System, um ein möglichst vollflächiges Scanning durchführen zu können (s. Abb. 10). Für das Scanning in Bremerhaven wurde der Sensor um rd. 6 m abgesenkt, so dass die jeweiligen Messungen bei Tidehoch- und Tideniedrigwasser mit einem max. Objektabstand von 5 – 6 Metern durchgeführt werden konnten. Nur so können möglichst präzise Messungen durchgeführt werden, die für das Bauwerksmonitoring oder die Bauwerksinspektion verwendet werden können. Aufgrund des Objektabstandes zum Sensor wurden die einzelnen Messfahrten dreistreifig ausgeführt. Zur Erzielung einer vollständigen 3-D Bestandsaufnahme wurden neben der Orthogonalfahrt auch Fahrten mit Vor- und Rückblick durchgeführt. Im Postprocessing waren daher mind. neun Einzelfahrten zu kombinieren, um Punktabstände von 1 bis 2 cm darstellen zu können.



**Abb. 17: Höhenvariables HydroScanning und Befahrung in mehreren Streifen**

Für die Vermessung der Überwasser befindlichen Bereiche der kombinierten Spundwand wurde ein Photogrammetriesystem bestehend aus drei Kameras mit insgesamt 180 MP verwendet. Die

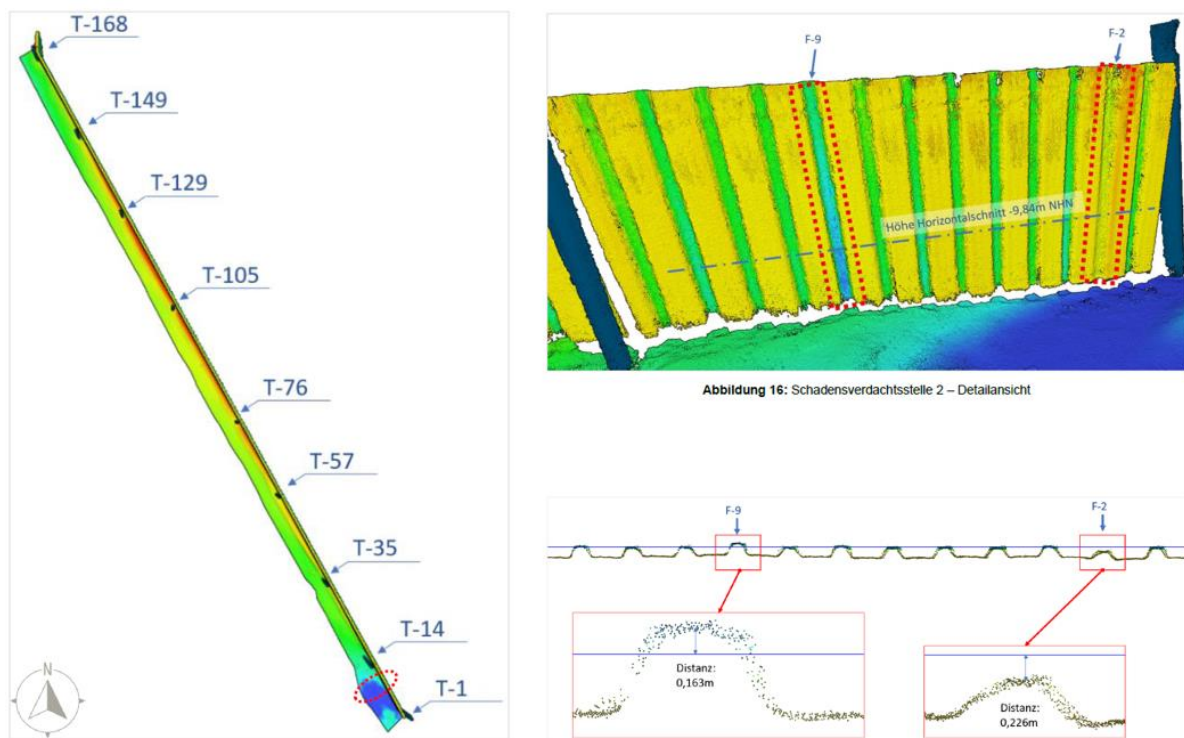


unabhängig durchgeführten Messungen wurden einzeln georeferenziert und für die anschließende flächige Auswertung und die Biegelinienapproximation entsprechend kombiniert.

### Darstellung der flächigen Messergebnisse

Die Punktwolken wurden eingefärbt, um so eine maximale Übersichtlichkeit für die Unterwasser aufgenommene Geometrie herstellen zu können. In Richtung Erdseite zurückstehende Bereiche wurden dabei von der Wasserseite aus kommend zunächst grün und dann blau eingefärbt. Zur Wasserseite hinausstehende Bereiche erscheinen auf der Wasserseite rot und dann in Richtung Landseite orange und gelb eingefärbt. Durch die entsprechende Stationierung der Trag- und Füllbohlen wurde die Punktwolke für die bautechnische Anwendung übersetzt.

Die auffälligen Konstruktionsbereiche (s. Abb. 11 oben rechts) – beispielhaft - für die Füllbohlen F-9 und F-2 konnten dann in der Punktwolke ausgewertet und vermessen werden, um die Überprüfung von Schlossschäden vor Ort veranlassen zu können (s. Abb. 11 unten rechts).

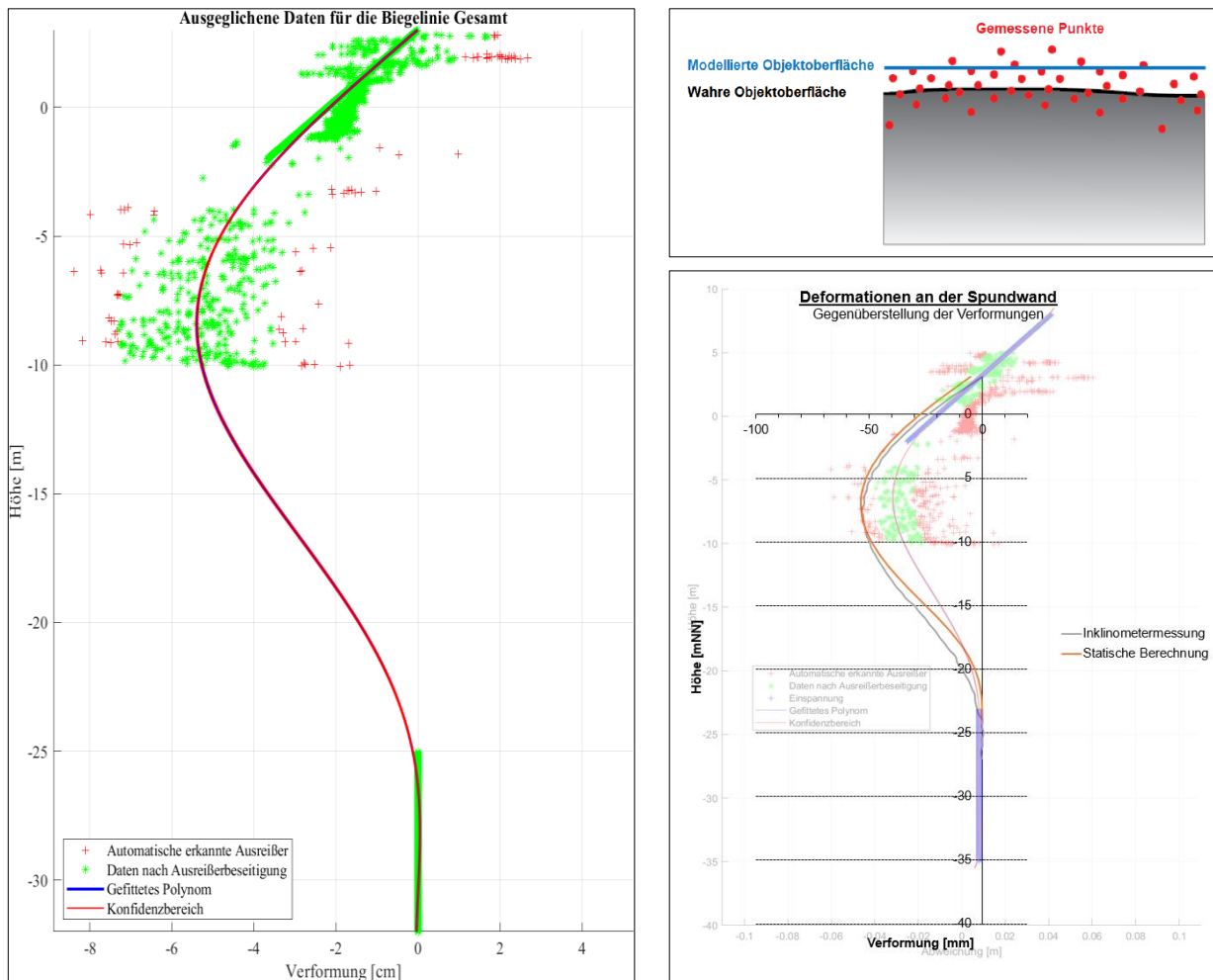


**Abb. 18 Ergebnisse Flächenscan mit Streckung und Stauchung der Füllbohlen**

### Biegelinie und Approximation

Im Anschluss an die flächige Auswertung der Messdaten wurden die an den mit den Führungsrohren für die Inklinometersonde ausgerüsteten Tragbohlen gemessenen Geometriepunkte verwendet, um die Multibeam- und Photogrammetriedaten mit den Ergebnissen der Inklinometermessungen der kombinierten Spundwand zu approximieren.

Durch Verwendung der Photogrammetriedaten konnte dabei im Überwasserbereich eine gute Stützung der - bedingt durch die Unterwasserbedingungen und die Eigenschaften der Hydroakustik - höher rauschende Punktwolke (s. Abb. 12 links) erzielt werden. Unter Berücksichtigung der Bodenprofile wurde der im Baugrund verlaufende Bereich der Spundwand abgeschätzt.



**Abb. 19** Darstellung der Ausreißer / ausgeglichenen Daten T-129 (links), Messrauschen (oben rechts) und Gegenüberstellung der Inklinometermessung mit dem HydroScan

Die Verbesserung der Messdaten durch Verwendung verfeinerter Kalibrierverfahren und die Automation der Approximation unter Beachtung der geometrischen und geologischen Randbedingungen ist Gegenstand von aktuellen Forschungsvorhaben. In den nächsten Jahren sollen die Potentiale zur Verwendung von 3D Scans im Rahmen von Bauwerksinspektionen und –überwachungen noch gesteigert werden.

### 7.3 Messung einzelner Tragbohlen mittels Inklinometersonde auf Führungswagen

Bei der Inklinometermessung mittels Führungswagen handelt es sich um ein Messverfahren, welches auch an bestehenden Kajen ohne Inklinometerführungsrohre verwendet werden kann. Der Wagen besteht aus einem mit Blei beschwertem Blech, welches auf der Vorderseite mit einer Halterung für eine Inklinometersonde und auf der Rückseite mit vier Rädern sowie zwei Magneten ausgerüstet ist. Für die Messung wird der Wagen in 50 cm-Schritten entlang der Spundwand bis zur Hafensohle abgeteuft. Die Magnete verhindern dabei das Loslösen des Wagens von der Spundwand. Abweichend zur Inklinometermessung im Führungsrohr, wird bei der Verwendung des Führungswagens die Messung im Bereich des Kajenkopfes begonnen. Ansonsten entspricht das Prozedere dem der Inklinometermessung im Führungsrohr.

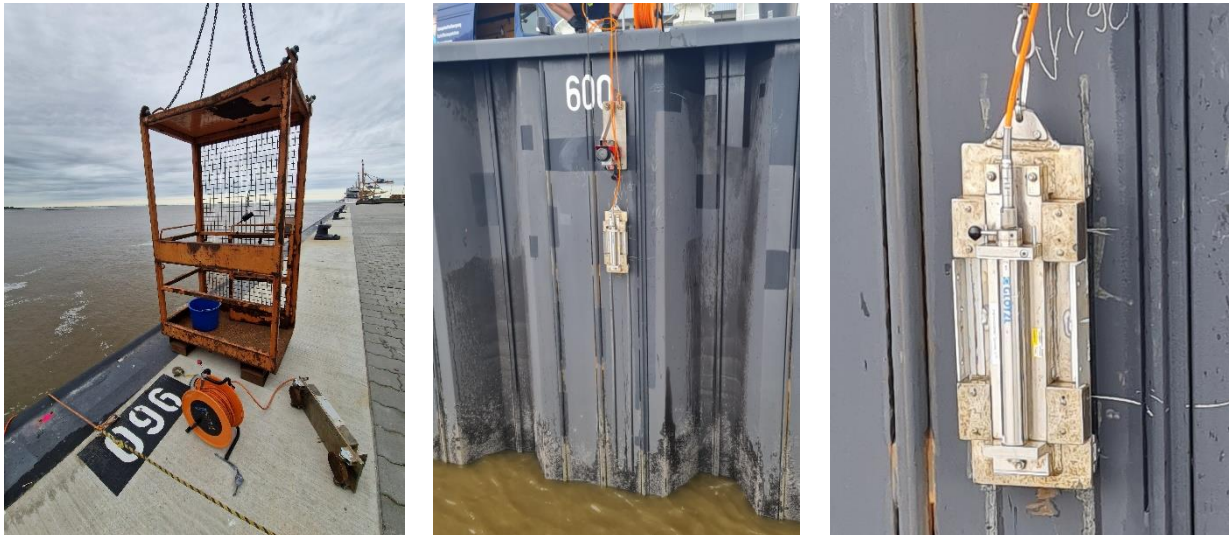


Abb. 20: Inclinometermessung an Tragbohlen mittels Inclinometerwagen

#### 7.4 Vergleich der unterschiedlichen Messverfahren

Nach Abschluss der Inclinometermessungen wurde seitens bremenports aus den Messpunkten - mittels Polynominaler Regression- die jeweilige Biegelinie erzeugt und entsprechend bekannter Regeln abgeleitet. Von HydroMapper wurden die Biege- und Momentenlinien auftragnehmerseits als Auswertung zur Verfügung gestellt.

Anschließend wurden mit der Software GGU-RETAIN zwei Vergleichsrechnungen (Berechnung nach Blum und Bettungsmodulverfahren) durchgeführt. Beide Berechnungen erfolgten ohne Ansatz von Verkehrslasten. Eine Vergleichsrechnungen mit einem 3D-FEM Programm steht zum aktuellen Zeitpunkt noch aus, ist aber geplant.

Abb. 21 zeigt die aktuellen Ergebnisse an der Tragbohle T-30. Für einen besseren Vergleich der gemessenen mit der berechneten Verformung wurde die Verformungsfigur der Inclinometermessung -durch Drehung um den Fußpunkt- im Diagramm um die Ankerlänge bereinigt. Für die Ermittlung der Biegemomente wurde das unveränderte Polynom verwendet. Auf die Darstellung der Verformungsfigur der Messung mit Führungswagen wurde im Hinblick auf die fehlende Nullmessung verzichtet.

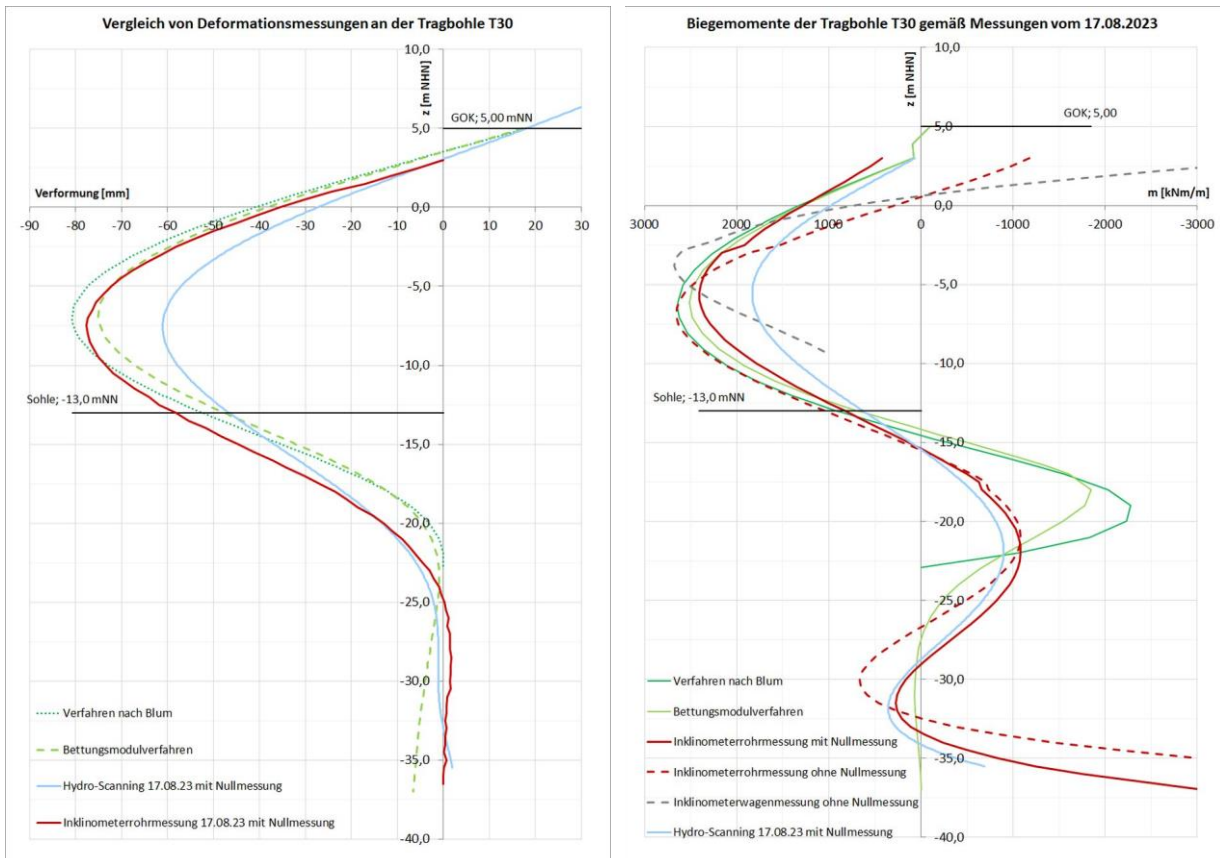
Bei einem ersten Vergleich der Verformungen zeigen sich gute Übereinstimmungen zwischen Berechnung und Inclinometermessung, wobei sich die gemessenen Verformungen etwas flacher -also mit einer geringeren maximalen Krümmung- darstellen. Die mittels flächigem Scanning aufgenommenen Verformungen liegen ca. 15 mm unter den errechneten Verformungen.

Für den Vergleich der Biegemomente wurden auch die Ergebnisse der Inclinometermessung mit Führungswagen herangezogen. Da diese ohne Nullmessung erzeugt wurden, wurden auch die Ergebnisse der klassischen Inclinometermessung - ohne Berücksichtigung der Nullmessung- dargestellt. Beide so erzeugten Momentenverläufe passen immer noch gut zu denen der Vergleichsrechnungen. Nicht abschließend geklärt ist die abweichende Lage des maximalen Feldmomentes.

Bei einem Vergleich der Momentenlinien der klassischen Inclinometermessung -mit und ohne Nullmessung- zeigen sich für die Tragbohle T-30 Abweichungen von rund 10%. Die Auswertung der übrigen Tragbohlen dazu steht aktuell noch aus.



Der Momentenverlauf des 3D-Scans liefert etwas zu günstige Biegemomente, wobei der Momentenverlauf an sich plausibel ist. Das Verfahren ermöglicht allerdings eine großflächige Auswertung, die bei Bedarf durch gezielte Messungen mit dem Inklinometerwagen ergänzt werden könnten.



**Abb. 21: Ergebnisse der Deformationsmessungen an Tragbohle TB-30 vom 17.08.2023 (links gemessene Verformungen, rechts abgeleitete Biegemomente)**

## 8. Deformationsmessungen an Schrägpfehlen

Um den Einfluss der Hinterfüllung -losgelöst von zusätzlichen Gründungselementen- abschätzen zu können wurden analog zu den Tragbohlen Inklinometerrohre auf drei Schrägpfehlen installiert, um deren Verformung zu messen und mit den zugehörigen Setzungen in Korrelation zu setzen. Das Vorgehen der Inklinometermessung entspricht dabei dem Vorgehen an den Tragbohlen, außer dass mit einer horizontalen Inklinometersonde gemessen wurde.



**Abb. 22: Inklinometermessung an Schrägpfehlen (links vor Hinterfüllung, rechts im Endzustand)**

Die Abb. 23 zeigt die Ergebnisse der Inklinometermessung während Tab. 2 die gemessenen Setzungen und Verformungen sowie die daraus hergeleiteten Beanspruchungen dargestellt.

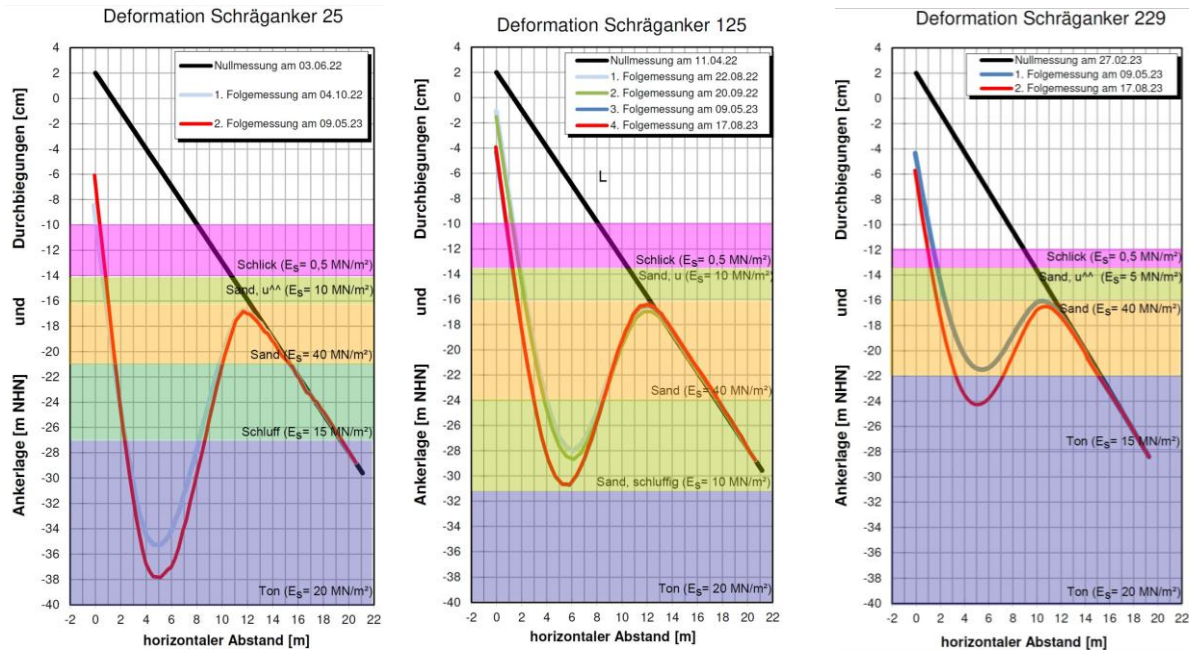


Abb. 23: Auswertung der Deformationsmessung an Schrägpfählen

Tab. 2 Auswertung von Setzungs- und Verformungsmessung an messtechnisch erfassten Schrägpfählen

Nr.	Station	s [cm]	Profil	I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	f [cm]	M <sub>approx</sub> [kNm]	S <sub>M,approx</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	ε <sub>M,approx</sub> [%]	ε <sub>u</sub> / A <sub>g</sub> [%]	A [%]
A-25	0+960	136	PSt 600/188	158.226	32	9.300	(1.763)	0,84	2,54	22
A-125	0+724	136	HTM 600/158	117.040	25	5.350	(1.311)	0,63	2,54	22
A-229	0+475	50	PSt 600S/159	130.820	18	4.150	(939)	0,45	2,54	22

In der Auswertung der Biegelinien zeigt sich, dass die Streckgrenze des Schrägpfahlstahles weit überschritten und der Stahl ins Fließen gekommen ist. Es zeigt sich aber auch, dass die Randdehnung die Gleichmaßdehnung ( $A_g=15 \cdot f_y / E$ ) nicht erreicht hat und noch ausreichend plastische Reserven vorhanden sind. Auffällig ist auch, dass die Setzungen an den Schrägpfählen A-25 und A-125 gleich groß sind während sich die Verformungen stark unterscheiden. Der im Hinblick auf die -gemäß EA Pfähle- limitierte Spannungsausnutzung gewählte, steifere Pfahl A-25 biegt sich erheblich stärker durch und erfährt so eine wesentlich größere Biegebeanspruchung, was letztlich zu einer größeren Beanspruchung der Anschlüsse führt. Hieran lässt sich gut die Konsequenz von steifen Einbauten in setzungsaktiven Böden erkennen.

## 9. Bestimmung der Mantelreibungsspannungen

Um weitere Erkenntnisse zum Lastabtrag der Schrägpfähle im Boden zu erhalten, sollte der Normalkraftverlauf an drei Schrägankern gemessen werden. Zwei Schräganker im ersten Bauabschnitt und einer im zweiten Bauabschnitt. Hierfür wurden über die gesamte Pfahllänge verteilt, Dehnungsmessstreifen (DMS) analog der erfolgreich durchgeführten Messungen am JadeWeserPort (Gattermann et al., 2013) angebracht. Die DMS waren durch eine Lackschicht, ein spezielles Kit sowie den angeschraubten Deckel gegen eindringendes Wasser geschützt. Jeweils zwei gegenüberliegende



Deckel wurden mit vier hochfesten - gegen selbstständiges Lösen gesicherten - Schrauben gegeneinander verschraubt.



**Abb. 24: Applikation der gegenüberliegenden Dehnungsmessstreifen mit wasserdichten Deckeln**

Zu Beginn der Rammung des ersten Pfahls A-125 waren alle Messstellen funktionsfähig. Im Verlauf der Rammung fielen die meisten Messstellen allerdings aus, so dass am Ende der Rammung nur noch die Sensoren am Pfahlkopf redundant messbar waren. Die nachträgliche Auswertung zeigte, dass die Sensorik sukzessive von Pfahlfuß zum Pfahlkopf ausgefallen ist. Daher ist es wahrscheinlich, dass der Rammschuh abgerissen ist und so Boden in das U-Profil gelangen konnte, welcher die unteren Kabel abgeschert hat. Die weiteren Ausfälle sind zeitlich willkürlich und konnten an der Südseite auf das vorgeschädigte und abgerissene U-Profil zurückgeführt werden. Die Messstellen der Nordachse fielen relativ zeitgleich gegen Ende der Rammung aus. Das U-Profil und die Schweißnähte waren in diesem Bereich intakt. Die Ursache für deren Ausfall konnte nicht abschließend geklärt werden.



**Abb. 25: Instrumentierter Schrägpfahl A-125 vor der Rammung**



**Abb. 26: Instrumentierter Schrägpfahl A-125 während der Rammung**

Für den zweiten Schrägpfahl A-25 wurde die Einhausung verstärkt, zusätzlich wurden die Kabel in einem Rippenschlauch verlegt, um ein erneutes Einklemmen sowie schweißbedingte Schäden zu vermeiden. Analog zum Schrägpfahl A-125 waren zu Beginn der Rammung alle Messstellen voll funktionsfähig. Im Verlauf der Rammung fielen die meisten Messstellen wieder aus. Dieses Mal willkürlich und ohne erkennbare Reihenfolge. Die einzig plausible Erklärung ist ein Versagen der Deckelschrauben innerhalb des U-Profils durch die Querbeanspruchung aus den Rammschlägen. Bei diesem Schräganker wurden die Durchmesser der Löcher für die Schrauben um 0,2 mm erhöht, um eine leichtere Einbaubarkeit zu erzielen. Dieses sollte im Wiederholungsfalle dringlichst vermieden werden!



**Abb. 27: Instrumentierter Schrägpfahl A-25 vor der Rammung**

Im Hinblick auf den engen Terminplan und die mangelnde Aussagekraft eines einzelnen Pfahls wurde auf die Instrumentierung des verbliebenen, dritten Schrägpfahls verzichtet. Am dritten Bauabschnitt soll ein weiterer Pfahl probenhalber messtechnisch ausgerüstet werden. Geplant ist hier die Verwendung von LWL-Kabel auf ganzer Länge an den vier Flanschkanten.

## 10. Ankerkraftmessungen

Für die Ankerkraftmessung im ersten Bauabschnitt waren -analog zur Messung der Mantelreibungsspannung- Dehnmessstreifen vorgesehen. Tidebedingt war eine direkte Applizierung von Dehnmessstreifen (DMS) auf den Flanschen ca. 2,5 m unterhalb der Anschlüsse der Schräganker nicht möglich. Aus diesem Grund wurden schraubbare gekapselte Dehnungsaufnehmer vom IGG-TUBS gefertigt und an der Unterkante des oberen Flansches montiert. Im Hinblick auf einen sukzessiven Ausfall der fünf Messstellen wurde auf eine ausführliche Auswertung verzichtet.

Im zweiten Bauabschnitt erfolgte die Ankerkraftmessung an zwei Pfählen mit jeweils vier Schwingseitenaufnehmer der Fa. SISGEO (0VK4000VS00). Die Schwingseitenaufnehmer wurden dabei direkt auf den Schenkeln der Umlenker montiert.



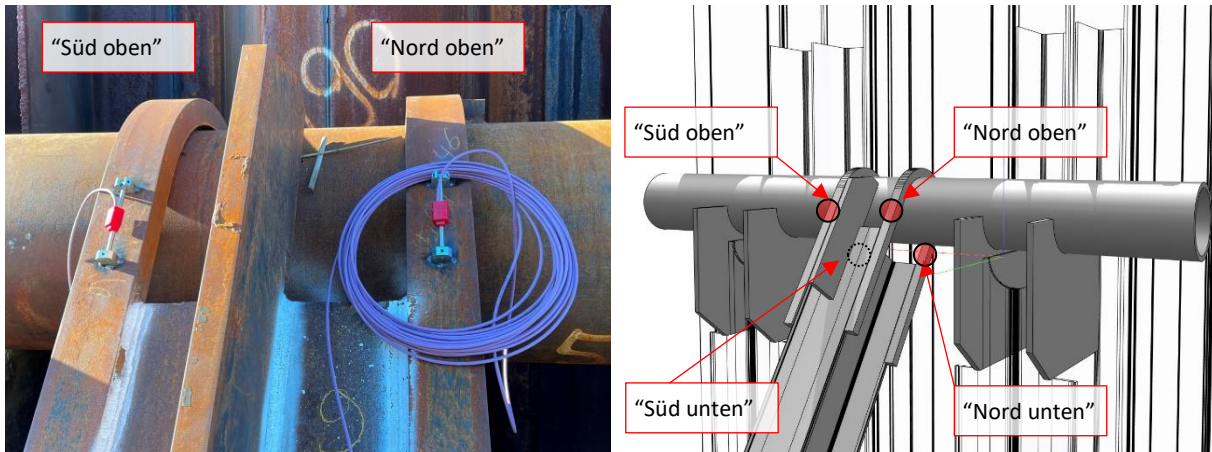


Abb. 28: Ankerkraftmessungen mit Schwingseitenaufnehmern am 2.BA

In der Auswertung sind die einzelnen Bauphasen gut zu erkennen. Es zeigte sich aber auch eine ungleichmäßige Belastung der Ankerschlaufen. Auffällig war vor allem die stärkere Beanspruchung der nördlichen Schlaufen, welche sich durch das Hinterfüllen der Kaje von Nord nach Süd erklären lässt. Nicht abschließend geklärt wurde die ungleichmäßige Lastverteilung innerhalb eines Bügels. Im dritten Bauabschnitt sollen diesbezüglich weitere vertiefende Messungen durchgeführt werden.

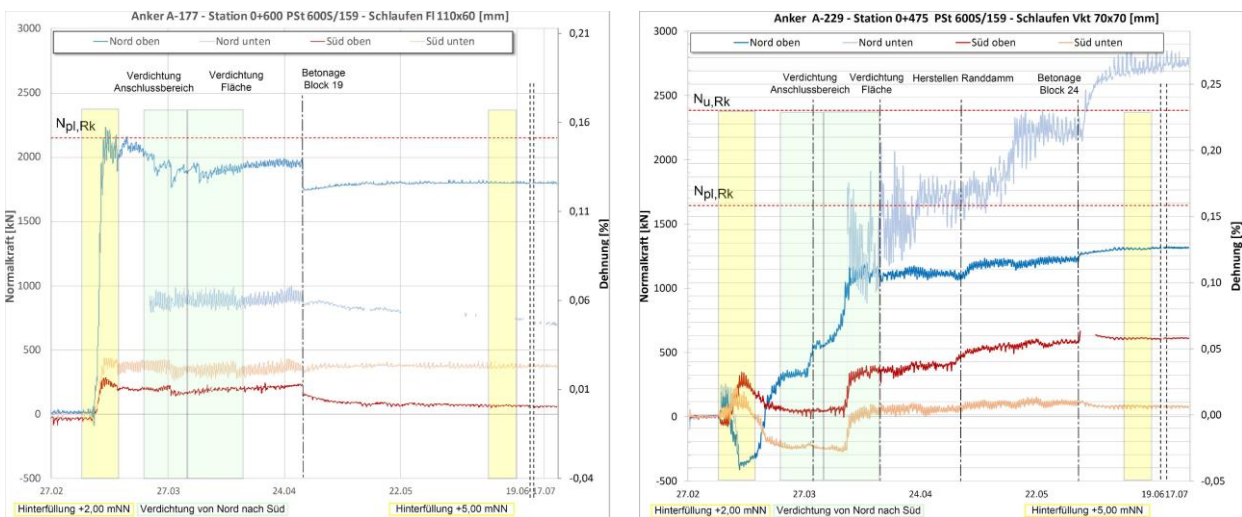


Abb. 29: Ergebnisse der Ankerkraftmessungen am Anker A-177 und am Anker A-229

## 11. Zusammenfassung

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind die an der Columbuskaje durchgeführten Messungen noch nicht abschließend ausgewertet. Die vorliegenden Zwischenergebnisse der baubegleitenden Messungen konnten aber bereits zur Beantwortung von aktuellen Fragestellungen herangezogen werden. Durch die Kombination von Setzungs- und Deformationsmessungen konnte während der Bauphase die Entstehung von Porenwasserüberdruck im Zuge der Kaje hinterfüllung ausgeschlossen werden. Perspektivisch wäre auf der Grundlage weiterer Langzeitmessungen aber auch eine rechnerische Nutzlasterhöhung unter Ansatz des Teilsicherheitsbeiwertes  $\sigma_{G,red}$  für den Erddruck denkbar. Die durch die durchgeführten Messungen erzielten Verifikationen zeigen, dass insbesondere im Hinblick auf den Bauwerksbestand noch erhebliche derzeit ungenutzte Tragfähigkeits-Potentiale gehoben werden können.

Über die Verformungsmessung der Schrägpfähle konnten außerdem die Setzungen aus dem erhöhten Sedimenteintrieb beurteilt werden. Hierbei hat sich gezeigt, dass die Verwendung von steiferen Pfählen ungünstig für die Anschlusskonstruktion sein könnte. Weitere Untersuchungen zu diesem Thema stehen aus.

Es hat sich aber auch gezeigt, dass neben der Auswertung und Interpretation der Ergebnisse eine weitere große Herausforderungen darin besteht, die Installation der Messtechnik in einem engen Terminplan zu integrieren und diese dann während der Bauausführung entsprechend zu schützen.

Im dritten Bauabschnitt sollen die Defromationsmessungen zwecks perspektivischer Nutzlasterhöhung fortgesetzt werden. Ein weiteres Augenmerk soll auf den Ankerkraftmessungen - auch im Hinblick auf die resultierende Belastung infolge Pollerzug- gelegt werden.

## 12. Literaturverzeichnis

Gattermann, J.; Bruns, B.; Stahlmann, J.:  
Tragverhalten JadeWeserPort - Anschluss der Schrägpfähle

28. Christian Veder Kolloquium, 'Tiefgründungskonzepte - Vom Mikropfahl zum Großbohrpfahl', TU Graz, 04.-05.04.2013, S. 33-48, ISBN 978-3-900484-66-8, 2013

Gattermann, J.:

Pfahlrostsystem der Kaiplatte 'Verlängerung Europakai', Hamburg - Änderung des Einbringverfahrens aufgrund geotechnischer Messungen

Pfahl-Symposium '98, Fachseminar am 25./26.02.99 in Braunschweig, Mitteilung des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik, Technische Universität Braunschweig, Heft 60, 1999

Holste, K.; Hesse, C.; Neumann, I.; Bassen, S. (2019): 3D HydroMapper – digitale Inspektion von Bauwerken über und unter Wasser. In: Bautechnik 96 (2019) Heft 12, S. 951 - 953

Holste, K.; Hesse, C.; Neumann, I. (2021): Innovative Verfahren zur 3D Bestandsaufnahme an Verkehrswasserbauwerken. In: Bautechnik 98 (2021) Heft 12, S. 595 - 600

Holste, K.: HydroMapper – Multi-Sensor System für das 3D Scanning von Infrastrukturbauwerken, 37. Christian Veder Kolloquium, 'Zustandserhebung, Bewertung und Sanierung von gealterten bzw. schadhaften geotechnischen Konstruktionen', TU Graz, 13.-14.04.2023

## Hafen- und Wasserbau für das internationale Großprojekt Feste Fehmarnbeltquerung

Kristina Heveling, M.Sc., WTM Engineers GmbH  
Zusammen mit Dr.-Ing. Morgen und Dipl.-Ing. Spang

Als Lückenschluss der skandinavisch-mediterranen Verkehrsachse in Europa wird die Feste Fehmarnbeltquerung in Form eines 18km langen Absenktunnels hergestellt. Dieser verbindet Rødby auf Lolland in Dänemark mit Puttgarden auf Fehmarn in Deutschland.

Nach einer Einführung in das Gesamtprojekt und einem Überblick über die Maßnahmen auf deutscher Seite werden die Hafen- und Wasserbauwerke vorgestellt. Diese dienen der Baulogistik und dem permanenten Küstenschutz. Die statisch-konstruktive Prüfung dieser Bauwerke wird nach deutschem Regelwerk durch WTM Engineers durchgeführt.

Zu den Bauwerken gehört ein Arbeitshafen, bestehend aus einer 175 m langen Kaimauer, der der Anlieferung von Baumaterialien über den Seeweg dient. Er wird durch 2 Wellenbrechern am Hafeneingang geschützt. Die Herstellung des Tunnels im Rampenbereich an Land erfolgt in offener Bauweise im Schutz einer Baugrube, bestehend aus aufgespülten Sanddämmen mit Dichtwand. Der bauzeitliche Küstenschutz der Baugrube wird durch ein seewärtiges Deckwerk sichergestellt. Auf dem fertigen Tunnelabschnitt in offener Bauweise wird anschließend ein Damm errichtet, der das Ansetzen des ersten Absenkelements auf deutscher Seite bei gleichzeitigem Schutz der Baugrube vor Überflutung gewährleistet. Des Weiteren gehören zu den Maßnahmen wasserseitige und landseitige Bodenlager, in denen der aus dem Tunnelgraben ausgehobene Meeresboden zwischengelagert wird. Die Flächen der Baugrube und des wasserseitigen Bodenzwischenlagers werden nach Abschluss der Baumaßnahme als Landgewinnungsfläche mit seeseitigem Deckwerk für eine Lebensdauer von 120 Jahren geplant.

Besondere Herausforderungen der Prüfung waren neben den technischen Aspekten die Kommunikation, unterschiedliche Verfahrensweisen und Schnittstellen in diesem komplexen internationalen Großprojekt mit zahlreichen Beteiligten auf allen Seiten.





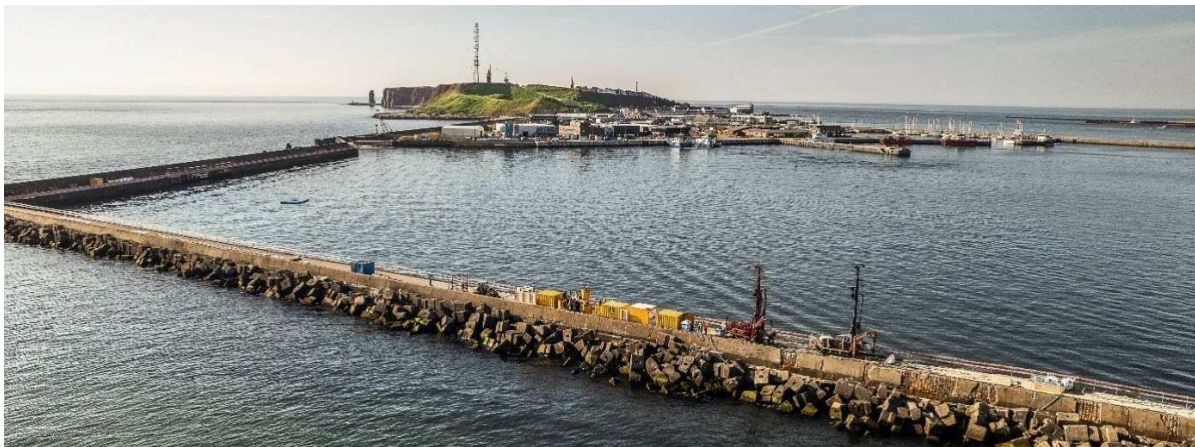
## Injektionsarbeiten mit Meerblick

Dipl.-Ing. Holger Jud, Smoltczyk & Partner GmbH

Dipl.-Geol. Klaus Warber, Bohrtechnik Roßwag GmbH & Co. KG Dipl.-Ing. Dirk Beier, BAUER  
Spezialtiefbau GmbH

Dipl.-Ing. Karsten Kegelbein, BAUER Spezialtiefbau GmbH  
Gerd Siebenborn, Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Elbe-Nordsee

*Für das das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Elbe-Nordsee führten im Zeitraum von April 2022 bis Oktober 2022 die Firmen Bohrtechnik Roßwag und BAUER Spezialtiefbau unter Begleitung und auf Grundlage der Planung des Ingenieurbüros Smoltczyk & Partner die Teilinstandsetzung der Südmole im Bundeshafen der Insel Helgoland (Stationierung 1083 m bis 1163 m) durch.*



**Abb. 1: Helgoland Südmole: Blick auf den Sanierungsbereich**

### 1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Die vorhandenen Wellenschutzbauwerke Westmole und Südmole (Abb. 1) des Bundeshafen der Insel Helgoland mit einer Gesamtlänge von fast 900 m müssen aufgrund des hohen Bauwerksalters von teilweise über 80 Jahren und geänderten Bemessungswasserständen in den nächsten 10 Jahren vollständig saniert, erneuert und erhöht werden. Als Grundlage für die Planung dieser Maßnahme wurde hierzu im Jahr 2021 eine Erkundung der Molenbauwerke und des Baugrundes mittels Kernbohrungen durchgeführt. Bei diesen Erkundungen im Bereich der Südmole, Stationierung 1083 m bis 1163 m, wurden Hohllagen oberhalb der Gründungsplatte im Molenbauwerk selbst festgestellt. Auf Grund dieser Ergebnisse wurde durch die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) eine kurzfristig auszuführende Sicherung des genannten Molenabschnittes dringend empfohlen, da für die weitere Nutzung des Bauwerks Standsicherheitsrisiken befürchtet wurden. Aus den Ergebnissen der Erkundung des Baugrundes und des Übergangs von Bauwerk und Baugrund ergaben sich keine Hinweise auf mögliche Defizite in der äußeren Standsicherheit des Molenbauwerks. Entsprechend der

vorliegenden Archivunterlagen wurde der betroffene Molenabschnitt bei einer Sturmflut 1954 zerstört und mit der nachfolgenden beschriebenen Konstruktion wieder aufgebaut:

- Im Bereich Stat. 1083-1115 (Arbeitsbereich AA1) und Stat. 1123-1163 (Arbeitsbereich AA2 und Probefeld) erfolgte die Gründung des Molenbauwerks mittels einer, auf den anstehenden Baugrund aufgesetzten 1,5 m starken Fertigteileplatte (Bodenplatte).
- Das auf die Bodenplatte aufgesetzte Molenbauwerk, bestehend aus einem mit Betonbrocken verfüllten Holzgestell (Steinkiste) wurde zum Schutz meer- und hafenseitig mit Steinschüttungen eingefasst (Abb. 2).
- Den Abschluss nach oben bildet eine rund 1,4 m starke, bewehrte Betonplatte (Molenabdeckung) mit einer meerseitigen Aufkantung. Zur Steinschüttung hin schließt die Betonplatte mit "Schürzen" ab.
- Zwischen den beiden sogenannten Steinkisten, also zwischen Stat. 1115 bis 1123, besteht die Mole vollständig aus Beton.

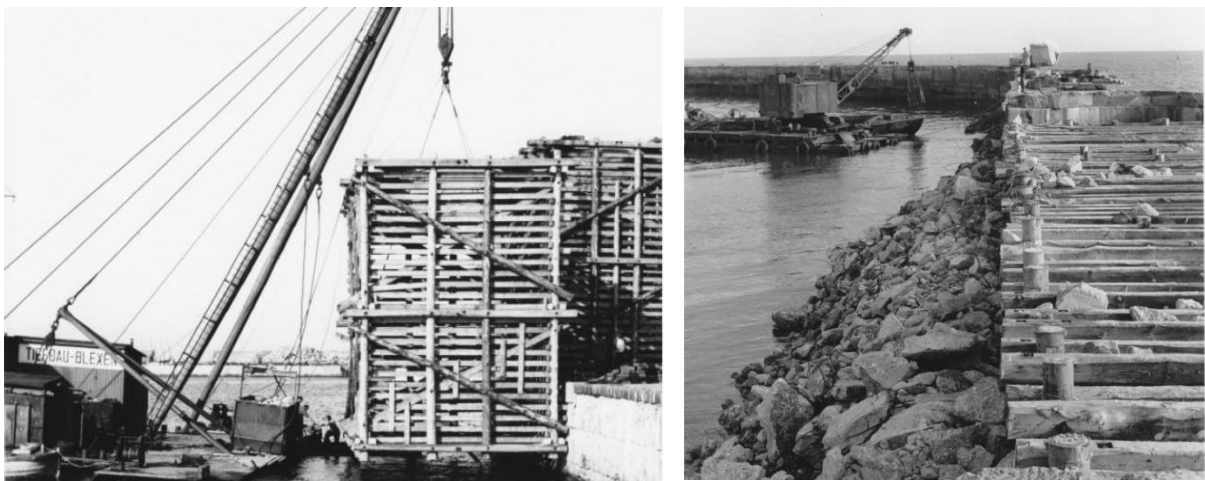
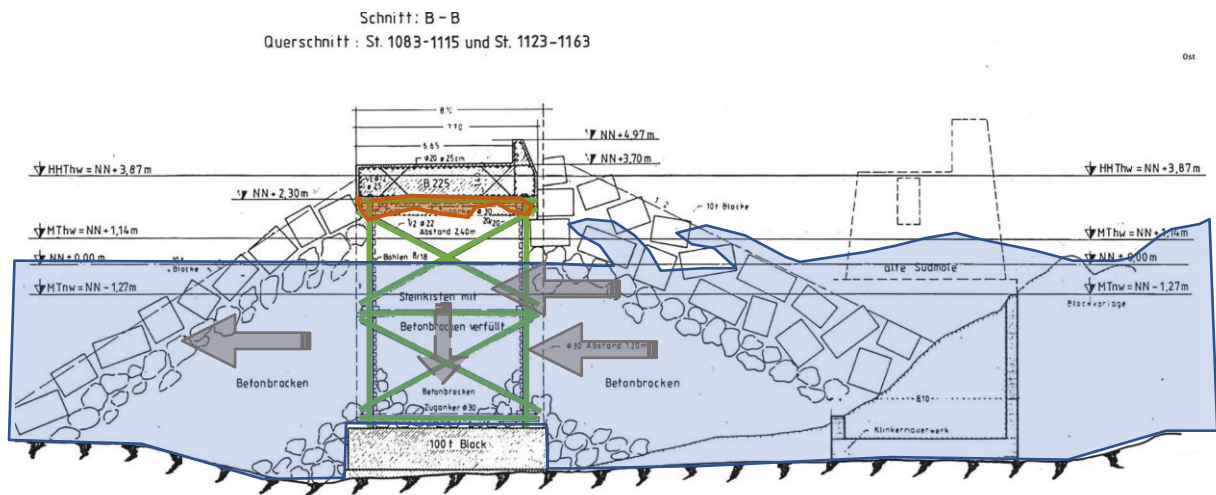


Abb. 2: Südmole Stat. 1083-1115 und Stat. 1123-1163: Querschnitt und Fotodokumentation Herstellung 1954

Die über die Jahrzehnte hinweg andauernde Beanspruchung aus Tidenhub, Durchströmung und Wellenschlag auf das Bauwerk hatte zu Ausspülungen und Abrasion der Betonbrocken im Molenkörper und somit zu Hohllagen und Hohlräumen geführt. Die auszuführende Sicherung

sollte aus der Bewertung der Standsicherheitsrisiken des Molenabschnitts folgende Ziele erreichen:

- Reduzierung der Hohllagen unterhalb der Molenabdeckung und dadurch Reduzierung möglicher Unterspülungen bei starkem bis extremen Wellenschlag.
- Formschlüssige Verbindung der Molenabdeckung zur Steinkistenverfüllung, so dass angreifende Horizontallasten in den Steinkörper abgetragen werden können und somit keine übermäßige Belastung auf die Holzkonstruktion der Steinkisten erfolgt. Ein Lastabtrag wäre so nicht sichergestellt.
- Stabilisierung der Steinkistenverfüllung und dadurch eine reduzierte Durchströmung des Molenbauwerks und damit verbunden eine Reduzierung von Ausspülungen.

## 2. Konzepterstellung / Planung

Für die Planung der Sicherungsmaßnahmen waren neben den Erkundungsergebnissen insbesondere die Randbedingungen aus der exponierten Lage im Meer und die daraus resultierenden Wasserbewegungen (Tide, Wellenschlag) innerhalb der zu sichernden Mole zu berücksichtigen. So liegt der mittlere Tidenhub bei 2,36 m.

Durch das Büro Smolczyk & Partner wurde daher unter frühzeitiger Einbindung aller Beteiligten ein Sanierungskonzept zur Teilinstandsetzung der Südmole entwickelt. Für das Erreichen der Ziele zur Sicherung des Molenabschnitts wurde eine mehrstufig auszuführende Hohlraumverfüllung und Eindringinjektion in mehreren Phasen geplant:

Phase 1: Kraftschlüssiges Verschließen der Hohllagen unter der Molenabdeckung mittels Schwerkraft- und Druckinjektion mit auswaschungshemmendem und salzwasserresistentem Mörtel.

Phase 2: Herstellung eines seeseitigen (südlichen) Injektionsschleiers zur Abschirmung des Eindringens des Wellenschlags in das Molenbauwerk und Reduzierung der Durchströmung durch eine zweireihige über Ventilrohrbündel eingebrachte Injektion von Polyurethanharz als Abdichtungsschleier. Für diese Injektion wurde im Vorfeld zur Abschätzung der Injektionsmengen eine kugelförmige Ausbreitung angenommen. Dieses Modell ist zutreffend bei isotropen Verhältnissen (vertikale Durchlässigkeit = horizontale Durchlässigkeit). Dies kann hier als wahrscheinlich angenommen werden.

Phase 3: Reduzierung des Tidengangs innerhalb des Molenquerschnitts durch einen hafenseitig (nördlich) angeordneten einreihigen Injektionsschleiers bestehend aus durch Ventilrohrbündel eingebrachte Injektion von Hybridmörtel (HMS), ein aus Zementsuspension und Polyurethanharz bestehendes Injektionsgut, als Abdichtungsschleier.

Phase 4: Verfestigung der Steinkistenverfüllung zwischen den Injektionsschleiern der Phase 2 und Phase 3 mittels Zementinjektion (Poreninjektion). Hierbei wurde zur Ermittlung der Injektionsmengen eine ellipsoid förmige Ausbreitung angenommen. Dieses Modell trifft in Fällen zu, in denen eine Durchlässigkeitsanisotropie im Untergrund vorliegt. Dies wird häufig bei fluviatilen Sedimenten angenommen. Daher kommt dieses Modell für die

zementbasierten Injektionen zur Anwendung, da aufgrund der verlängerten Aushärtezeit mit einem Abfließen des Injektionsgutes zu rechnen ist.

Als Bohrverfahren zum Einbau der Ventilrohrbündel waren Verfahren angezeigt, welche auf die schwierigen Verhältnisse innerhalb der Mole ausgelegt waren, und mit denen während des Bohrvorganges kontinuierlich Bohrkern, zur Zustandsfeststellung des Moleninneren, zu entnehmen waren. Zu erwarten waren neben Blöcken aus Granit in unterschiedlicher Größe, Bohrhindernisse in Form von Holz und Metall aus der Steinkistenkonstruktion und möglichen Bauschutt in der Verfüllung. Daher wurde geplant, sämtliche Bohrungen mit dem Sonic- Bohrverfahren auszuführen. Hiermit hatte man bereits während der Baugrunderkundung 2021 sehr gute Erfahrungen gemacht. Es war geplant in die abgeteuften Bohrungen, welche bis in die Bodenplatte der Mole führen sollten, die für die Injektion benötigten Ventilrohrbündel der Phasen 2 bis 4 einzustellen und anschließend den Ringraum mit Kies zu verfüllen.

Beim Bohren mit Sonic wird durch hydraulisch angetriebene Exzenter eine hochfrequente Schwingung erzeugt. Diese sehr hohe Frequenz (ca. 150 Hz entsprechend 9.000 Schwingungen pro Minute) wird auf das Bohrrohr übertragen. Ein Teil der dabei eingesetzten Energie versetzt das Bohrrohr in Schwingung und ein Teil wird auf die Bohrkronen übertragen und dort in Bohrarbeit umgesetzt. Durch die Resonanz im Bohrrohr bildet sich ein Wasserfilm zwischen Bohrwerkzeug und dem umgebenden Gestein und reduziert die Mantelreibung der Bohrrohre um bis zu 90 %. Die Energie an der Bohrkronen ermöglicht auch das Durchteufen oben genannter Bohrhindernisse, ohne dabei Verfahren oder Bohrwerkzeug zu wechseln. Das eingesetzte Sonic-Bohrverfahren kann abhängig von Spülung und Bohrkronen für die Bohrungen mit Kernentnahme (Kontrollbohrungen) oder für Bohrungen ohne Entnahme (Bohrungen für Ventilrohrbündel) eingesetzt werden. Bohrkern oder Bodenproben werden entweder mit einem Kernrohr oder mit einem Kernrohr mit Liner gewonnen und gewährleisten eine hohe Probenintegrität.

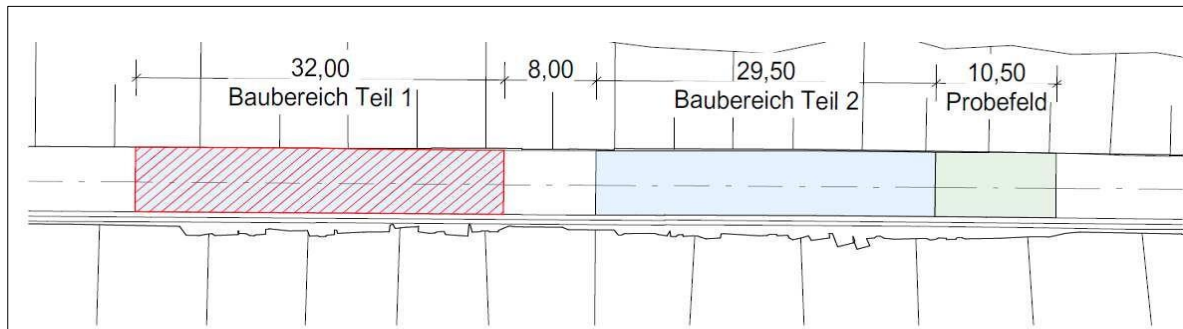
Auf Grund der schwierigen Untergrundverhältnisse in der Mole wurde in der Planung festgelegt ein Probefeld, in dem alle Injektionsphasen durchzuführen sind, herzustellen. Anhand der Ergebnisse einer Nacherkundung, mittels Entnahme von Bohrkernen, Wasserabsenk- und Piezometerversuchen, nach erfolgter Injektion, konnte somit der Erfolg der Maßnahme, mit den gewählten Parametern abgeschätzt, und gegebenenfalls die Bohr-, Material- und Injektionsparameter angepasst werden.

### **3. Sicherungsarbeiten**

Die Beauftragung der durchzuführenden Sicherungsmaßnahmen durch das WSA Elbe- Nordsee erfolgt im März 2022. Die Arbeiten vor Ort mussten im Zeitraum April 2022 bis Oktober 2022 außerhalb der schweren Sturmflutzeit ausgeführt werden. BTR Roßwag zeichnete sich verantwortlich für die Ausführung der Bohrarbeiten und BAUER Spezialtiefbau für die Durchführung der Injektionsarbeiten. Um die Arbeiten vor den Winterstürmen fertig zustellen wurden die Injektionsarbeiten überwiegend im 24h/7d Betrieb ausgeführt. Die Eigenüberwachung der Arbeiten erfolgte durch Smoltczyk & Partner.

Der Sanierungsbereich wurde in 3 Bereiche, Probefeld, Arbeitsbereich Teil 1 und Teil 2 aufgeteilt (Abb. 3).

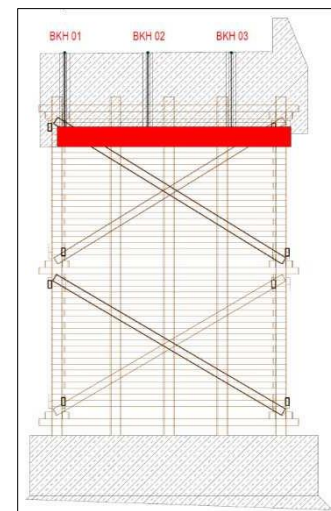




**Abb. 3: Aufteilung der Arbeitsbereiche**

### 3.1. Verfüllung der Kontaktfuge unter der Molenabdeckung (Phase1)

Die Injektionsphase 1 (Abb. 4), Verfüllung der Hohllagen unter der Molenabdeckung, wurde vor Beginn der Bohrarbeiten für die Phasen 2 bis 4 in allen Arbeitsbereichen ausgeführt, um die Stabilität der Mole und damit eine Befahrbarkeit mit Bohrgeräten zu gewährleisten. Die hierfür erforderlichen Bohrarbeiten erfolgten mit einem Kleinbohrgerät. Für die Verfüllinjektion der Phase 1 wurden 96 Kernbohrungen mit  $d=150\text{mm}$ , im Dreiecksraster von  $2,0 \times 2,5\text{m}$ , durch die Molenabdeckung, bis in die Hohllagen unter die Abdeckung abgeteuft. Der Mörtel wurde im Betonwerk bzw. mit einer mobilen Mischanlage gemischt und mit einem Beton-transportfahrzeug auf die Mole transportiert. Die Verfüllung des Mörtels erfolgte über eine Betonpumpe als Schwerkraft- und Druckinjektion über im Bohrloch befestigte Quetschpacker.



**Abb. 4: Systemschnitt Phase 1**

Die eingebrachte Gesamtmenge des hochviskosen Mörtels betrug ca.  $200\text{ m}^3$ , was einer mittleren Hohlraumdicke von ca.  $45\text{cm}$  im zu sanierenden Bereich entsprach. Meer- und hafenseitige Umläufigkeiten erforderten eine Mehrfachbeaufschlagung, so dass die erwartete Menge um ca.  $15\%$  überschritten wurde.



**Abb. 5: Injektion Phase 1**

### 3.2 Herstellung des seeseitigen Injektionsschleiers (Phase 2)

Die Herstellung des seeseitigen zweireihigen Injektionsschleiers erfolgte unter den ungünstigen Randbedingungen des vollen Tidehubs und des Wellenschlags und diente der Abschirmung für die darauffolgenden Injektionsphasen. Es wurden 145 Stück, 3° Grad geneigte, bis 12 m tiefe Bohrungen mit einem Durchmesser von 178 mm im Dreiecksraster 0,4 m x 0,5 m bis in die Bodenplatte abgeteuft (Abb. 7). Die Umsetzung der hochgenauen Bohrungen unter schwierigen Bodenbedingungen des Molenkörpers aus Granitblöcken, Stahlbeton sowie Stahl eingebettet in Sand und Kiesfraktionen konnte durch den Einsatz des Sonic-Bohrverfahrens realisiert werden. In die Bohrungen wurden die Ventilrohrbündel mit einem Ventilabstand von 0,5 m mit bis zu 19 Ventilen pro Bohrung eingebaut und der Ringraum mit Kies der Körnung 2-4 mm verfüllt. Die Injektion des Polyurethanharzes erfolgte über ventilgesteuerte Doppelkolben-2-Komponentenpumpen und wurde im Pilgerschritt zwischen den einzelnen Reihen sowie der einzelnen Bohrungen ausgeführt. Entscheidend war hierbei das punktuelle Aushärten des Injektionsharzes im Porenraum sowie die enorme Expansion bei Wasserkontakt in den unbekannt Hohlräumen der Mole zu berücksichtigen. Unter Zuhilfenahme eines Gezeitenplanes konnte sichergestellt werden, dass die zu beaufschlagenden Ventile immer im Wasser lagen, welches als Reaktionsmittel für das Polyurethanharz benötigt wird. Insgesamt wurden ca. 140 m<sup>3</sup> Polyurethanharz injiziert. Bei der Ausführung im Probefeld zeichnete sich sehr frühzeitig ab, dass eine druckgesteuerte Injektion nicht zielführend war, da die erwartete Injektionsmenge deutlich überschritten wurde. Es erfolgte daher eine Umstellung von der druckgesteuerten Injektion auf die GIN- Methode (Grouting Intensity Number) (Abb.6). Hierbei wurde ein definiertes Druckkriterium bis zu der erwarteten Injektionsmenge konstant gehalten und dann kontinuierlich reduziert. Mit dieser Methode konnte der Injektionsschleier wirksam hergestellt werden.

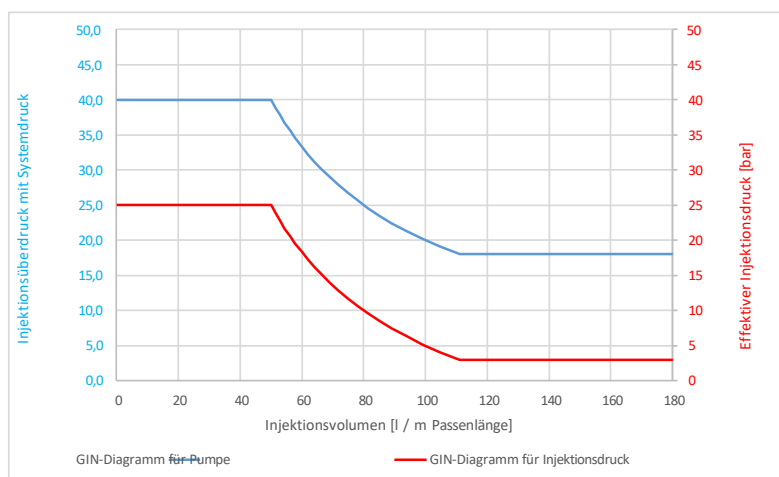


Abb. 6: GIN-Methode (Grouting Intensity Number)

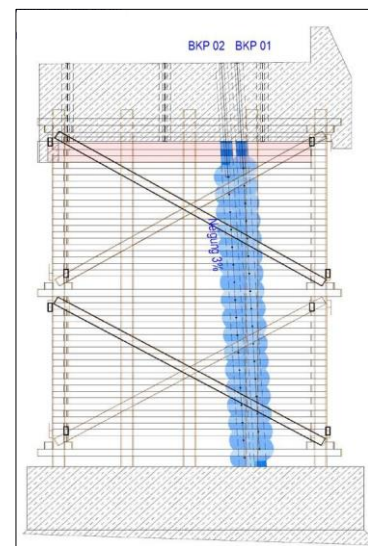


Abb. 7: Systemschnitt Phase 2





Abb. 8: Ventilrohrbündel, seeseitiger Injektionsschleier

### 3.3 Herstellung des hafenseitigen Injektionsschleier (Phase 3)

Der hafenseitige Injektionsschleier (Abb. 9) wurde nachlaufend zur Phase 2 unter geringerer Einflussnahme aus Wellenschlag hergestellt. Zur Herstellung des einreihigen Injektionsschleiers der Phase 3, wurden 83 Stück bis zu 12 m tiefe Bohrungen ebenfalls im Sonic-Bohrverfahren vertikal bis in die Bodenplatte abgeteufelt. Der Abstand der Bohrungen betrug 0,85 m. Im Nachgang wurden wieder die Ventilrohrbündel analog zur Phase 2 eingebaut. Als Injektionsmittel wurde ein Hybridmörtelsystem (HMS), bestehend aus Zementsuspension und 2-Komponenten Polyurethanharz verwendet. Dieses System kombiniert die Eigenschaften des expansiven und hydrophoben PU-Materials mit den ökonomischen Vorteilen feststoffreicher Zementinjektionen. Das sehr stabile HMS-System ist sehr resistent gegen Wasserausspülungen und somit für Wasserwechselzonen geeignet. Die Injektion des Hybridmörtels erfolgte über ventilgesteuerte computergesteuerte Doppelkolbenpumpen (Abb. 11) und wurde im Pilgerschritt zwischen den einzelnen Bohrungen ausgeführt, wobei die Ventile der einzelnen Bündel nach den Auswertungen des Probe-feldes abweichend zu der Injektion der Phase 2 immer von unten nach oben beaufschlagt wurden.

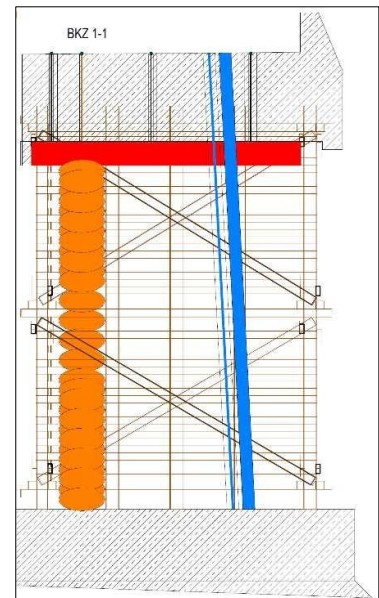


Abb. 9: Systemschnitt Phase 3

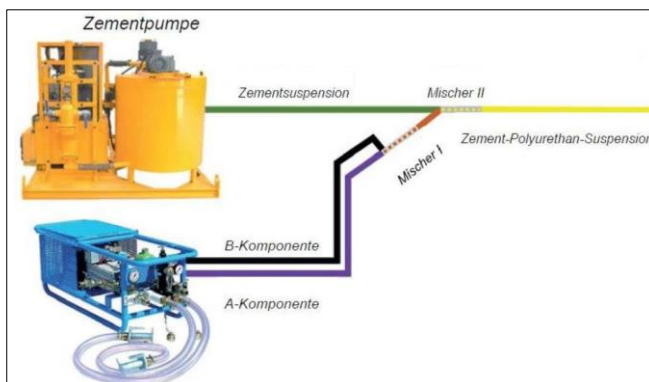


Abb. 10: Systemskizze Hybridmörtelinjektion



Abb. 11: Doppelkolbenpumpen

### 3.4 Verfestigung der Steinkistenverfüllung (Phase 4)

Durch diese drastische Reduzierung der Durchströmung aufgrund der beiden zuvor hergestellten Injektionsschleier der Phasen 2 und 3 konnte in der vierten Phase mit der Zementinjektion (Poreninjektion) die verfestigende und abdichtende Wirkung für den gesamten zu sanierenden Molenbereich Stat. 1083 -1115 und Stat. 1123-1163 (Steinkistenverfüllung) vervollständigt werden (Abb. 12). Hierfür wurden 84 Stück Bohrungen analog zu den Phasen 2 und 3 doppelreihig im Dreiecksraster von 0,85m x 1,0m abgeteuft und mit Ventilrohrbündeln versehen. Um große Eindringtiefen und Reichweiten des Injektionsmittels zu erreichen wurden ein spezielles für den Off-Shore-Bereich entwickeltes Fließmittel der Zementsuspension zugesetzt. Die Injektion wurde als gleichmäßige druckgesteuerte Flächeninjektion von unten nach oben ausgeführt. Die Hohlräume in der Mole wurden so flächendeckend verfüllt und die Steinkisten entsprechend verfestigt. Zum Abführen des durch die Injektion verdrängten im Moleninneren befindlichen Wassers und zur Druckentlastung wurden Bohrungen in der Molenabdeckung angeordnet. Somit konnte sichergestellt werden, dass das Injektionsmittel die Unterkante der Molenabdeckung bzw. den Mörtel aus Phase 1 erreicht und der herzustellende Körper kraftschlüssig an diese angebunden wird.



Abb. 12: Sonic-Bohrgeräte auf der Mole in Phase 4 (links) Mischanlage Zementsuspension (rechts)

## 4. Qualitätssicherung / Erfolgskontrolle

Die Qualitätssicherung der durchgeführten Arbeiten beinhaltet:

- Erstellen eines Durchführungskonzeptes sowie einer Ausführungsplanung
- Detaillierte Verfahrensanweisungen für Bohr- und Injektionsarbeiten
- Herstellung eines Probefeldes zu Beginn der Arbeiten
- Erkundungsbohrungen, Wasserabsenkversuche und Piezometermessungen im Probefeld
- Auswertung der Erkenntnisse und Ableitung auf die weiteren Injektionsarbeiten
- Fortlaufende Darstellung und Auswertung maßgeblicher Injektionsparameter, qualitätssichernde Kontrollen und Anpassung der Injektionskriterien bei Erfordernis
- Überführung der Herstellungsunterlagen in ein 3-D Modell (Abb. 13)
- Abschließend Kontrollen und Bewertung zur Abnahme der Injektionsleistungen
- Installation von Inklinometerrohren für nachlaufende Kontrollen



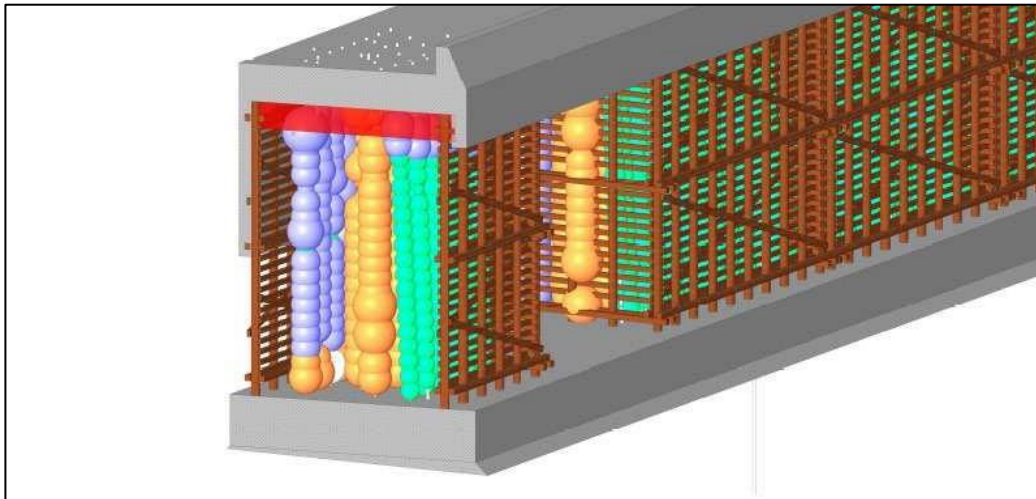


Abb. 13: 3-D Modell der Mole auf Grundlage der Herstellparameter

Zum Qualitätsnachweis und zur Erfolgskontrolle der ausgeführten Maßnahmen wurden im Anschluss der Injektionsarbeiten mehrere Erkundungsbohrungen, Wasserabsinkversuche und Piezometermessungen in den unterschiedlichen Arbeitsbereichen innerhalb der Mole durchgeführt. In der Auswertung der Ergebnisse konnte festgestellt werden, dass die Molenabdeckung kraftschlüssig an die Molenverfüllung angeschlossen wurde. Die vorhandenen Fugen zwischen Molenverfüllung, Ausgleichsbeton und Molenverfüllung wurden mittels der Injektionsphasen 1 bis 4 vollständig verschlossen, so dass sich kein für die Molenabdeckung relevanter Wasserdruck mehr aufbauen kann. Es konnte ein Injektionskörper hergestellt werden, welcher einen sicheren Lastabtrag der Eigengewichtlasten bis zur Bodenplatte ermöglicht. Mittels der Injektionen konnten die zugänglichen Hohlräume in der Molenverfüllung mit Verfüllmaterial erreicht und stabilisiert werden (Abb. 14).

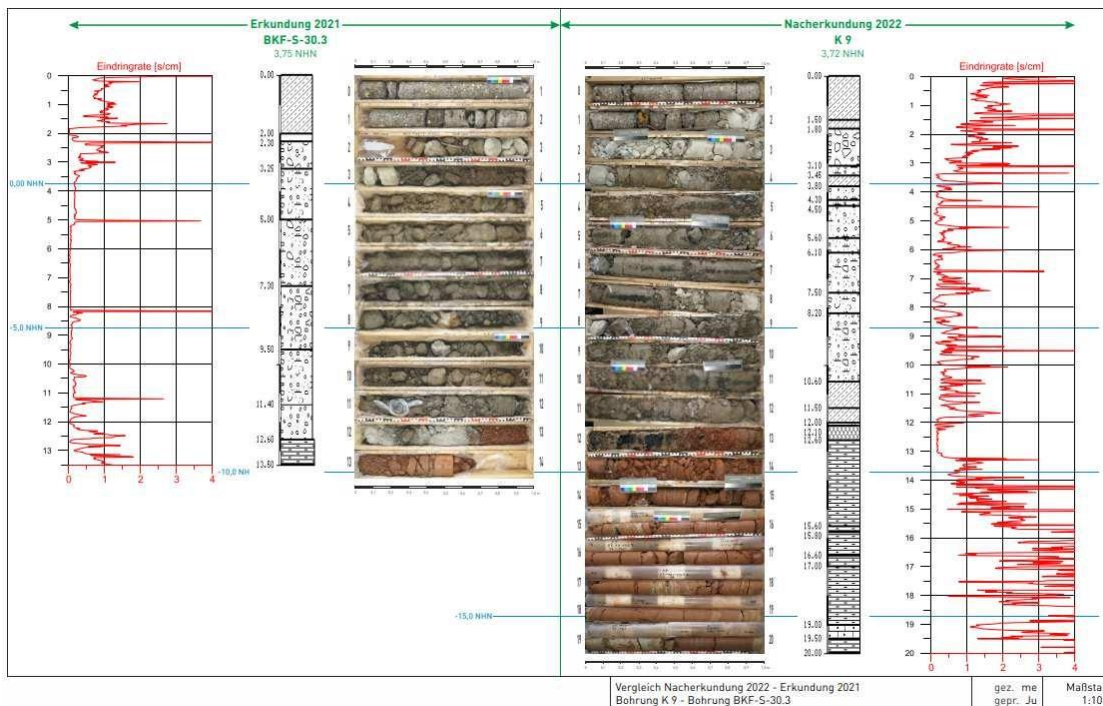


Abb. 14: Vergleich der Sonic-Erkundungsbohrung vor und nach den Injektionsmaßnahmen

Die Molenverfüllung war zumeist gut injizierbar, so dass die Durchlässigkeit gleichmäßig reduziert werden konnte und ein Materialaustrag durch Durchströmung nicht zu erwarten ist, da die Bereiche mit Feinanteilen durch die Injektion verfestigt und stabilisiert wurden und damit die Erosionsbeständigkeit erhöht wurde.

## **5. Zusammenfassung**

Ziel der Injektionsarbeiten war es die die Molenabdeckung auf einen Injektionskörper abzusetzen und den vertikalen und horizontalen Lastabtrag über den Injektionskörper zu ermöglichen. Das konnte erreicht werden. Für die Sicherungsmaßnahme wurden insgesamt 316 Bohrungen ausgeführt und 5820 Ventile eingebaut und injiziert. Die Injektionen wurden durchgängig in Tag- und Nachtschicht vorgenommen. Damit konnte die knapp bemessene Bauzeit von April bis Oktober unter den schwierigen räumlichen Randbedingungen eingehalten und der betroffene Molenabschnitt noch vor den beginnenden Winterstürmen teilinstand gesetzt werden. Die technischen und inselspezifischen logistischen Herausforderungen während der Planung und Projektabwicklung konnten durch eine offene Kommunikation mit dem Auftraggeber und durch gemeinsame Lösungsansätze zielgerecht umgesetzt werden. Unser Dank gilt allen am Projekt beteiligten Personen.





# GEDACHT. GEPLANT. GEBAUT.

*Von unserem Team.*

## Grundinstandsetzung Wehr kleine Weser

Das Wehr dient der Regulierung des Wasserstandes im Werdersee und als zentrales Hochwasserschutzsystem der Stadt Bremen. Aufgrund zahlreicher Schäden war ein Ersatzneubau der Stahlwasserbauverschlüsse und eine Ertüchtigung der Einbauteile, des Antriebes und des Massivbaus erforderlich.

### Planungsumfang GRBV:

- Anpassungen im Massivbau
- Instandsetzung der Antriebsgebäude
- Anpassung an den Hochwasserschutz
- Bauüberwachung

HOCH- & INDUSTRIEBAU | TUNNELBAU  
INGENIEURBAU | INGENIEURWASSERBAU  
GRBV Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG | [grbv.de](http://grbv.de)

GRBV   
INGENIEURE IM BAUWESEN



# Erneuerung der Schiebetore der Großen Seeschleuse Wilhelmshaven

M. Sc. Mathias Kant, Tractebel Hydroprojekt GmbH, Magdeburg

M. Sc. Jens Fiedler, eberhardt . die ingenieure GmbH

*Es werden die Besonderheiten und außergewöhnlichen Anforderungen an die Planung der neuen Schiebetore der großen Seeschleuse Wilhelmshaven dargelegt. Im Anschluss erfolgt die Darstellung der entwickelten Vorzugsvariante.*

## 1. Einleitung

Die große Seeschleuse Wilhelmshaven sowie der Neue Vorhafen sind Anlagen der Deutschen Marine und unterstehen dem Bundesministerium für Verteidigung. Die Aufgaben zum Neubau und zur Unterhaltung der Marineanlagen sind gemäß Artikel 87b des Grundgesetzes der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes übertragen worden. Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Weser-Jade-Nordsee (WSA) nimmt diese Aufgabe vor Ort wahr. Auch der tägliche Betrieb der Seeschleuse wird vom WSA Weser-Jade-Nordsee durchgeführt. Die Große Seeschleuse Wilhelmshaven ist eine Doppelschleuse und verbindet die Jade (Nordsee) mit den inneren Hafenbereichen sowie dem Ems-Jade-Kanal. Sie stellt die einzige Verbindung zum militärisch und zivil genutzten Hafen dar. Die Anlage ist seit dem Wiederaufbau zwischen 1957 und 1964 in Betrieb und besteht aus zwei Schleusenkammern mit jeweils zwei Schiebetoren. Die Schleuse reguliert einerseits die binnenhafenseitigen Wasserstände für die Schifffahrt und ist gleichzeitig Bestandteil der Deichlinie für den Hochwasserschutz. Seeseitig vorgelagert ist der Vorhafen, der ausschließlich der Marine dient. Auf Grund des Alters und der damit verbundenen Schäden der Schiebetore aus den 60-iger Jahren, dem nicht mehr ausreichenden Hochwasserschutz dieser Tore und der teilweise nicht gegebenen Betriebsfestigkeit wird der Neubau von 3 Schiebetoren erforderlich.

## 2. Planungsrandbedingungen und Anforderungen

Für den Neubau und die Planung der Tore sind die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Betrieb der vorhandenen Tore zu berücksichtigen und Verbesserungen für die neue Tore abzuleiten. Ziel ist es, die Vorteile der jeweiligen Bestandskonstruktionen zu vereinen.

Folgende Anforderungen sind maßgeblich für die Planung:

- Antriebe sowie Ober- und Unterwagen aus dem Bestand werden beibehalten
- Beibehaltung der globalen Abmaße der Schiebetore
- Beibehaltung der Anschlussmaße zum Massivbau sowie den Ober- und Unterwagen
- Lastbegrenzung auf Ober- und Unterwagen sowie Antriebe
- Reduzierung des variablen Auftriebs, um die Anpassung des Ballastwasser im Normalbetrieb verhindern zu können
- Anpassung des Hochwasserschutzziels auf NHN +8,0 m
- Umsetzung eines Gleichteilekonzepts
- Begrenzung des maximalen Tiefgangs im Transportfall auf 9,0 m



Die Schiebetore sind Teil der Deichlinie. Im Zuge des Klimawandels und der damit einhergehenden Erhöhung des Meeresspiegels wurde das Hochwasserschutzziel der Küstendeichlinie angehoben. Die neu zu planenden Schiebetore müssen einer Sturmflut von NHN +8 m standhalten. Trotz dieser Forderung müssen die Tore vollständig in den Bestand der Schleuse integrierbar sein. Zum Öffnen der Schleusenkammer müssen die Tore in die seitliche Torkammernische unter eine Bunkerdecke verfahren werden. Die Höhe der Bunkerdecke erlaubt nur das Einfahren des Tores bis zu einer Oberkante von NHN +7 m. Zur Sicherstellung der geforderten Sturmflutsicherheit müssen bei den Neubauten daher bewegliche, auf NHN +8 m ausfahrbare Stauwände geplant werden.

Im Betrieb des 2007 fertiggestellten Tores sind Komplikationen mit verbauten Trapezhohlsteifen aufgetreten. Es entsteht im Wasserhaltungsbetrieb ein veränderlicher Auftrieb des Tores. Dies führt zu einem dauerhaften Anpassen des Ballastwassers in den Tanks des Tores, damit die Auftriebssicherheit jederzeit gewährleistet ist. Gleichzeitig darf bei sinkendem Wasserstand keine Überlast an den Auflagerpunkten entstehen, welche Schäden an den Ober- und Unterwagen hervorrufen könnten. In der Neukonstruktion ist der veränderliche Auftrieb auf ein Minimalmaß zu reduzieren. Es sollen daher für die neuen Tore keine Trapezhohlsteifen verwendet werden. Gleichzeitig werden die Größe der Antriebs- und Pumpenräume, sowie der Wartungs- und Laufgangschächte genauestens untersucht und hinsichtlich der Größe und Lage optimiert.

Es soll ein optimaler Füllungsstand der Ballasttanks ermittelt werden, welcher es ermöglicht das Tor in den Grenzen des Schleusenbetriebes von NHN -4,40 m bis NHN +2,60 m ohne zusätzliche Ballastierung zu betreiben und gegen Auftrieb zu sichern.

Für den lokalen Verkehr des Marienstützpunktes dienen die Tore als Überführung der Schleusenkammern. Ein öffentlicher Verkehr ist ausgeschlossen. Als größtes anzusetzendes Fahrzeug ist die örtliche Feuerwehr mit einem 18 t Löschfahrzeug vorgesehen.

Für die Bauwerksprüfung und routinemäßige Instandhaltungsarbeiten ist es notwendig, die Schiebetore ausbauen zu können. Der Ein- und Ausbau der Tore erfolgt durch das selbstständige Auf- und Abschwimmen und anschließende Ein- bzw. Ausfädeln aus der Tornische. Damit die Tore weiterbearbeitet werden können müssen diese in den Hafen geschleppt werden. Der Tiefgang des Hafens ist begrenzt. Die Tore müssen entsprechend der Anforderungen an den Tiefgang, an die Schwimmstabilität und das Auf- und Abschwimmen erfüllen. Der erstmalige Antransport der Tore erfolgt planmäßig über den Seeweg. Für den außergewöhnlichen Fall ist zusätzlich das Anheben der Tore über den Schwimmkran „Rambiz“ zu berücksichtigen.

Die Herausforderungen bei der Planung ergeben sich zu:

- Einhaltung der Abmessungen und Randbedingungen des Bestandes
- Sicherstellen des Normalbetriebs und der Auftriebssicherheit bei wechselnden Tidewasserständen um im Sturmflutfall
- Gestiegene Anforderungen an den Hochwasserschutz – Bewegliche Stauwanderhöhung
- Einhaltung der maximalen und minimalen Auflasten der angrenzenden Lagerungsstrukturen und Antriebskräfte
- Berücksichtigung verschiedenster Havariezustände (Leckwerden, Schiffsanprall, ...)
- Eigenständiges Schwimmen der Tore unter Berücksichtigung von Tiefgang, Schwimmstabilität, Auftriebssicherheit und Kentersicherheit
- Fahrbahn für den örtlichen Verkehr
- Anschlagpunkte für außergewöhnlichen Anheben mittels Schwimmkran

Im Folgenden werden die maßgebenden Daten und Abmessungen zur Großen Seeschleuse Wilhelmshaven dargelegt:

#### Daten der Seeschleuse Wilhelmshaven:

• Länge zwischen den Schleusentoren	390 m
• Breite zwischen den Kammerwänden	60 m
• Lichte Weite zwischen den Toranschlägen	57 m
• Drempehöhe	NHN -13,65 m
• Mitte Sohdichtung	NHN -13,90 m
• Fahrbahn	NHN +5,90 m
• OK Tor (Normalbetrieb)	NHN +7,00 m
• OK Tor (Sturmflut – Bewegliche Stauwanderhöhung)	NHN +8,00 m

#### Abmessungen des neuen Schiebetores:

• Länge	l = 60,00 m
• Breite	b = 10,00 m
• Breite am Oberwagen	b = 11,90 m
• Höhe	h = 20,00 m
• Höhe einschl. Berüstung	h = 21,10 m

#### Abmessungen der Überführung für den Verkehr:

• Fahrbahnbreite		b = 3,50 m
• Gewegbreite	ca.	b = 1,70 m
• Lichtes Maß zwischen den Schrammborden		b = 4,20 m

### 3. Entwicklung der neuen Schiebetore

#### 3.1 Ergebnisse der Variantenuntersuchung

Für die Konstruktion des Verschlusskörpers wurden Rahmenkonstruktionsvarianten mit verschiedenen Aussteifungsmöglichkeiten untersucht.

Es handelt es sich um folgende Varianten:

- Rahmenkonstruktion aus Hauptrahmen, Zwischenrahmen und I-förmigen Hauptriegeln
- Rahmenkonstruktion bestehend aus Hauptträgern und geschlossenen trapezförmigen Hohlrippen
- Rahmenkonstruktion bestehend aus Hauptträgern, Wulstflachstahl und geschlossenen trapezförmigen Hohlrippen
- Rahmenkonstruktion bestehend aus Hauptträgern und Wulstflachstählen

Zwar unterscheiden sich die Gesamtmassen der einzelnen Varianten, aber aus statischen Gesichtspunkten sind alle betrachteten Varianten umsetzbar.

Als Vorzugsvariante für die Konstruktion des Verschlusskörpers wurde die Rahmenkonstruktion mit aussteifenden Wulstflachstählen ausgewählt. Diese Variante bietet den Vorteil, dass weder variabler Auftrieb durch die Wulstflachstähle erzeugt wird noch, dass korrosive Schädigungen infolge von

Wasseransammlungen auftreten können. Diese Eigenschaftskombination wird als vielversprechendste Variante für die Erfüllung der gestellten Anforderungen betrachtet.

Die bewegliche Stauwanderhöhung für den Schutz bei einer Sturmflut soll einseitig auf den Schiebetoren montiert werden, jedoch sind beide Stauwandflächen für die Montage der Stauwanderhöhung vorzubereiten. In der Vorplanung wurden vier Varianten entwickelt und verglichen, die diese Anforderungen erfüllen.

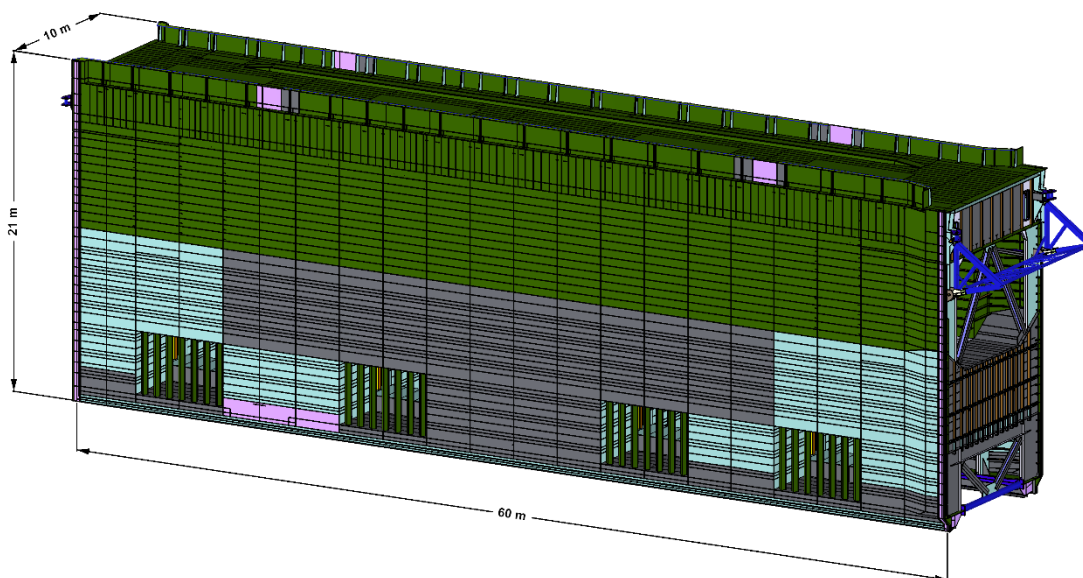
- Aufsatzklappe
- Hubschütz hinter der Stauwand
- Gehwegklappe
- außenliegendes Hubschütz

Alle vier Varianten erfüllen die gestellten Anforderungen mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen. Die Auswertung und Vergleich der Varianten hat gezeigt, dass die Variante: außenliegendes Hubschütz die Anforderungen am besten erfüllt und die Vorzugslösung darstellt. Die Montage der beweglichen Stauwanderhöhung erfolgt über die gesamte Breite der Schiebetore. Durch die Länge von fast 60 m ist es notwendig, die bewegliche Stauwanderhöhung in mehrere einzelne Hubschütze aufzuteilen. Die Hubschütze werden jeweils ca. 6 m breit gestaltet.

Bei einem Sturmflutereignis können die einzeln Schütztafeln um einen Meter in Staustellung verfahren werden. Der Antrieb erfolgt über hydraulische Zylinder. Jedes Hubschütz wird mit einem separaten Antrieb ausgestattet.

### 3.2 Konstruktion und Eigenschaften des Verschlusskörpers

Der Torkörper setzt sich aus einer geschweißten Konstruktion aus Stahl S355J2 + N zusammen. Tragende Komponente ist ein Rahmensystem aus geschweißten Hauptträgern. Die Längsaussteifungen der Stauwand innen erfolgen durch Wulstflachstahlprofile (HP-Profile), die Queraussteifungen durch geschweißte Hauptträger. Die Aussteifung des Torkörpers selbst erfolgt durch Stauwand-, Fahrbahn- und Gehweg-, Schwimmkastendecken- und -bodenblechen, Pumpen- & Antriebsräumen sowie vier Schüttschächten, ausgesteift mit HP-Profilen.



**Abb. 1 Statisches Modell des Schiebetores – Gesamtübersicht**

Das Gesamtgewicht des Stahlbaus eines Schiebetores beträgt rund 1.750 t. Für die Einhaltung aller Randbedingungen und zur Anpassung der Schwerpunktlage für die Schwimmstabilität wird im unteren Bereich des Tores rund 600 t Ballastbeton angeordnet.

Im Torinneren befinden sich 16 Schwimmkastenzellen. Diese werden über Ballast- und Lenzpumpen mit manuell und elektrisch betriebenen Schiebern gefüllt und gelenzt.

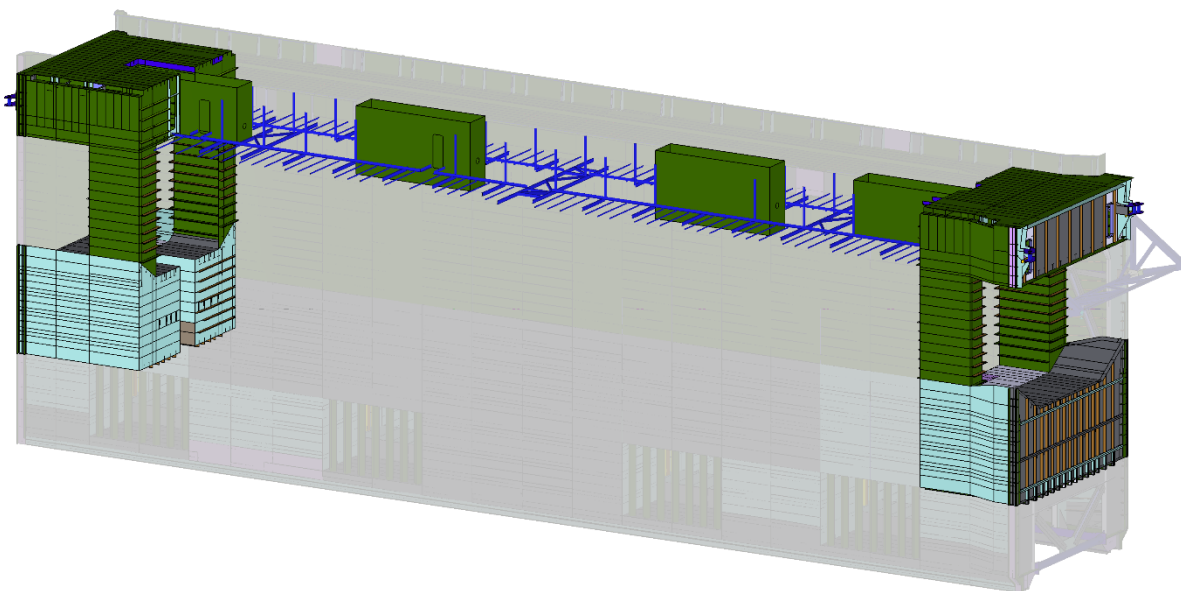
Des Weiteren befinden sich im Torinneren vier Schüttschächte mit Durchlassöffnungen und jeweils zwei Rollschützen. Diese werden über hydraulische Antriebe gezogen bzw. geschlossen. In Höhe der Durchlassöffnungen werden im Stauwandbereich lotrechte Störwinkel angebracht, welche die Strömungsenergie des durchströmenden Wassers innerhalb des Durchflusskanals weitgehend umwandeln.



**Abb. 2 Längsschnitt durch Schiebetor mit Füllschützen, Ober- und Unterwagen**

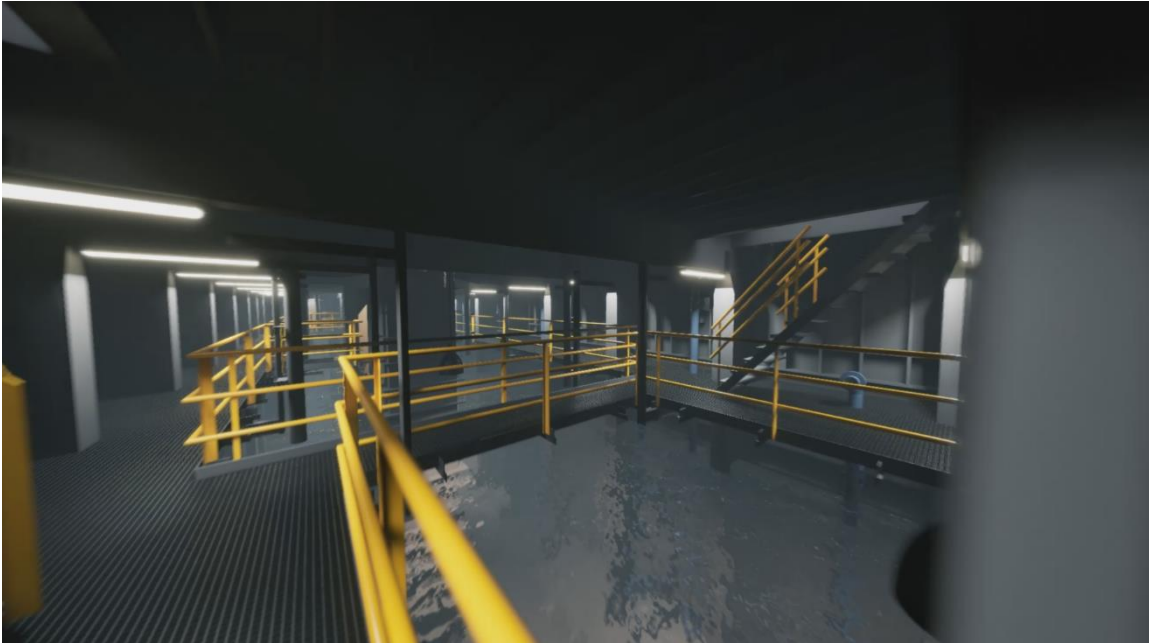
Das Torinnere ist durch Montage- und Laufstege mit GFK-Gitterrosten begehbar.

Weiterhin befinden sich in den Stirnseiten des Tores vier Eckschächte (Treppen- & Wartungschacht), zwei Pumpenräume und zwei Antriebsräume, die über die Begehung bzw. Treppenschächte erreichbar sind und welche die Funktion von Auftriebskörpern erfüllen.



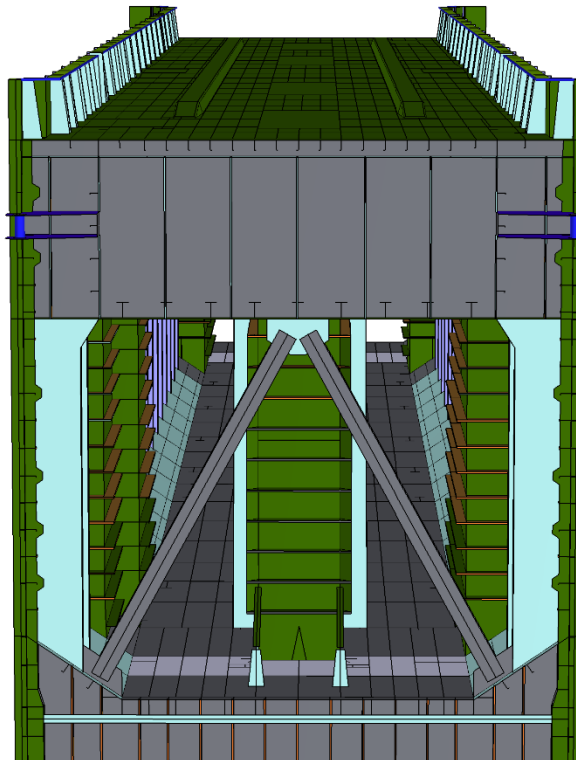
**Abb. 3 Laufangebene mit Antriebs- und Pumpenräumen sowie den vier Eckschächten**





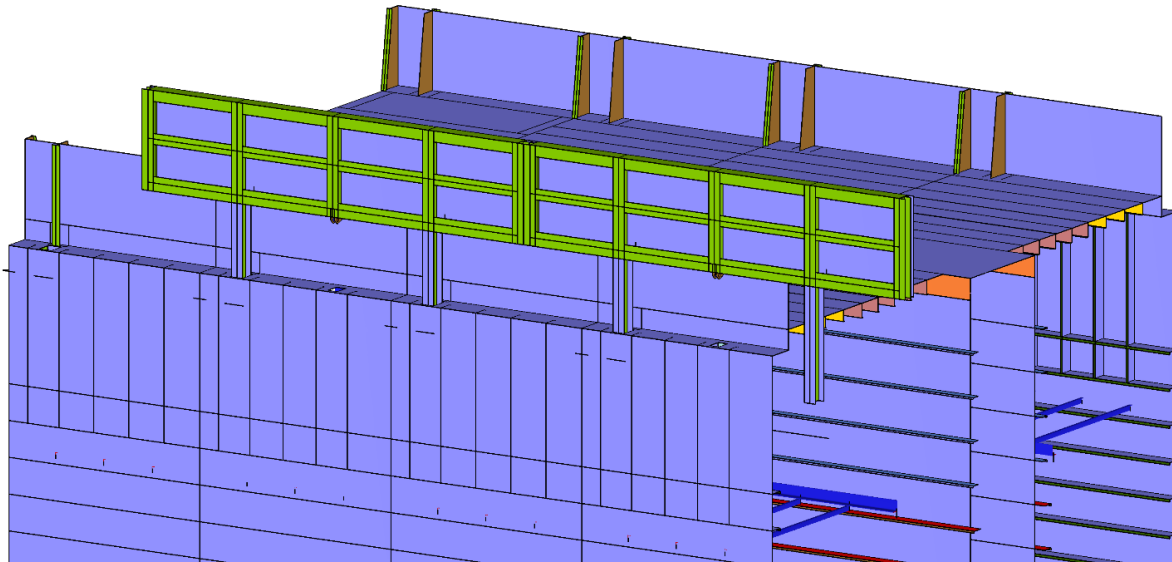
**Abb. 4 Visualisierung Laufangebene**

Der Torkörper beinhaltet weiterhin die Funktion einer Brücke mit baulich getrennter Fahrbahn und Gehwegen mit entsprechender Absturzsicherung in Form einer geschlossenen Stahlblechbrüstung. Im Endbereich des Tores sind auf Gehweghöhe feste Geländer als Absturzsicherung vorzusehen. Die waagerechte und senkrechte Abdichtung des Tores erfolgt im geschlossenen Zustand an den Schleusendrempeln, Torkammer- und Anschlagenseiten. Die Dichtungen werden als PE-UHMW ausgeführt und so befestigt, dass sie die maximal wirkenden Kräfte schadlos aufnehmen. Die Seitendichtungen übernehmen ebenfalls die Funktion des Lastabtrags in das Massivbauwerk.



**Abb. 5 Perspektivische Ansicht auf die Fahrbahnebene und die Tankdecke**

Für die Auflagerung des Tores auf dem Unterwagen und dem Oberwagen sind Aufnahmekonstruktionen vorgesehen, die an die vorhandenen Ober- und Unterwagen angepasst sind. Unter dem Tor sind Absetzkufen angeordnet, welche als Aufstandspunkte für ein trockengelegtes Tor und für den Notbetrieb zum einmaligen Schließen des Tores bei beschädigtem Ober- bzw. Unterwagen dienen. Für extreme Sturmflutereignisse ist seeseitig eine bewegliche Hochwasserschutzwand vorgesehen. Diese ist über die komplette Länge der Schiebetore angeordnet und kann mithilfe von hydraulischen Antrieben um 1 m angehoben werden. Im Randbereich werden temporär montierbare Passtücke benötigt, um den Anschluss zur landseitigen Hochwasserschutzwand herstellen zu können.

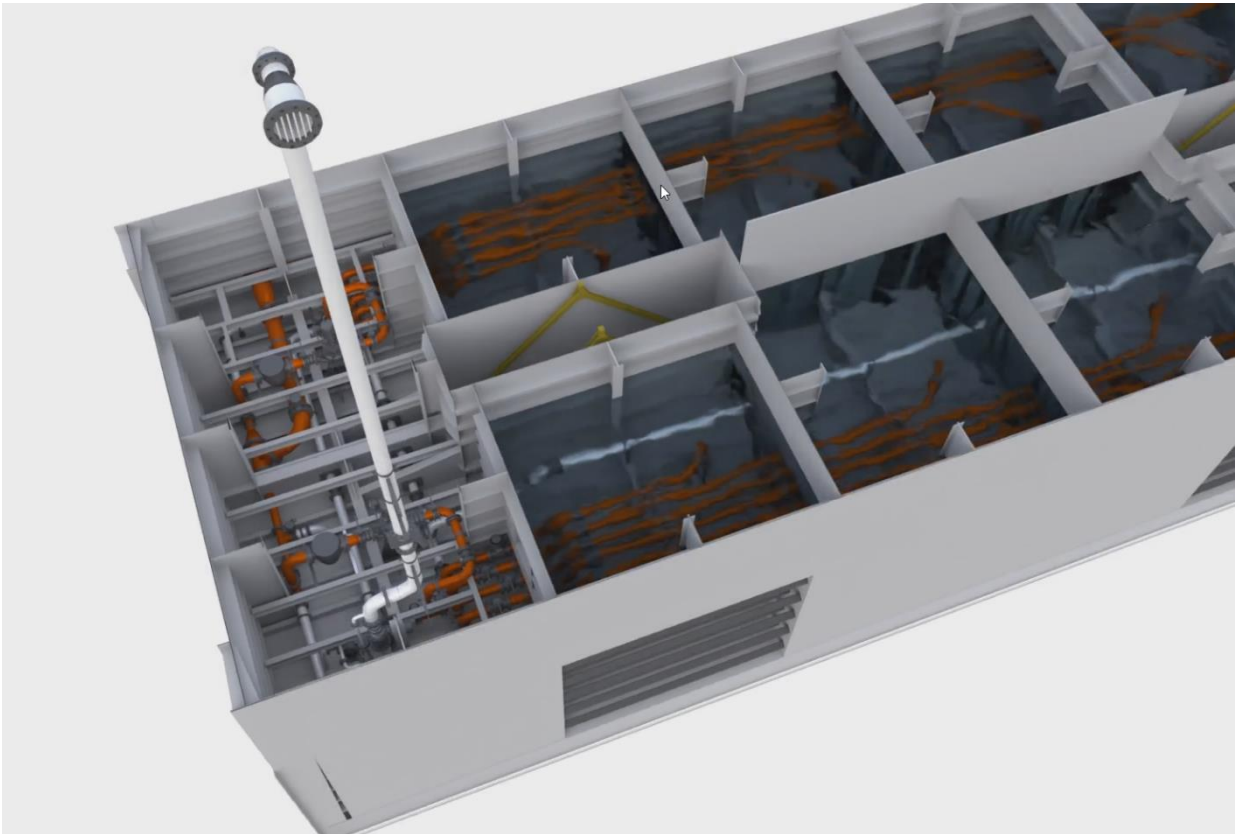


**Abb. 6 Mobile Stauwanderhöhung in gehobener Stellung auf dem Schleusentor**

Im Fall eines Extremhochwassers bzw. einer Sturmflut wird das Schleusentor für den Schleusenbetrieb außer Betrieb gesetzt. In diesen Fällen können höhere statische Lasten vom Ober- und Unterwagen aufgenommen werden. Diese werden benötigt, damit die Auftriebssicherheit jederzeit sichergestellt ist.

Im Fall des steigenden Hochwassers ist das Tor mit einer Schwerkraftbefüllung versehen. Dadurch werden die Ballasttanks in einer definierten Reihenfolge mit Seewasser restlos gefüllt. Die Flut- und Lenzanlage braucht hierfür nicht aktiviert zu werden. So wird ein Ausfallrisiko und eine Fehlfunktion, welche zum Aufschwimmen, und somit zum Worst case Szenario führen würde ausgeschlossen.

Bei Rückgang der Fluten werden ab einem definierten Wasserpegel die Ballasttanks auf ein bestimmtes Niveau gelenzt, damit das Tor im Normalbetrieb weiterverwendet werden kann. Der Ballast in den Tanks ist mit dem restlichen Gewichten des Tores so abgestimmt, dass dieser im Normalbetrieb nicht angepasst werden muss. Die ungleiche Gewichtsverteilung innerhalb des Tores wird zusätzlich durch das Ballastwasser ausgeglichen.



**Abb. 7 Darstellung Lenzanlage (Orange), Pumpenraum & Schwimm tanks**

#### 4. Zusammenfassung

Mit Blick auf den zukünftigen Anstieg der Meeresspiegel und den resultierenden höheren Belastungen werden neue höhere Anforderungen an den Küstenschutz gestellt. Die Seeschleuse Wilhelmshaven muss den Küstenschutz und einen zuverlässigen Schleusenbetrieb der angrenzenden Schifffahrt insbesondere der Marine sicherstellen. Die enormen Abmaße und daraus resultierenden Gewichte der Schiebetore stellen eines der größten Planungsprojekte des Stahlwasserbaus dar. Die erweiterten Randbedingungen aus den neuen Anforderungen und gleichzeitig den Bestandsbauwerken, zeugen von der Komplexität des Vorhabens. Dennoch ist es im Zuge der Planung gelungen den Anforderungen gerecht zu werden und so ein Schleusentor zu entwerfen welches den zukünftigen Herausforderungen standhält. Das gesamte Modell bzw. der gesamte Planungsprozess wird vollständig in 3-D-Modellen abgebildet. Zur Visualisierung und zum Verständnissgewinn wurden in den Planungsbesprechungen 3D-Live-Begehungsmodelle eingesetzt. Mit diesem Tool wurde der Auftraggeber und der spätere Betreiber der Anlage von Beginn an vollständig in die Planung integriert und konnten so Einfluss nehmen auf die Konstruktion und deren spätere Handhabung. Nach Fertigstellung des Projekts werden die Schleusentore den Hafen von Wilhelmshaven für weitere 70 Jahre zuverlässig schützen und der Schifffahrt zugutekommen.

#### 5. Literaturverzeichnis

Wasserstraßenschifffahrtsamt Weser-Jade-Nordsee (2021): Verladung Schiebetor auf den Schwimmponton

Ingenieurgesellschaft Wilhelmshaven (2023): Entwurf-AU – Erläuterungsbericht, Magdeburg

Ingenieurgesellschaft Wilhelmshaven (2023): Statische Berechnung Schiebetor, Füllschütz, Bewegliche Stauwanderhöhung, Magdeburg



## HTG-Förderpreis für Masterarbeiten

### Technischer Hochwasserschutz der Hansestadt Wismar

Timo Hildebrandt, Hochschule Bremen

Am südlichsten Punkt der Ostsee in der Wismarbucht befindet sich die Hafen- und Hansestadt Wismar. Aufgrund der exponierten Buchtenlage und den zusätzlich durch die Stadt verlaufenden und in die Ostsee mündenden Fließgewässern, besteht für Wismar eine bedeutsame Hochwassergefahr. In der Vergangenheit kam es sowohl durch Sturmfluten als auch durch Hochwasserabflüssen an den Fließgewässern und lokalen Starkregenereignissen zu Überflutungen im Stadtgebiet. Projektionen zukünftiger klimatischer Veränderungen lassen auf eine Zunahme der Hochwassergefährdung für Wismar schließen.

In der vorliegenden Ausarbeitung wird im ersten Schritt die Gefährdung der Stadt Wismar aufgrund der verschiedenen Hochwassertypen und unter Berücksichtigung der Projektionen zukünftiger Klimaveränderungen im Planungsraum analysiert. Als gefährdetes Gebiet mit dem größten Schadenspotential können die Hafen- und Innenstadtbereiche identifiziert werden. Im zweiten Schritt wird eine Bestandsaufnahme des bestehenden technischen Hochwasserschutzes mit einer detaillierten Herausarbeitung maßgeblicher Schwachstellen und deren Auswirkungen auf ein Gesamtschutzniveau von Wismar durchgeführt. Auf Grundlage dieses Überblicks findet im dritten Schritt die Ausarbeitung eines ganzheitlichen Hochwasserschutzkonzepts für die gefährdeten Bereiche Wismars statt. Dieses Konzept basiert auf vier Ausbaustufen. Ausbaustufe I sieht die Herstellung eines unterirdischen Hochwasserschutzes als Grundlage weiterer Ausbaustufen vor. Hierauf folgt die Herstellung eines einheitlichen Höhenniveaus entlang der gesamten Uferlinie. Ab dem Jahr 2030 ist durch die Ausbaustufen III und IV ein im zeitlichen Abstand von 40 Jahren und an den projizierten Meeresspiegelanstieg angepasster Ausbau einer Hochwasserschutzwand über eine Länge von ca. 3.320 m vorgesehen. Weiterhin wurde unter dem Aspekt von Risikoabwägungen ein verstärkter bauökonomischer Schwerpunkt hinsichtlich Nutzung potentieller Rückhalteräume im Stadtgebiet für Binnenabflüsse während Hochwasserereignissen verfolgt.

Im Rahmen der Erstellung der vorliegenden Arbeit ist die Stadtverwaltung Wismar auf die für den Hochwasserschutz des Landes Mecklenburg-Vorpommern zuständige Behörde zugegangen. Daraufhin wurde die Erarbeitung eines entsprechenden Hochwasserschutzkonzepts in den Maßnahmenkatalog geplanter Küstenschutzmaßnahmen des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt aufgenommen (StALU M-V MM, 2020a). Es ist geplant, innerhalb der nächsten 10 Jahre mit der baulichen Umsetzung zu beginnen.

## **HTG-Förderpreis für Innovation der Werner-Möbius-Stiftung**

### **Einbau von Spundbohlen bei kombinierten Rohrspundwänden unterhalb der Wasserlinie**

Buhmann,C., Handel, A., Messmann, J, Bollen, J  
Depenbrock Ingenieurwasserbau GmbH & Co.KG, Messmann Service GmbH

Sollen kombinierte Spundwände unter Wasser eingebaut werden, so stellen sich den ausführenden Firmen zahlreiche technische Herausforderungen. Neben geeigneten Geräten wie Rüttlern oder Hämmern, welche in den entsprechenden Wassertiefen arbeiten können, sind Welleneinwirkungen, unvorhersehbare und kräftige Unterwasserströmungen und ein Arbeiten ohne Sicht auf den Arbeitsbereich vorherrschend. Der Einsatz von Tauchern ist aufgrund der Verhältnisse häufig nicht möglich oder zumindest sehr stark eingeschränkt.

Die Innovation, die im vorliegenden Dokument erläutert wird, besteht in der Entwicklung eines Einbau- und Montagekonzeptes, welches weitestgehend unabhängig von den vorherrschenden Strömungen und ohne Taucherhilfe, Spundbohlen zwischen zuvor eingebaute Tragbohlen unter Wasser zuverlässig und schnell einfädeln und einbauen lässt. Dabei kommt es darauf an, ein System zu entwickeln, welches außerhalb des direkten Einflussbereiches, ohne Sichtkontakt und in größeren Wassertiefen ermöglicht, zügig und zuverlässig Spundbohlen einer kombinierten Spundwand unter Wasser einbauen kann.

Das vorgestellte Konzept wurde bereits erfolgreich bei einem Bauvorhaben in der Ostsee mit Oberkanten der kombinierten Spundwand bis zu 10,50 m unterhalb des Wasserspiegels eingesetzt.

Dabei wurden Dreifach-U-Bohlen VL603Z11 mit einer Maximallänge von 14,0 m zwischen Rohrpfählen  $\varnothing 1.220$  mm eingefädelt. Selbst bei Abweichungen der Abstände zwischen den Rohren konnte das System erfolgreich eingesetzt werden und alle Spundbohlen wurden zügig und ohne Schloss-Sprengungen erfolgreich eingebaut.



*[Innovatives Einbau- und Montagekonzept]*

## Förderpreis der Victor-Rizkallah-Stiftung

### Modelling of excess pore pressure accumulation in sand around cyclically loaded foundations

Jann-Eike Saathoff, Institut für Geotechnik (IGtH), Leibniz Universität Hannover

Insbesondere bei Sturmereignissen kann es im Boden an zyklisch belasteten Offshore-Fundamenten zu einer Akkumulation von Porenwasserüberdrücken kommen. Der Porenwasserüberdruck reduziert die effektiven Spannungen im Boden und kann daher die strukturelle Integrität negativ beeinflussen. Obwohl die Berücksichtigung dieses Degradationseffekts auf die Tragfähigkeit von den beteiligten Zertifizierungs- oder Genehmigungsstellen gefordert wird, existiert derzeit keine allgemein anwendbare und akzeptierte Methode für den rechnerischen Nachweis.

In dieser Arbeit wird eine neue numerische Methode – die sogenannte Excess Pore Pressure Estimation Methode (EPPE) – vorgestellt, die es erlaubt, dass in zyklischen Einzelscherversuchen ermittelte Bodenverhalten auf das Tragverhalten des gesamten Fundaments zu übertragen. Dabei berücksichtigt das numerische Modell die zyklische Porenwasserüberdruckakkumulation unter Verwendung der element-spezifischen mittleren Spannung und Spannungsamplitude sowie der äquivalenten Zyklenzahl. Die Simulation des Porenwasserüberdruckaufbaus infolge bestimmter zyklischer Beanspruchungen basiert auf undrainierten Bedingungen, d.h. der Porenwasserüberdruckaufbau infolge bestimmter zyklischer Beanspruchungen wird unter Vernachlässigung des gleichzeitigen Konsolidierungsprozesses abgeleitet. Die Übertragung von Laborergebnissen auf Elemente innerhalb des Finite-Elemente-Modells in Form von Konturdiagrammen ermöglicht die Berücksichtigung von standortspezifischen zyklischen Einzelscher- und Triaxialversuchsergebnissen.

Die gesamte Porenwasserüberdruckakkumulation während eines Sturmereignisses, wird dann für einen bestimmten Bemessungssturm ermittelt. Für ein tiefergehendes Verständnis des zyklischen Bodenverhaltens wird das zyklische Antwortverhalten in verschiedenen Laborgeräten bei unterschiedlichen Lagerungsdichten und unter verschiedenen Spannungszuständen untersucht. Ein Konturansatz, der auf last- und verschiebungsgesteuerten Versuchsergebnissen basiert, wird abgeleitet. Um die Elementantwort aus numerischer Sicht zu untersuchen, wurde auch ein implizites Modell kalibriert.

Anschließend werden verschiedene explizite Ansätze vorgestellt und hinsichtlich ihres Abschätzungsverhaltens der zyklischen Porenwasserüberdruckerzeugung, ihrer prognostizierten Gründungskapazität und ihrer Modellannahmen verglichen. Damit ist beabsichtigt, bestehende Ansätze und deren Anwendbarkeit in einer umfassenden Gesamtstudie zu untersuchen. Es wird ein generisches und modulares, explizites Modell vorgestellt, das leicht mit fachspezifischem Sachverstand bewertet werden kann. Die verschiedenen Berechnungsschritte können nach Bedarf durch weitere Schritte ergänzt werden.

Im Rahmen dieser Arbeit werden Ergebnisse aus zyklischen Laborversuchen für einen beispielhaften Nordseesand vorgestellt und auf eine Referenz-Monopile-Gründung innerhalb eines vordefinierten Sturmereignisses angewendet. Der EPPE-Ansatz hilft bei der Quantifizierung des



Verflüssigungsrisikos und der Ermittlung eines angemessenen Sicherheitsniveaus. Mit der Methodik ist es möglich, das Degradationspotenzial für verschiedene Standorte einfach und schnell zu bewerten.

## Nachhaltigkeitspreis der HTG

### Landstromanlagen als wichtiger Beitrag zur Verwirklichung der globalen Nachhaltigkeitsziele

Tobias Günzl, INROS LACKNER SE  
Matthias Berndt, INROS LACKNER SE  
Claudia Klein, INROS LACKNER SE  
Janett Lemke, INROS LACKNER SE  
Ragna Arentz, FICHTNER Water & Transportation GmbH  
Thorben Nahnsen, FICHTNER Water & Transportation GmbH  
Dr. Bernhard Lutz, FICHTNER GmbH & Co. KG

INROS LACKNER SE, FICHTNER GmbH & Co. KG und die FICHTNER Water & Transportation GmbH sind national und international tätige Ingenieurbüros im Bereich der Bau- und Elektrotechnik. Die Unternehmen verfügen über Niederlassungen und Standorte im gesamten Bundesgebiet sowie im Ausland.

Die Unternehmen haben sich aufgrund ihrer planerischen Expertise im Bereich der Bau- und Elektrotechnik seit mehreren Jahren mit der Planung und der Baubegleitung von Landstrom-Projekten beschäftigt. Neben eigenen Projekten haben sich die Unternehmen auch zusammengeschlossen, um gemeinsam Projekte zu bearbeiten, Synergien zu heben und die technische Entwicklung zu forcieren.

Ab 1.1.2030 müssen Container- und Fahrgastschiffe am Liegeplatz in einem Anlaufhafen an eine landseitige Stromversorgung mit nur enggefassten Ausnahmen angeschlossen werden.

Die Nachhaltigkeit von Landstromanlagen ergibt sich aus Gründen der

- Reduzierung der Luftverschmutzung und der CO<sub>2</sub> Emissionen,
- Verringerung des Lärms für Anwohner und der Bordbesatzung,
- Erhöhung der Energieeffizienz auf Grund der effektiveren Energieerzeugung gegenüber individuellen Schiffsgeneratoren.

Den hohen maximalen Versorgungsanforderungen an den einzelnen Liegeplätzen (bis zu 16 MVA Kreuzfahrt- / 7,5 MVA Containerschiffe) stehen in Abhängigkeit der Schiffsgrößen nur geringfügige Verbräuche gegenüber. Hier hilft eine vernetzte und modular aufgebaute Landstromversorgung für mehrere Liegeplätze eine wirtschaftliche Landstromversorgung in den Häfen zu entwickeln.

Der Betrieb und die Unterhaltung der technisch komplexen Landstromtechnik stellt für die Häfen eine besondere Herausforderung dar. Die Entwicklung einheitlicher „Best Practice“ Lösungen für die Bedienung und Schiffsübergabe der Landstromtechnik helfen einen sicheren und bedienungsfreundlichen Betrieb der Anlagen zu gewährleisten.

Der international Standard IEC/IEEE 80005-1 Utility connections in ports – Part 1: High voltage shore „connection (HVSC) systems – General requirements“ definiert die technischen Rahmenbedingungen und Anforderungen an die Landstromversorgungsanlagen. Wesentliche Auslegungsdaten, wie Leistungsdaten und Kurzschlussbelastung orientieren sich am weiterentwickelten Stand der Technik. Die Umsetzung der IEC-Vorgaben in Bezug auf die Dimensionierung bietet Freiheitsgrade, die es zu nutzen gilt. Gesamtanlagen, bestehend aus einzelnen Blockmodulen, bieten die Gewähr für wirtschaftliche Lösungen in der Beschaffung, bei der Bauausführung und in der Qualitätssicherung. Die Weiterführung dieses Modul-Prinzips in den bedarfsgerechten Versorgungsbetrieb bietet dem Betreiber Flexibilität an der Kaikante.

In folgenden Häfen wurden die beschriebenen Konzepte bereits bei der Planung und dem Bau berücksichtigt:

- Rostock Port: Landstromanlage Warnemünde für die Kreuzschiffahrtsliegeplätze 7 und 8
- Seehafen Kiel: Ostuferhafen Kreuzfahrtterminal und RoRo-Terminal am Ostseekai
- Hamburg Port Authority: Containerterminals CTH, CTB und CTT
- bremenports: Containerterminal 1 - 3a, Kreuzfahrtterminal und RoRo Kaiserhafen
- Port of Aarhus: Containerterminal

Die Landstromanlagen sind für weitere Ausbaustufen vorgesehen. Die jeweiligen Erfahrungen aus dem Betrieb werden zur Fortschreibung der eingesetzten Technik, dessen Automationsgrad und der Entwicklung der Kommunikationssysteme ausgewertet und bei neuen Landstromanlagen berücksichtigt.

# Smart Port - Digitalisierung der Hafenzuläufe

Daniel Becker, M.Sc., bremenports GmbH & Co. KG, Bremerhaven

## Management Summary

Häfen, genauer gesagt die Infrastruktur dieser Häfen sind heute mehr denn je miteinander vernetzt und als wesentliche Bestandteile internationaler Supply Chains prozessual gemeinsam zu betrachten. In einer komplexeren und immer dynamischeren Marktumgebung gewinnen Themen Steuerung, Planung und Koordination von Hafenzuläufe immer mehr an Bedeutung und vor allem kommt es darauf an, in den jeweiligen Infrastrukturen der Modalitäten alle Aspekte, regionaler und der überregionaler, möglichst passgenau mit den vielfältigen Prozessen öffentlicher wie privater Akteure in den Häfen zu synchronisieren. Bremerhaven und das Revier der Außenweser verfügen bislang über keine nautische Terminalkoordinierung oder vergleichbare smarte Lösungen. Dies erweist sich angesichts der Konkurrenz unter den europäischen Häfen als potentieller Wettbewerbsnachteil. Vor diesem Hintergrund hat bremenports gemeinsam mit den Terminals und dem Hamburg Vessel Coordination Center (HVCC) das Projekt gestartet. Angesichts der stetigen Steigerung der abzuwickelnden Zugverkehre ist der Einsatz einer neuen und leistungsfähigen IT-Struktur für die operative Betriebsführung der Hafeneisenbahn dringend erforderlich. Das neue Port Railway Information and Operation System, kurz PRINOS, wird die Bremische Hafeneisenbahn bei der Planung von Kapazitäten, der Disposition und der Entgeltabrechnung unterstützen. Um die Bremischen Häfen jetzt „smart“ werden zu lassen bzw. um als zukünftiger Hafen attraktiv und damit wettbewerbsfähig zu sein, wurden neben der übergeordneten Smartportorientierung diese zwei zukunftsweisenden Digitalisierungsvorhaben gestartet, die den Bremischen Hafen in Richtung der notwendigen Smartportorientierung trägt und somit auch zukünftigen Hafenzuläufe sicherstellt.

## Einleitung

Schifffahrt und Häfen sind heute mehr denn je miteinander vernetzt und als wesentliche Bestandteile internationaler Supply Chains prozessual gemeinsam zu betrachten. In einer komplexeren und immer dynamischeren Marktumgebung gewinnen Themen der Lenkung und Steuerung von Schiffsverkehren immer mehr an Bedeutung und vor allem kommt es darauf an, in den jeweiligen Revieren alle Aspekte der Schifffahrt möglichst passgenau mit den vielfältigen Prozessen öffentlicher wie privater Akteure in den Häfen zu synchronisieren. Container, Autotransporter, Kreuzliner, Stückgutfrachter – die Zahl der Schiffe und Zugverkehre die jährlich über die Weser oder die Eisenbahn nach Bremerhaven kommen, ist immens. In einem regionsübergreifenden Projekt sollen nun die Schiffsanläufe besser koordiniert und damit auch die Emissionen aus den Schornsteinen reduziert werden. „Digitale Außenweser“ ist der Name des Projektes und gleichzeitig der Grundgedanke der optimierten Schiffslenkung. Wie können Arbeitsabläufe in den Häfen zusammengeführt, verschlankt, schneller und reibungsloser werden? Diese Frage haben sich verschiedene Institutionen von der Hafengesellschaft bremenports über das Hansestadt Bremische Hafenamt, Reeder, Terminalbetreiber, Lotsen, Schlepperdienstleister und den Schiffsmeldedienst bis zum Wasser- und Schifffahrtsamt Weser-Jade-Nordsee gestellt. „Smart Port“ ist das Stichwort. Auf dem Weg dorthin ist jetzt nach 18 Monaten Arbeit die Vorstudie des Projektes fertiggestellt. Träger sind bremenports, die Terminals und das Hamburg Vessel Coordination Center (HVCC). „Ein Ziel ist, die Geschwindigkeiten der Schiffe



so anzupassen, dass sie genau zum richtigen Zeitpunkt an der richtigen Stelle sind – also just in time zu arbeiten. Das spart natürlich Treibstoff und hat einen Umwelteffekt. Grundlegend geht es beim Projekt Digitale Außenweser darum, die Wettbewerbsfähigkeit der Häfen zu verbessern.“ Allein im Jahr 2021 haben mehr als 2600 Containerfrachter, rund 750 Autotransporter, 570 Stückgutfrachter und mehr als 30 Kreuzfahrtschiffe Kurs auf Bremerhaven genommen. Die Bremische Hafenbahn in Bremen und Bremerhaven nehmen ca. 500 Zugeinläufe pro Woche auf. Sie wird aus vier Stellwerken heraus rund um die Uhr gesteuert. Diese (eigene) Infrastruktur stellt damit - nach der Hafenbahn Hamburg - die zweitgrößte deutsche öffentliche nicht-bundeseigene Eisenbahninfrastruktur dar. Vom modal split her betrachtet hat Bremerhaven innerhalb der Nordrange die Nase vorne - Bremerhaven ist ein Eisenbahnhafen, der Umschlag auf der Schiene brummt. Angesichts der stetigen Steigerung der abzuwickelnden Zugverkehre ist der Einsatz einer neuen und leistungsfähigen digitalen Plattform für die operative Betriebsführung der Hafeneisenbahn dringend erforderlich. Das neue Port Railway Information and Operation System, kurz PRINOS, wird die Bremische Hafeneisenbahn bei der Planung von Kapazitäten, der Disposition und der Entgeltabrechnung unterstützen.

### **Digitale Außenweser**

Das allgemeine Schiffsgrößenwachstum im Containerverkehr vermehrt zu Schiffsanläufen mit Tiefgangs-Einschränkungen auf der Weser führt wiederum zu einem gesteigerten Bedarf, die Schiffe verschiedener Kunden bestmöglich zu koordinieren. Damit die engen Zeitfenster eingehalten werden können, die ein moderner Hafen benötigt. Die Stromkaje in Bremerhaven und das Revier der Außenweser verfügen bislang über keine Digitale Koordination oder vergleichbare smarte Lösungen, die es erlaubt eine effiziente Schiffanläufe zu koordinieren. Dies erweist sich angesichts der Konkurrenz unter den europäischen Häfen als potentieller Wettbewerbsnachteil. Vor diesem Hintergrund hat bremenports gemeinsam mit EUROGATE und dem Hamburg Vessel Coordination Center (HVCC) die Vorstudie zur „Digitale Außenweser“ mit über 50 Stakeholdern gestartet. Darüber hinaus führt das allgemeine Schiffsgrößenwachstum im Containerverkehr vermehrt zu Schiffsanläufen mit Tiefgangs-Einschränkungen auf der Außenweser und dies wiederum zu einem gesteigerten Bedarf, die Schiffe verschiedener Kunden bestmöglich zu koordinieren, um die engeren Zeitfenster einzuhalten. Eine aktive Schiffskoordination auf der Außenweser wird unter dem Stichwort „Digitale Außenweser“ seit geraumer Zeit auch seitens Kunden / Reedereien befürwortet. Eine Koordination der verschiedenen involvierten Parteien soll zur Verbesserung des Verkehrsflusses beitragen und die Wettbewerbsfähigkeit Bremerhavens und der Häfen an der Weser insgesamt sichern bzw. steigern. Bremerhaven und das Revier der Außenweser verfügen bislang über keine Nautische Terminalkoordination bzw. vergleichbare smarte Lösungen, was sich in der verschärften Konkurrenz unter den europäischen Häfen zunehmend als Wettbewerbsnachteil erweist. Im Ergebnis (vgl.: Abbildung 1: Digitale Außenweser und Funktionen) einer solchermaßen übergeordneten Koordination lassen sich nicht nur bei einzelnen Akteuren, sondern praktisch bei allen am Hafen- und Schiffsbetrieb Beteiligten vorhandene Kapazitäten besser nutzen, Ressourcen optimiert planen, Treibstoffverbräuche senken, Kosten reduzieren usw. Zugleich erhöht sich die Transparenz durch ein ganzheitliches, fortlaufend aktualisiertes Lagebild. Ziel dieses Vorprojektes ist die exemplarische Prüfung der Verkehrsablaufoptimierung im Revier Außenweser in Verbindung mit der Ausarbeitung eines vorzugswürdigen Betriebskonzeptes. Den Abschluss soll eine Handlungsempfehlung zum weiteren Vorgehen bilden. Im Rahmen der zu erarbeitenden und zu bewertenden Lösungsansätze sollen organisatorische, wirtschaftliche, technische, zeitliche und rechtliche Aspekte der jeweils möglichen Umsetzung beleuchtet werden, um auf deren Basis eine spätere fundierte Entscheidung bezüglich der Eignung und Machbarkeit eines vorzugswürdigen Betriebskonzeptes treffen zu können. Dies

steht im Einklang mit der vom Ausschuss für die Angelegenheiten der Häfen im Land Bremen im Februar 2021 beschlossenen Innovations- und Smart-Port-Orientierung für die bremischen Häfen.

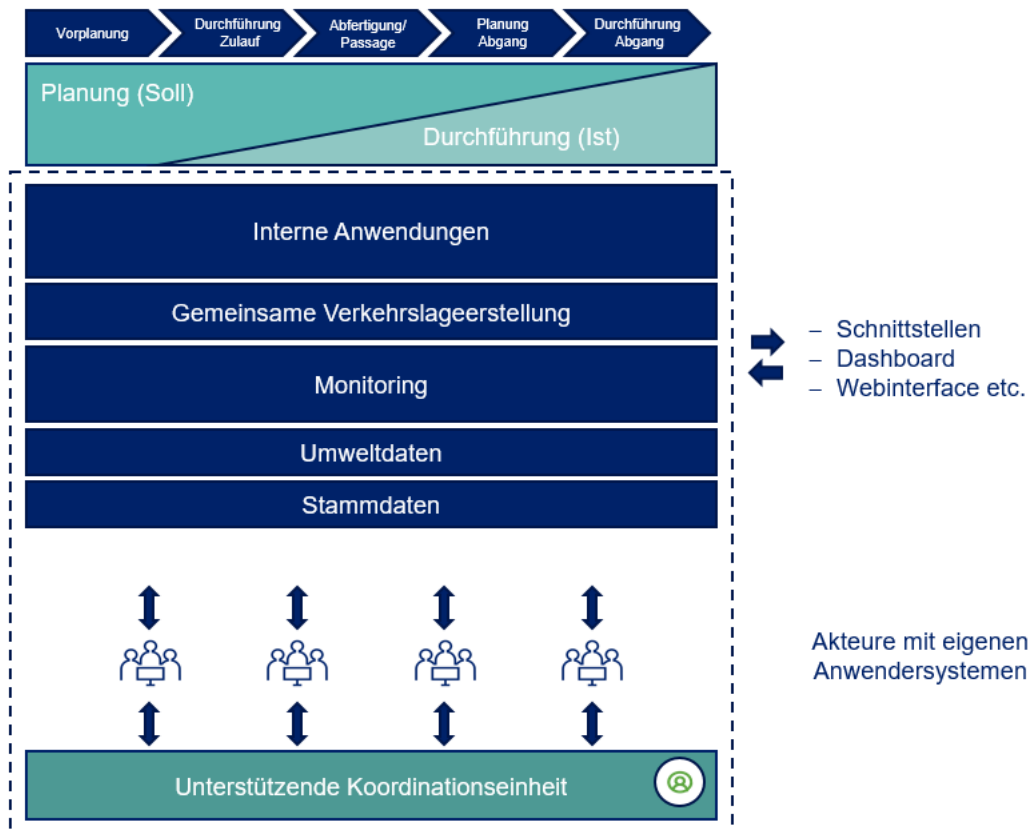


Abbildung 1: Digitale Außenweser und Funktionen

### Port Railway Information and Operation System

Angesichts der stetigen Steigerung der abzuwickelnden Zugverkehre ist der Einsatz einer neuen und leistungsfähigen IT-Struktur für die operative Betriebsführung der Hafeneisenbahn dringend erforderlich. Ein kurzer Blick in die Vergangenheit bestätigt diese Einschätzung – 2009 wechselte die Betriebsführung der Bremischen Hafeneisenbahn von DB Schenker zur DB Netz AG und somit entfiel das bis dahin genutzte IT-System. Mitarbeiter der DB Netz AG entwickelten mit Excel ein entsprechendes System, welches nach 10 Jahren nicht mehr den aktuellen Standards entspricht und an seine Grenzen stößt. Das neue Port Railway Information and Operation System, kurz PRINOS (vgl.: Abbildung 2: PRINOS und Akteure), wird die Bremische Hafeneisenbahn bei der Planung von Kapazitäten, der Disposition und der Entgeltabrechnung unterstützen. Das smarte Kundenportal ermöglicht eine reibungslose Kommunikation zwischen Zugangsberechtigten, Rangierdienstleistern und Terminals. Erweitert wird das System durch die TAF TSI Train Composition Message als Schnittstelle, um Zugbildungsmeldungen digital zu übermitteln. Für das neue IT-System ist eine modulare Systemstruktur vorgesehen, die aus den Funktionsbereichen; Betriebsplanung, Disposition, Abrechnung, Statistik und einem Kundenportal bestehen wird. Die einzelnen Module werden miteinander verknüpft und eine gemeinsame Datenplattform nutzen. In Zukunft sind weitere Schnittstellen, wie z.B. die Schnittstelle zu TAF-TSI (Telematics Applications for Freight Services), vorgesehen. Durch die gemeinsame Datenplattform werden sich die Datentransparenz sowie die Datensicherheit erhöhen. Das automatisierte System führt sowohl zur Prozessoptimierung im Betriebsablauf als auch zum

Zuwachs an Prozessqualität und -stabilität. Größere Datenmengen können in derselben Zeit bearbeitet werden. Durch eine komfortable und intuitive Bedienung des IT-Systems steigt die Mitarbeiterzufriedenheit und führt zu einer höheren Produktivität. Das Kundenportal lässt die Eisenbahnverkehrsunternehmen, Rangierdienstleister sowie die Terminalbetreiber am Prozess Betriebsführung der Bremischen Hafeneisenbahn teilhaben. Über das Kundenportal haben die beteiligten Parteien sowohl die Möglichkeit Daten an das System der Bremischen Hafeneisenbahn zu übertragen als auch den aktuellen Status ihrer Vorgänge einzusehen. Diese Funktion führt zu einer höheren Kundenzufriedenheit, höheren Produktivität im Bereich der gesamten Infrastruktur der Hafeneisenbahn und schafft zusätzlich einen Wettbewerbsvorteil für die Bremischen Häfen. Das neue IT-System wird auf dem Server von bremenports installiert. Der Systemservice wird durch die IT-Abteilung der bremenports – in Zusammenarbeit mit der dbh Logistics IT AG – durchgeführt. Ein 24 Stunden-Service an 7 Tagen in der Woche ist somit sichergestellt.

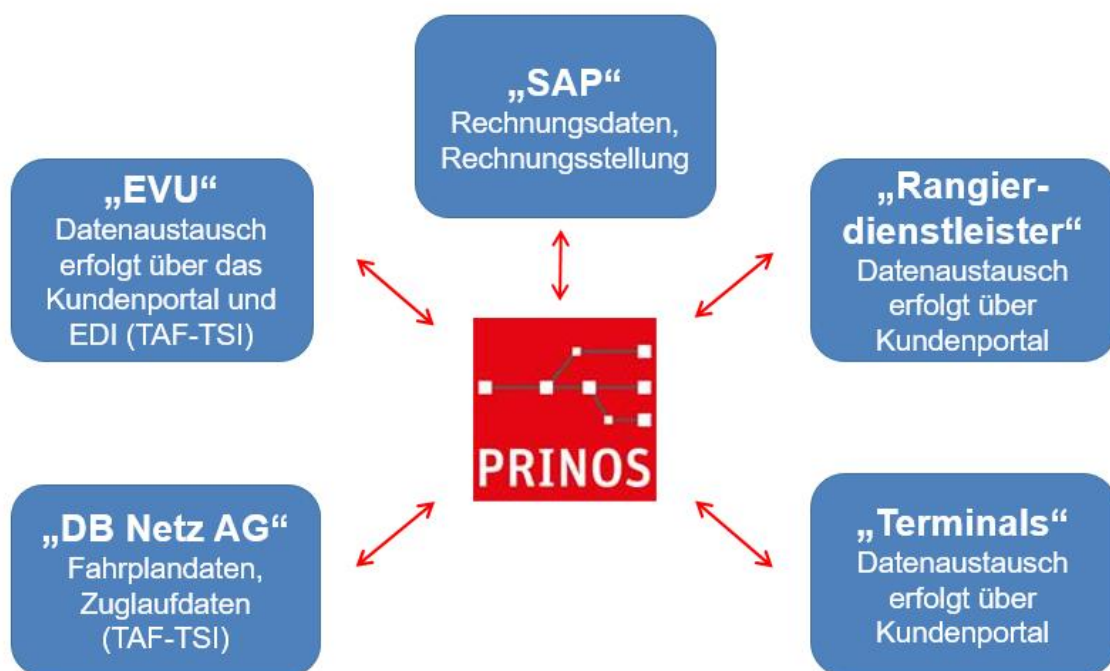


Abbildung 2: PRINOS und Akteure

### Fazit

Um den zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden, die den Hafen wettbewerbsfähig halten, bedarf es mehr als nur eine starke Anwendung oder einen starken Akteur. Denn der Erfolg hängt an hypervernetzten Ecosystemen und einer starken Partnerschaft, die sich so schnell wie möglich an die gegebenen Anforderungen und Herausforderungen des Transportmarktes anpassen muss sowie eine starke Resilienz hat und dieses auch medial transportieren kann.



# YOUR CHALLENGE – OUR SOLUTION

WASSERBAU



**Dredging &  
Marine Experts**  
Heinrich Hirdes GmbH

KAMPFMITTLERÄUMUNG



**EOD Services**  
Heinrich Hirdes EOD Services GmbH  
Boskalis EOD Services (UK) Ltd.  
Heinrich Hirdes Kampfmittelräumung GmbH

KÜSTENSCHUTZ /  
UFERAUSBAU





# CYBER-SECURITY – WEITERENWICKLUNG DES AUFGABENFELDES DER HAFENSICHERHEIT

Prof. Dr. Iven Krämer, Senatorin für Wissenschaft und Häfen, Bremen  
Andrea Vasterling-Will, Senatorin für Wissenschaft und Häfen, Bremen  
Jan Schirmmacher, bremenports GmbH & Co. KG, Bremerhaven

## 1. Einleitung

Nachdem die Gefahrenabwehr im Hafenmanagement bis zum Jahr 2004 aufgrund fehlender Bedrohungen und Vorgaben nur eine vergleichsweise geringe Bedeutung hatte bzw. wenn, dann auf das Aufgabenfeld der Arbeitssicherheit fokussiert war, änderte sich diese Situation schlagartig nach den terroristischen Angriffen vom 11. September 2001. In dessen Folge wurden neue Sicherheitsanforderungen an Häfen und Schifffahrt definiert und rechtsverbindlich geregelt.

Dies machte im Hafenmanagement neue Strukturen, zusätzliche Aufgaben und Personal erforderlich. Nach fast zwanzig Jahren Erfahrung zeigt sich, dass dieser Herausforderung in den deutschen Häfen insgesamt gut begegnet werden konnte und die inzwischen etablierten Akteure und Organisationen sämtliche Themen der physischen Hafensicherheit wie Umzäunungen, Zugangskontrollen, Personenvereinzelnungsanlagen, Schranken, Kameraüberwachungen und ähnliches hoch professionell regeln.

Der seit Jahren rasant an Bedeutung gewinnenden Gefahr durch Störungen und Manipulationen der IT-Infrastrukturen von Häfen und Unternehmen aber werden diese Strukturen nicht gerecht. Immer mehr Cyber-Angriffe auf Häfen und Schifffahrt mit zum Teil erheblichen logistischen wie finanziellen Schäden zeigen dies eindrücklich. In der Konsequenz müssen sich die Häfen und das Hafenmanagement zügig der Bedrohungslage stellen und sowohl fachlich wie organisatorisch-strukturell Abwehrstrategien entwickeln.

Dieser Beitrag beschreibt dazu den aktuellen Status und die Entwicklungen von Cyber-Security als neuer Herausforderung im Hafenmanagement.

## 2. Gefahrenabwehr – grundlegend neue Aufgabenstellung seit 2004

In der Zeit vor 2004 war es nicht nur für die Hafearbeiter und autorisierte Personen, sondern auch für interessierte Besucherinnen und Besucher ohne größere Schwierigkeiten möglich, in vielen Hafengebieten bis an die Kajen und an die Schiffe zu gelangen und dort den Hafenumschlag und die logistischen Aktivitäten aus nächster Nähe zu betrachten. Zugangsbeschränkte oder gar grundsätzlich abgesperrte Bereiche gab es nur wenige und das Betreten des Hafengebietes erfolgte lediglich auf eigene Gefahr. Dann aber erfolgten die terroristischen Anschläge von New York und Washington am 11. September 2001, die in der Folge zu gravierenden Veränderungen auf dem Gebiet des Gefahrenabwehrrechts geführt haben. Betroffen waren neben dem Luftverkehr insbesondere auch Häfen und die Schifffahrt. Schiffe in der internationalen Fahrt waren dabei sowohl als Bedrohungsobjekte als auch als potenzielle Tatwerkzeuge für terroristische Zwecke identifiziert worden, so dass die Schnittstelle Schiff/Hafen in den Fokus der Sicherungsmaßnahmen gerückt worden ist.

Ein wesentlicher Schritt dafür erfolgte am 12. Dezember 2002 auf der diplomatischen Konferenz von London, bei der durch die International Maritime Organisation (IMO) eine grundlegende Änderung der International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) beschlossen wurde. Angefügt

wurde ein neues Kapitel XI-2 mit 13 Regeln zur Verbesserung der Gefahrenabwehr in der Schifffahrt und an Hafenanlagen und als Entschließung 2 zu diesem Kapitel wurde der International Ship and Port Facility Security Code (ISPS-Code) mit einem verbindlichen Teil A und einem empfehlenden Teil B ergänzt.

In der praktischen Ausgestaltung dessen ist auf europäischer Ebene am 31. März 2004 die Verordnung (EG) Nr. 725/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Erhöhung der Sicherheit auf Schiffen und in Hafenanlagen in Kraft getreten.

Diese schreibt in den europäischen Häfen die Geltung des Teils A und gemäß Artikel 13 Abs. 5 der Verordnung auch von Teilen des Abschnittes B des ISPS-Codes verbindlich vor.

Mit der Richtlinie 65/2005/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Oktober 2005 erfolgte eine Ergänzung der nach der Verordnung (EG) Nr. 725/2004 bereits getroffenen Maßnahmen. Die Richtlinie sieht eine räumliche Ausdehnung des landseitig geschützten Gebiets von den Hafenanlagen, als Schnittstellen zwischen Schiff und Küste, auf das gesamte Hafengebiet vor.

### **3. Umsetzung des ISPS-Codes in Bremen**

Nach dem Grundgesetz steht dem Bund für den wasserseitigen Schutz die Gesetzgebungskompetenz zu. Für den landseitigen Schutz sind die Länder zuständig. In Bremen ist die erforderliche Umsetzung durch das erste Bremische Hafensicherheitsgesetz (BremHaSiG) vom 06. Juli 2004 erfolgt. Seitdem werden für die Hafenanlagen in Bremen und Bremerhaven in regelmäßigen Abständen behördliche Risikobewertungen erarbeitet, auf deren Grundlage die jeweiligen Betreiber der Hafenanlagen einen Gefahrenabwehrplan erstellen. Dieser Gefahrenabwehrplan ist der zuständigen Behörde zur Genehmigung vorzulegen. Die in dem Plan beschriebenen Eigensicherungsmaßnahmen wie z. B. Umzäunungen des Betriebsgeländes, Zugangskontrollen, Personenvereinzulungsanlagen, Schranken oder Kameraüberwachung sind von den Anlagenbetreibern umzusetzen und unterliegen der Kontrolle der zuständigen Behörden. Ein freier Zugang wie in früheren Jahren üblich, ist dementsprechend seit 2004 nicht mehr gestattet. Jede ISPS-zertifizierte Hafenanlage hat einen Beauftragten für die Gefahrenabwehr, den Port Facility Security Officer (PFSO) zu benennen, der bestimmte Bedingungen erfüllen muss und im Unternehmen für die Gefahrenabwehr verantwortlich ist und Behörden gegenüber als Ansprechpartner auftritt.

Die Umsetzung der Richtlinie 65/2005/EG durch den Ausbau des Schutzregimes gegen terroristische Anschläge auf den Gesamthafen ist in Bremen in den §§ 4-7 BremHaSiG geregelt.

Die dort umrissenen Aufgaben werden grundsätzlich als Staatsaufgabe verstanden. Die Risikobewertungen und Gefahrenabwehrpläne für den Gesamthafen werden von Behörden erstellt und ausgeführt. Privatpersonen haben lediglich Mitwirkungspflichten (z. B. zur Informationserteilung oder Zutrittsgewährung).

In der praktischen Ausgestaltung des ISPS Codes arbeiten in Bremen alle an dem Sicherungsprozess beteiligten Behörden, wie z.B. der Senator für Inneres, die Wasserschutzpolizei, der Hafenskapitän, das Hansestadt Bremische Hafenamt, die Umschlaggesellschaften, die Hafendienstleistungsunternehmen, Infrastrukturdienstleister sowie die Senatorin für Wissenschaft und Häfen eng zusammen. Es besteht ein regelmäßiger Austausch und feste Termine wie jährlich stattfindende Sitzungen des Hafensicherheitsausschusses oder Treffen der Sicherheitsbeauftragten der Unternehmen. Gemeinsam wird das Ziel verfolgt, die Gefahrenabwehr sachgerecht mit den bremischen Interessen an der Entwicklung der Hafenwirtschaft in Übereinstimmung zu bringen. Dabei ist eine sinnvolle Balance zwischen notwendigem Schutz einerseits und der Abwehr von Belastungen für die Wirtschaft sowie die Erhaltung von Freiräumen andererseits zu finden.

#### **4. Störungen der IT-Infrastruktur – ein verhältnismäßig neues Bedrohungspotenzial für Häfen und Schifffahrt**

Neben den physischen Bedrohungen wurden in den vergangenen Jahren und mit erheblich steigender Tendenz Hackerangriffe auf diverse Infrastrukturträger und Wirtschaftsunternehmen bekannt, etwa auf Hafenterminals in Rotterdam, Antwerpen und San Diego oder auch auf diverse Reedereibetriebe.

Der Weltmarktführer im Containertransport Maersk beispielsweise hatte 2017 nach eigenen Angaben im Rahmen eines unspezifischen Cyberangriffs rund 300 Mio. Euro Verlust erlitten und die Arbeit in vielen Terminals kam ganz oder teilweise zum Erliegen. Große Teile der unternehmenseigenen IT-Infrastruktur mussten innerhalb von wenigen Tagen ausgetauscht werden.

Dementsprechend sehen nicht nur Reedereien und Hafenbetreiber, sondern zunehmend auch die Verlader und Versicherungen in Cyber-Angriffen auf Schiffe und Häfen ein erhebliches Risiko, dessen Gefährdungspotenzial für globale Supply Chains inzwischen deutlich höher bewertet wird als das der internationalen Piraterie. Die verschiedenen Vorfälle haben eindrucksvoll dargestellt, welches Gefahrenpotential die weltweite Vernetzung von Computersystemen birgt und welche Herausforderungen im Bereich der Gefahrenabwehr zu bewältigen sind. Fast täglich berichtet die Presse inzwischen von gravierenden Cyberangriffen. Durch die zunehmende Digitalisierung sind Kommunikations- und Geschäftsprozesse erheblich beschleunigt worden, gleichzeitig bieten sich Cyberangreifern aber auch vielfältige Möglichkeiten der Sabotage und des Datendiebstahls.

Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) nimmt mit seinen Einrichtungen und Aktivitäten bereits zahlreiche Aufgaben zur Umsetzung der Cyber-Sicherheit in Deutschland wahr. Hierzu gehört u. a. auch der Schutz Kritischer Infrastrukturen. Nach der Definition des BSI sind Kritische Infrastrukturen (KRITIS) Organisationen oder Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden. So sind Betreiber kritischer Infrastrukturen angehalten, IT-Sicherheitsstandards einzuhalten und sicherheitsrelevante Vorfälle zu melden. Aber auch nach der Novellierung des IT-Sicherheitsgesetzes und der korrespondierenden Kritis-Verordnung 2021 sind Häfen aufgrund ihrer Komplexität und ihrer vielfältigen Akteurs-Beziehungen bislang nicht per se als kritische Infrastrukturen eingestuft. Erst mit Inkrafttreten der europäischen NIS-2-Richtlinie am 27.12.2022 ist für 2024 eine Verschärfung der nationalen Gesetzgebung in Bezug auf Cybersicherheit und damit eine Erweiterung der kritischen Infrastrukturen im Hafenumfeld zu erwarten.

#### **5. Häfen im Blickfeld der Cyber-Security**

In modernen Häfen wird die Abwicklung des Umschlags und der dazugehörigen Lager- und Transportbewegungen längst komplett digital gesteuert. Alle am Hafentransport beteiligten Akteure (wie z. B. Terminalbetreiber, Reeder, Spediteure, Betreiber von Hafen-IT, Bahn, Hafenbehörden und Zoll) sind in einem komplexen Verbund miteinander vernetzt und aufeinander angewiesen, weshalb sie kontinuierlich vielfältige Informationen und große Datenmengen untereinander austauschen.

Sollte es nach Darstellung des Institutes für Seeverkehrswirtschaft und Logistik in Bremen einem Angreifer gelingen, Teilnehmer des Verbundes zu werden – sei es durch einen Angriff auf das IT-System eines Hafenakteurs oder als Innentäter –, kann er manipulierte Nachrichten in das Gesamtsystem (Kommunikationsverbund) einzuspielen versuchen, die auf den ersten Blick korrekt aussehen. Diese Nachrichten erscheinen dann den einzelnen Hafenanwendungen plausibel und werden entsprechend weiterverarbeitet. Selbst wenn die einzelnen Systeme der Hafenakteure nach dem Stand der Technik abgesichert sind, bedeutet das nicht automatisch, dass der gesamte

Hafenkommunikationsverbund im Zusammenspiel sicher ist, und das vor dem Hintergrund, dass IT-Angriffe in Zukunft immer raffinierter werden. Deshalb ist ein Schutz in vielerlei Richtungen unerlässlich. Besonders gravierend wäre ein Ausfall der Hafeninfrastruktur durch Sabotage, der zu Versorgungsengpässen bei der Bevölkerung führen könnte. Schließlich werden mehr als 90 Prozent der weltweit gehandelten Güter auf dem Seeweg transportiert.

## 6. Cyber-Security in Häfen und Schifffahrt als Forschungsgegenstand

Im Oktober 2018 ist in Bremerhaven das Institut für den Schutz maritimer Infrastrukturen des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) eröffnet worden. Vor dem Hintergrund von Energiewende, Digitalisierung, innovativer Mobilität und globaler Vernetzung widmet sich das neue Institut der Aufgabe, die dafür notwendigen Infrastrukturen wie Häfen und Offshore-Windanlagen vor Unfällen, terroristischen oder anderen Angriffen zu schützen. Es ist europaweit das erste Institut seiner Art. Die Einrichtung wird bei seiner Arbeit unter anderem eng mit der Bundespolizei und mit weiteren Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, aber auch mit Nichtregierungsorganisationen wie der Deutschen Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger und der Wirtschaft zusammenarbeiten.

Bremen hat in den zurückliegenden Jahren im Kontext der Digitalisierung im Bereich Forschung und Entwicklung hohe Kompetenz aufbauen können. Dementsprechend verfolgen die Unternehmen und Forschungseinrichtungen im Land Bremen bereits heute eine Vielzahl von zum Themenbereich der Digitalisierung gehörenden Ideen, Projekten und Maßnahmen (Fördermittelgeber sind verschiedene Bundesministerien und/oder die EU). Mit Bezug zum Thema Hafensicherheit bzw. Sicherung der Lieferkette zählen unter anderem folgende Projekte:

*SecProPort* ist ein Projekt im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur im Rahmen des Förderprogramms IHATEC. Neben der BLG Logistics Group, dem Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL) und der Universität Bremen waren noch die dbh Logistics, die Reederei Hapag Lloyd, die Duisburger Hafen AG, das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz und die Firma datenschutz cert an dem mit rund 2,8 Mio. Euro geförderten Projekt beteiligt. Mit den verschiedenen Partnern aus dem gesamten Tätigkeitsfeld der Hafenlogistik wurde anhand einer Prozess- und Bedrohungsanalyse eine übergreifende Sicherheitsarchitektur für den Kommunikationsverbund im und um den Hafen entwickelt. In besonderem Blickfeld standen dabei die Datenschnittstellen, die häufig ein Ziel von Hackerangriffen darstellen.

Zudem wurden Maßnahmen entwickelt, die im Schadensfall die Auswirkungen auf andere Akteure des Verbunds minimieren und das betroffene Netz in kontrollierter Weise wieder in den Normalzustand zurückführen.

*PortSec- IT-Risikomanagement in der Hafentelematik* - Ziel des Verbundprojekts PortSec war die Erforschung eines systematischen und umfassenden IT-Risikomanagements in der Hafentelematik. Die Heterogenität der Software in den verschiedenen Systemen der beteiligten Unternehmen und Behörden und deren Interaktionen bergen spezifische IT-Sicherheitsrisiken, die es zu identifizieren galt. Die Verbundkoordination lag beim Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik, Partner waren die dbh Logistics IT AG, datenschutz cert GmbH und die Universität Bremen.

Im Kontext der Hafensicherheit war Bremen an nationalen und internationalen Forschungsvorhaben, wie beispielsweise *ECSIT*, *CASSANDRA* und *CORE* beteiligt. Ziel des EU-Projektes *CASSANDRA* (Common Assessment and Analysis of Risk in Global Supply Chains) war eine Erhöhung der



Sicherheit internationaler Containertransportbewegungen durch Optimierung der Sichtbarkeit vorhandener Informationen.

Dazu wurde im Zeitraum Juni 2011 bis Mai 2014 ein Data-Sharing-Konzept entwickelt, das sowohl Wirtschaft als auch Behörden eine erweiterte Bewertung der Risiken erlaubt. Darüber hinaus war Bremen als Partner an dem EU-Projekt *CORE* (Consistently Optimised Resilient Secure Global Supply Chains) beteiligt, welches über einen Zeitraum von vier Jahren lief und im März 2018 endete. *CORE* ist eines der bislang größten europäischen Forschungs- und Demonstrationsvorhaben mit rund 70 Partnern. Das Projekt hat gezeigt, wie der Schutz und die Sicherung der globalen Lieferkette sowie eine Verringerung Störungsanfälligkeiten erreicht werden kann.

Weiterhin ist das Projekt *MITIGATE* zu nennen, wobei es um die Untersuchung kritischer IT-Schnittstellen geht. Entwickelt wurde eine dynamische, modulare Softwarelösung, die sowohl die Erkennung als auch die Analyse und die Bewertung von möglichen Sicherheitslücken leistet. Bremen war hier aktiv durch die dbh Logistics IT AG vertreten. Zudem unterstützen die zuständigen Stellen der Hafensicherheit diverse Sicherheitsprojekte durch Bereitstellen von Informationen bzw. durch Interviews, wie aktuell beim Sicherheitsprojekt *LOMA*, wo es um die Ermöglichung der Erstellung automatischer Lagebilder geht.

## 7. Organisatorische Maßnahmen zur Cyber-Abwehr in den Häfen

Angesichts der wachsenden Cyber-Gefährdung ist zu beobachten, dass immer mehr Hafen- und Logistikakteure wie Reedereien, Terminalbetriebe und Hafenmanagementgesellschaften der neuen Form der Bedrohung mit organisatorischen Anpassungen und zum Teil auch neuen Strukturen begegnen.

Der ISPS-Code verlangt zwar bereits, dass bei der Risikobewertung von Hafenanlagen auch die IT-Infrastruktur der Unternehmen betrachtet werden soll. Weitere konkretere Maßnahmen sieht der ISPS-Code bislang jedoch nicht vor. Aktuell werden im internationalen Rahmen wie auf der IMO-Ebene Richtlinien für die maritime Wirtschaft erarbeitet, die sich mit der Cybersicherheit beschäftigen. So hat der Schiffssicherheitsausschuss MSC im Juni 2018 gemeinsam mit dem FAL-Ausschuss Richtlinien betreffend Cybersicherheit erlassen (MSC-FAL.1/circ.3). Diese Vorgaben sind zunächst jedoch nicht verbindlich, sondern haben nur empfehlenden Charakter und die IMO beabsichtigt zunächst, die Umsetzung der empfehlenden Vorgaben abzuwarten.

Aus Hafensicht ist der inhaltliche Handlungsbedarf zur Cyber-Security seit den o. g. Vorfällen allerdings unumstritten. Der Hafen von Rotterdam beispielsweise hat in diesem Kontext im Hafenmanagement bereits seit 2017 eine zentrale Stelle für Cybersicherheit eingerichtet. Diese wurde beim Hafenamts organisatorisch angegliedert und dem Aufgabenbereich des Hafenkapitäns zugeordnet. Ebenso hat der Hafen von Amsterdam in 2018 bekannt gegeben, ein Cyber Security-Programm mit einer Hotline installiert zu haben, um frühzeitig vor digitalen Bedrohungen Kenntnis zu erhalten und Informationen mit den am Netzwerk beteiligten Firmen auszutauschen. Die zuständige Hafenmeisterin wird dabei mit den Worten zitiert: Cyberattacken sind nicht durch physische Grenzen aufzuhalten.

Auch der Senatorin für Wissenschaft und Häfen als zuständige Behörde für das Thema Hafensicherheit hat sich aktiv mit der Herausforderung Cyber Security befasst und dafür gesorgt, dass ab 2019 die Funktion eines Port Cyber Security Officers für die bremischen Häfen bei der städtischen Hafenmanagementgesellschaft bremenports eingerichtet wurde. Aufgabe ist es, die Thematik der Cyber-

Security inhaltlich zu verfolgen und als zentrale Ansprechstelle für interne und externe Fragen zur Verfügung zu stehen. Ebenso hat Niedersachsen mit Beginn des Jahres 2019 die Stelle eines Port Cyber Security Officers eingerichtet und in Hamburg werden innerhalb der Hamburg Port Authority ähnliche Aufgaben wahrgenommen.

Seit der Etablierung der Stelle des Port Cyber Security Officers in den bremischen Häfen wurden unterschiedliche Einzelmaßnahmen zur Steigerung der Cybersecurity-Resillienz unternommen. Hierzu zählen unter anderem die Erstellung eines Cybersecurity-Lagebildes für die bremischen Häfen, unternehmensübergreifende Schwachstellenscans sowie die aktive Mitwirkung im European Maritime Information Sharing and Analysis Center (EM-ISAC) zusammen mit anderen europäischen Häfen. Diese Einzelmaßnahmen werden aktuell im Rahmen der Smartport-Initiative in einer eigenen Cybersecurity-Arbeitsgruppe gebündelt und für alle Teilnehmer der bremischen Häfen zugänglich gemacht.

Die beschriebenen Aktivitäten zeigen trotz der noch fehlenden bzw. nicht abschließenden rechtlichen Vorgaben und Verpflichtungen, dass in den Häfen grundsätzlich vergleichbare Ansatzpunkte zum Umgang mit Cyber-Bedrohungen bestehen. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Ansatzpunkte anhand der Anforderungen weiterentwickeln werden, wobei eine enge Zusammenarbeit und ein gezielter Austausch unter den Port-Cyber-Spezialisten auf nationaler und europäischer Ebene essentiell ist.

## **8. Fazit**

Ausgehend von der Analyse und Beschreibung der Cyber-Security als Handlungsfeld der Hafensicherheit kann eindeutig festgestellt werden, dass die weiter fortschreitende Digitalisierung und Vernetzung zu einer ebenso weiterwachsenden Angreifbarkeit von Häfen und internationalen Transportketten führen wird. Die Bedrohungsszenarien werden sich weiterentwickeln, so dass den neuen Herausforderungen nur in enger Zusammenarbeit und Abstimmung zu begegnen ist. Sowohl auf Länderebene als auch beim Bund und der Europäischen Union sind Kommunikation und Austausch zu stärken, die Kompetenzen im Bereich Cyber-Security zu erhöhen und aufeinander abgestimmte, vielleicht sogar gemeinsame Strategie zu entwickeln.

# „Neubau LNG / Öl-Terminal Seehafen Rostock“ / Nutzung von WEB-GIS und BIM für eine interaktive Planung

Dipl.-Ing. T. Retzlaff, INROS LACKNER SE, Rostock

*Zur Sicherung der nationalen Energieversorgung soll im Bereich des sog. Ölhafens im Rostocker Seehafen ein Tiefwasserliegeplatz ergänzt werden, der einen Umschlag von Rohöl, LNG und anderen Produkten ermöglicht. Weiterhin gilt es, in Vorbereitung auf die Transformation zu einem grünen Energiehafen entsprechende Liegeplatzkapazitäten aufzubauen. Durch die cloudbasierte Projektarbeit / BIM Methode / WEB-GIS konnte eine standortübergreifende Zusammenarbeit mit den verschiedenen Fachplanungen organisiert werden. Die digitale zur Verfügungstellung der Fachplanungen führte zu kurzen Planungs- und Genehmigungszeiträumen.*

## 1. Einleitung

Zur Sicherung der nationalen Energieversorgung und zügigen Einbindung verflüssigten Erd-gases in das bestehende Fernleitungsnetz soll im Bereich des sogenannten Ölhafens im Rostocker Seehafen ein Tiefwasserliegeplatz in einem ökologisch sensiblen Gebiet ergänzt werden. Dieser neue Liegeplatz ermöglicht den Umschlag von LNG, Öl und anderen Produkten mit einem landseitigen Terminal. Die Wassertiefe am Liegeplatz soll 16,10 m betragen.

## 2. Allgemeine Projektdaten / Randbedingungen

Auftraggeber: Rostock Port GmbH  
 Planungsleistungen: Ing. Bauwerke, Tragwerksplanung, Nassbaggerung, Verkehrsanlagen, Techn. Ausrüstung, Umweltplanung, Geotechnik  
 Baukosten: ca. 50 Mio. € netto  
 Termine: Planungsbeginn 07/2022;  
 8 Wochen Vorplanung; ca. 2 Jahre Planfeststellung;  
 Fertigstellung Liegeplatz ca. 2027

Zur Sicherung der nationalen Energieversorgung soll im Bereich des sog. Ölhafens im Rostocker Seehafen ein Tiefwasserliegeplatz ergänzt werden, der einen Umschlag von Rohöl, LNG und anderen Produkten ermöglicht. Weiterhin gilt es, in Vorbereitung auf die Transformation zu einem grünen Energiehafen entsprechende Liegeplatzkapazitäten aufzubauen.

Der Rostocker Hafen ist von entscheidender Bedeutung, um einerseits die Versorgung der ostdeutschen Bevölkerung und Wirtschaft mit Rohöl sicherzustellen und andererseits mittelfristig beim Ausstieg aus dem Verbrauch fossiler Energieträger voranzukommen. Die Bundesregierung hat mit ihrem am 16.09.2022 veröffentlichten Zukunftspaket „Sicherung der PCK und Transformation in den ostdeutschen Raffineriestandorten und Häfen“ ihre Unterstützung bekräftigt. Sie wird dazu einerseits Investitionen fördern, die im Zusammenhang mit dem Umbau der Hafeninfrastruktur zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit mit Erdgas, Rohöl und Kohle beitragen. Dies betrifft

insbesondere den Ausbau des bestehenden Liegeplatzes sowie die Errichtung eines Redundanz-Liegeplatzes als Tiefwasser-Liegeplätze für Rohöl und grüne Energieträger.

Die Wassertiefe am Liegeplatz soll 16,25 m betragen. Am geplanten Tiefwasserliegeplatz sollen Rohöl, LNG und - für den Betrieb über den 31.12.2043 hinaus - klimaneutraler Wasserstoff und Derivate umgeschlagen werden. Derivate sind auf grünem Wasserstoff basierende, gasförmige, oder flüssige Energieträger. Hierzu zählen unter anderem Methan, Ammoniak, Methanol.

Gemäß Aufgabenstellung des AG sind folgende Bemessungsschiffe zu berücksichtigen:

- Öltanker L = 284,0 m, B = 45,0 m, Tiefgang = 15,0 m
- LNG-Gastanker L = 294,0 m, B = 46,0 m, Tiefgang = 12,5 m
- Öltanker L = 201,0 m, B = 32,3 m, Tiefgang = 11,9 m

### 3. Lage des Ölhafens

Der Ölhafen liegt im östlichen Teil des Hafengebiets und besteht aus einem ca. 200 m breiten Hafenbecken mit den Liegeplätzen LP 01-05 und dem Liegeplatz LP 06 in der Zufahrt zu den übrigen Liegeplätzen am Schnatermannfahrwasser. Die Zufahrt erfolgt über den Seekanal südlich der Molenköpfe Warnemünde über die große Wendeplatte und das Schnatermannfahrwasser. Unmittelbar vor dem Hafenbecken der Liegeplätze LP 01-05 liegt eine weitere Wendeplatte.

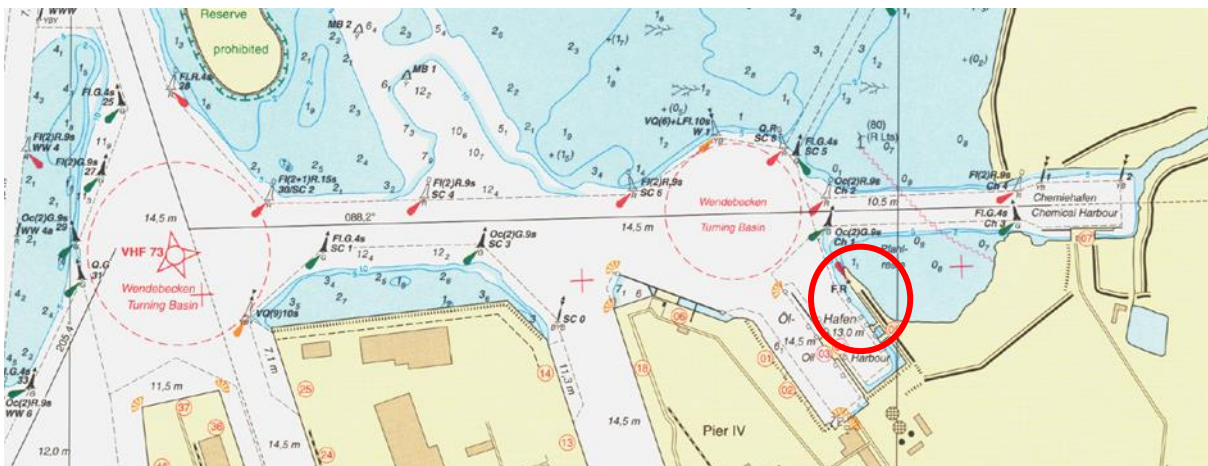


Abb. 1 Ausschnitt der Seekarte Hafen Rostock mit Markierung des Projektgebiets

### 4. Schwerpunkte der Ingenieurtechnischen Planung

Als Vorzugsvariante erfolgt eine Verbreiterung des bestehenden Hafenbeckens am Liegeplatz 05 um ca. 40 m für den erforderlichen Platzbedarf, der am Tiefwasserliegeplatz zu berücksichtigenden Bemessungsschiffe (u. a. L = 284,0 m, B = 45,0 m, Tiefgang = 15,0 m) zu schaffen.

Um das Hafenbecken zu verbreitern, ist eine neue Uferwand am LP 05 erforderlich. Diese wird als 35 m breite Pier ausgebildet, um langfristig ausreichend Platz für die in Abschnitt 4 beschriebene Verladeeinrichtungen, Leitungsführung und Zuwegung zur Verfügung zu stellen. Durch den Versatz der Querkai kann die landseitige Erschließung der benachbarten LP 03 und 04 entflechtet und begradigt werden.



Landseitig erfolgt zu dem neuen Liegeplatz eine neue ca. 1 km lange Erschließungsstraße durch ein Hafentwicklungsgebiet mit schützenswerten Flora- und Fauna Habitaten in dessen Gebiet ebenfalls die landseitigen Terminalflächen für einen LNG / H2 Umschlag bereitzustellen sind.

Für die Terminalentwicklung hat eine Auslegung und Berücksichtigung der Be- und Entladetechnik wie Ladearme, Löschmonitore, Gangway-Türme, Rohrleitungssysteme, Löschwassersysteme, Rückhaltesysteme für LNG im Prozess- und Übergabebereich auf der neuen Fingerpier zu erfolgen.

Die Ladeplattform, Rückhaltesysteme und notwendigen Fundamentierungen der Suprastruktur werden im Rahmen des Liegeplatzneubaues mit errichtet.

## 5. Variantenvergleich

Im Rahmen der Voruntersuchung wurden die folgenden Varianten für die Entwicklung des Liegeplatzes am Standort untersucht und bewertet:

A - Ausbau des Liegeplatzes LP 05 mit verbreitertem Hafenbecken

B - Neubau eines Liegeplatzes LP 05a als Jetty am Schnatermannfahrwasser

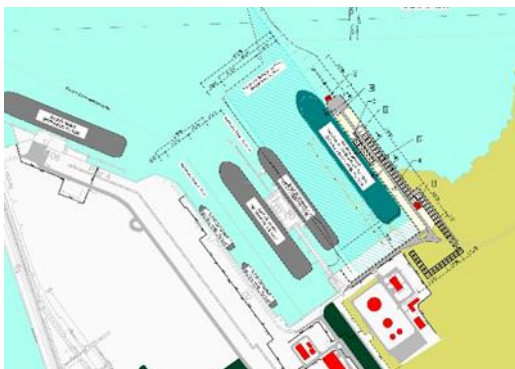


Abb. 2 Variante A



Abb. 3 Variante B

Im Ergebnis der Voruntersuchung wurde die Variante A anhand einer vergleichenden Variantenbewertung als Vorzugsvariante für die Errichtung des Tiefwasserliegeplatzes empfohlen.

## 6. Neubau des Tiefwasserliegeplatzes als Fangedammkonstruktion

Die neu zu errichtende Pier wird östlich und parallel zum vorhandenen Liegeplatz 05 errichtet. Die heutige Kaikante des Liegeplatz 5 verschiebt sich hierbei um ca. 40 m nach Osten. Der vorhandene Liegeplatz LP 05 wird komplett zurückgebaut.

Nr.	Parameter	Wert
01	LP 05 Nautische Solltiefe	-16,25 m HN
02	LP 05 Baggertiefe	-16,75 m HN
03	LP 04 Nautische Solltiefe	Unverändert -13,0 m HN
04	Bemessungsschiffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>LNG-Gastanker</li> <li>L = 294,0 m, B = 46,0 m, Tiefgang = 12,5 m</li> </ul>

Nr.	Parameter	Wert
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Öltanker L = 284,0 m, B = 45,0 m, Tiefgang = 15,0 m</li> <li>• Öltanker L = 201,0 m, B = 32,3 m, Tiefgang = 11,9 m</li> <li>• DWT &gt;= 120,000 t, max. Anlegepressung für Fendertafel 150 kN/m<sup>2</sup></li> </ul>
05	Pierbreite	35,0 m
06	OK Pier	+3,85 m HN
07	Pierbelegung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hafenfläche</li> <li>• Straße</li> <li>• Sicherheitsstreifen</li> <li>• Rohrleitungstrasse</li> <li>• Sicherheitsstreifen</li> <li>• Wartungsgasse</li> </ul>	Trassenbreite 13,3 m 5,0 m 0,5 m 10,0 m 0,5 m 3,0 m
08	Verladeplattform	Eine Plattform L/B = 50/10 m
09	OK Verladeplattform	Die OK der Aufbauten wird durch den Anlagenplaner festgelegt, Durchfahrtshöhe 4,5 m
10	Verschiebung der Querkai nach Süden	Um ca. 35,0 m
11	Verkehrslast	20,0 kN/m <sup>2</sup> 100 t Hafenmobilkran im Abstand größer 5 m von der Kaikante

**Tab. 1 Planungsparameter**

Die Pier ist 35 m breit. Die abschließenden 75 m am südlichen Ende werden um 15 m auf ca. 50 m verbreitert. Die Gesamtlänge beträgt vom nördlichen Abschluss bis zum südlichen Ende ca. 300 m. Kaiseitig beträgt die Länge bis zur Querkai ca. 280 m. Die Oberkante der Pier liegt bei +3,85 m HN.

Die Konstruktion wird als Fangedamm ausgeführt. Entlang der Kai (westlich) ist eine Spundwand bzw. kombinierte Spundwand zu rammen. Diese muss den Geländesprung von -16,50 m bis +3,85 m gewährleisten. Die Spundwand wird am Kopf horizontal mit der rückseitigen Spundwand verankert. Das Gelände östlich der Pier ist ein geschützter Uferbereich mit einer Flachwasserzone. Die Gewässersohle fällt vom Ufer bis ca. -2,00 m am nördlichen Ende. Die östliche Spundwand, die als Verankerung der Liegewand dient, wird bis zur statisch erforderlichen Tiefe gerammt. Durch den Abfall der Gewässersohle wird die Spundwandlänge gestaffelt mit nach Norden größer werdender Spundwandlänge ausgeführt.

Aufgrund der vorhandenen Baugrundverhältnisse wird eine Räumungsbohrung im Bereich der Tragbohlen mit einer Sandverfüllung bis 1,0 m vor UK-Tragbohle im Geschiebemergel vorgesehen. Der letzte 1,0 m ist schlagend zu rammen. Im Bereich der Zwischenbohlen werden Lockerungsbohrungen mit Hindernisbeseitigung vorgesehen. Im Bereich des Spundwandkastens sind die organischen Bodenschichten auszutauschen.

Kaiseitig bildet im Bereich der Verladeplattform ein 2,00 m hoher und 1,70 m breiter Kaiholm den oberen Abschluss der Spundwand. Für alle anderen Spundwandbereiche ist eine Blechabdeckung vorgesehen.

Ausrüstungsteile wie Fender und Steigeleitern werden an der Spundwand bzw. am Kaiholm befestigt. Quick Release Hooks (Panikhaken) werden auf Einzelfundamenten im Abstand von 4,5 m hinter dem Kaiholm angeordnet.

Auf dem Fangedamm werden Fundamente für eine 10,00 m breite, 2-geschossige Rohrtrasse vorgesehen. Westlich der Rohrtrasse ist eine 5,00 m breite Straße angeordnet. Östlich der Rohrtrasse wird ein Wartungsweg mit einer Breite von ca. 3,00 m vorgehalten. Die Verkehrsfläche auf dem Liegeplatz wird komplett asphaltiert.

Im Bereich der Entladeanschlüsse des Schiffes wird eine Verladeplattform angeordnet. Hierfür werden die Fundamente bereits vorgesehen. Die Längen des Liegeplatzes und der Querkai können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Liegeplatz	LP	Designschiff	Länge
Tiefwasserliegeplatz einsch. Festmacherdalben	LP 05	294 m x 46 m x 15,0 m (TG)	ca. 364 m
Querkai (kein Umschlag)	-	-	ca. 160 m
<b>Gesamtlänge</b>			<b>ca. 524 m</b>

*Tab. 2 Länge der Pier und der Querkai*



Abb. 4 Übersichtsplan Neue Pier

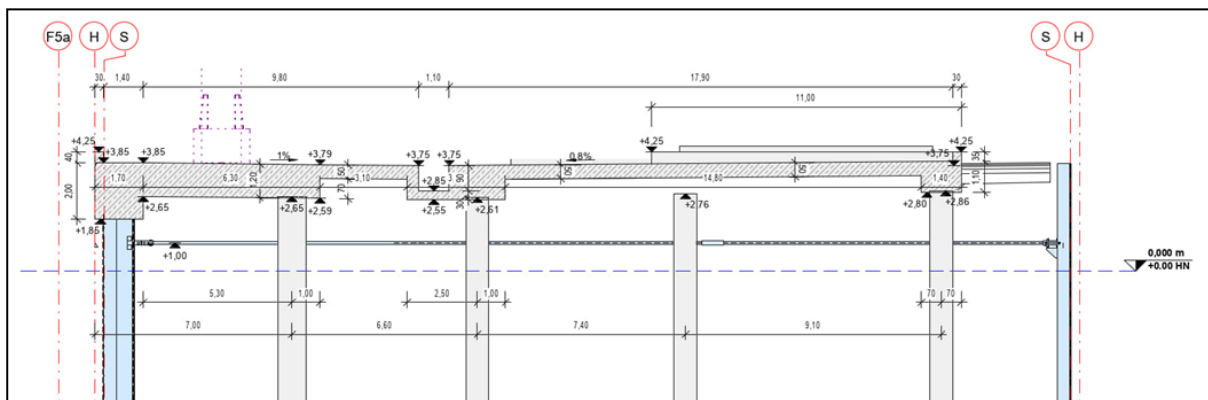


Abb. 5 Querschnitt Verladeplattform



Der Liegeplatz erhält eine Zaunanlage entsprechend den Anforderungen des Internationalen Codes für die Gefahrenabwehr auf Schiffen und in Hafenanlagen (ISPS-Code). Des Weiteren erfolgt für den sicheren Hafenbetrieb die Ausrüstung der Hafenanlage mit Festmachereinrichtungen, Fendern und Steigleitern.

## 7. Durchführung der Baumaßnahme

Die wesentlichen Schritte des Bauablaufs zur Errichtung des Liegeplatzes lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Vorgang Nr.	Beschreibung
1.	<b>Erschließung (Straßenbau C3)</b>
2.	Herstellung der Erschließungsstraße bis Oberkante der ungebundene Tragschicht
3.	Herstellung der gebundenen Asphalttragschicht
4.	<b>Neue Fingerpier LP 05</b>
5.	Herstellen einer Arbeitsebene (50 cm Kies) für Gerätetechnik zum Rammen der Uferwände im südlichen Bereich der Pier bis zum Rücksprung der östlichen Uferwand (ca. 97 m)
6.	Beräumung der Rammtrasse, Lockerungsbohrungen Spundwandtrasse vom Ponton aus
7.	Rammung der östlichen und westlichen Uferwand von Land aus bis zum Rücksprung der östlichen Uferwand (ca. 97 m)
8.	Rückbau der Arbeitsebene aus Vorgang 2, Landbaggerung zum Ausbau der organischen Bodenschichten bis -2,0 m im südlichen Bereich der Pier
9.	Schwimmtiefenbaggerung bis 2,5 m Wassertiefe im nördlichen Bereich der neuen Pier bis zum Rücksprung der östlichen Uferwand, Böschung 1:3 zum anstehenden Boden im südlichen Bereich der Pier
10.	Beräumung der Rammtrasse, Lockerungsbohrungen Spundwandtrasse vom Ponton aus
11.	Rammung der östlichen und westlichen Uferwand vom Wasser aus ab Rücksprung nach Norden
12.	Einbau Gurtung vom Wasser aus
13.	Nassbaggerung innerhalb des Spundwandkastens zum Ausbau der organischen Bodenschichten im nördlichen Bereich der Pier
14.	Einbau der Unterstützungspfähle für die Horizontalanker
15.	Einbau Horizontalverankerung (überhöht) beginnend am landseitigen Ende der Fingerpier Richtung Nord

<b>Vor- gang Nr.</b>	<b>Beschreibung</b>
16.	Rammung der Uferwand am Kopf der Pier vom Wasser aus
17.	Auffüllung des Spundwandkastens bis +0,85 HN
18.	Herstellung der Überschüttung von Land aus auf +1,85 m HN
19.	Tiefenverdichtung
20.	Tiefgründung/Fundamente/Gruben/Kabelziehschächte/Mastfundamente
21.	Blechabdeckung Spundwand
22.	Verladeplattform und Rohrschwellen
23.	Tiefbau/Rohrleitungen/Schächte
24.	Flächenbefestigung/Lichtmasten
25.	Ausrüstung (Panikhaken/Poller/Fender/Steigleitern)
26.	<b>Quer kai</b>
27.	Außerbetriebnahme LP 05
28.	Quer kai - Beräumung der Rammtrasse, Lockerungsbohrungen, Rammen von Land
29.	Einbau der Gurtung und Kleinverpresspfähle für die Rückverankerung von Land aus
30.	Medienumverlegung und "Trockenbaggerung" als Vorkopf-Bodenentnahme (alte Verfüllung) Bereich Quer kai auf -2,0 m NHN
31.	Ausbau der vorhandenen Uferwand zur Wiederverwendung, ggf. Entlastungsbaggerung
32.	Aufschüttung und Neubau Flächenbefestigung und angrenzende Rohrtrasse, Spundwandabdeckung, Ausrüstung/Lichtmasten
33.	Rückbau Rampe Zugangsbrücke
34.	Ergänzung Brückenfeld zur Quer kai
35.	<b>Rückbau Bestand und alte Pier LP 05</b>
36.	Rückbau Steganlagen
37.	Vorkopf-Trockenbaggerung der Auffüllung bis -2,0 m
38.	Rückbau Ufereinfassung
39.	<b>Nassbaggerung</b>
40.	Baggerung der Auffüllung bis UK der Auffüllung
41.	Baggerung Organik
42.	Baggerung Sand/Kies/Mergel
43.	<b>Festmachedalben und Bedienstege</b>
44.	Rammen der Dalben

Vor-gang Nr.	Beschreibung
45.	Vorfertigung der Bedienstege
46.	Anlieferung und Einheben der Bedienstege

**Tab.3 Vorgangsliste Wasserbauten**

Die Durchführung der Baumaßnahmen soll im Juli 2025 beginnen. Die geschätzte Bauzeit beträgt ca. 20 Monate. Bei der Baufeldfreimachung und Rammung sind dabei arten- und naturschutzrechtliche Randbedingungen zu berücksichtigen.

## 8. Bearbeitungsmethode

Durch eine cloudbasierte Projektbearbeitung konnte eine fach- und standortübergreifende Zusammenarbeit der verschiedenen Fachplanungen organisiert werden. Hierbei erfolgten die Variantenuntersuchungen in 2D und die Erstellung der Entwurfs- und Genehmigungsplanung nach der BIM Arbeitsmethode in 3D. Alle Ergebnisse der Planungsphasen wurden in einem Web-GIS in Layer Strukturen in den relevanten Umgebungsdaten des Seehafens wie Liegeplatzanordnungen, Fahrwasser, Industrieanlagen und Umwelt- /Naturschutzdaten dargestellt. Diese können nach Bedarf sichtbar geschaltet, Varianten verglichen, Messungen durchgeführt und Ausdrücke nach Bedarf maßstabsgerecht erzeugt werden.

Diese Herangehensweise ermöglicht eine schnelle Projektkommunikation mit den jeweilig relevanten Projektdaten und Ergebnissen für die beschleunigte Projektrealisierung.

Alle Planungsbeteiligten wie der Arbeitgeber, die Behörden, die Fachplaner als auch spätere potenzielle Nutzer der Infrastruktur können sich ihre relevanten Informationen selbst zusammenstellen, welches zu einer qualifizierten und schnellen Entscheidungsfindung, selbst bei komplexen Sachverhalten, führt.

## 9. Schlussfolgerungen

- Eine bedarfsgerechte Definition der BIM-Anwendungsfälle führt zu einer beschleunigten Projektbearbeitung.
- Durch die cloudbasierte Projektarbeit können Teams von unterschiedlichen Standorten zusammenarbeiten und „Datensilos“ bei den Fachplanern vermieden werden.
- Die Nutzung vom WEB-GIS bietet eine für alle Projektbeteiligten einfache und aus allgemeinen Navigationsanwendungen wie „Google Maps“ oder „Apple Maps“ in der Bedienung bekannte Projektkommunikationsplattform.
- Durch das WEB-GIS können die jeweiligen Objekt- und Fachplanungen in ihren gewöhnlichen Umgebungskontext wie allgemeinen Bebauungen, Erschließungen, Raumordnung, Schutzgebiete, Katasterpläne maßstabsgerecht dargestellt werden. Der Zugang zu diesen allgemein öffentlichen Daten nimmt durch die Kommunen, die Länder und den Bund durch die Digitalisierung und das Informationsfreiheitsgesetz (IFG) zu.

## 10. Literaturverzeichnis

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie: Krt.Nr. 2312.

[https://www.bsh.de/DE/PUBLIKATIONEN/Naut\\_Produktkatalog/naut\\_produktkatalog\\_node.html;jsessionid=1B023E3E25CA0C1E23E55368B3A85D02.live21323](https://www.bsh.de/DE/PUBLIKATIONEN/Naut_Produktkatalog/naut_produktkatalog_node.html;jsessionid=1B023E3E25CA0C1E23E55368B3A85D02.live21323) [24.02.2023]



# Erneuerung Südmole Norderney – Umsetzung von BIM in der Ausführungsplanung

Pauline Falkenrich M.Sc., INROS LACKNER SE, Bremen

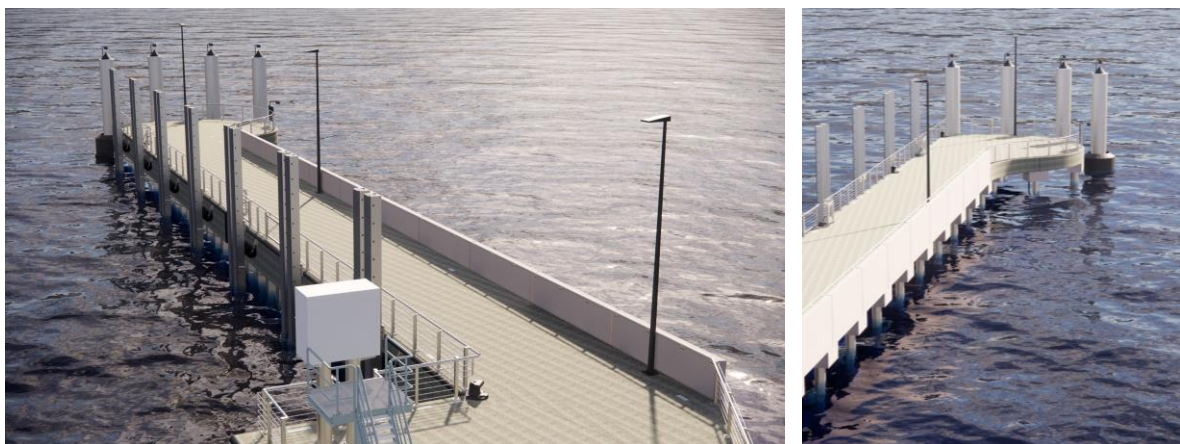
Dipl.-Ing. Juan Ollero, INROS LACKNER SE, Bremen

*Im Fährhafen von Norderney wird aktuell die sanierungsbedürftige Südmole als Bestandteil des Fähranlegers 1 abgebrochen und durch einen Neubau aus Stahlpfählen, rückverankerter Spundwand und Stahlbetonüberbau ersetzt, um das Hafenbecken vor den Einflüssen aus der Nordsee zu schützen und den durchgehenden Fährverkehr zwischen Insel und Festland sicher zu stellen.*

*Die Planung für den Neubau der Südmole Norderney erfolgt in allen Leistungsphasen als BIM-Pilotprojekt zwischen der Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG (NPorts) als Auftraggeber und allen Projektbeteiligten. Als Planungspartner der bauausführenden Unternehmen bearbeitet die INROS LACKNER SE (IL) aktuell die technische Bearbeitung und BIM-Koordination des Projektes in der Ausführungsphase.*

*Die Umsetzung umfasst unter anderem die BIM-Anwendungsfälle: Koordination der Fachgewerke (AwF 050), Fortschrittskontrolle der Planung (AwF 060), Planungsfreigabe (AwF 090), Terminplanung der Ausführung (AwF 120), Erstellung von Ausführungsplänen (AwF 140) sowie später auch die Baufortschrittskontrolle (AwF 150) und Bauwerksdokumentation (AwF 190).*

*Die Kombination aus Ausführungsplanung im konstruktiven Wasserbau und gleichzeitiger Umsetzung als BIM-Projekt – hier mit einem speziellen Fokus auf 4D-Planung bringt neue Herausforderungen für die Planungs- und Prüfprozesse, Modell- und Planerstellung sowie Softwareschnittstellen für alle Beteiligte mit sich. Der vorliegende Fachbeitrag erläutert Aspekte aus der praktischen Umsetzung einzelner BIM-Anwendungsfälle im Projektalltag und beleuchtet dabei insbesondere die Chancen und Herausforderungen der mit dem Modell verknüpften Terminplanung und der visuellen Baufortschrittskontrolle.*



**Abb. 1 Visualisierung der geplanten Südmole Norderney fährtbettseitig (links) und wattseitig (rechts) unter Nutzung des 3D-Koordinationsmodells (Quelle: INROS LACKNER SE)**

## 1. Einleitung

Der Wunsch nach Effizienz und verbesserter Kosten- und Terminalsicherheit in Projekten sowie die Notwendigkeit von kollaborativen Arbeitsmethoden in Verbindung mit den Möglichkeiten zunehmender Digitalisierung erfordern aktuell und zukünftig ein Umdenken vom konventionellen Planungsprozess hin zu kooperativer Arbeit auf Basis von digitalen Bauwerksmodellen und eine vertiefte Auseinandersetzung mit der BIM-Methodik bei allen Projektbeteiligten. Verstärkt wird diese Entwicklung zuletzt auch durch die vom Bundesministerium des Inneren im *Masterplan BIM für Bundesbauten* festgesetzte Zielvorstellung, die BIM-Arbeitsweise für Baumaßnahmen ab einem Projektvolumen von mind. 0,5 Mio. € schrittweise verbindlich für alle Neu-, Umbau- und Erweiterungsbaumaßnahmen von 2022 bis 2027 einzuführen (BMVI 2021).

Der aktuelle Stand der Umsetzung und Pilotierung von BIM-Projekten ist erfahrungsgemäß noch nicht so weit, wie die Zielvorstellung des Bundes dies für die in einigen Jahren geplante Einführung von BIM als Regelprozess erfordert. Unterschiede zeigen sich hier unter anderem auch im Vergleich der Fachdisziplinen: im konstruktiven Wasser- und Hafenbau findet die BIM-Methodik aktuell noch weniger Anwendung als z.B. im Hochbau, sodass die Umsetzung von Pilotprojekten umso wichtiger und der Erfahrungsgewinn für alle Beteiligten bei Umsetzung erster BIM-Anwendungsfälle sehr groß ist.

Das in diesem Beitrag beschriebene BIM-Pilotprojekt *Erneuerung Südmole Norderney* vereint u.a. die Themenbereiche: BIM-Umsetzung im konstruktiven Wasser- und Hafenbau, Ausführungsplanung und Fokus auf 4D-Planung, welche es zu einem interessanten Erfahrungsprojekt machen. Im Folgenden wird zunächst das Projekt mit seinen Besonderheiten und dann die Umsetzung und sowie Lernerfahrungen aus einzelnen BIM-Anwendungsfällen beschrieben.

## 2. Projektvorstellung

### VERANLASSUNG

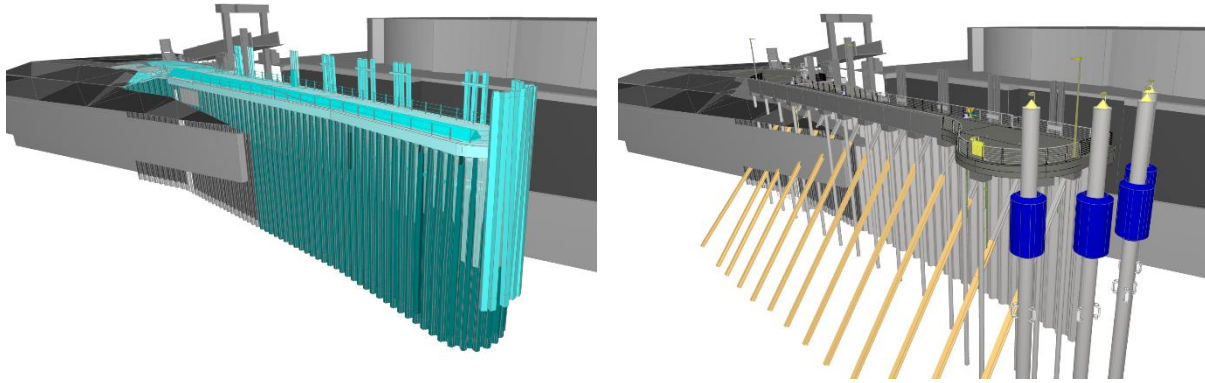
Der Fährverkehr auf die Insel Norderney ist sowohl für die Versorgung der Inselbewohner als auch für den Tourismus existenziell, da dieser den Hauptverkehrsweg zwischen Festland und Insel darstellt. Die Aufrechterhaltung einer stabilen Fährverbindung und der dafür notwendige Schutz des Hafens vor Wind und Wellen während der Anlegemanöver hängt daher maßgeblich von der abschirmenden Wirkung der südlich der Insel gelegenen Mole ab.

Neuere Bauwerksuntersuchungen der bestehenden Mole haben ergeben, dass die Konstruktion stark abgeminderte Restwanddicken bzw. Durchrostungen aufweist und die Standsicherheit der daher nicht mehr gegeben ist. Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG plant daher als Betreiber des Fährhafens und AG im Projekt den Rückbau der sanierungsbedürftigen Bestandsmole und die Errichtung einer neuen Mole.

Die Bauausführung des Projektes erfolgt in einer Arbeitsgemeinschaft mit Kurt Fredrich Spezialtiefbau GmbH, J.u.H. van der Linde GmbH u. Co. KG und INROS LACKNER SE als Verantwortliche für die Technische Bearbeitung und hier besonders die BIM-Koordination und Umsetzung der einzelnen BIM-Anwendungsfälle.

## BAUWERK

Der geplante Neubau besteht aus einer geschlossenen ca. 50 m langen Schwallwand aus gerammten Spundwänden, welche die Kontur des Fährbettes abbilden. Die Schwallwand wird im Vergleich zur alten Mole etwas versetzt angeordnet, sodass sich gleichzeitig eine Verbreiterung des Hafenbeckens von 3,0 m ergibt. Rückverankert wird die Schwallwand wasserseitig mit Rüttelinjektionspfählen in einem Raster von 4,20 m. Parallel zur Spundwand wird wasserseitig eine Reihe von gerammten Lotpfählen mit einer Länge von ca. 18-20 m angeordnet. Die Lotpfahlreihe bildet zusammen mit der rückverankerten Schwallwand die Gründung des Stahlbetonüberbaus.



**Abb. 2:** Links: Geplanter Abbruch der Bestandsmole (türkis) und rechts: Neubau an gleicher Position im 3D-Modell (Quelle: INROS LACKNER SE)

Der Stahlbetonüberbau besteht wasserseitig aus Lotpfahlköpfen und Längsbalken in Fertigteilbauweise, sowie fährbettseitig aus einem Stahlbetonholm in Teilfertigteilbauweise. Die geplante Nutzung von Fertigteilen - wo bautechnisch sinnvoll - und der Vorteil der Vorfertigung bildet gerade durch die Insellage der Baustelle und den damit verbundenen, schwierigen Transportbedingungen einen Herstellungsvorteil.

Auf die Längsbalken und den Stahlbetonholm kommen über die gesamte Ausdehnung der Mole Fertigteilplatten. Den Abschluss bildet die vor Ort hergestellte Planie. Die fertige Mole hat eine Regelbreite von ca. 5,50 m sowie eine Aufweitung am Molenkopf auf  $b = 10,0$  m.

Die Mole ist Teil der öffentlich begehbaren Hafentflächen. Der breitere Molenkopf dient daher gleichzeitig auch als Aufenthaltsfläche mit Blick auf das Wattenmeer.

Zur Ausstattung der Mole gehören u.a. fährbettseitig angeordnete Reibepfähle, Steigleitern und Kantenpoller. Am Molenkopf werden vier Dalben mit Donut-Fendern zum Schutz des Bauwerks vor den Fährschiffen angeordnet.

Der Abbruch des Bestandsbauwerks und der Neubau erfolgen im geplanten Bauablauf parallel und unter laufendem Fährbetrieb.

## 3. BIM-Anforderungen

Da das Projekt als BIM-Pilotprojekt eingeordnet ist, ist das übergeordnete Ziel im Projekt zunächst die allgemeine Sammlung von Erfahrungen in der Umsetzung der BIM-Methodik.

Als spezieller Schwerpunkt wurde hier vom AG die Verknüpfung von Modelldaten mit Terminplanung und Baufortschrittskontrolle (4D-Planung) gewählt. Die Kommunikation erfolgt zentral über eine vom AG ausgewählte CDE. Folgende BIM-Anwendungsfälle werden im Projekt bearbeitet:

Tabelle 1: BIM-Anwendungsfälle im Projekt

Level	AwF-Nr.	BIM-Anwendungsfall	Leistungsphasen nach HOAI										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9		
I	AwF 040	Visualisierung											
I	AwF 050	Koordination der Fachgewerke											
I	AwF 080	Ableitung von Planunterlagen											
I	AwF 190	Projekt- und Bauwerksdokumentation											
I	AwF 060	Planungsfortschrittskontrolle und Qualitätsprüfung											
II	AwF 140	Baufortschrittskontrolle											
II	AwF 150	Änderungs- und Nachtragsmanagement											
II	AwF 170	Abnahme- und Mängelmanagement											
III	AwF 090	Genehmigungsprozess (Planungsfreigabe)											
III	AwF 120	Terminplanung der Ausführung											

#### 4. AwF 050 – Koordination der Fachgewerke

##### Umsetzung

Die erstellten Modelle werden in einem zweistufigen Prozess im IFC4-Format zu Koordinationsmodellen zusammengefügt und intern und extern auf Vollständigkeit und Kompatibilität der geometrischen und alpha-numerischen Informationen geprüft.

Die erste interne Prüfung basiert auf einem in der Vorbereitung auf das Projekt individuell vorbereiteten Katalog aus Prüfregelein, welche die folgenden Aspekte abdecken:

- Modellstruktur (u. A. Koordinatensystem, Zuordnung der Modellelemente)
- Geometrie (u. A. Kollisionen, Duplikate, Betondeckung)
- Information (u. A. Vollständigkeit der Modellattribute gemäß vorgegebenem Katalog)

Entsprechende Abweichungen und Fehler werden entsprechend dem Schweregrad eingestuft und gekennzeichnet. Über das BIM Collaboration Format (BCF) werden die einzelnen Punkte intern an die entsprechenden ModellautorInnen zur Bearbeitung weitergeleitet. Abb.3 zeigt beispielhafte BCFs aus der internen Modellkoordination im Projekt (links Unterschreitung der Betondeckung, rechts Kollision Bewehrung/Medienleitungen).

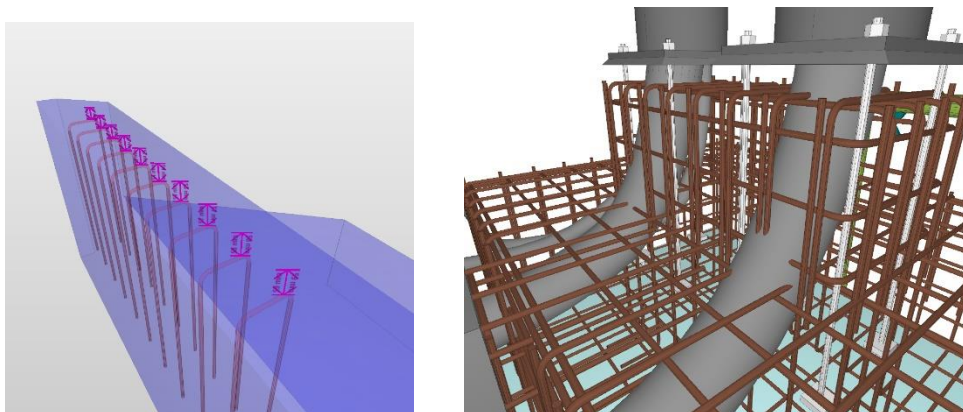


Abb. 3: Beispielhafte Modellprüfungsergebnisse aus der Koordinationssoftware als BCF: Betondeckung nicht eingehalten (links) und Kollisionen zwischen Leerrohren und Bewehrung (rechts)



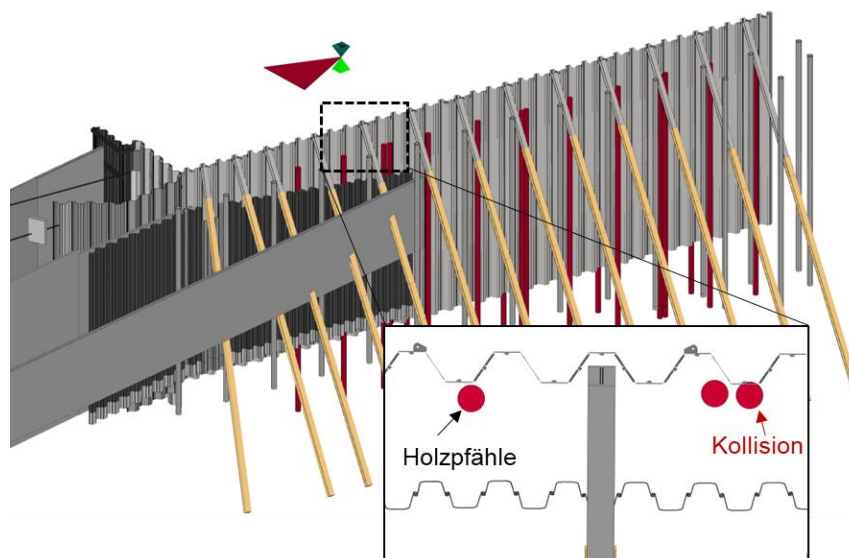
Der zweite Schritt der Modellkoordination erfolgt mit allen Projektbeteiligten im Rahmen des Common Data Environments (CDE). Dort werden die Modelle nach der internen Prüfung hochgeladen und allen Beteiligten im Projekt zur Verfügung gestellt. In regelmäßigen Koordinationsitzungen werden entsprechende Kollisionspunkte, unvollständige Informationen oder wesentliche Punkte als BCF am betroffenen Modellelement hinterlegt und den entsprechenden Verantwortlichen zur Bearbeitung zugewiesen.

Der Modelldetaillierungsgrad der Modelle ist im aktuellen Planungsstadium der Ausführungsplanung sehr hoch (MDG 300 bzw. 400) und der Informationsgehalt entsprechend komplex. Das Gesamtmodell wurde daher – auch aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Bearbeitung, des Prüf- und Freigabeprozesses und des Datenmanagements – für die Bearbeitung in insgesamt über 40 Fach- und Teilmodelle aufgeteilt. Fachmodelle bezeichnet hier die Aufteilung der Modellobjekte nach Fachlichkeit (z.B. Stahlbetonbau, Tiefgründung, Elektrotechnik). Teilmodelle bezieht sich auf eine rein „organisatorische“ Aufteilung der Daten, z.B. Aufteilung der Bewehrungsmodelle in insgesamt 5 – 10 Teilmodelle, um die Datenmenge zu verringern und einzelne Teilmodelle zu unterschiedlichen Zeitpunkten in den Prüf- und Freigabeprozess zu geben.

### Chancen

Vorteil der regelmäßigen Modellkoordination ist hier die frühzeitige Sichtbarkeit von Problemstellen für alle Beteiligten sowie die damit verbundene, transparente Zuordnung von Verantwortlichkeiten für die Bearbeitung der BCFs.

Durch die konsequente Modellierung aller Bauteile als 3D-Objekte konnten auch bereits in der laufenden Ausführung potenzielle Kollisionspunkte überprüft werden, hier z.B. alte Holzpfähle, welche beim Rückbau der Bestandsmodell zum Vorschein gekommen sind. Durch eine örtliche Vermessung, anschließende Nachmodellierung und Integration der Pfähle in das Gesamtmodell im Rahmen der Modellkoordination konnten sofort die Pfähle identifiziert werden, welche bei dem späteren Neubau mit der neuen Spundwandtrasse kollidieren würden. Diese konnten dann rechtzeitig entfernt werden, ohne dass der Bauablauf dadurch gestört wurde.



**Abb. 4: Frühzeitige Überprüfung der Kollision von freigelegten, alten Bestandspfählen (rot) und der geplanten Spundwand am 3D-Modell**

### **Herausforderungen**

Es hat sich in diesem, als auch in vergleichbaren BIM-Projekten, gezeigt, dass eine vollständig automatisierte Modellprüfung ohne händisch-visuelles Nachprüfen zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht realistisch ist. Die vollumfängliche Erfassung aller Informationen und Zusammenhänge der Modellelemente „aus den Hinterköpfen der Projektbearbeitenden“ in Prüfregelein ist nahezu unmöglich und bräuchte umfangreiche und tiefgehende, projektspezifische Programmierung und Vorbereitung. Ein erheblicher Aufwand, welcher frühzeitig und in Abgrenzung des Nutzens sowie individueller Erwartungshaltungen an die BIM-Methodik abgeklärt werden muss.

Das Zusammenführen von allen Modellen auf einem sehr hohen Detaillierungsgrad birgt außerdem die Herausforderung, dass Kollisionen sichtbar werden, die eigentlich keine für das Projekt relevanten Kollisionen sind (z.B. Leerrohre mit einzelnen Bewehrungsseisen, Bauteile, welche in andere Bauteile einbinden, etc.). Auch hier bedarf es einer detaillierten Abstimmung aller Beteiligten, welche Kollisionen tatsächlich auf Modellebene behoben werden und welche in der Bauausführung vor Ort angepasst werden, bzw. nur modelltechnisch, aber nicht ausführungstechnisch, als Kollisionen gewertet werden.

## **5. AwF 090 – Planungsfreigabe**

### **Umsetzung**

Modelle werden zur Modellkoordination (siehe AwF 050) auf die CDE eingestellt und mit einem Status versehen (z.B. „Geteilt“ = für alle einsehbar oder „in Autorisierung“ = eingereicht zur Freigabe an den AG). Im Rahmen der Modellkoordination erfolgt die BIM-fachliche Prüfung (Attribute, Vollständigkeit, etc.) sowie technische Prüfung einzelner Modelle durch den AG. Die erfolgte Freigabe der Modelle durch den AG wird durch einen zugeordneten Status „Freigegeben“ auf der CDE gekennzeichnet. Berechtigungen für die Freigabe sind hier nur durch den AG möglich. Gemäß dem BIM-Prozess erfolgt dann die Ableitung von Planunterlagen aus den freigegebenen Modellen.

### **Chancen**

Durch das festgelegte Verfahren ergibt sich ein theoretisch sehr konsequenter und nachvollziehbarer Freigabeprozesse für die Modelle. Berechtigungen für Freigaben können direkt in CDE hinterlegt und dadurch gesteuert werden (z.B. hier nur AG).

### **Herausforderungen**

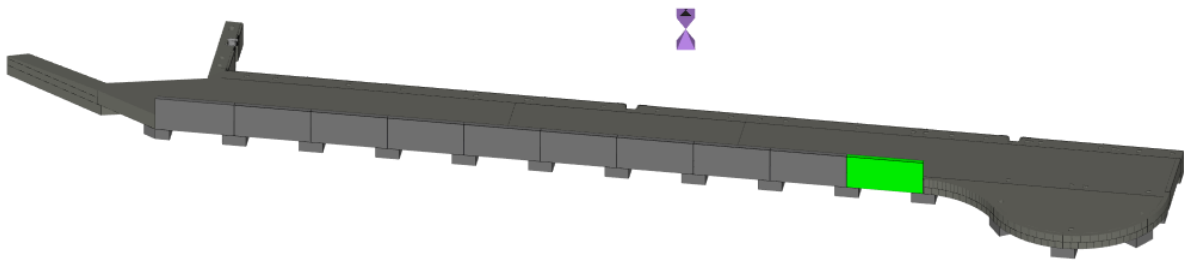
Für die aus den Ausführungsmodellen generierten Pläne ergibt sich hier – trotz BIM-Projekt – aktuell noch der gleiche Freigabe-Prozess wie in konventioneller Planung, da die hier verwendete CDE nicht in gleichem Maße Möglichkeiten für Planfreigaben wie für Modellfreigaben bietet. Eine Integration des Planfreigabe-Prozesses auf die verwendete CDE oder die Nutzung entsprechender Alternativen wäre hier für zukünftige Projekte sinnvoll.

Eine weitere Herausforderung hat sich im vorliegenden Fall aus der laufenden Ausführungsplanung und sich daraus regelmäßig ergebenden Planungsänderungen ergeben. Die Planungsänderung wird hier zunächst in das Modell eingepflegt, das Modell wird koordiniert, intern und extern geprüft und idealerweise gemäß dem Prozess freigegeben, bevor die entsprechenden Pläne erstellt werden.

Je nach Häufigkeit der Änderungen und Aufteilung der Modelle kann dies bedeuten, dass die Modelle zeitweise laufend, teilweise täglich noch geändert werden und daher praktisch nicht – wie vorher gedacht – regelmäßig den gesamten Freigabeprozess durchlaufen können.

Beispiel: Wenn in dem Modell in Abb. 4 nur die Geometrie von einem einzigen Fertigteil geändert wird, muss das gesamte Stahlbetonbaumodell erneut intern und extern geprüft und freigegeben werden. Pläne wurden da aber schon parallel aus dem Modell erstellt, da diese frühzeitig für die Bauausführung benötigt werden.

Gerade in der Kombination aus Ausführungsplanung mit hohen BIM-Anforderungen und einem festgelegten Freigabeprozess stellt dieser Umstand schnell eine Grenze der Machbarkeit und Herausforderung dar. In der Modellaufteilung spielt dieser Umstand eine große Rolle und sollte schon frühzeitig bedacht werden.



**Abb. 4:** Beispiel: Änderung eines einzelnen Fertigteils im Modell (grün) bedarf eines erneuten Exports und Initiierung des Freigabeprozesses für das gesamte Stahlbetonbau-Modell (Quelle: INROS LACKNER SE)

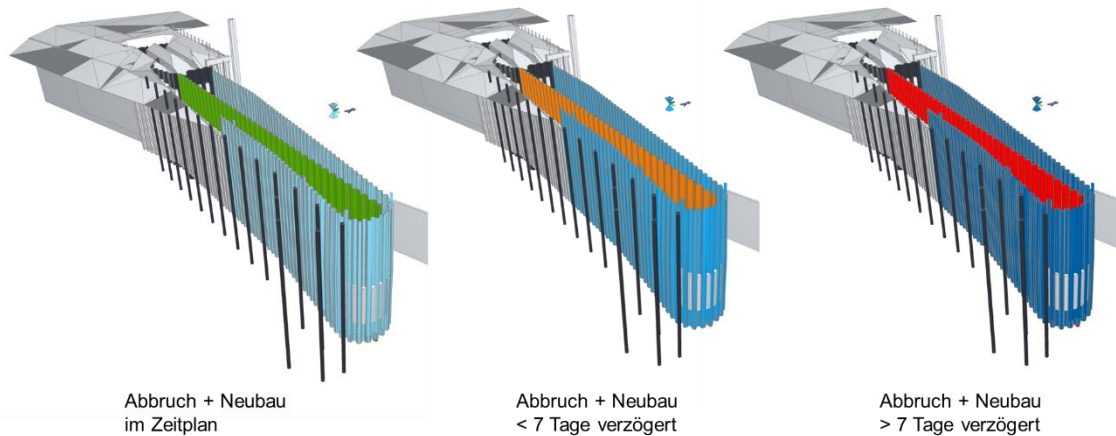
## 6. AwF 140 – Baufortschrittskontrolle

### Umsetzung

Die Baufortschrittskontrolle erfolgt an einem verknüpften Datenmodell, welches sowohl die 3D-Modelle im IFC-Format als auch den aktuellen Ausführungsterminplan enthält. Über eine Verknüpfung der Modellelemente mit den Terminplanvorgängen in der Software DESITE md pro kann der aktuelle Baufortschritt datumsbezogen dargestellt und visualisiert werden.

Für die Verknüpfung der Bauwerksdaten mit dem Terminplan wurden im Rahmen der Modellerstellung allen Modellelementen ein Terminplan-Attribut zugewiesen. Dieses Attribut war auch schon in dem von der Bauausführung erstellten Terminplan vorhanden und konnte daher zielgerichtet als „Brückenelement“ für die Daten und eine automatisierte Verknüpfung zu einem 4D-Modell dienen.

Auf Basis des terminlichen Soll-Ist-Vergleichs und eventuellen zeitlichen Abweichungen wird der Bauablauf und aktueller Fortschritt entsprechend den Wünschen des AG farblich dargestellt. So kann man zu jedem Zeitpunkt des Baufortschritts am Modell erkennen, welche Bauelemente gemäß Zeitplan eingebaut werden oder welche Elemente ggf. einer Verzögerung unterliegen.

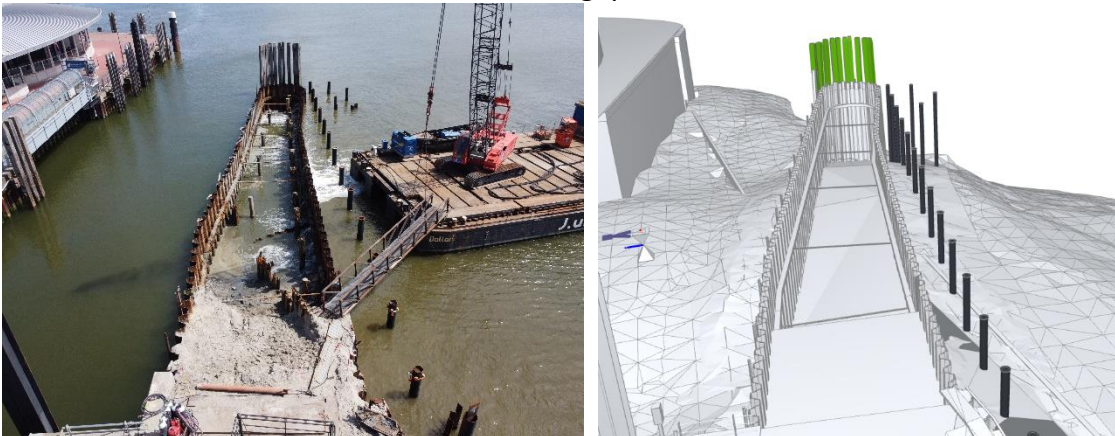


**Abb. 5: Farbcodierung für Baufortschrittskontrolle in desite md pro nach Ampelsystem für Neubau (grün, orange, rot) und nach unterschiedlich dunklen Blautönen für den Abbruch (Quelle: INROS LACKNER SE)**

### Chancen

Durch die visuelle Baufortschrittskontrolle kann man auch den aktuellen Stand der Baustelle sehen, ohne tatsächlich vor Ort zu sein.

Durch die Einfärbung nach einem Ampelsystem sind eventuell verzögerte Bereiche schnell identifizierbar auch ohne auf den Terminplan zu schauen. Durch die Verknüpfung der Elemente mit dem Terminplan und der Darstellung als Bauablaufsimulation kann der prinzipielle Bauablauf außerdem sehr anschaulich und visuell auf Plausibilität geprüft werden



**Abb. 6: Links: teiltrückgebaute Bestandsmole in Realität (Quelle: Hoppe, van der Linde) und rechts: geplanter Baufortschritt im verknüpften Modell (Quelle: INROS LACKNER SE)**

Veränderungen am Terminplan oder Modell können in dem 4D-Modell aktualisiert und Elemente erneut automatisch verknüpft werden. Dadurch ist eine unabhängige Bearbeitung von Terminplan und Modellen möglich. Durch die Nutzung eines bereits im Terminplan vorhandenen Attributs konnte im vorliegenden Fall der Vorbereitungsaufwand in der Terminplanung erheblich reduziert werden.

### Herausforderungen

Automatische oder teilautomatische Verknüpfung von Terminplanvorgängen und Modellen bedarf der frühzeitigen Vorbereitung aller Modelle im Rahmen der Modellerstellung. Eine Verknüpfung „auf Knopfdruck“ ist nur möglich, wenn die entsprechenden Attribute vorher systematisch und einheitlich eingepflegt wurden und wenn der Terminplan konsequent mit den gleichen Attributen erstellt wurde. Hier ist sowohl die Abklärung der nutzbaren und erforderlichen Attribute sinnvoll



und auch die Klärung des geforderten Detaillierungsgrad der Darstellung (Bauablauf tageweise, wochenweise, Elemente einzeln oder gruppiert, etc.)

Durch die abschnittsweise Herstellung von gleichen Bauteilen (mit aktuell gleichem Terminattribut) ergibt sich im vorliegenden Fall händischer Nachbearbeitungsaufwand. Betroffene Elemente werden je nach Anforderungen aktuell noch händisch nachverknüpft. Detailliertere Programmierung und die Nutzung weiterer Attribute können diesen Zusatzaufwand in Zukunft noch verringern.

## **7. Diskussion/Lessons Learned**

Die Durchführung von Infrastrukturprojekten mit hohen BIM-Anforderungen inkl. BIM-Anwendungsfälle aus Level II und ggf. schon Level III bringt wie im aktuellen Projekt an vielen Stellen neue Probleme und Herausforderungen mit sich. Gleichzeitig ist aber auch der Lernerfolg und Wissensgewinn für zukünftige Projekte bei allen Beteiligten (AG und AN) sehr hoch.

Neben den bereit beschriebenen Aspekten und Herausforderungen einzelner Anwendungsfälle sollen hier noch weitere Punkte genannt werden, welche für zukünftige Projekte wichtig sein können oder noch näher diskutiert werden sollten.

### **Klare BIM-Anforderungen seitens des AG**

Eine gute Voraussetzung und Grundlage für eine strukturierte und konsequente Projektbearbeitung eines BIM-Projektes sind erfahrungsgemäß der Umfang und Inhalt der vom AG definierten und zur Verfügung gestellten BIM-Anforderungen im Rahmen der AIA. Speziell bei Pilotprojekten mit hohen BIM-Anforderungen und vielen, teils neueren Anwendungsfälle – wie im hier beschriebenen Projekt - ist die genaue Definition der Erwartungen seitens des AG essentiell für die Projektvorbereitung und spätere Bearbeitung der Anwendungsfälle. Klare Anforderungen in den AIA und detaillierte Beschreibungen der geplanten Umsetzung der Anwendungsfälle im BAP führen nebenbei auch noch bei allen Beteiligten zu einem besseren Verständnis, was „dieses BIM“ eigentlich genau in der Umsetzung bedeutet – oder nicht bedeutet.

### **Datenübernahme aus der Entwurfsplanung**

Die Planung der Südmole wurde hier zwischen den Leistungsphasen aufgeteilt, sodass die Entwurfsplanung von einem anderen Planungsbüro durchgeführt wurde. Für die Ausführungsplanung wurden daher alle Planungsdaten inkl. dem Entwurfsmodell und daraus generierter Entwurfspläne für die Weiterbearbeitung an Inros Lackner (IL) übergeben. Durch die ausschreibungstechnisch erforderliche Maßgabe der Herstellerneutralität wurde auch für die weitere Planung und Weiterbearbeitung der Modelle durch IL keine spezielle Software vorgegeben und die Modelle im neutralen Austauschformat IFC4 übergeben.

Diese Besonderheit aus den vertraglichen Rahmenbedingungen birgt aktuell in der technischen Umsetzung den großen Nachteil, dass die im IFC4-Format vorliegenden Modelldaten nicht vollumfänglich in der Autorensoftware bearbeitet werden können. Als Konsequenz ergab sich hier in der Ausführungsplanung ein hoher Grad an Neumodellierung von schon auf Entwurfsniveau vorliegenden Elementen mit dem gleichzeitigen Verlust der eigentlich im Sinne der BIM-Methodik geforderten Informationskonsistenz (BMDV 2022) im Projekt. Ein Widerspruch, welcher aktuell noch die Grenzen für die konsequente BIM-Umsetzung von nach Leistungsphasen und Projektarbeitern aufgeteilten HOAI-Projekten aufzeigt.

## 8. Zusammenfassung

Die Erneuerung der Südmole Norderney bringt als BIM-Pilotprojekt im konstruktiven Wasser- und Hafenausbau viele Chancen und Lernerfahrungen mit sich, die auch für zukünftige Projekte von großem Interesse sein können.

Insbesondere die Integration von laufender Ausführungsplanung in vorgegebene BIM-Prozesse sowie die allgemeine Problematik der Datenübergabe zwischen den Leistungsphasen haben im Projekt aber auch gleichzeitig zu teilweise unvorhergesehenen Herausforderungen geführt und gezeigt, in welchen Bereichen die BIM-Methodik aktuell noch an Ihre Grenzen stößt.

## 9. Literaturverzeichnis

BMVI (2021): Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, Bundesministerium der Verteidigung: Masterplan BIM für Bundesbauten, Erläuterungsbericht, Stand: September 2021

BMDV (2022): Bundesministerium für Digitales und Verkehr: Digitales Planen, Bauen, Infrastrukturmanagement – Einführung und Einsatz von Building Information Modeling (BIM), [BMDV - Building Information Modeling \(bund.de\)](#), Stand: 28.10.2022

# Dialogische Kooperation - Die Schaffung neuer rechtlicher Rahmenbedingungen für effizientes und nachhaltiges Bauen

Prof. Stefan Leupertz, 3D2L GmbH

## 1 Ausgangslage: Kulturwandel als Voraussetzung und Ziel

Für die durch Verschwendung, Trägheit und Ineffizienz geprägten, sich zunehmend verschärfenden Fehlentwicklungen im gesamten Baubereich gibt es neben rein ökonomischen und politischen auch solche Gründe, die in falsch ausgerichteten Rechtsregeln und Projektstrukturen wurzeln. Diese Hindernisse können nur überwunden werden, wenn wir die Kraft aufbringen, die Gestaltungshoheit für die Realisierung von Bauprojekten wieder in die Hände derer zu geben, die es angeht: Die Projektpartner. Dafür braucht es nicht weniger als einen Kulturwandel, der angestoßen werden muss, um kostengünstiges und nachhaltiges Bauen in einer Weise zu ermöglichen, die wirklich ein Faktor nicht nur für Verbesserungen im Wohnungsbau, sondern für eine echte ökologische Wende sein könnte.

Nachhaltigkeit ist unspezifisch und divers. Sie verknüpft Ökologie, Ökonomie und Soziales mit dem Ziel, uns zu befähigen, klug und effizient mit den uns zur Verfügung stehenden Ressourcen umzugehen, ohne unserem Wirtschaftssystem die Grundlagen für seinen Erfolg zu entziehen. Deshalb ist es fahrlässig falsch, nachhaltiges Bauen auf die Verwirklichung von Umwelt und Klimaschutzziele zu reduzieren. Es geht eben nicht nur um die Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes oder um den Einsatz energieeffizienter Gebäudetechnik, sondern um eine ganzheitliche Betrachtung des Baugeschehens unter Berücksichtigung der mit diesem Geschehen verknüpften Wertschöpfungskette in einem technisch und rechtlich hochkomplexen Umfeld.

Nachhaltiges Bauen setzt Innovation voraus. Neue Materialien, neue Bauweisen und neue Standards müssen entwickelt und umgesetzt werden. Die damit einhergehenden technischen und ökonomischen Herausforderungen sind immens. Dies umso mehr, weil sie in einem Marktumfeld an uns herangetragen werden, das derzeit durch Volatilität und Unsicherheit so stark geprägt wird wie lange nicht mehr, vom zunehmenden Fachkräftemangel ganz zu schweigen.

Allerdings sind Innovation und ökonomische Effizienz nie das Ergebnis staatlich verordneten Handelns. Sie entstehen vielmehr durch individuelle Klugheit, Schaffenskraft und die Freiheit des Einzelnen, seine Ideen umsetzen zu können, auch mit dem Risiko des Scheiterns. Indes: Bauen findet hierzulande in Strukturen statt, die Innovation und effizientes Bauen nicht befördern, sondern massiv behindern. Diese Strukturen sind geprägt von Vertragsregeln, die Planung und Ausführung voneinander trennen und den ökonomischen Erfolg der Beteiligten systemisch an die hochkonfrontative Durchsetzung von Partikularinteressen in einer von Intransparenz gekennzeichneten Wettbewerbssituation knüpfen. Hinzu tritt 3 ein durch öffentlich-rechtliche Vorschriften hoffnungslos überregulierter Markt, der Innovation im Keim erstickt und weitgehend unmöglich macht.

Beide Problembereiche müssen substantiell verändert und letztlich aufgelöst werden, um nachhaltiges Bauen wirkungsvoll zu ermöglichen. Dazu bedarf es eines Kulturwandels, aus dem neue Spielregeln für die Realisierung von Bauvorhaben entstehen müssen.

## **2 Die falsche Anwendung des Rechts als strukturelle Ursache für Verschwendung und Ineffizienz**

### **2.1 Rechtliche Grundlagen: Der Bauvertrag als punktueller Austauschvertrag**

Der Werk- und Bauvertrag ist ein entgeltlicher, gegenseitiger Vertrag dessen Besonderheit in Abgrenzung insbesondere zum Dienstvertrag darin besteht, dass die Leistungsverpflichtung des Unternehmers nicht in der Ausführung bestimmter Tätigkeiten, sondern – ergebnisbezogen – in der Herbeiführung des ausbedungenen Werkerfolgs besteht (st. Rspr.: BGH, Urt. v. 03.03.1998 – X ZR 4/95, NJW-RR 1998, 1027; Urt. v. 11.10.2001 – VII ZR 475/00, NJW 2002, 749; Urt. v. 08.11.2007 – VII ZR 183/05, NJW 2008, 511). Für die Verwirklichung dieses (funktionalen) Werkerfolgs durch den Unternehmer zahlt der Besteller die vertraglich vereinbarte Vergütung - § 631 BGB. Diese synallagmatische Verknüpfung von Leistung und Gegenleistung entsteht mit dem Abschluss des jeweiligen Bauvertrages kraft rechtsgeschäftlicher Entscheidung der Vertragsparteien. Durch diese rechtsgeschäftliche Einigung wird auch bei solchen Bauvorhaben, deren Realisierung unter Umständen mehrere Jahre dauert, kein Dauerschuldverhältnis begründet; vielmehr handelt es sich auch bei solchen großvolumigen Bauverträgen um punktuelle Austauschverträge, die nur unter den Voraussetzungen der §§ 650b und 650c BGB nachträglichen Anpassungen unterliegen.

Dieses, durch das Gesetz vorgegebene Vertragskonzept ist in hohem Maß störanfällig, weil die Vertragsparteien gezwungen sind, Leistung und Gegenleistung zu einem Zeitpunkt rechtsverbindlich festzulegen, in dem sie selbst bei bester Vorbereitung nicht verlässlich wissen können, welcher Aufwand mit welchen Kosten tatsächlich betrieben werden muss, um den versprochenen Bauerfolg zu verwirklichen. Denn es liegt in der Natur des Bauens, dass in der Regel schon die Konkretisierung des Bauzieles eine detaillierte Planung voraussetzt und sich zudem bei Vertragsschluss nur schwer festlegen lässt, welche Bauleistungen im Einzelnen erforderlich sein werden, um den jeweiligen Bauplan umzusetzen. Die Parteien müssen sich also nicht nur darauf einigen, was nach ihrer Auffassung ein fairer Preis für die verlangte Ware ist, sondern überhaupt erst definieren und festlegen, worin die geschuldete Bauleistung, der Bauerfolg besteht und wofür genau der Auftragnehmer die vertragliche Vergütung bekommen soll. Das ist selbst bei Bauvorhaben normalen Ausmaßes und redlichem Bemühen der Vertragsparteien um eine möglichst präzise Bauplanung und Ausschreibung wegen der unkalkulierbaren Unwägbarkeiten des Baugeschehens kaum möglich. Die Parteien können bei Abschluss des Bauvertrages bspw. nicht mit letzter Sicherheit wissen, welche Beschaffenheit der Baugrund tatsächlich haben wird, ob die eingeplanten Transportwege für die Belieferung der Baustelle zur Verfügung stehen, ob die benötigten Baugenehmigungen zeitgerecht erteilt werden und in welcher Weise der Bauablauf durch Wetterbedingungen beeinflusst wird. Oft stellt sich erst während der Bauausführung heraus, dass komplexe neue Bauverfahren nicht mit dem dafür vorgesehenen Aufwand bewältigt werden können oder dass der Unternehmer Vorunternehmerleistungen vorfindet, die keine taugliche Grundlage für die Ausführung der ihm obliegenden Bauleistungen darstellen. Schon diese strukturell in der Komplexität des Baugeschehens begründete Divergenz zwischen Ausschreibung und Endprodukt bildet den Kern vieler Mangel- und Nachtragsstreitigkeiten, die eine Baumaßnahme in erhebliche Schiefelage bringen können.



Die Rechtsregeln, nach denen Baumaßnahmen gemeinhin abgewickelt werden, sind also bei näherer Betrachtung nicht geeignet, dem Bedürfnis nach einer möglichst störungsarmen und effizienten Durchführung von Baumaßnahmen unter solch ungünstigen Rahmenbedingungen in angemessener Weise Rechnung zu tragen.

Die sich aus den vorstehenden Erwägungen ergebende Erkenntnis, dass der Bauvertrag strukturell stör anfällig und nachsteuerungsbedürftig ist, fand in den bis zum 31.12.2017 geltenden Vorschriften des gesetzlichen Werkvertragsrechts kaum Anklang. Im Übrigen war das Bauvertragsrecht über Jahrzehnte ohnehin dominiert durch die Bestimmungen der VOB/B, die allerdings mit der Einführung des Neuen Bauvertragsrechts am 01.01.2018 ihrer faktischen Leitbildfunktion beraubt wurden (zum Verhältnis zwischen BGB und VOB/B: BeckOK Bauvertragsrecht/Leupertz, 2. Auflage, 2021, § 650b Rdn. 89ff.) und nicht zuletzt durch die jüngste Rechtsprechung des Bundesgerichtshofs zum Regelungsgehalt des § 2 Abs. 3 VOB/B (grundlegend: BGH, Urt. v. 08.08.2019 – VII ZR 34/18, NJW 2020, 337; zu den denkbaren Konsequenzen für den Regelungsgehalt der Bestimmungen in § 2 Abs. 5 und Abs. 6: Kniffka/Koeble/Jurgeleit/ Sacher/ Kniffka, Kompendium des Baurechts, 5. Aufl. 2020, Teil 4 Rdn. 208a ff.) immer mehr unter Druck geraten sind. Das soll hier im Detail nicht näher erörtert werden.

Von Interesse ist allerdings die Erkenntnis, dass wesentliche Grundgedanken des neu geschaffenen gesetzlichen Bauvertragsrechts ganz entscheidend von den Rechtsgrundsätzen abweichen, die über viele Jahre die VOB/B-getriebene Baurechtspraxis geprägt haben und auch heute noch prägen. Denn während der Unternehmer gemäß § 650c BGB für die Folgen einer wirksamen Anordnung des Bestellers nach § 650b BGB eine nach tatsächlichen erforderlichen Kosten zu bemessende Mehrvergütung erhält (vgl. ausführlich zur Berechnung der Mehrvergütung nach § 650c BGB: Langen/Berger/Dauner-Lieb/Langen, Bauvertragsrecht, 2. Aufl. 2022, § 650c Rdn. 19ff.; BeckOK Bauvertragsrecht/Althaus/Kattenbusch, 2. Auflage, 2021, § 650c Rdn. 9ff.), war es jedenfalls bis zu der vorerwähnten Rechtsprechung des Bundesgerichtshofs zu § 2 Abs. 3 VOB/B allgemeine Meinung, dass der Unternehmer anordnungsbedingten Mehraufwand gemäß §§ 2 Abs. 5, Abs. 6 VOB/B nach dem Prinzip der sog. vorkalkulatorischen Preisfortschreibung anhand der von ihm kalkulierten Kosten abrechnen muss (vgl. dazu: Kapellmann/Messerschmidt/Kapellmann, VOB, 7. Aufl. 2020, Teil B, § 2 Rdn. 211ff.).

Daraus ergibt sich nicht nur ein Unterschied in der Berechnungsmethodik und im Rechenergebnis; vielmehr hat der Gesetzgeber ganz bewusst Abstand genommen von einem durch die Regelungen der VOB/B bedingten Preisanpassungssystem, das auf einer Informations-Disbalance beruhte und letztlich zu einem verdeckten Wettbewerb mit hochkonfrontativen Vertragsregeln geführt hat. Denn der Unternehmer ist nach der vorkalkulatorischen Preisfortschreibungssystematik gehalten und ermächtigt, seine Mehrvergütung nach von ihm kalkulierten Kosten zu ermitteln, die dem Besteller in aller Regel weder bei Vertragsschluss noch im Zeitpunkt der die Mehrvergütung auslösenden Anordnung bekannt sind. Ein solches Preisanpassungssystem ist intransparent und lädt die Vertragsparteien geradezu dazu ein, der jeweils anderen Partei Informationen vorzuenthalten, um eigene, im Ausgangspunkt durchaus berechnete Interessen verwirklichen zu können und ökonomisch erfolgreich zu sein.

Daraus entsteht das Gegenteil von konstruktiver Kooperation. Folgerichtig hat sich unter dem Regime der VOB/B über die Jahre und Jahrzehnte eine auf Konfrontation ausgelegte Vertragskultur entwickelt, in der die unvollständige bzw. unklare Beschreibung der Bauleistung nicht nur bewusst hingenommen, sondern geradezu strategisch instrumentalisiert wird.

Der Gesetzgeber hat diese Problematik erkannt und durch § 650c BGB eine Preisanpassungssystematik eingeführt, die bewusst entkoppelt ist von der Kalkulation des Unternehmers und stattdessen an objektiv feststellbare tatsächlich erforderliche Kosten anknüpft. Zur Begründung führt er in der 6. Begründung zum Gesetzentwurf der Bundesregierung vom 18.05.2006 aus (BT-Drucks 18/8486, dort Seite 55ff.):

*Ergänzend zu den Regelungen für ein Anordnungsrecht des Bestellers in § 650b Absatz 2 BGB-E enthält § 650c BGB-E Vorgaben zur Berechnung der Mehr- oder Mindervergütung bei solchen Anordnungen. Ziel der Einführung eines Berechnungsmodells für die Mehr- oder Mindervergütung ist es, Spekulationen einzudämmen und Streit der Parteien über die Preisanpassung weitestgehend zu vermeiden. Die gesetzliche Regelung soll Anreize sowohl für eine korrekte Ausschreibung durch den Besteller als auch eine korrekte und nachvollziehbare Kalkulation durch den Unternehmer setzen. Durch die Berechnung der Mehr- oder Mindervergütung nach den tatsächlich erforderlichen Kosten soll insbesondere verhindert werden, dass der Unternehmer auch nach Vertragsschluss angeordnete Mehrleistungen nach den Preisen einer Urkalkulation erbringen muss, die etwa mit Blick auf den Wettbewerb knapp oder sogar nicht auskömmlich ist oder inzwischen eingetretene Preissteigerungen nicht berücksichtigt. Zugleich soll der Berechnungsmaßstab der tatsächlich erforderlichen Kosten die Möglichkeiten für den Unternehmer einschränken, durch Spekulationen ungerechtfertigte Preisvorteile zu erzielen.*

Darin tritt der Wille des Gesetzgebers zu Tage, die Bauvertragsparteien auch und gerade im Rahmen von Nachtragsstreitigkeiten zu Kollaboration anzuhalten und zugleich starke Anreize zu setzen, auf spekulative Nachtragsgewinne als Basis für den ökonomischen Erfolg oder Misserfolg des jeweiligen Bauvorhabens zu verzichten. Das ist nur bedingt gelungen, auch weil die Anordnungsregeln des § 650b BGB, an die § 650c BGB anknüpft, aus guten Gründen keine Akzeptanz in der Praxis gefunden haben.

Unabhängig von alledem muss man letztlich konstatieren, dass auch das neu geschaffene BGB-Bauvertragsrecht ungeachtet guter Ansätze zu keiner wirklich durchgreifenden Änderung einer unnötig verschwenderischen Vertragskultur geführt hat. Es eröffnet allenfalls Spielräume, die durch geeignete Projektabwicklungsmodelle genutzt werden müssen.

## **2.2 Der Webfehler im System**

Im Folgenden sollen nun kurz die im Bauwesen auf dieser rechtlichen Basis gebräuchlichen Projektstrukturen und ihre Wirkungsweise beleuchtet werden. Nur auf dieser Grundlage wird deutlich, warum diese Strukturen grundlegend verändert werden müssen, um überhaupt effizient und nachhaltig bauen zu können.

Bauen ist oft technisch anspruchsvoll. Dementsprechend komplex sind die Abläufe, die organisiert und koordiniert werden müssen, um die 7 Voraussetzungen für eine effiziente Umsetzung der

jeweiligen Baumaßnahme zu schaffen. Hinzu tritt nicht selten der Bedarf, Innovation zuzulassen und Optimierung zu ermöglichen.

Diese Anforderungen lassen sich mit den klassischen Projektstrukturen nur schwer verwirklichen, in denen der Bauherr die benötigten Leistungen einkauft und hierzu bilaterale Verträge mit seinen Projektpartnern schließt. Denn bei diesen Verträgen handelt es sich um punktuelle Austauschverträge, die aus den unter Ziffer 3.1 dargelegten Gründen notornachsteuerungsbedürftig und deshalb in hohem Maße störanfällig sind. Auf diese Weise geraten Bauvorhaben aller Art rasch in Schiefelage, insbesondere wenn die erforderliche Nachjustierung, wie heute üblich, mit den strategischen Instrumenten der Geltendmachung und der Abwehr von Nachträgen betrieben wird, was wiederum regelmäßig zu Streit und projektgefährdenden Bauverzögerungen führt.

Solche, auf Konfrontation ausgerichteten Verhaltensmuster, sind systemimmanent. Denn die Durchführung einer Baumaßnahme, ganz gleich welcher Art, wird entscheidend durch die ökonomischen Erwartungen der Beteiligten beeinflusst. Die sich hieraus ergebenden Projektinteressen sind allerdings nicht gleichgerichtet. So will der Besteller regelmäßig für möglichst wenig Geld das bestmögliche Bauergebnis realisieren; der Unternehmer hingegen möchte mit möglichst geringem Aufwand möglichst viel Geld verdienen. Das ist legitim. Dann aber liegt es auf der Hand und es bedarf keiner näheren Erläuterung, dass erfolgreiches Bauen nur gelingen kann, wenn die Verwirklichung solcher disparaten (ökonomischen) Interessen an die Erreichung eines gemeinsamen Ziels geknüpft wird.

Dieses gemeinsame Ziel gibt es. Es besteht darin, das jeweilige Projekt in Bezug auf die Faktoren Qualität, Kosten und Zeit möglichst störungsarm zu realisieren. Dann nämlich gibt der Besteller nicht mehr Geld aus, als er muss, und der Unternehmer verdient sein Geld mit der erfolgreichen Erbringung der versprochenen Planungs- und Bauleistungen und nicht mit der streitanfälligen Verschwendung von Ressourcen für die Abarbeitung von Störfällen. Es geht also ganz allgemein darum, Projektstrukturen zu etablieren, die diesem gemeinsamen Ziel „best for project, best for all“ Geltung verschaffen.

Die gängige Vertragspraxis bewirkt das Gegenteil. Sie ist geprägt von dem Bestreben des Bestellers, im Wettbewerb um die Vergabe der Bauleistungen möglichst niedrige Preise zu fixieren und zugleich Risiken so weit wie möglich auf die Unternehmer zu verlagern. Unter diesen Rahmenbedingungen kann wiederum der Unternehmer nur bestehen, wenn er den für ihn oft unauskömmlichen Vertragspreis durch ein ausgefeiltes Claim-Management aufbessert. So entsteht ein über die Kalkulation des Unternehmers organisierter verdeckter Wettbewerb, der die Beteiligten nicht zu der effizienten Realisierung eines gemeinsamen Ziels motiviert, sondern, im Gegenteil, Konfrontation zum Projektprinzip für die Realisierung ihrer gegenläufigen ökonomischen Interessen erhebt.

Hinzu kommt, dass die klassischen Projektstrukturen den Bauherrn auch organisatorisch nicht in die Lage versetzen, die unterschiedlichen Interessen der übrigen Projektbeteiligten zusammenzuführen und auf ein gemeinsames Ziel zu fokussieren. Stattdessen muss er sich um die Bearbeitung einer kaum noch überschaubaren Zahl von Schnittstellen kümmern, ein Problem, das durch die in der Praxis übliche Trennung von Planung und Ausführung noch verschärft wird.

Die sich aus alledem regelmäßig ergebenden Fehlentwicklungen und Missstände sind gravierend. Um sie zu vermeiden, müssen die Projektpartner grundsätzlich umdenken. Die Gestaltung von Bauprojekten aller Art darf nicht länger von dem in klassischen Projektabwicklungsmodellen tief verwurzelten Ansatz bestimmt werden, den Handlungsspielraum der Projektbeteiligten durch ein immer stärker ausdifferenziertes, auf Sanktionen für Nichtlösungen ausgerichtetes Rechtekorsett

einzuengen; stattdessen muss ein Projektrahmen geschaffen werden, der es den Projektpartnern gestattet (und abverlangt!), gemeinsam Lösungen für Problemlagen zu suchen und umzusetzen. Dafür muss Kooperation ermöglicht und gestaltet werden.

### **2.3 Exkurs: Kooperation und Nachhaltigkeit**

Nachhaltiges Bauen zwingt nach den soeben dargestellten Grundsätzen zu einer ganzheitlichen Betrachtung der Baumaßnahme unter Berücksichtigung der jeweiligen technischen, gestalterischen und ökonomischen Rahmenbedingungen. Es obliegt den Projektpartnern, diese Rahmenbedingungen nach ihren individuellen Bedürfnissen so zu definieren und festzulegen, dass die angestrebten Nachhaltigkeitsziele erreicht werden, ohne den ökonomischen Erfolg der Baumaßnahme zu gefährden. Dementsprechend muss es ihnen auf rechtlich abgesicherter Grundlage gestattet sein, die hierfür erforderlichen Maßnahmen in einem iterativen Prozess zu klären und gemeinsam Prioritäten festzulegen, die nicht vom eigenen ökonomischen Vorteil bestimmt werden, sondern das gemeinsame Projektziel der Errichtung eines nachhaltigen Bauwerks im Fokus haben, ohne ökonomische Interessen preis zu geben. Nur so wird im Übrigen Innovation möglich, die nicht nur die Voraussetzung für nachhaltiges Bauen in dem hier verstandenen Sinne ist, sondern ihrerseits wiederum durch die sich aus der Realisierung von nachhaltigen Bauvorhaben ergebenden Anforderungen angeregt und befeuert wird. 9 Aus alledem folgt, dass effizientes und bezahlbares nachhaltiges Bauen nur möglich sein wird, wenn der beschriebene Kulturwandel durch eine substanzielle Neuausrichtung der maßgeblichen rechtlichen Rahmenbedingungen gelingt. Jeder Versuch, diese Notwendigkeit zu umgehen, wird scheitern und die Chancen, ein auf Nachhaltigkeit ausgerichtetes Wirtschaftssystem Bau zu etablieren, verzwingen.

### **2.4 Zehn Grundsätze für die Gestaltung einer effizienten und störungsarmen Projektabwicklung**

Um die beschriebene ökonomische Schieflage zu beenden, in der sich allerdings nicht nur die Baubranche befindet, müssen wir grundsätzlich umdenken. Wir dürfen nicht länger akzeptieren, unter Umständen bauen zu müssen, die in einem Maße Innovation verhindern und Verschwendung begünstigen, das mehr und mehr zur Sollbruchstelle unseres gesamten ökonomischen Systems wird und damit am Ende den sozialen Frieden gefährdet.

Die sich hieraus ergebenden Anforderungen an die proaktive Gestaltung eines effizienten und störungsarmen Projektablaufs zwingen dazu, die Rahmenbedingungen für Bauprojekte an abstrakt-generellen Grundsätzen auszurichten und die hieraus resultierenden Verträge entsprechend zu konzipieren.

Ein erster Vorschlag lautet deshalb, die folgende 10 Punkte-Liste als Maßstab für die zweckentsprechende Gestaltung von Bauprojekten aller Art zu etablieren:

1. **Realistische Budgets und auskömmliche Preise** Der Besteller muss sich darüber im Klaren sein, dass er mit seinem Budget die ökonomischen Rahmenbedingungen für die Realisierung seines Bauprojekts setzt. Alle Projektpartner werden ihre wirtschaftlichen Belange an dieser „ersten Zahl“ ausrichten. An ihr orientieren sich insbesondere die mit den Unternehmen auszuhandelnden Vertragspreise. Ist das Budget, wie oft bei öffentlichen Bauprojekten aus politischen Gründen der Fall, unrealistisch niedrig, werden die Projektbeteiligten mit allen Mitteln versuchen (müssen), ihre Vertragspreise nachträglich aufzubessern, um überhaupt



auskömmlich wirtschaften zu können. Durch die auf diese Weise geschaffenen Projektmechanismen wird die Bewegungsfreiheit der Projektpartner stark eingeschränkt und ihnen ist strukturell die Möglichkeit genommen, zweckentsprechend miteinander zu kooperieren. Damit ist Streit vorprogrammiert und das Projekt ist stark gefährdet, in signifikante Schieflage zu geraten. Deshalb setzt 10 zweckentsprechende Kooperationsgestaltung voraus, dass der Besteller bereit ist, realistische Budgets zu bilden und seinen Vertragspartner auskömmliche Preise zuzubilligen.

2. Kein verdeckter Wettbewerb durch spekulative Preiskalkulation Die Projektpartner müssen darauf verzichten, die Möglichkeiten eines nach klassischen Vertragsstrukturen (siehe Ziffer 2.1 und 2.2) organisierten verdeckten Wettbewerbs durch spekulative Preisgestaltungen mit den Mitteln eines strategischen Claim- und Anti Claimmanagements zu nutzen. Stattdessen sollen die Vertragsstrukturen so konzipiert sein, dass die Preisgrundlagen transparent kommuniziert werden, etwa durch das Prinzip der Open-Books, und die Abrechnung anordnungsbedingten Mehraufwands nach Kriterien erfolgt, die für beide Vertragspartner kalkulierbar und nachvollziehbar sind. Ziel der Projektpartner ist es nicht, unberechtigte Nachtragsforderungen zu generieren und berechnete Nachtragsforderungen abzuwehren. Sie wollen vielmehr gewährleisten, dass Mehraufwand angemessen und zeitnah vergütet wird.
3. Integratives Planen und Bauen Die hiesige Projektkultur ist geprägt durch die technische, organisatorische und rechtliche Trennung von Planen und Bauen. Ein solches Projektverständnis führt in erheblichem Maße zu der Entstehung von Schnittstellen, deren Bearbeitung nicht selten erst während der Bauausführung erfolgt. Der dadurch bedingte Aufwand ist enorm und oft unnötig. Hinzu tritt eine erhöhte Gefahr von Streitigkeiten über die Verantwortung für eventuelle Planungsfehler und deren Auswirkungen auf die Bauausführung. Nicht zuletzt zur Vermeidung solcher Risiken ist es angezeigt, Planung und Ausführung schon in einem frühen Stadium der Projektabwicklung besser miteinander zu verzahnen.
4. Gemeinsame Risikobewertung und kluges Risikomanagement anstatt Risikozuweisung Unser Projektverständnis in Bausachen ist darauf ausgerichtet, die mit der Durchführung einer Baumaßnahme naturgemäß einhergehenden erheblichen Risiken rechtlich nach den Prinzipien der Marktmacht einer Vertragspartei zuzuweisen und ihren Eintritt zu sanktionieren. In kooperativ gestalteten Bauprojekten werden die Projektpartner eine solche Art der Risikozuweisung indes vermeiden und stattdessen durch die Vereinbarung geeigneter Vertragsregeln dafür Sorge tragen, dass erkennbare Risiken gemeinsam bewertet und nach dem Prinzip „best for 11 project“ so gemanagt werden, dass ihr Eintritt im Idealfall vermieden oder zumindest bestmöglich bewältigt werden kann.
5. Klare Zuweisung von Verantwortung Kooperation und Kollaboration setzt voraus, dass notwendige Entscheidungen im Projekt zeitnah getroffen werden. Ausgangspunkt hierfür ist eine klare, für alle Beteiligten erkennbare und beständige Zuweisung von Verantwortlichkeiten auf Seiten beider Projektpartner. Nach Möglichkeit sollen schon bei Vertragsschluss die Personen konkret benannt werden, denen Funktionen mit Relevanz für die Gestaltung der Projektabwicklung zugewiesen sind.
6. Klare Definierung der Entscheidungsbefugnisse und Entscheidungsprozesse Eine zweckentsprechende, effiziente Projektabwicklung lebt von Entscheidungen, die den Verantwortlichen insbesondere auf Seiten des Auftraggebers in vielfältiger Weise abverlangt werden. Solche Entscheidungen können technische Fragen betreffen, sie mögen erforderlich werden,

um den Bauablauf zu gestalten und zu konsolidieren und sie sind zwingender Bestandteil eines effizienten Nachtragsmanagements. Vor diesem Hintergrund muss gewährleistet sein, dass Entscheidungen zeitnah und faktenbasiert getroffen werden. In der Praxis ist das oft nicht der Fall, weil die anwendbaren Rechtsregeln die Vertragsparteien eher dazu animieren, Probleme zu prolongieren und Entscheidungen mit der Erwägung zu vermeiden, die Verantwortung für Auswirkungen solcher Entscheidungen der jeweils anderen Vertragspartei zuzuweisen. Es kommt also darauf an, Projektstrukturen zu schaffen und vertraglich zu fixieren, die Entscheidungskompetenzen klar verteilen und das für die Entscheidungsfindung maßgebliche Prozedere transparent beschreiben. Solche Strukturen müssen auf beiden Seiten effiziente Entscheidungsprozesse ermöglichen und fördern. Entscheidungen sollten demnach in aller Regel als Ergebnis eines iterativen Prozesses auf einer beiden Vertragspartnern zugänglichen Tatsachengrundlage beruhen. Sie sind an den Erfordernissen für eine effiziente und störungsarme Projektabwicklung auszurichten und nicht als strategisches Mittel für die Verwirklichung von Partikularinteressen zu missbrauchen.

7. Etablierung einer angemessenen Fehlerkultur Die im vorerwähnten Sinne verantwortungsbewusste Wahrnehmung von Entscheidungskompetenz setzt eine Fehlerkultur im Projekt voraus, die nicht durch hierarchisch organisierten Rechtfertigungsdruck und die damit einhergehende Angst der zur Entscheidung berufenen Personen gekennzeichnet sein darf, persönlich auch für solcher Entscheidungen zur Verantwortung gezogen zu werden, deren Fehlerhaftigkeit nicht auf einer vorwerfbar ungenügenden Ausübung der dem jeweiligen Entscheider übertragenen Aufgaben beruht und sich möglicherweise überhaupt erst aus einer retrospektiven Betrachtung des Projektgeschehens ergibt.
8. „Gute“ Kommunikation Eine gute, auf Transparenz, Verlässlichkeit und Ehrlichkeit beruhende Kommunikation der Projektpartner ist ein wichtiger Schlüssel für eine effiziente und störungsarme Projektabwicklung. Nur so kann ein iterativer Prozess etabliert werden, der den Projektpartnern eine an Lösungen interessierte Kooperation ermöglicht, um den wirtschaftlichen Erfolg des Projekts und ihrer jeweiligen Unternehmung zu gewährleisten. Eine so ausgerichtete Kommunikation ist im Rahmen der gängigen Projektabwicklungsmodelle nur schwer realisierbar. Beispielhaft für solche Fehlentwicklungen steht der Umgang mit Bedenkenhinweisen, die als erwünschte Hilfestellung des Unternehmers gedacht sind und solcherart eine starke Ausprägung des Kooperationsgedankens manifestieren. Tatsächlich werden solche Bedenkenhinweise in der Praxis vom Besteller zumeist als störende Behinderung wahrgenommen, die letztlich nur der Vorbereitung eines Nachtrags dient und deshalb abgewehrt werden muss. Dieses Klima des Misstrauens wird nicht unmaßgeblich durch die Art und Weise beeinflusst, in der Bedenkenhinweise vermittelt und bearbeitet werden. Ihre förmliche, oft unvorbereitete und unkommentierte Erteilung ist nicht geeignet, den eigentlich erwünschten und erforderlichen Abstimmungsprozess zwischen den Projektbeteiligten in Gang zu setzen. Das gilt erst recht vor dem Hintergrund einer oft unzureichenden Dokumentation der den jeweiligen Bedenkenhinweis tragenden Tatsachen.
9. Transparente Dokumentation Die vertrauensvolle und verlässliche Erarbeitung von Lösungen für naturgemäß während der Planung und Ausführung eines Bauvorhabens auftretende Probleme benötigt eine belastbare Tatsachengrundlage. Die Grundlage hierfür ist eine abgestimmte Dokumentation der projektrelevanten Unterlagen und Daten, die so ausgelegt sein muss, dass sie den Projektpartnern nach Bedarf zugänglich ist. Dabei entscheiden die

13 Beteiligten idealerweise schon zu Beginn des jeweiligen Projekts, welche Dokumente in welcher Weise verfügbar gemacht werden. Es empfiehlt sich, die Möglichkeiten einer modernen elektronischen Datenverwaltung zu nutzen. Ziel einer solchen abgestimmten Dokumentationsstrategie ist es, Wissensgefälle zu vermeiden und Transparenz bei der Beurteilung der maßgeblichen Tatsachen für zu treffende Entscheidungen zu schaffen, insbesondere im Zusammenhang mit der Bearbeitung von Nachträgen und dem Umgang mit Bauablaufstörungen.

10. Etablierung iterativer Lernprozesse Die Implementierung von kollaborativen Projektabwicklungsstrukturen bietet die Möglichkeit für die Projektpartner, iterativ im Projekt voranzuschreiten und voneinander zu lernen. Ihr Ziel muss es sein, diesen Lernprozess in einer Weise zu standardisieren, die sie befähigt, bereits gemachte Erfahrungen heranzuziehen, um bestmögliche Entscheidungen zu treffen und die Wiederholung unnötiger Fehler zu vermeiden.

### **3 Lösungsmodell: Kulturwandel durch Dialogische Kooperation**

Der Schlüssel zur Bewältigung der ökonomischen Herausforderungen, denen sich die Baubranche stellen muss, liegt im organisierten Miteinander. Gleich ob Unternehmen, Behörde, Staat, Gesellschaft oder Menschheit – wir müssen Kooperation besser gestalten, wenn wir bestehen und prosperieren wollen. Doch was ist Kooperation und wie kann sie nutzbringend gestaltet und genutzt werden?

Kooperation soll hier verstanden werden als ein Austausch autonomer Akteure, von dem alle Beteiligten profitieren. Gestaltung wiederum besteht in dem Ersinnen von Abläufen, um bestehende Zustände in erwünschte zu überführen. Gestaltung setzt Intention voraus und diese Intention besteht darin, den Austausch der Beteiligten an einer Kooperation derart zu gestalten, dass dieser zu einer möglichst effektiven und effizienten Realisation des gemeinsamen Vorhabens führt und das mit einem Ressourceneinsatz, der in ökonomischer und menschlicher Hinsicht so nachhaltig wie möglich ist. Der Erfolg der Kooperation soll schlussendlich ein allseitiger sein.

Kooperationsgestaltung läuft wie folgt ab: Es gilt zunächst ein Bewusstsein für die Materie und die Aufgabenstellung zu erzeugen. Dann werden die konkrete Situation und das jeweilige Vorhaben erfasst, in deren Kontext Gestaltung erfolgen soll. Es folgt eine Analyse und eine daran anknüpfende Ausarbeitung von Möglichkeiten der (Fort-) Entwicklung. Maßnahmen werden implementiert und die Auswirkungen beobachtet. Reflexion ist unerlässlich und ermöglicht fortgesetzt verbesserte Anpassung der Maßnahmen. So entsteht ein iterativer Prozess, der die gesamte Projektabwicklung prägt und begleitet.

Soll unter den derzeitigen Rahmenbedingungen in ökonomischer und menschlicher Hinsicht nachhaltig und erfolgreich gebaut werden, so besteht die hierfür ideale Form des Miteinanders in dem, was als dialogische Kooperation bezeichnet werden kann. In dieser sind die Austauschbeziehungen derart organisiert, dass die Akteure ihre unterschiedlichen Kompetenzen, Kenntnisse, Sichtweisen und Interessen wechselseitig einbringen und berücksichtigen können. Im Dialog entsteht ein besseres Verständnis der Situation, der gemeinsamen Aufgabe sowie voneinander. Im offenen und wechselseitigen Austausch entstehen Lösungen, die jeder für sich nicht hätte erarbeiten können. Die

diversen individuellen Stärken und Vorzüge werden gebündelt und konzentriert ausgerichtet. Diese Ausrichtung kann schnell an sich kurzfristig einstellende Erfordernisse angepasst werden. Damit ist dialogische Kooperation als Interaktionsform hoch leistungsfähig.

Damit autonome Akteure dialogisch kooperieren können, muss man das Miteinander entsprechend organisieren und adäquate Strukturen und Bedingungen schaffen. Dieser Prozess ist der vertraglichen Fixierung seiner Ergebnisse vorgeschaltet und findet in drei Dimensionen statt:

(x) Die ideelle Dimension Sie beeinflusst primär das Wollen der Akteure und umfasst eine Philosophie und daraus abzuleitende Prinzipien, Werte und Standards.

(y) Die produktive Dimension Sie beeinflusst primär das Können der Akteure und umfasst technische, technologische und organisatorische Methoden, Prozesse und Ergebnisse.

(z) Die geschäftlich-rechtliche Dimension Sie beeinflusst primär das Dürfen der Akteure und umfasst die geschäftlichen wie rechtlichen Vorbedingungen, Abhängigkeiten und Rechtfertigungen.

Diese Dimensionen, und damit auch die entsprechenden Strukturen und Bedingungen, sind in nur schwer zu durchschauender Weise miteinander verflochten. Daraus folgt, dass Reibungen, Brüche und Konflikte, die sich in Dimension (x) zeigen, ihre Ursache in Dimension (y) haben können und die Lösung des Problems wiederum in Dimension (z) liegen kann.

Ein Gedankenspiel zur Verdeutlichung: Es mag sein, dass in der produktiven Dimension sämtliche Voraussetzungen für eine nahezu perfekte 15 Projektabwicklung gegeben sind und in der ideellen Dimension entsprechend förderliche Bedingungen vorhanden sind: Alle können und wollen gemeinsam abliefern. Das nützt jedoch wenig, wenn die geschäftlichen und rechtlichen Strukturen beim nicht zu vermeidenden Auftreten von Schwierigkeiten im Alltag schließlich dazu führen, dass die Akteure dazu gezwungen werden, ihre Aufmerksamkeit und Kraft auf die Wahrung ihrer individuellen Integritätsinteressen zu fokussieren (Sicherung von existenziellen Profiten und/oder Vermeidung von existenzbedrohender Haftung): Alle können und wollen (eigentlich!), sie dürfen jedoch nicht.

Derartige dimensionale Dissonanzen sind der Grund dafür, dass fähige, kluge und wohlwollende Menschen sehenden Auges ambitionierte (Bau-) Projekte auf spektakuläre Art und Weise scheitern lassen, obwohl mehr als genug Potenzial vorhanden war, um zu einem Ergebnis zu gelangen, das alle Beteiligten zufrieden gestellt hätte.

Anders ausgedrückt: Die drei genannten Dimensionen und die mit ihnen einhergehenden Abhängigkeiten existieren immer, ganz gleich, ob wir dies wollen oder nicht. Die Projektpartner können sich lediglich entscheiden, ob und wenn ja, in welcher Weise sie sich bei der Gestaltung eines Bauprojekts mit ihnen befassen wollen. Die heute gängige Projekt- und Vertragspraxis ignoriert diese Erkenntnis. Sie ist für die Konfigurierung der Projektparameter regelmäßig fokussiert auf die geschäftlich-rechtliche Dimension (z), ohne sich der gemeinsamen Ziele und der sich hieraus ergebenden Möglichkeiten vergewissert zu haben. Das Ergebnis ist systemische Verschwendung.

Um dieses Phänomen verstehen und sinnvoll bearbeiten zu können, muss das Denken in drei Dimension um zwei Level erweitert werden.



### Das Level der Kooperation

Gehen die Akteure auf diesem Level miteinander um, wird vor allen Dingen organisiert, geplant und koordiniert. Die Interaktion beruht auf Einvernehmen und Gegenseitigkeit. Dennoch spielt hier nicht der gemeinsame Erfolg die entscheidende Rolle – so wichtig er auch sein mag. Vielmehr wird der Umgang auf diesem Level von den individuellen Interessen und eigenen Verpflichtungen der einzelnen Akteure geprägt.

### Das Level der Kollaboration

Gehen die Akteure auf diesem Level miteinander um, sind sie mit der unmittelbaren Ausführung der gemeinsamen Aufgabe sowie der Planung derselben befasst. Die Interaktion beruht hier auf Einigkeit und Zugehörigkeit. Ausschlaggebend für das Gelingen des Miteinanders auf diesem Level sind gemeinsame Vorstellungen und 16 Ziele sowie korrespondierende Kompetenzen und Perspektiven.

In dieser Denkstruktur setzt effektive und belastbare Kollaboration also entsprechend ausgestaltete Austauschbeziehungen auf dem Level der Kooperation voraus. Unzureichend gestaltete Kooperation schmälert somit – unabhängig von der Gesinnung und den Motiven der agierenden Einzelpersonen – das Erfolgspotenzial eines gemeinsamen Vorhabens.

Die essenzielle Aufgabe der Kooperationsgestaltung besteht folglich darin, die Strukturen und Bedingungen in sämtlichen Dimensionen und auf allen Leveln angemessen zu erfassen, sie zu definieren, in ein stimmiges Verhältnis zu bringen und schließlich darauf zu achten, dass sie in der Praxis mit entsprechendem Leben gefüllt werden. Gute Kooperationsgestaltung verhindert nicht bloß Konflikte und Brüche, gute Kooperationsgestaltung setzt Kräfte frei, erschließt Potenzial und verhilft den Projektpartnern dazu, die Herausforderungen eines Zeitalters existenzieller Grenzerfahrung zu meistern, was mit den herkömmlichen Methoden der Projekt- Vertragsgestaltung nicht, jedenfalls nicht mit der erforderlichen Verlässlichkeit und Effizienz gelingen kann.

## **4 Fazit**

- Die kostengünstige, ressourcenschonende und nachhaltige Durchführung von Bauvorhaben aller Art ist eine zentrale gesellschaftspolitische Aufgabe und Herausforderung. Die „Klimawende“ wird ohne eine entsprechende Neuausrichtung des Bauwesens nicht gelingen.
- Den sich hieraus ergebenden Anforderungen wird die derzeitige Bau- und Bauvertragspraxis nicht annähernd gerecht, weil sie systemisch darauf ausgelegt ist, Ressourcen zu verschwenden und unnötig Kosten zu produzieren.
- Die Ursachen für diesen Systemfehler liegen in einer Verkennung der für eine erfolgreiche Umsetzung von Bauvorhaben maßgeblichen Parameter und in einer daraus resultierenden falschen Anwendung des Rechts.
- Eine durchgreifende und nachhaltige Veränderung dieser Zustände wird nur gelingen, wenn die Projektpartner befähigt und gefordert werden, die Durchführung der Baumaßnahme verantwortungsbewusst in einem geordneten iterativen Prozess nach der Methode der dialogischen Kooperation zu gestalten. Dafür muss ein geeigneter Rechtsrahmen geschaffen werden, den zu konfigurieren weitgehend den Projektpartner überlassen bleiben muss.



# HydroMapper

make visible

Wir machen Wasserbauwerke  
über + unter Wasser  
für Sie prüf- und planbar.

Spundwand | Kaimauer | Kanal | Sohle | Baugrube  
Brücke | Wehr | Sperrwerk | Schleuse | Talsperre



## **Kompensationsmaßnahmen in Fließgewässern – Erfahrungen bei der Planung und Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen in Kooperation mit Wasser- und Bodenverbänden**

Dipl.-Ing. (TU) Ulrich Kraus, bremenports GmbH & Co. KG

Die Errichtung oder die Erweiterung von Häfen führt im Regelfall zu Beeinträchtigungen oftmals hochwertiger aquatischer Lebensräume. Im Zuge der Antragsplanung sind insoweit Kompensationsmaßnahmen in einem funktionalen Zusammenhang zu planen. Die Möglichkeiten zur Umsetzung entsprechender Kompensationsmaßnahmen stoßen im Umfeld der Häfen aufgrund fehlender Flächenverfügbarkeiten, konkurrierender Maßnahmenplanungen und oder fehlender Aufwertungsmöglichkeiten auch durch die Umsetzung vorheriger Kompensationsmaßnahmen an Grenzen. Im Zusammenhang mit Hafenanlagen in Bremerhaven wurde daher der Suchraum zur Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen auf Nebengewässer der Weser ausgedehnt.

Die im Suchraum zur Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen liegenden Gewässer werden daher von Wasser- und Bodenverbänden unterhalten. Diese sind oftmals auch Eigentümer der von ihnen unterhaltenen Gewässer. Diese Verbände sind aber auch für die konkreten Bewirtschaftungs- und Maßnahmenplanungen zur Erreichung eines guten ökologischen und chemischen Zustandes zuständig und es ist insoweit von einem Interesse an der Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen (und chemischen) Zustandes auszugehen.

Der Ansatz zur Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen wurde von den Unterhaltungsverbänden begrüßt und inhaltlich unterstützt. Durch die engen Bezüge der Verbände zu den Flächeneigentümern im Umfeld der Gewässer ergaben sich Vorteile bei der Beschaffung von Flächen und eine erhöhte Akzeptanz der geplanten Maßnahmen bei Anliegern und Kommunen. Neben diesen Vorteilen sind aber auch Grenzen einer Kooperation erkennbar. So lag die Maßnahmenplanung selbst und auch das damit einhergehende Risiko für die Planung vollständig bei dem Vorhabenträger. Planungskonzepte oder vorbereitende Planungen lagen nur in Einzelfällen vor und waren nicht geeignet sofort in eine Antragplanung einzusteigen. Daneben ergeben sich aber auch rechtliche und methodische Grenzen bei der Planung zu berücksichtigen.

## **Charta für die Zusammenarbeit auf Baustellen an Wasserstraßen und weitere partnerschaftliche Formen der Zusammenarbeit?**

Lisa Bednarski, MBE, Bauleiterin, Hülskens Wasserbau GmbH, Wesel

Dipl.-Ing. Marc Wählen, Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. – Geschäftsführer Bundesfachabteilung Wasserbau, Berlin

Dipl.-Ing. Thomas Groß, Geschäftsführer Hülskens Wasserbau GmbH, Wesel;

Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. – Vorsitzender Bundesfachabteilung Wasserbau, Berlin

*Betrachtet man das Alter der Bauwerke der Wasserstraßeninfrastruktur in Deutschland, so ist festzustellen, dass ca. 50 Prozent der Wehranlagen und ca. 60 Prozent der Schleusen älter als 70 Jahre sind und davon sogar ca. 20 Prozent älter als 120 Jahre. Daraus ergeben sich hohe Milliardenbeträge als dringend benötigte Investitionsvolumina um den über Jahrzehnte angehäuften Investitionsstau abzubauen. Genauere Informationen hierzu erhalten sie in einem Papier der Initiative System Wasserstraße: [https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Media/Veroeffentlichungen/230221\\_ISW-Impulspapier\\_Wasserstrasseninfrastruktur\\_staerken\\_final.pdf](https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Media/Veroeffentlichungen/230221_ISW-Impulspapier_Wasserstrasseninfrastruktur_staerken_final.pdf)*

*Die tatsächliche Umsetzung der anstehenden, immer größer werdenden Aufgaben, ist jedoch nicht allein von den verfügbaren Finanzmitteln abhängig, sondern auch von der Leistungsfähigkeit, Effizienz und Kooperationsfähigkeit der handelnden Akteure aus Verwaltung, Planungs- und Bauwirtschaft. Ohne diese Eigenschaften sind Planung, Ausschreibung, Bau und Betrieb der Wasserstraßen nicht in dem erforderlichen Maß möglich, um den Investitionsstau und den damit einhergehenden Substanzverlust aufzufangen. Um die begrenzte Ressource der Fachkräfte jedoch möglichst wirksam einzusetzen und deren technische Fähigkeiten in den Vordergrund zu rücken, ist es notwendig, die Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer auf eine neue Basis zu stellen. Diese neue Basis muss geprägt sein von dem Gedanken, gemeinsam die beste Lösung für jedes Projekt herauszufinden und diese dann möglichst ohne Streit und Verzögerungen umzusetzen.*

*Damit dies erreicht werden kann, wurde in den letzten drei Jahren durch Zusammenarbeit von Vertretern der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes und des Hauptverbands der Deutschen Bauindustrie die „Charta für die Zusammenarbeit auf Baustellen an Bundeswasserstraßen“ gemeinsam entwickelt und eingeführt. Diese legt ihr Augenmerk auf die Zusammenarbeit der Beteiligten während der Bauphase eines Projekts und soll die Chancen auf eine möglichst reibungsarme, wirtschaftliche und effiziente Bauabwicklung ermöglichen.*

*Während sich die Charta auf die Projektkultur eines Bauprojekts konzentriert, sind darüber hinaus auch neue partnerschaftliche Vertragsmodelle eine Möglichkeit, um mehr zu bauen und weniger zu streiten.*



## 1. Einführung zur „Charta für die Zusammenarbeit auf Baustellen an Bundeswasserstraßen“

Mit der Entwicklung der „Charta für die Zusammenarbeit auf Baustellen an Wasserstraßen“ wurde bereits im Jahr 2021 mit Workshops mit Vertretern der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung und Wasserbauunternehmen aus der Bundesfachabteilung Wasserbau des Hauptverbands der Deutschen Bauindustrie begonnen, die u. A. durch Einzelinterviews und kleinere Arbeitsgruppen ergänzt wurden.

Bei der Zusammensetzung der Beteiligten wurde ein besonderes Augenmerk daraufgelegt, dass insbesondere auch die Mitarbeiter-ebene von Auftraggeber und Auftragnehmer vertreten ist, die direkt mit der Projektumsetzung betraut sind und die im hauptsächlichen Austausch unter den Projektpartnern stehen, wie z.B. die Baubevollmächtigten und Bauleiter.



**Charta für die  
Zusammenarbeit  
auf Baustellen an  
Wasserstraßen**

Direkt zu Beginn der Workshop-Phase wurde gemeinsam der Leitgedanke festgelegt, dass die erarbeiteten Ergebnisse präzise, zielorientiert und realistisch umsetzbar sein sollen. Zu diesem Leitmotiv ist man im Verlauf der Erarbeitung der Charta immer wieder zurückgekehrt und hat die erarbeiteten Ergebnisse darauf hin überprüft.

In den Workshops, die Coronabedingt nur online stattfinden konnten, wurde immer offen und kritisch darüber diskutiert, welche Herausforderungen und Probleme bei der Zusammenarbeit der Projektbeteiligten bzw. Vertragspartner bestehen. Die Analyse erstreckte sich auf den gesamten Projektprozess von der Entwurfsplanung bis zur finalen Abrechnung.

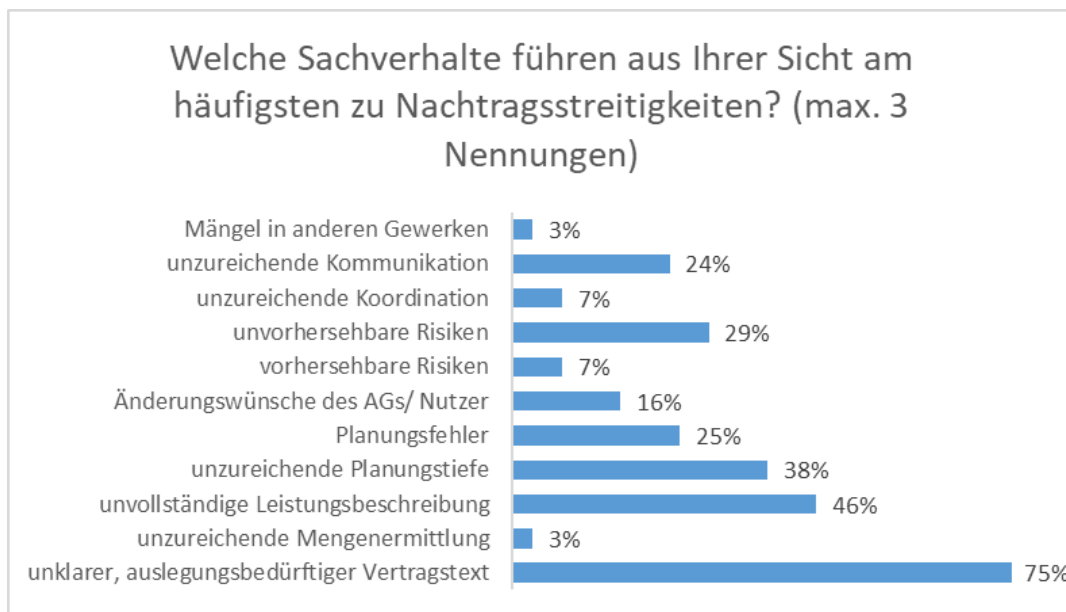


Abbildung 1: Beispiel einer Auswertung der Problempunkte im Umgang miteinander

Es konnten viele gemeinsame Ziele der Projektbeteiligten festgestellt werden, aber auch vereinzelte abweichende Zielvorstellungen. Dennoch konnte als übergeordnetes gemeinsames Ziel die möglichst wirtschaftliche und effiziente Bauabwicklung festgehalten werden, die u. A. aus dem möglichst

effizienten Einsatz von Ressourcen und natürlich der Einhaltung von Kosten und Bauzeit besteht. Ergänzt wird dieses gemeinsame Ziel vor allem von den einzelnen ökonomischen Interessen der Projektbeteiligten, die häufig divergent zueinander stehen und unter Anderem von Begriffen wie Mehraufwand, Planungsverantwortung und Entscheidungsprozess geprägt sind.

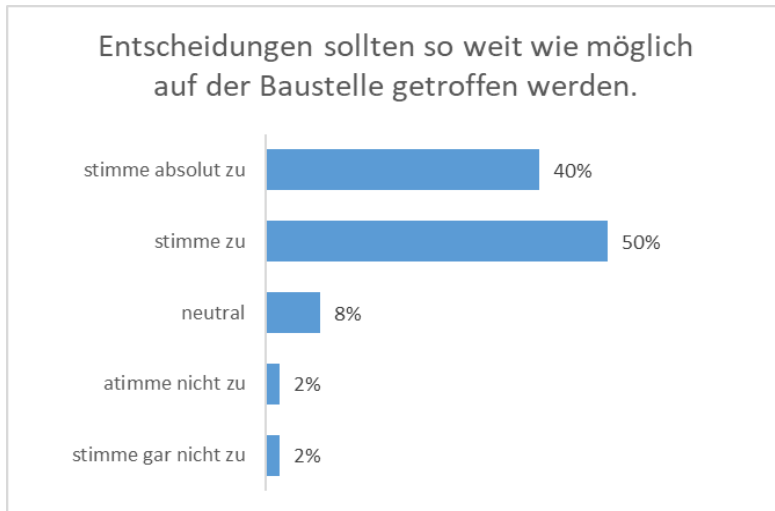


Abbildung 2: beispielhaftes Befragungsergebnis im Rahmen der Erarbeitung der Charta

Eine Präzisierung und Wichtung der Herausforderungen konnte in den Workshops über parallele Befragungen herausgearbeitet werden (vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Auch die bereits erwähnten detaillierten Einzelinterviews von individuellen Teilnehmern der Workshops und Arbeitsgruppen innerhalb der Workshoptermine hatten die kritische Auseinandersetzung mit einzelnen erarbeiteten Themen als Ziel, um möglichst alle Perspektiven und Differenzierungen zu erfassen und zu bewerten.

Nach Fertigstellung der „Charta für die Zusammenarbeit auf Baustellen an Wasserstraßen“ konnte diese am 02.05.2022 beim „Dialog Wasserstraße“ im Bundesministerium Digitales und Verkehr in Berlin vorgestellt und von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung und dem Hauptverband der Deutschen Bauindustrie ratifiziert werden.

Einzuzuordnen ist die Charta wie folgt: „Bei der Charta handelt es sich um die Vereinbarung einer Projektkultur. Ihre Regelungen haben keine vertragliche Verbindlichkeit und werden auch nicht zum Gegenstand eines Vertrages gemacht. Sie sind im Rahmen und auf der Basis des geltenden Rechts einschließlich der bestehenden Verwaltungsvorschriften anzuwenden und auszulegen.“

## 2. Inhalt der „Charta für die Zusammenarbeit auf Baustellen an Bundeswasserstraßen“

Als Grundlage der „Charta für die Zusammenarbeit auf Baustellen an Bundeswasserstraßen“ konnten vierzehn Artikel für eine bessere Projektkultur festgehalten und ausformuliert werden. Diese werden in der Charta jeweils von einem kurzen Begleittext weiter veranschaulicht, um sie kurzfristig umsetzbar und einfach anwendbar zu machen. Beispielfhaft sollen hier Artikel 2 und Artikel 10 genannt werden:

*Artikel 2*

*Projektvorbereitung*

*Die Partner legen Wert auf eine gute, sorgfältige Projektvorbereitung, die auf eine pauschale vertragliche Zuweisung von Risiken verzichtet, soweit solche Risiken konkret benannt und bewertet werden können. Dazu gehört, dass Risiken so früh wie möglich identifiziert, kommuniziert und adressiert werden.*

*Artikel 10*

*Entscheidungen*

*Die Partner legen großen Wert darauf, dass notwendige Entscheidungen im Projekt zeitnah und faktenbasiert getroffen werden. Die für den Fortgang der Baumaßnahme maßgeblichen Entscheidungen sollen nach Möglichkeit von den verantwortlichen Vertretern der Projektbeteiligten auf der Baustelle getroffen werden. Die Partner stellen sicher, dass ihr Bauleitungspersonal im Rahmen des Möglichen mit entsprechender Entscheidungskompetenz ausgestattet ist.*

Ergänzend zu den Artikeln der Charta und ihren Begleittexten gibt es auch noch eine ausführliche Erläuterung zu den Inhalten der einzelnen Artikel. Weiterhin wurden umfangreiche und grafisch aufwendige Begleitmaterialien zur Visualisierung und zum Einsatz vor Ort geschaffen. Diese finden sich auf der Website der GDWS (Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt) unter <https://www.gdws.wsv.bund.de/webcode/3922194> (vgl. Abbildung 330).

Die vierzehn Artikel der Charta und ihre Leitsätze sind nachfolgend dargestellt:

# Wir und **unsere** Baustelle

## Charta für den Projekterfolg

1. Artikel – Kultur und Zusammenarbeit

Wir gehen fair miteinander um und respektieren einander.

2. Artikel – Projektvorbereitung

Wir bereiten Projekte in jeder Hinsicht gut vor.

3. Artikel – Integrierte Planung; Einbeziehung der Projektbeteiligten

Wir unterstützen uns gegenseitig so früh wie möglich mit unserem Wissen und unserer Erfahrung.

4. Artikel – Realistische Kalkulation und auskömmliche Preise

Wir wollen realistische Kostenprognosen und auskömmliche Preise.

5. Artikel – Wirtschaftlichkeitsgebot

Wir wissen, dass das billigste Angebot nicht immer das wirtschaftlichste Angebot ist.

6. Artikel – Digitalisierung

Wir wollen digitale Tools für eine bessere Zusammenarbeit nutzen.

7. Artikel – Eindeutige vertragliche Regelungen und Leistungsbeschreibungen

Wir wollen ein gemeinsames Vertragsverständnis als Grundlage für unser Handeln.

8. Artikel – Auftaktbesprechung

Wir vereinbaren zum Auftakt eine gemeinsame Projektkultur.

9. Artikel – Zuordnung von Verantwortlichkeiten

Wir regeln und kommunizieren Verantwortlichkeiten frühzeitig und verlässlich.

10. Artikel – Entscheidungen

Wir entscheiden zeitnah und faktenbasiert.

11. Artikel – Fehlerkultur

Wir etablieren eine Fehlerkultur in der Sache – ohne Schuldzuweisung.

12. Artikel – Störungen im Bauablauf

Wir erkennen Störungen, kommunizieren sie und finden schnell gemeinsam Abhilfe.

13. Artikel – Anordnungen und Nachträge

Wir werden uns bei notwendigen Leistungsänderungen schnell und verbindlich einigen.

14. Artikel – Deeskalation

Wir werden Streit vermeiden oder klären: rasch, effizient, unter uns.





Abbildung 330: Plakat der „Charta für die Zusammenarbeit auf Baustellen an Wasserstraßen“

### 3. Implementierung der Charta und erste Erfahrungen bei der Umsetzung

Die beteiligten Organisationen verfolgen mit der „Charta für die Zusammenarbeit auf Baustellen an Wasserstraßen“ das erklärte Ziel, dass diese nicht nur eine symbolische Geste bzw. ein repräsentatives Schriftstück darstellt, was nach Fertigstellung ad acta gelegt wird, und keine Wirkung entfaltet.

Diese Haltung hat sich bereits durch den Umfang und Aufwand im Zusammenhang mit der Erstellung der Charta, aber auch durch die Tätigkeiten nach Veröffentlichung der Charta gezeigt, da im Mai 2023 – also ein Jahr nach Veröffentlichung der Charta – ein Folgeworkshop stattgefunden hat, um bisherige Erfahrungen und Eindrücke auszutauschen. Hierbei konnte von der deutlich überwiegenden Zahl der Teilnehmer bestätigt werden, dass die Charta und ihre Inhalte weiter als wichtig und richtig erachtet werden.

Eine nachteilige Bewertung wurde bei der allgemeinen Sichtbarkeit bzw. Bekanntheit der Charta abgegeben. Hier wurde deutlich, dass aus Sicht vieler die Umsetzung der Charta aktiv gefördert und eingefordert werden sollte. Ebenso konnte festgestellt werden, dass eine Vielzahl der Workshopteilnehmer bisher keine Berührungspunkte mit der Charta im Projektalltag gehabt haben, während wiederum andere die Charta bereits erfolgreich implementieren und anwenden konnten.

Die nachstehenden beispielhaften Aussagen aus dem Folgeworkshop veranschaulichen diese Eindrücke:

- „Die Einführung der Charta ist ein Prozess, der lange dauern wird.“
- „Es müssen gerade diejenigen angesprochen werden, die den Aussagen der Charta skeptisch gegenüberstehen.“
- „Wir haben sehr unterschiedliche Erfahrungen mit der Charta gemacht, sehr gute bis sehr schlechte. In der Summe nimmt die Bedeutung der Charta jedoch zu.“
- „Die Charta könnte als Anlage zur Ausschreibung/Beauftragung verwendet werden.“

Wie bereits im Entstehungsprozess der Charta wurde auch im Nachfolgeworkshop kritisch und offen von allen Teilnehmenden diskutiert, so dass an dieser Stelle auch entstandene, wie zu erwartende Probleme und Unvollständigkeiten der Charta erörtert wurden. Hier seien ebenfalls exemplarisch einzelne Aussagen genannt:

- „Wenn nur ein Beteiligter nicht will, wirkt die Charta nicht.“
- „Für die Anwendung der Charta braucht es Rückendeckung aus der Führungsebene für die Beteiligten.“
- „Die Charta ersetzt nicht den Schriftverkehr, sie kann aber die Art und Weise prägen, wie dieser Schriftverkehr geführt wird.“
- „Wenn die Charta nicht ernst genommen wird, fällt mir partnerschaftliches Verhalten auf die Füße, weil es gegen mich verwendet wird.“
- „Externe Bauüberwacher und Planer müssen überzeugt werden.“
- „Der Inhalt der Charta besteht eigentlich in Selbstverständlichkeiten. Sie wirkt zu Recht einer Kultur entgegen, in der mit einem Zwang zu übermäßigem Melden und Dokumentieren auf Nachträge/Behinderung/Stillstände hingearbeitet wird.“

Ebenfalls wurde dezidiert in kleineren Gruppen zu den Bereichen „Kultur und Kommunikation“, „Projektstruktur und Rahmenbedingungen“ und „Recht“ der Charta diskutiert, worauf hier nicht weiter eingegangen wird.

Prinzipiell ist als Ergebnis des Nachfolgewshops festzuhalten, dass die Einführung der Charta eine Aufgabe auf lange Sicht ist. Dies war allerdings auch allen Beteiligten bereits zu Beginn der Erarbeitung der Charta bewusst, da ihre Anwendung und Umsetzung einen Wechsel in vielen bisherigen Denkmustern bei den Projektbeteiligten voraussetzen. Ebenso ist eine gewisse Disziplin unabdingbar, da auch in Projektphasen mit gestörter Kommunikation immer wieder zu den Prinzipien der Charta zurückzukehren ist.

Um diesen Paradigmenwechsel zu fördern und die Charta aufgrund von Erfahrungen weiterzuentwickeln, ist es notwendig den Austausch zwischen der Wasserstraßen- und Schifffahrtverwaltung und dem Hauptverband der Deutschen Bauindustrie fortzuführen. Insbesondere die Themenbereiche der Durchsetzbarkeit der Charta, wie die bindende Wirkung der Charta im Projektablauf sind weiter auszuarbeiten. Ebenso ist die Sichtbarkeit der Charta im Wasserbau noch deutlich zu erhöhen. Weiter ist zu erarbeiten, wie dies zu erreichen ist und welche Hilfestellungen den Interessierten während der Implementierung und Nutzung gegeben werden können: „Hierzu reiche es nicht aus, die Charta als Büchlein zu verteilen oder als Poster im Baucontainer aufzuhängen.“, so die Meinung eines der Workshop-Teilnehmer.

Die Charta der Zusammenarbeit auf Baustellen an Wasserstraßen hat eine Vorbildfunktion auch für andere Bausparten übernommen, in denen ähnliche Probleme zu bewältigen sind. Insbesondere der öffentliche Infrastrukturbau fokussiert derzeit verstärkt solche Prinzipien. Für den Bundesfernstraßenbau laufen gerade Überlegungen, dort eine ähnliche Charta der Zusammenarbeit zu etablieren. Im Bahnbau werden Partnerschaftsmodelle pilotiert. Das zeigt eindrucksvoll, dass auch dort alle Beteiligten einen Paradigmenwechsel anstreben

#### 4. Weitere partnerschaftliche Formen der Zusammenarbeit

Eine der erwähnten Umfragen bei den Workshops der Charta hat unter anderem danach gefragt, wie man das Wissen der Baufirmen in der Planung früher, besser bzw. überhaupt integrieren kann (vgl. Abbildung 431). Da die Nutzung und Zulassung von Nebenangeboten bekannt ist und angewendet wird, wird im Folgenden weiter auf partnerschaftliche Vertragsmodelle bis hin zu IPA eingegangen.

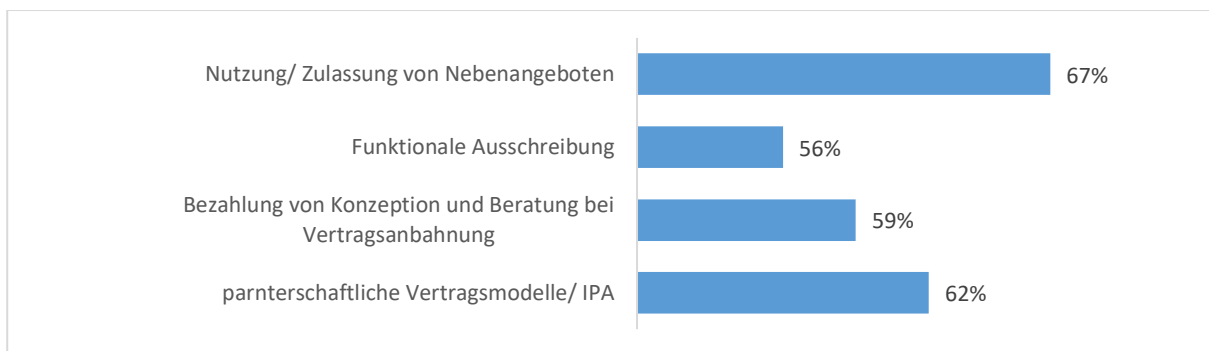


Abbildung 431: Befragungsergebnis Charta-Workshop bei möglicher Mehrauswahl

Informationen zu verschiedensten partnerschaftlichen Vertragsmodellen können eine Veröffentlichung des Bauindustrieverbandes entnommen werden:

Veröffentlichungen-Detail – Die Deutsche Bauindustrie

<https://www.bauindustrie.de/media/veroeffentlichungen/artikel/bauen-statt-streiten-1>

Nachfolgend ein kurzer Exkurs zu IPA, der Integrierten Projektabwicklung, die sicher Topmodell der partnerschaftlichen Abwicklung anzusehen ist, jedoch nur bei großen oder technisch sehr anspruchsvollen Projekten sinnig ist. Auf sonstige Modelle in verschiedenen Abstufungen wird in diesem Zusammenhang auf die zuvor genannte Veröffentlichung verwiesen.

Die Grundidee der Integrierten Projektabwicklung (IPA) besteht darin, dass mindestens drei oder mehr Projektbeteiligte in einem kooperativen Ansatz zusammenarbeiten. Dies geschieht innerhalb eines Mehrparteienvertrags, bei dem sie gemeinsam die Verantwortung für die Planungs- und Ausführungsziele eines Bauvorhabens übernehmen.

Das IPA-Modell strebt eine optimierte Planung an, die auf Wertschöpfung ausgerichtet ist. Aus diesem Grund ist es wichtig, den Bauunternehmer frühzeitig in den Planungsprozess einzubeziehen. Idealerweise sollte dies bereits während der Grundlagenermittlung geschehen, spätestens jedoch während der Vorplanungsphase (Phase 2 nach HOAI). Das Hauptziel besteht darin, ein gemeinsames Verständnis für die Projektziele und die Erwartungen des Bauherrn sicherzustellen.

Im Rahmen des IPA-Verfahrens bestehen die Schlüsselparteien normalerweise aus der Bauherrin, dem Planungsbüro und mindestens einem Bauunternehmer. Die Bauherrin wählt ihre Partner zu Projektbeginn insbesondere anhand von qualitativen Vergabekriterien aus, die die Eignung der Projektallianz für eine partnerschaftliche Zusammenarbeit bewerten. Diese Kriterien könnten unter anderem den Nachweis der Kooperationsfähigkeit des eingesetzten Personals oder die Erfahrung in partnerschaftlichen Projekten sein. Dabei wird auch ein preislicher Faktor berücksichtigt, rückt aber als Nebenfaktor in den Hintergrund.

Nach der Zuschlagserteilung und der Bildung des Projektteams werden das Planungskonzept, das Budget sowie die Zeitpläne und offensichtlichen Risiken von den Parteien gemeinsam überprüft, um festzustellen, ob die Projektziele realistisch umgesetzt werden können (Validierungsphase). Am Ende der Planungsphase ermitteln die Parteien die endgültigen Zielkosten für die Planung und den Bau. Die Bauherrin trifft dann die Entscheidung, ob die Bauausführung (Phase 2) erfolgt, im Wesentlichen basierend auf den Zielkosten im Vergleich zum finanziell akzeptierten Budget.

Das Herzstück des IPA-Modells bildet das gemeinsame Projektmanagement-Team (PMT), das aus einem Vertreter jeder Allianzpartei (Planer, Unternehmer und Bauherrin) oder deren Stellvertretern besteht. Das PMT trifft sich regelmäßig und ist verantwortlich für die Organisation und Steuerung des gesamten Projektablaufs. Es fungiert praktisch als das Kontrollzentrum des Projekts, gewährleistet die Einhaltung aller kooperativen Vereinbarungen und überwacht sowie entwickelt das Vergütungssystem weiter. Alle Teilnehmer verpflichten sich zu vollständiger Transparenz.

Ein wesentliches Merkmal der Integrierten Projektabwicklung (IPA) ist die gemeinsame Haftung aller Allianzpartner für die im Projekt identifizierten Risiken. Diese Risiken werden in einem vertraglichen Risikopool erfasst, der Teil der Zielpreisvereinbarung wird. Wenn der vereinbarte Zielpreis aufgrund eines effizienten Bauprozesses unterschritten wird, wird die Differenz zwischen den tatsächlichen Kosten und der Zielpreisvereinbarung unter allen Projektpartnern aufgeteilt. Falls die Zielkosten hingegen überschritten werden, können Bauunternehmer und Planer mit einem Beitrag haften, der durch einen Wettbewerbsprozess ermittelt werden kann, welcher dann von ihren Deckungsbeiträgen abgezogen wird. Kostensteigerungen, die über den ermittelten Risikopool hinausgehen, trägt wiederum der Auftraggeber. Dieses Bonus-Malus-System soll sicherstellen, dass alle Projektbeteiligten stets im besten Interesse des Projekts arbeiten, anstatt individuelle Interessen zu verfolgen.

Das IPA-Modell erweist sich als besonders vorteilhaft für komplexe Bauvorhaben im Hoch-, Ingenieur- oder Wasserbau, die mit erhöhter Anfälligkeit für Störungen einhergehen. Der Auftraggeber und der Auftragnehmer müssen über das erforderliche Fachwissen und die Kapazitäten verfügen, um den gesamten Bauprozess über alle Phasen hinweg aktiv mitzugestalten.

Das IPA-Modell kann als eines von mehreren partnerschaftlich ausgelegten Vertragsmodellen bei gleichzeitiger Anwendung der Grundprinzipien der Charta der Zusammenarbeit einen erheblichen Fortschritt auf dem Weg zu effizientem, reibungsarmem Bauen bewirken.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Es ist nicht von der Hand zu weisen, dass die Änderung und Verbesserung der Projektkultur im Wasserbau ein längerer Prozess sein werden. Auch weil die Projektbeteiligten in der Regel bereits



negative Erfahrungen in ihrem Berufsleben bei Projekten gesammelt haben und Erfolg oder Misserfolg von Projekten auch immer von den beteiligten Personen abhängt.

Aber ist es eine Alternative, dass die Projektabwicklung im Allgemeinen so weitergeführt wird, wie bisher? Natürlich nicht!

Personelle Ressourcen werden zum Teil über Jahre mit Nachtragsverhandlungen und Abrechnungsunstimmigkeiten gebunden, die oftmals vor Gericht abgeschlossen werden müssen. Dies sind Ressourcen, die sowohl der Auftraggeber als auch der Auftragnehmer eigentlich nicht einsetzen kann.

Auch der Projektalltag während der Ausführung ist zumeist mehr von der Dokumentation, dem gegenseitigen Schriftverkehr und der Diskussion über die Vertragsauslegung geprägt, als von dem Einsatz der personellen Ressourcen für technische Fragen.

Es muss wieder mehr gebaut und weniger gestritten werden, auch aus ökonomischem Eigeninteresse der Projektbeteiligten. Denn, was gut für das Projekt ist, ist in der Regel gut für alle, da sich hierdurch für beide Seiten ein kalkulierbareres Risiko ergibt.

Letztendlich funktionieren Bauprojekte nur miteinander. Die Frage ist wie wir zukünftig Projekte gestalten wollen und ob wir die technischen Aspekte wieder mehr in den Vordergrund rücken wollen.

Hierzu können uns die Charta und partnerschaftliche Vertragsmodelle helfen!

# Komplex ist nicht kompliziert: Welche Kompetenzen brauchen Mitarbeitende in Hafenverwaltungen?

Dr. Lars Stemmler, bremenports GmbH & Co. KG, Bremen

*Die Studie „Europe’s ports at the crossroads of transitions“ der European Seaports Association (ESPO, 2021, zus. mit Deloitte) beschreibt verändernde Rollen eines Hafenmanagers vom Landlord zum initiierenden Gestalter eines Hafenstandorts. Dieser Beitrag zeigt die Schlussfolgerungen, die bremenports GmbH & Co. KG (bremenports) aus dieser Entwicklung gezogen hat und fragt, ob aus dieser neuen Rolle auch veränderte Anforderungen an die Kompetenzen der Mitarbeitenden entstehen? Hier schöpft bremenports aus einem Fundus von Weiterbildungsprojekten, die vom Unternehmen durchgeführt wurden.*

## 1. Einleitung

Angenommen, liebe Leserin, lieber Leser, Sie haben den Auftrag, für einen Hafenbetreiber im südlichen Afrika dessen Weiterbildungsbedarf zu ermitteln. Dieser Hafenbetreiber soll eine nationale Logistikstrategie umsetzen, die den Hafen am westlichen, d.h. südatlantischem Ende verschiedener transkontinentaler Korridore sieht, und dessen Erfolg nicht nur von eigener Produktivität, sondern auch von der Performanz des Zolls und anderer Organisationen abhängt.<sup>1</sup>

Oder Sie sind als Mitglied eines interdisziplinären Teams eines nationalen Hafenbetreibers gefordert, im Rahmen der Smartport-Strategie dieses Hafens den Stakeholderaustausch am Standort zu fördern; einer Aufgabe, die vielleicht nicht von allen Stakeholdern einem (physischem) Infrastrukturbetreiber zugeordnet wird, und die möglicherweise Schwächen in den Organisationen dieser Stakeholder und in deren Zusammenarbeit offenbart.

Was braucht es, um Anforderungen an die Kompetenzen der Mitarbeitenden zu ermitteln? Woran orientieren Sie sich? Eine aktuelle Studie der European Seaports Association (ESPO), der Interessenvertretung der öffentlichen Hafenbetreiber in der EU und Norwegen, hat sich vor einiger Zeit mit der Frage beschäftigt, welche (globalen) Trends das Rollenverständnis von öffentlichen Hafenbetreibern beeinflussen. Die Studie könnte einen Orientierungsrahmen bieten, beide Aufgaben in einen gemeinsamen Kontext zu setzen, um aus den Rollen (veränderte) Kompetenzen zu ermitteln, da die Aufgaben einer Organisation sowie die notwendigen Kompetenzen ihrer Mitarbeitenden sich direkt aus der Strategie der Organisation ableiten. Umso wichtiger ist eine klare Vorstellung, auf Basis welcher Rollenverständnissen derlei Strategien formuliert werden, und von welchen Trends diese beeinflusst werden.

Dieser Beitrag stellt die Ergebnisse der Studie vor und macht einen Vorschlag, welche Mitarbeitendenkompetenzen diese Rollenbilder stimmig flankieren könnten. Ausgehend vom Verständnis der Kompetenz des individuellen Handlungsvermögen fragt der Beitrag nach allgemeinen Einflussfaktoren der Kompetenzentwicklung, die sich aus veränderten Rollenbildern einer Organisation und verschiedenen Wechselwirkungen ergeben und bettet diese ein in die Erfahrungen der bremenports als Fachpartner in Projekten der Internationalen Zusammenarbeit (IZ).

---

<sup>1</sup> Bremenports GmbH & Co. KG ist regelmäßig Fachpartner für die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) und unterstützt die GIZ bei internationalen Trainings- und Ausbildungsprojekten

## 2. „Europe’s ports at the crossroads of transitions“: Zusammenfassung der ESPO-Studie

Die Studie<sup>2</sup> bietet drei strategische Rollenbilder von Hafenverwaltungen an, die sich aus technologischen, geopolitischen und soziokulturellen Trends speisen. Die Studie fragt: „Wie beeinflussen globale Trends die Rolle der Port Authority?“ Die Unternehmensberatung Deloitte als Autor der Studie identifiziert Umwelt/Nachhaltigkeit, technologische Entwicklungen, Geopolitik und demographische Entwicklungen als vier globale Trends, die als Grundlage zur Ableitung von zukünftigen Rollen, Mission, Werten und notwendigen Fähigkeiten von Port Authorities dienen.

Der Trend „*Umwelt/Nachhaltigkeit*“ erfordert im Sinne einer grünen Transformation Anpassungen der Hafeninfrastrukturen, ein „Greening“ bestehender Tätigkeiten sowie die Entwicklung neuer generationenverträglicher Geschäftsmodelle. Letzteres wird postuliert als Verbindungen der Themenbereiche Transport, Energie und Stadtentwicklung.

Der Trend „*technologische Entwicklungen*“ wird festgemacht an der Nutzung von digitalen Plattformen, deren Anwendung in der Logistik, und damit verbundene mögliche Änderungen an Produkten und Produktionsweisen, wie z.B. additive Fertigungsverfahren. Insbesondere letztere Punkte, so die Studie, können Auswirkungen auf die derzeitigen Ladungsstrukturen in den Häfen haben.

Der Bereich „*Geopolitik*“ wird beschrieben als eine „ever increasingly complex environment in which ports need to keep trading“. Die Studie macht dies fest an verschiedenen sozio-politischen Entwicklungen weltweit, wie beispielsweise der zunehmende Isolationspfad der USA, militärische Spannungen in Europa und Asien (z. B. Südchinesisches Meer) und regionale Konflikte, insbesondere im Mittleren Osten.

*Demographische Entwicklungen* werden in der Studie definiert als Veränderungen in der Größe und Struktur der Weltbevölkerung, die Auswirkungen auf das Wachstum der Häfen haben. Ein besonderer Fokus der Autoren liegt dabei auf dem beobachtbaren Bevölkerungswachstum und zunehmenden Wohlstands in Asien. Dies läßt das geographische Zentrum des Welthandels von der westlichen Welt zunehmend nach Asien bewegen.

Die Studie stellt im Ergebnis eine Fortschreibung der Hafententwicklung durch Erfahrungen aus der Vergangenheit in Frage. Insbesondere ein Wachstum des Umschlags in traditionellen Güterarten wird in Zukunft stark durch die vier Trends beeinflusst und erfordert neue Quellen der Wertschöpfung im Hafen.

Während demographische Entwicklungen noch sehr direkt auf den traditionellen Handelsfokus eines Hafens ausgerichtet sind, haben geopolitische Entwicklungen einen starken Fokus auf Sicherheit und Resilienz, und stellen indirekt eine Bedrohung für hafensorientierte Wertschöpfung und Beschäftigung dar. Die grüne Transformation erweitert bestehende Quellen der Wertschöpfung in Häfen, in dem Energieerzeugung zum logistischen Portfolio tritt. Zudem stellen Häfen mögliche erweiterte Plattformen für Recycling / Kreislaufwirtschaft dar. Technologische, insbesondere digitale Entwicklungen verstärken die Supply Chain Integration eines Hafenstandortes.

## 3. Drei Rollenbilder eines öffentlichen Hafenbetreibers

Wenn obige Entwicklungen in sog. Landlord-Häfen nur die Terminalbetreiber etwas angeht, der irrt, so die Autoren der Studie. Gerade durch eine aktive Gestaltung des Hafenökosystems durch öffentliche Hafenbetreiber, das weit über die reine physische Infrastruktur hinausgeht, kann die Zukunftsfähigkeit eines Hafens gesteuert werden. Damit gehen neue Rollenverständnisse für öffentliche Hafenbetreiber einher. Die Studie postuliert drei aufeinander aufbauende Rollen eines öffentlichen

<sup>2</sup> European Seaports Association (2021)

Hafenbetreibers. Dieser entwickelt sich von einem „Landlord“ über einen „entrepreneurial port“ zu einem aktiven Initiator von sozio-ökonomischen Entwicklungen am eigenen Standort.

- Der *Landlord* beschränkt sich passiv auf die Erhebung von Hafengebühren, der Landvergabe sowie dem Bau und Betrieb der Basis-Infrastruktur.
- Der *unternehmerische Hafенbetreiber* betreibt aktives Cluster Management, akzeptiert die Erweiterung seines Aufgabenspektrums und entwickelt passende Werkzeuge.
- Der *aktive Initiator* schliesslich entwickelt und fördert Projekte mit den verschiedenen Stakeholdern mit einem Fokus auf Wertschöpfung und handelt aus einer Investoren-Perspektive für den Standort.

Jeder Hafenstandort kann nun für sich entscheiden, ob und wo er sich in diese Kategorisierung einordnet, wenn eine Einordnung überhaupt notwendig ist. Es gibt da kein Falsch oder Richtig, eher ein Kontinuum. Jede Rolle hat ihre Berechtigung; allerdings verschieben sich laut ESPO Anteile technischer Aufgaben hin zu kooperativen Fähigkeiten in den Organisationen. Resultierende Austausche zwischen Stakeholdern sind Grundlage nicht nur technologischer, sondern auch von Prozess- und Strukturinnovation.

Besonderes Augenmerk liegt auf dem Ausgleich der Interessen der verschiedenen Stakeholdergruppen. In Zeiten knapper werdender Ressourcen steht oft nicht mehr die ökonomische Wertschöpfung im Fokus, sondern auch gestifteter Nutzen für die Gemeinschaft aus Erholungs- und Naturfunktionen eines Hafens (bzw. angrenzender Küstenregionen). Die vorgeschlagene Rollenkaskade spiegelt somit die Entstehung einer ganzheitlichen Sichtweise auf einen Hafenstandort wieder, ausgehend von reinen logistischen Gateways, über Hubs zu umfangreichen Clustern sozio-ökonomischer Tätigkeiten.

#### 4. Kompetenzen beschreiben Handlungsvermögen

Als Kompetenz wird das konkret sichtbare Verhalten eines Mitarbeitenden beschrieben. Diese Beschreibung ist damit eine output-orientierte<sup>3</sup> Liste gewünschter Verhaltensmerkmale, die die Erwartungshaltung des Arbeitgebers widerspiegeln.<sup>4</sup> Diese wird idealerweise aus der Unternehmensstrategie, d.h. aus der organisationalen und individuellen Interpretation des Rollenbildes der Organisation abgeleitet. Ein Kompetenzprofil ist damit ein Werkzeug zur Aufrechterhaltung und Entwicklung individuellen und organisationalen Handlungsvermögens durch Führungskräfte und der Personal- bzw. Organisationsentwicklung.

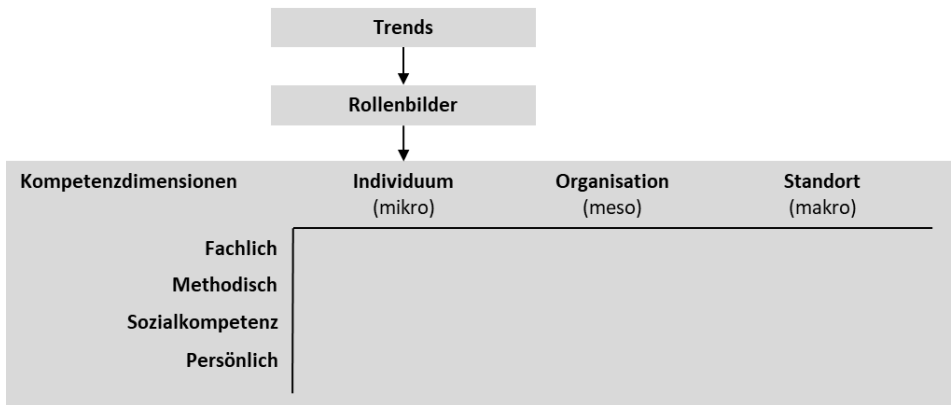
Eine etablierte Struktur unterteilt Kompetenzen in fachliche Kompetenz, Sozialkompetenz, Methoden- und Persönlichkeitskompetenz (siehe Abbildung 32). Fachliche Kompetenzen beschreiben die Fähigkeit einer Person, über genügend fachliches Wissen und Fähigkeiten zur Lösung einer fachlichen Aufgabenstellung zu verfügen. Die Sozialkompetenz beschreibt Fähigkeiten einer Person in sozialen Interaktionen zum Zwecke einer gemeinsamen Aufgabenerfüllung (Umgang mit dem „Wir“). Demgegenüber beschreibt die Persönlichkeitskompetenz den Umgang mit dem „eigenen Ich“, d.h. die Steuerung der eigenen Persönlichkeit zur Erfüllung von Aufgaben.

---

<sup>3</sup> Dem gegenüber ist input-orientiert z.B. ein Curriculum, welches Inhalte vorgibt, die es zu „lernen“ gilt.

<sup>4</sup> Arnold, R. (2006)





**Abbildung 32: Dimensionen der Kompetenzentwicklung. Quelle: Eigene Zusammenstellung**

Die Methodenkompetenz beschreibt das Repertoire an Werkzeugen, die eine Person zur Beschreibung, Analyse, Synthese von Sachverhalten und zur Lösungsfindung für Probleme zur Verfügung hat. Spannend ist nun, wie die dargestellten Rollen eines öffentlichen Hafenbetreibers auf die Kompetenzen der Mitarbeitenden solcher Organisationen wirken. Es sind immer die Menschen, nicht die Institution, die Veränderungen erkennen, bewerten und daraus Schlüsse für zukünftiges Handeln ziehen, und handeln, oder eben nicht. Gleichzeitig gilt es, bei der Kompetenzentwicklung nicht nur die vorstehende Mikroebene, sondern auch die „Lernfähigkeit“ einer Organisation auf der Mesoebene, als auch den Hafenstandort als System zu berücksichtigen (Makroebene).

### 5. Kompetenzen und die ESPO-Rollenbilder: Was braucht es für zukünftiges Handeln?

Fraglich erscheint nun, was uns die vorgeschlagenen Rollenbilder sagen. Diese Frage können wir auf einer konkreten Ebene beantworten. Schauen wir uns beispielsweise die Rollen an, so wohnt „Landlord“ etwas Passives inne; wer öfter mit einem bestimmten Typus von Vermieter zu tun hat, mag hier eine Vorstellung entwickeln. Hingegen suggeriert ein „aktiver Initiator“ einen regen und auffordernden Umgang mit den Beteiligten im Hafenökosystem seitens des Hafenbetreibers. Kommunikationsfähigkeit, ein Willen zum Gestalten und Integrationsfähigkeiten könnten hier wichtige Kompetenzen sein.

Ziel ist weniger, auf operativer Ebene konkrete Kompetenzprofile zu erstellen. Vielmehr bieten die Rollenbilder auf einer abstrakteren Ebene die Möglichkeit, allgemeine Einflussgrößen auf die Kompetenzentwicklung abzuleiten (siehe Abbildung 33). Eine Veränderung als solches, die Einfluss auf Kompetenzprofile hat, suggeriert zunächst die Frage, ob es überhaupt feststehende Profile geben kann. Wir beobachten seit längerem die Abkehr von lebenslangen, singulären Berufsfachlichkeiten hin zu Mehrdisziplinarität oder sogar Interdisziplinarität der Mitarbeitenden.

Eine weitere Frage könnte die nach der Veränderungsgeschwindigkeit der Rollen und deren Auswirkung sein. Kompetenzprofile, die sich mit hoher Geschwindigkeit ändern, können kompetenziell nicht mehr durch die Formulierung von Weiterbildungsbedarfen adressiert werden, sondern erfordern eine Selbstlernkompetenz des einzelnen.<sup>5</sup> Es gilt, ein etabliertes lebenslanges Lernen in ein kontinuierliches Lernen-zu-Lernen zu überführen.

<sup>5</sup> Vgl. Arnold (2006). Nach Arnold ist der beste Bedarf der Nicht-Bedarf, denn Bedarf schreibt oft lediglich die Vergangenheit fort und intensiviert das Bestehende.

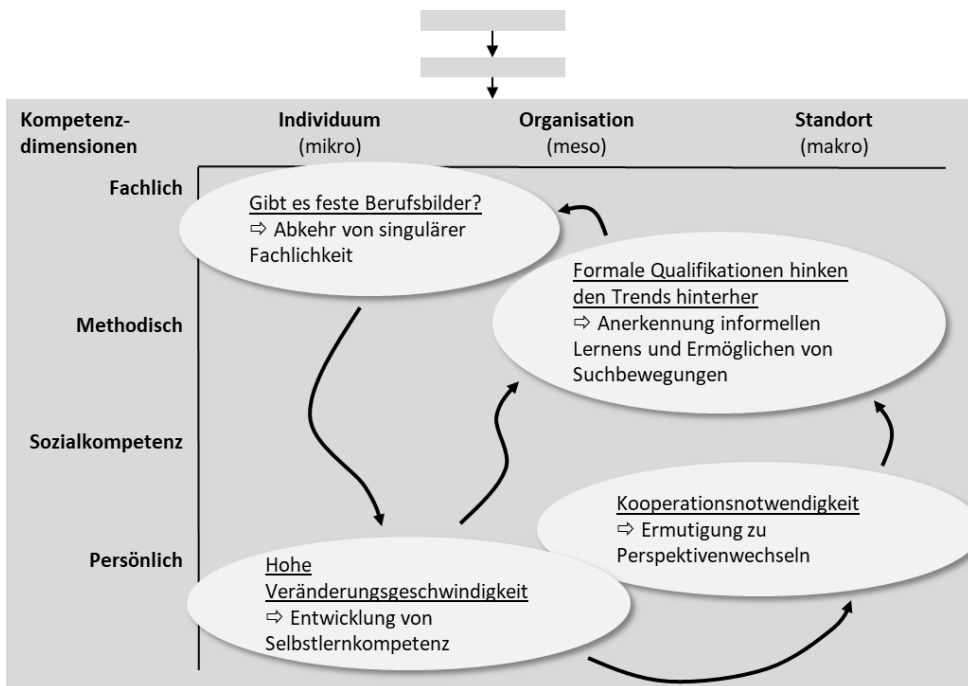


Abbildung 33: Einflussgrößen auf die Kompetenzentwicklung. Quelle: Eigene

Eine dritte Frage zielt auf die Sinnhaftigkeit von formalen Qualifikationen<sup>6</sup> in Situationen mit hoher Veränderungsrate. Selbstlernkompetenzen setzen das Ermöglichen von Suchbewegungen des Lernenden voraus, selbstgesteuert über Ziele und Inhalte entscheiden zu können, und auch über die Wege der Aneignung selbst zu bestimmten (formal und/oder informelles Lernen). Bei der Anerkennung informellen Lernens zerstören wir unweigerlich eine sich krampfhaft haltende Illusion des Curricularen.

Wenn doch auf dem Curricularem bestanden wird, dann stellt sich die Frage, wer entsprechende Inhalte, die Antworten auf die Veränderungen geben sollen, vordenkt und ob dieses Wissen gelingend in Kompetenzen umgesetzt werden kann. Gelernt wird nur dann kompetenzbildend, wenn eine Verzahnung der Werte, Interessen und Erfahrungen des Lernenden mit dem vorliegenden Kontext erreicht wird. Lehre im Sinne einer Vermittlung von Inhalten ist daher keine Voraussetzung für Kompetenzentwicklung (Vermittlungssillusion).

Die vorgeschlagene Ausweitung des Fokus einer Hafenverwaltung von einer in sich gekehrten Verwaltung zu einem aktiven Initiator setzt Kooperationsfähigkeiten der Mitarbeitenden sowohl in Teams, als auch organisationsübergreifend voraus. Gerade auf der Makroebene, mit vielen verschiedenen Interessen der Anspruchsgruppen erscheint fraglich, inwieweit das Erkunden von fremden Standpunkten zu einer Kernfähigkeit wird. Sollte dies so sein, so kommt zu den kommunikativen Fähigkeiten sicher die Fähigkeit hinzu, derlei Perspektivenwechsel einnehmen zu können.

Individuelle Kompetenzentwicklung geht immer einher mit einem Einwirken auf organisationale Deutungsmuster (Organisationskultur). Fraglich ist damit, wie eine externe Veränderung in der Organisationskultur ankommt. Individuelle Veränderung hängt zunächst von biografischen, aber auch von organisationalen Deutungsmustern ab. Es ist damit nicht nur das aktuelle „Können“

<sup>6</sup> Formale Qualifikationen sind solche, die z. B. nach Abschluss von Seminaren durch Prüfungen oder Zertifikate durch Dritte formell bestätigt werden. Seminare oder vergleichbare Formen angeleiteten Lernens werden entsprechend als „formelles“ Lernen bezeichnet, wohingegen alle unstrukturierten Situationen, die zu Verhaltensänderungen führen, zum informellen Lernens gezählt werden; deshalb der Wasserspender in der Bürokantine.

entscheidend, sondern auch das „Wollen“ einer Person. Im organisationalen Kontext kommt das „Dürfen“ hinzu, also die Autorisierung bestimmter Tätigkeiten einer Person durch die Organisation, für die sie arbeitet, also dem, was die Organisation kulturell und hierarchisch zulassen möchte.

## 6. Kooperationsfähigkeit: Das Ende der Überlegung, oder ein systemischer Anschluss?

Sind wir nun am Ende unserer Überlegungen? Zumindest was den linearen Teil anbelangt, denn nun beginnt der systemische Teil der Argumentation. Bisher von Trends kommend hat die Studie Rollen identifiziert, auf Basis derer wir bestimmte Kompetenzerfordernisse abgeleitet haben, d.h. es erfolgt eine Anpassung an eine lineare Ursache-Wirkungsbeziehung. Das mag kompliziert sein, im Sinne von unverständlich oder verstrickt; abgeleitet aus der lateinischen Herkunft von „complicare“ im Sinne eines „zusammenfaltens“ bzw. „verwickelt“ sein.<sup>7</sup> Komplex ist es noch nicht ganz.

Komplex zielt auf eine Menge von Einzelheiten ab, die miteinander verbunden sind, ineinandergreifen und zusammen das Ganze ausmachen.<sup>8</sup> Ein Hinweis auf eine mehr systemische Natur ergibt sich aus der lateinischen Herkunft des Begriffes complexum im Sinne des Umschlingen, Umfassen bzw. Zusammenfassen.<sup>9</sup>

Den Trends können große Unsicherheiten und gegenseitige Wechselwirkungen beigemessen werden: Treten die erwarteten Entwicklungen tatsächlich so ein? Wie beeinflussen sich die Trends gegenseitig? Darüber hinaus handelnd nicht nur aus dem Individuum heraus, sondern auch aus der Organisation und im Zusammenspiel verschiedener Stakeholder am Hafenstandort. Hier besteht Potenzial für Wechselwirkungen und damit für Komplexität.

Kompetenz hatten wir Eingangs mit Handlungsfähigkeit umschrieben; wir haben Aspekte erkunden, die diese Fähigkeiten beeinflussen. Welche Möglichkeiten zu handeln, stehen uns überhaupt zur Verfügung? Otto Scharmer bietet uns dazu vier Stufen der Systementwicklung an, die er bezeichnenderweise mit 1.0 bis 4.0 nummeriert. Seine Grundannahme ist, dass „jede Handlung, ob von einer Person, einer Gruppe, einer Organisation oder einer Gemeinschaft, kann ausgehend von vier unterschiedlichen Quellpunkten (...) aus ausgeführt werden kann“<sup>10</sup>, wie folgt (siehe Tabelle 1):

- Eine autoritätszentrierte Stufe 1.0 des Handelns aus einer Hierarchie (Merkmal: Downloaden von etablierten Überzeugungen und des Bestätigens alter Muster),
- Eine effizienzorientierte Stufe 2.0 des wettbewerblich orientierten Handels (rationale Debatten im Sinne einer sachlichen Wahrnehmung von Differenzen),
- Einer stakeholder-zentrierten Stufe 3.0 des ausgleichend Verhandeln (empathische Dialoge im Sinne eines Zuhörens mit den Ohren des Anderen), und schließlich
- Der Stufe 4.0 des systemischen Handelns (schöpferische Dialoge mit dem Ziel der Gestaltung eines generativen Ökosystems).

Lassen Sie uns nun die Hypothese wagen, und die Stufen 1.0 bis 3.0 mit den Rollen des Landlords, des unternehmerischen Hafens und des aktiven Initiators gleichzusetzen (vgl. Tabelle 1). Auf der Stufe 1.0 handelt der Landlord annahmegemäß als Behörde mit klaren hierarchischen Strukturen im Innen- wie Außenverhältnis. Auf Stufe 2.0 hält das Denken in Marktstrukturen Einzug in die Entscheidungen: Der Hafen muss sich im Standortwettbewerb behaupten, wird zum gängigen Narrativ. Die Stufe 3.0 erkennt an, dass eine Fokussierung auf reine wirtschaftliche Anspruchsgruppen zu

<sup>7</sup> <https://de.wiktionary.org/wiki/kompliziert>, Zugriff 10.07.2023

<sup>8</sup> <https://de.wiktionary.org/wiki/Komplex>, Zugriff 10.07.2023

<sup>9</sup> <https://www.duden.de/rechtschreibung/komplex>, Zugriff 10.07.2023

<sup>10</sup> Scharmer (2007), S. 205

ineffizienten Prozessen und Ergebnissen führt. Diese Stufe berücksichtigt weitere, relevante Anspruchsgruppen. Ein stimmiges Beispiel sind die umweltrechtlichen Kompensationsregelungen für große Infrastrukturprojekte.

Stufe	Hypothetische Zuordnung	ESPO-Vorschlag des Handels	Paradigma der Stufe	Mögliche Ausprägung
1.0	Landlord	Erhebung von Hafengebühren, Landvergabe, Bau und Betrieb der Infrastruktur	Handeln aus der Hierarchie und Kontrolle	„Behörden-Denke“
2.0	Unternehmerischer Hafen	Cluster Management	Effizienzstreben; Handeln aus wettbewerblichen Strukturen	Standortwettbewerb
3.0	Aktiver Initiator	Projektentwicklung/-förderung mit verschiedenen Stakeholdern	Netzwerk-Gedanke, Einbindung und Ausgleich relevanter Anspruchsgruppen	Verhandlungen; Kompensationsregime
4.0	--	--	Systemisch-generatives Ökosystem	Ko-Kreativität, Reflexion, Wirklichkeitstoleranz, Unsicherheiten

**Tabelle 1: Stufen der Systementwicklung im Vergleich zur ESPO-Studie. Quelle: Scharmer, eigene Ergänzungen**

Stufe 4.0 ist der Einstieg in systemisches Denken. Was braucht es nun für eine Kompetenz für ein Handeln auf Stufe 4.0? Es gilt zunächst zu beachten, dass bei dem Stufenmodell nicht ein „entweder“ gilt, sondern ein „sowohl-als-auch“. Bei den Stufen handelt es sich um gleichberechtigte Handlungsoptionen, die jede für sich in bestimmten Situationen ihre Berechtigungen haben. Unser Erkenntnisgewinn liegt hoffentlich in der Analyse der hypothetischen Gleichsetzung der drei Rollenbildern mit den Stufen 1.0 bis 3.0, und der dann folgenden Interpretation, wie die Stufe 4.0 hinsichtlich eines möglichen, noch nicht beschriebenen Rollenmodells aussehen könnte.

## 7. Mehr Handlungsfähigkeit durch systemisches Denken

Stufe 4.0 geht über etablierte Handlungs- und Denkmuster hinaus und bietet Zugang zu einer emergierenden Zukunft. Im Kern geht es um Veränderungsprozesse: Scharmer zitiert O'Brien, der davon ausgeht, dass in Veränderungsprozessen in Unternehmen „der Erfolg einer Intervention von der inneren Verfasstheit des Intervenierenden abhängt.“<sup>11</sup> Die innere Verfasstheit ist ein Abbild der Wirklichkeit, das die Person hat und das dessen Handeln prägt. Dieses Abbild ist Ergebnis einer Vielzahl von Erfahrungen, die diese Person in ihrem Leben bisher gemacht hat. Aus dieser konstruktivistischen These<sup>12</sup> folgt, dass niemand wissen kann, wie die Welt wirklich ist, sondern nur, wie sie sich uns aufgrund unseres Erkenntnisvermögens zeigt. Erkennen wir an, dass es keine absolute Wirklichkeit gibt, sondern nur individuelle Konstruktionen derselben, kommen wir bei der Interpretation der Rollenbilder zu überraschenden Ergebnissen.

<sup>11</sup> Scharmer (2007)

<sup>12</sup> Vgl. von Glasersfeld (1997)

Nötig erscheint eine Reflexionsfähigkeit des eigenen Handelns in Situationen mit hoher Unsicherheit und Wechselwirkungen. Dazu gehört, die Halbwertszeit der Erfahrungen anzuerkennen, und zu erkennen, wann die vorhandenen Werkzeuge nicht mehr für anstehende Problemlösungen ausreichen, und daraus ein Lernwunsch abzuleiten, neue Fähigkeiten entwickeln zu wollen. Nötig erscheint auch, Mehrdeutigkeiten zu erkennen. Lösungen für Probleme in der Vergangenheit sind nicht automatisch Lösungen für ähnliche Probleme in der Zukunft. Komplexität anzuerkennen bedeutet, sich zu vergegenwärtigen, dass Sachverhalte, die in der Vergangenheit zu einer Lösung A geführt haben, in Zukunft Lösung B oder sogar C erfordern.

Systemisch-generative Ökosysteme umfassen Stakeholder-Dialoge, die nicht lediglich auf Überzeugen im System gerichtet sind, sondern Möglichkeiten bieten, die eigenen ‚blinden Flecke‘ der Handelnden in der Wahrnehmung zu überwinden, verschiedene Perspektiven einzunehmen und erst so Räume für bewußtseinsorientiertes, ko-kreatives und kollektives Handeln, das von etabliertem Verhalten abstrahiert, und somit am System arbeitet, zu schaffen. Es gibt dabei kein falsch oder richtig; es gilt, entstehende Widersprüche auszuhalten.

Im vorliegenden Kontext entsteht Komplexität durch die Integration und Neugewichtung von und Interaktion mit neuen Stakeholdergruppen in der Hafententwicklung. Wichtigste Kompetenz ist dabei die Wirklichkeits-Toleranz, die nach Watzlawick die „Toleranz für die Wirklichkeiten anderer (beschreibt), denn dann haben die Wirklichkeiten anderer genauso viel Berechtigung als meine eigene“<sup>13</sup>.

Auf Stufe 4.0 findet keine lineare Fortschreibung der Vergangenheit in die Zukunft statt, sondern die Akzeptanz des Nicht-Linearen, wobei Komplexität ein wichtiges Merkmal darstellt. Wenn wir bereit sind, dieses Denkmodell zu akzeptieren, ist Komplexität nicht kompliziert.

## 8. Meine Beobachtungen

Liebe Leserin, lieber Leser, zurück zu Ihren anfänglich formulierten Aufträgen! Welche Schlussfolgerungen für die beiden eingangs beschriebenen Fälle können wir uns aus der Diskussion globaler Trends, resultierender sich ändernder Rollenbilder und daraus entstehender, anderer Kompetenzen von Mitarbeitenden ableiten:

- Fachlich gibt es keine absoluten Wahrheiten; keine falschen oder richtigen, allenfalls stimmige Kompetenzen in einem großen Raum informellen Lernens.
- Methodisch bieten der Rahmen von Scharmer und die Argumentation der ESPO eine Orientierung. Es gibt weniger ein „entweder-oder“ als denn ein „sowohl-als-auch“, aus deren Kombination Denk- und Handlungsmöglichkeiten entstehen.
- Sozial erkunden wir reflexiv Elemente unserer versteckten mentalen Modelle bzw. Überzeugungen, die uns beim Bewerten von Sachverhalten viel Energie sparen, uns aber immer wieder in etablierte Verhaltensweisen fallen lassen.
- Persönlich sind wir uns dessen bewusst, neue, andere Perspektiven einnehmen zu können, die manchmal mit Unsicherheiten sowohl in der Wahrnehmung als auch in den Handlungen verbunden sind.

Für die Ermittlung der Weiterbildungsbedarfe eines Hafenbetreibers bedeutet dies, die offenen Fragen eines gelassenen Beobachters zustellen, die zum Nachdenken anregen und andere Sichtweisen provozieren, wodurch der Kunde selbst auf Lösungen kommt. Die Förderung des Stakeholder-

---

<sup>13</sup> Watzlawick (1982), S. 31.



Dialogs an einem Hafenstandort, national wie in der IZ, gelingt in einem ergebnisoffenen Umfeld der gegenseitigen Wertschätzung: Die Komplexität ist nicht kompliziert!

## 9. Literaturverzeichnis

Arnold, Rolf (2006): Personalentwicklung – Eine Grundlegung. Unveröffentlichter Studienbrief. Kaiserslautern 2006

European Seaports Association (2021): Europe's ports at the crossroads of transitions. A Deloitte and ESPO study, Brussels. Verfügbar unter [https://www.espo.be/media/Deloitte-ESPO%20study%20-%20Europe%E2%80%99s%20ports%20at%20the%20crossroads%20of%20transitions\\_1.pdf](https://www.espo.be/media/Deloitte-ESPO%20study%20-%20Europe%E2%80%99s%20ports%20at%20the%20crossroads%20of%20transitions_1.pdf)

Scharmer, C. Otto (2007): Theorie U: Von der Zukunft her führen. Presencing als evolutionäre Grammatik und soziale Technik für die Erschließung des vierten Feldes sozialen Werdens. In: Gesprächspsychotherapie und Personenzentrierte Beratung, Nr. 4/2007, S. 202-211

Scharmer, C. Otto (2022): Essentials der Theorie U: Grundprinzipien und Anwendungen. Carl-Auer Verlag.

von Glasersfeld, Ernst (1997): Kleine Geschichte des Konstruktivismus, in: Österreichische Zeitschrift für Geschichtswissenschaft 8 (1): 9–17, 1997

Watzlawick, Paul (1982): Die Unsicherheit unserer Wirklichkeit. Ein Gespräch über den Konstruktivismus. München

## **Junge HTG**

### **Wie wollen wir zukünftig arbeiten und bauen??**

Junge HTG

Um zukünftigen Herausforderungen des modernen Bauens wie Fachkräftemangel, Ressourcenknappheit und Umweltschutz begegnen zu können, brauchen wir eine moderne Arbeitswelt. Doch was bedeutet das eigentlich?

Beim modernen Bauen sprechen wir von Vergabeprozessen, Genehmigungsverfahren, Zusammenarbeit der verschiedenen Parteien und natürlich Nachhaltigkeit. Wie können wir diese Aspekte optimieren und uns einer zeitgemäßen Arbeitsweise annähern? Dabei möchten wir gemeinsam reflektieren, wie unsere heutige Arbeitswelt aussieht und wie wir diese modernisieren und diversifizieren können.

Es sollen zu diesem Thema nicht nur Zahlen und Fakten präsentiert, sondern auch konkrete Lösungen vorgeschlagen werden, um eine produktivere und positive Zukunft zu gestalten. Dabei möchten wir auf die bestehenden Hindernisse aufmerksam machen, Ideen zur Überwindung dieser Barrieren vorstellen, aufzeigen welche Möglichkeiten uns zur Verfügung stehen und wie wir diese nutzen können.

