

20

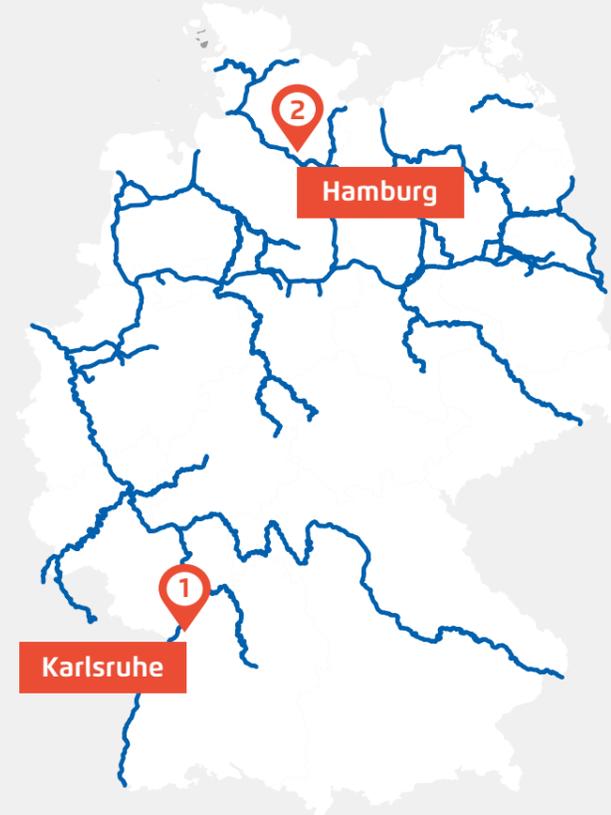
17

Geschäftsbericht der BAW

# Organigramm 2017

 <p><b>Leiter</b> Prof. Dr.-Ing. Christoph Heinzlmann Vertreter: Claus Kunz</p>		<p><b>Gleichstellungsbeauftragte</b> Dr.-Ing. Andrea Wahrheit-Lensing</p>		
		<p><b>Datenschutzbeauftragter</b> Sigfrid Knapp</p>		
Abteilungen				
 <p><b>Abteilung Bautechnik</b> Claus Kunz</p>		 <p><b>Abteilung Geotechnik</b> Dr.-Ing. Jan Kayser</p>		 <p><b>Abteilung Wasserbau im Binnenbereich</b> Prof. Dr. Ing. Andreas Schmidt</p>
		 <p><b>Abteilung Wasserbau im Küstenbereich</b> Holger Rahlf</p>		 <p><b>Abteilung Zentraler Service</b> Peter Weinmann</p>
Massivbau	Baugrund-erkundung	Wasserstraße und Umwelt	Geotechnik Nord	Verwaltung
Stahlbau/ Korrosionsschutz	Grundbau	Flussbau	Ästuarsysteme I	Technischer Support
Baustoffe	Grundwasser	Wasserbauwerke	Ästuarsysteme II	Datenmanagement und Systemtechnik
Erhaltung und Hochbau	Erdbau und Uferschutz	Schiff/Wasserstraße, Naturuntersuchungen	Schiffstechnik	
		Numerische Verfahren im Wasserbau	Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen	

# Standorte und Projekte



# 746

**WSV / BMVI Aufträge aktiv**  
+ 102 Aufträge, die in 2017 beendet wurden = 848

# 98

**FuE aktiv**  
+ 22 FuE, die in 2017 beendet wurden = 120

# 54

**Drittaufträge aktiv**  
+ 11 Drittaufträge, die in 2017 beendet wurden = 65

**1 Karlsruhe**  
Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe  
Tel.: +49 (0) 721 9726-0  
Fax: +49 (0) 721 9726-4540

**2 Hamburg**  
Wedeler Landstraße 157  
22559 Hamburg  
Tel.: +49 (0) 40 81908-0  
Fax: +49 (0) 40 81908-373

**E-Mail**  
info@baw.de

**Internet**  
www.baw.de

## BAW richtet Strategie neu aus

Liebe Leserin, lieber Leser,

*„Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) ist das wissenschaftliche Kompetenzzentrum für den Verkehrswasserbau in Deutschland. Mit ihrer Arbeit trägt die BAW wesentlich dazu bei, dass die Bundeswasserstraßen den wachsenden verkehrlichen, technischen und ökologischen Anforderungen gerecht werden. Die BAW leistet damit einen wichtigen Beitrag für die Zukunftsfähigkeit des Verkehrssystems Schiff/Wasserstraße. Das verkehrswasserbauliche Fachwissen, die disziplinübergreifende Methodenkompetenz und die langjährigen Objekt- und Ortskenntnisse an den Bundeswasserstraßen sind die Basis für die Arbeit der BAW.“*

Mit diesem Zitat aus dem aktuellen Entwurf unseres Strategiepapiers möchte ich Sie auf den derzeit laufenden Prozess der Weiterentwicklung unserer BAW-Strategie aufmerksam machen. Ende letzten Jahres haben wir diesen Prozess im Kreise der BAW-Leitung angestoßen. Binnen zwölf Monaten soll er unter breiter Beteiligung aller BAW-Beschäftigten erfolgreich abgeschlossen werden.

Unsere neue Strategie soll die bisherige aus dem Jahr 2012 ablösen. Seit diesem Zeitpunkt haben sich für uns wesentliche Rahmenbedingungen verändert, die in der Strategie berücksichtigt werden müssen. Lassen Sie mich Ihnen hierfür folgende Beispiele nennen:

- Seit der im Jahr 2013 begonnenen Umsetzung der WSV-Reform befindet sich unser wichtigster Kunde, die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), in einem gravierenden organisatorischen Umbruch, der noch nicht abgeschlossen ist.
- Im Jahr 2013 hat der Haushaltsgesetzgeber die etwa 20 Jahre andauernden gesetzlichen Stilleinsparungen in der Bundesverwaltung, von deren weiteren Fortsetzung – mit beträchtlichen Folgen für die BAW – wir in der bisherigen Strategie ausgehen mussten, gestoppt.



- Unser seit einigen Jahren deutlich erhöhtes Forschungsbudget hat große Auswirkungen auf Forschungsleistungen, Personalgewinnung und Beschäftigtenstruktur (z. B. Alter, Arbeitsverträge).
- Neue politische Schwerpunktsetzungen, wie z. B. die Digitalisierung im Bauwesen (BIM) oder neue Antriebstechnologien in der Schifffahrt (LNG) sind in der bisherigen Strategie nicht enthalten.

Die Weiterentwicklung unserer Strategie erfolgt in einem strukturierten Prozess: Die langfristig orientierte Vision ist verknüpft mit strategischen Zielen. Diese münden zunächst in ein mittelfristiges strategisches Programm und werden anschließend in kurzfristige Aufgaben und Maßnahmen heruntergebrochen. Auf allen Ebenen müssen die Ziele messbar sein, die Zielerreichung soll regelmäßig evaluiert werden.

Ein besonderes Augenmerk im Strategieentwicklungsprozess legen wir auf eine breite Beteiligung der BAW-Beschäftigten. Alle Beschäftigten sind aufgerufen, sich im Rahmen einer Mitarbeiterbefragung in den Prozess einzubringen und wichtige Impulse zu geben. Denn eines ist klar: Erfolgreich kann die neue BAW-Strategie nur mit hochqualifizierten und engagierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern realisiert werden.

Ihr

**Prof. Dr.-Ing. Christoph Heinzelmann**  
Leiter der Bundesanstalt für Wasserbau

Karlsruhe, im Mai 2018

# Inhalt



Ein Seeschleusenbau unter besonderen  
Bedingungen



Instandsetzungs-lösungen für Schleusenanlagen  
unter laufendem Schiffahrtsbetrieb



Seehafenzufahrten – Das Tor zur Welt  
hat sich verändert

---

**4** **Gemeinsam sind wir stark!**  
Dr. Karl Morgen, WTM Engineers GmbH

**6** **Neubau der 5. Schleusen-kammer  
in Brunsbüttel**  
Ein Seeschleusenbau unter besonderen  
Bedingungen

**14** **Instandsetzung unter Betrieb**  
Instandsetzungs-lösungen für Schleusenanlagen  
unter laufendem Schiffahrtsbetrieb

**22** **BAW begleitet das Forum Tideelbe**  
Seehafenzufahrten – Das Tor zur Welt hat  
sich verändert

---

**28** **Ausgewählte Forschungs- und Entwicklungs-  
projekte**

28 Entwicklung eines vereinfachten Füllsystems  
für Sparschleusen

30 Modulares System für Schelfmeere und Küsten

32 Kolmation als Schlüsselgröße der Wechselwirkung  
Oberflächenwasser – Grundwasser

34 Dauerhaftigkeitsbemessung von  
Wasserbauwerken

36 Datenmanagement und Qualitätssicherung im  
Verkehrswasserbau

---

**38** **Die Bundesanstalt für Wasserbau**

39 Das Jahr 2017

42 Informationsdienstleister für den Wasserbau

44 Daten und Fakten

48 Anhang

53 Impressum



## Gemeinsam sind wir stark!

Dr.-Ing. Karl Morgen

Es ist mir eine große Freude und Ehre zugleich, ein Geleitwort zum Geschäftsbericht 2017 der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) verfassen zu dürfen. Es ist eine schöne Idee, auch Externen Raum für ein Statement zur Rolle der BAW in unserem beruflichen Alltag zu geben.

Unser Ingenieurbüro und auch mich persönlich verbinden mit den Kollegen der BAW zahlreiche Tätigkeiten in wissenschaftlich-technischen Gremien wie PIANC WG 140, Uferausschuss der Hafentechnischen Gesellschaft (EAU), Baugrubenausschuss (EAB), Pfahlausschuss (EA-Pfähle) oder dem BAW AK 19 (Neufassung ZTV-W-LB 219). In vielen dieser Gremien werden grundlegende Regeln und Normen entwickelt und somit Dienstleistungen zum Wohle der Allgemeinheit erbracht. Die Mitarbeiter der BAW tragen in diesen Gremien aufgrund ihrer hohen Fachkompetenz und ihrem wissenschaftlichen Hintergrund

### ZUR PERSON:

#### **Dr.-Ing. Karl Morgen**

war bis zu seinem Ausscheiden im Frühjahr 2018 langjähriger Geschäftsführer der WTM Engineers GmbH. Seitdem ist er als Berater für WTM Engineers sowie als Prüfenieur für Bautechnik und als EBA-Prüfenieur tätig.

**„Die Mitarbeiter der BAW tragen in diesen Gremien aufgrund ihrer hohen Fachkompetenz und ihrem wissenschaftlichen Hintergrund maßgeblich zu den Ergebnissen bei.“**

Dr.-Ing. Karl Morgen

maßgeblich zu den Ergebnissen bei und haben oft auch den Vorsitz des Gremiums inne.

Aber auch viele gemeinsame Projekte des Verkehrswasserbaus, bei denen wir als planende oder prüfende Ingenieure einerseits und die BAW als Fachgutachter andererseits tätig sind, verbinden unsere Häuser.

**„Man kann die BAW durchaus als *think tank* des Wasserbaus sehen.“**

Dr.-Ing. Karl Morgen

BAW, als Dienstleister für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), forscht auf vielen Gebieten, wie beispielsweise Werkstoffe und Bemessung, Bodenmechanik, Grundbau, Hydraulik und Morphodynamik, Nautik, Sedimenttransport und Sicherheitskonzepte. Man kann die BAW durchaus als „*think tank*“ des Wasserbaus sehen: Basierend auf Erfahrung und Know-how entstehen neue Ansätze zum Entwurf, der technischen Auslegung und Berechnung und der baulichen Umsetzung von Wasserbauwerken. Die Ergebnisse helfen der Verwaltung bei der wirtschaftlichen Realisierung und der genehmigungstechnischen Umsetzung der meist großen und damit teuren Infrastrukturprojekte im Wasserbau.

**„Aber auch die Ingenieure der planenden Büros profitieren von dem Know-how und der Erfahrung der BAW und können dadurch wirtschaftliche, dauerhafte und sichere Bauwerke planen, berechnen und realisieren.“**

Dr.-Ing. Karl Morgen

Aber auch die Ingenieure der planenden Büros profitieren von dem Know-how und der Erfahrung der BAW und können dadurch wirtschaftliche, dauerhafte und sichere

Bauwerke planen, berechnen und realisieren. Das sich dabei ständig weiterentwickelnde Wissen kommt ganz im Sinne praxisorientierter Forschung dem gesamten Berufstand zugute.

Die umfangreiche Erfahrung, das hochspezialisierte Wissen und die personelle Stärke der BAW wird derzeit fast ausschließlich für Projekte des Bundes genutzt. Das ist logisch, da der Bund die BAW ja auch finanziert. Das hohe nationale und internationale Renommee der BAW könnte aus Sicht der deutschen Consultingwirtschaft noch intensiver genutzt werden. Aus Sicht der beratenden Ingenieure wäre es natürlich wünschenswert, mit diesem „*Pfund*“ im internationalen Wettbewerb wuchern zu können, d. h. bei internationalen Großprojekten schon in der Akquise-Phase mit der BAW als Partner auftreten zu können. Selbstverständlich müsste dieses Angebot aus wettbewerblichen Gründen allen deutschen Consultants gleichermaßen zur Verfügung stehen. Ein erstes Engagement in dieser Richtung wurde erfolgreich beim Schiffshebewerk „Drei-Schluchten-Damm“ in China umgesetzt.

**„Wir freischaffenden Ingenieure brauchen die BAW und ihre Expertise, die BAW profitiert aber auch von der Befruchtung durch die Praxis. Gemeinsam sind wir stark!“**

Dr.-Ing. Karl Morgen

Abschließend lässt sich sagen, dass die Zusammenarbeit zwischen BAW und planenden und prüfenden Ingenieurbüros hervorragend klappt, beide Seiten technisch voranbringt und für den Bauherrn, überwiegend die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, zu wirtschaftlichen und sicheren Bauwerken führt.

Ich wünsche der BAW auch im Jahre 2018 viel Erfolg bei ihrer Arbeit. Wir freischaffenden Ingenieure brauchen die BAW und ihre Expertise, die BAW profitiert aber auch von der Befruchtung durch die Praxis. Gemeinsam sind wir stark!



# Neubau der 5. Schleusenkammer in Brunsbüttel

Ein Seeschleusenbau unter besonderen Bedingungen

Unter laufendem Schiffsverkehr wird zurzeit eine weitere Schleusenkammer an der Einfahrt in den Nord-Ostsee-Kanal in Brunsbüttel errichtet. Durch die komplexe Baumaßnahme im Bestand ergeben sich höchste Anforderungen an die Planung und die Ausführung, insbesondere in geotechnischer und bautechnischer Hinsicht. Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Brunsbüttel wird seit der Entwurfs- und Planfeststellungsphase von der BAW ganzheitlich in den relevanten Fachgebieten betreut.

Der Nord-Ostsee-Kanal (NOK) durchquert auf knapp 100 km Länge Deutschlands nördlichstes Bundesland und verbindet die Nordsee mit der Ostsee für seegängige Schiffe. Der NOK gilt als die meistbefahrene künstliche Wasserstraße der Welt. Die Wasserstandsschwankungen zwischen dem NOK sowie der Nordsee (Elbe) bzw. der Ostsee (Kieler Förde) werden durch Schleusenanlagen in Brunsbüttel und Kiel-Holtenau für die Schifffahrt ausgeglichen. An beiden Standorten bestehen die Schleusenanlagen aus einer „Kleinen Doppelschleuse“ und einer „Großen Doppelschleuse“. Der NOK und die Kleinen Schleusen wurden im Jahr 1895 nach acht Jahren Bauzeit in Betrieb genommen. Der erste Ausbau des NOK erfolgte bereits von 1907 bis 1914. In diesem Zuge wurden auch die Großen Schleusen errichtet. Die Schleusen sind seitdem durchgehend in Betrieb.

Die Kleinen Schleusen in Brunsbüttel wurden bereits in den 1980er-Jahren saniert. Die Großen Schleusen bedürfen nach über 100 Jahren Nutzungszeit ebenfalls einer

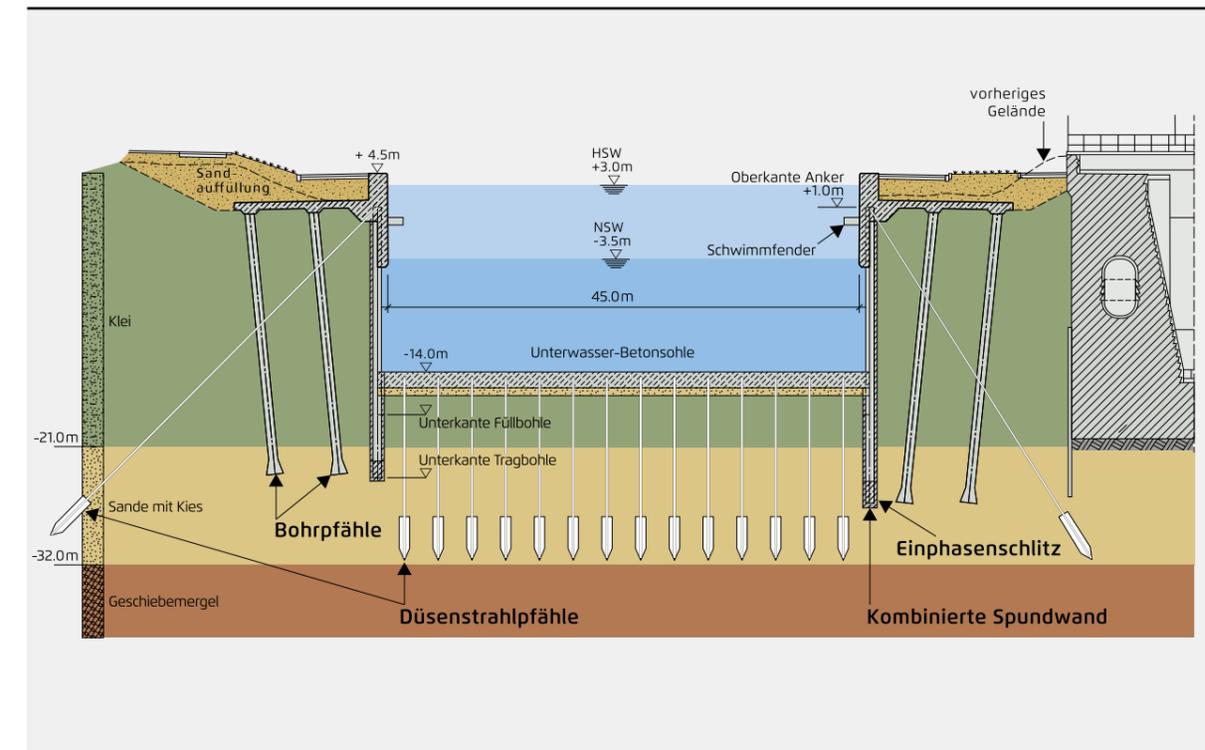
Grundinstandsetzung des Massivbaus, Stahlwasserbaus sowie der maschinen- und elektrotechnischen Anlagen zur Aufrechterhaltung der Verkehrs- und Betriebssicherheit.

Aufgrund der Art der erforderlichen Sanierungsarbeiten würden sich zwangsläufig Sperrzeiten für die Schifffahrt ergeben, die als nicht tolerabel beurteilt wurden. Um die Schleusenverfügbarkeit nicht einzuschränken ist daher der Bau einer weiteren großen Schleusenkammer, der sog. 5. Kammer, erforderlich, sodass der Schifffahrt immer zwei große Schleusen zur Verfügung stehen. Für die Lage der 5. Kammer wurden verschiedene Varianten untersucht. Als Kriterien wurden Aspekte wie Nautik, Grundstücksgrenzen sowie bestehende Bebauung herangezogen. Die Nutzen-Kosten-Untersuchung ergab den höchsten Nutzwert bei einer Grundinstandsetzung der Großen Schleuse mit einem vorgezogenen Neubau einer 5. Schleusenkammer auf der Schleuseninsel, d. h. zwischen der Großen Schleuse im Norden und der Kleinen Schleuse im Süden (siehe Bild 1).

Bild 1: Blick auf die Schleusenbaustelle (im Vordergrund Baugrube Außenhaupt)



Bild 2  
Schematischer Querschnitt durch die 5. Schleusenkammer



### Untersuchungen zum Baugrund

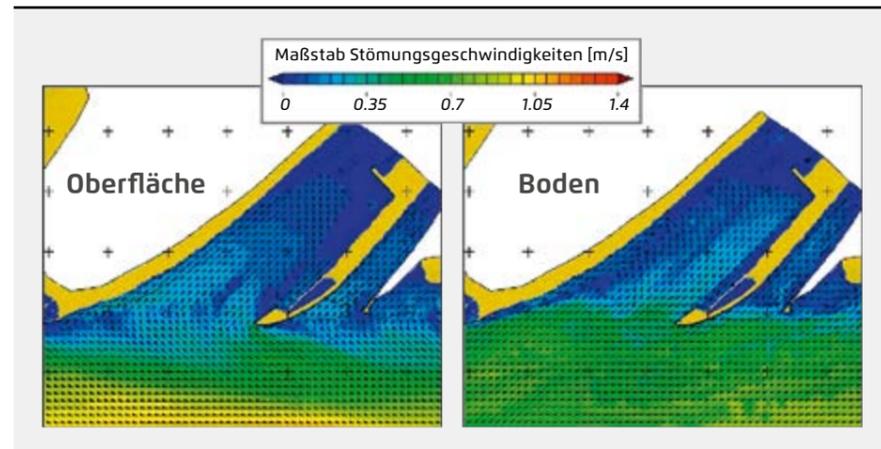
Zur Erkundung des Baugrunds wurden rund 2.100 Meter Bodenproben erbohrt und im geotechnischen Labor umfassend untersucht. Hierbei hervorzuheben sind die ausgeführten Triaxial- und Kompressionsversuche an bindigen (tonigen) Bodenproben zur Herleitung des spannungsabhängigen Tragfähigkeitsverhaltens dieser Böden. Die BAW ist eine von wenigen Institutionen, die diese anspruchsvollen bodenmechanischen Versuche qualitätsgesichert durchführen kann. Die BAW-Versuchsergebnisse sind an die speziellen Eigenschaften der regionaltypischen Böden angepasst. Mit einer ausreichend großen Anzahl an Versuchsergebnissen wurden von der BAW als geotechnischer Sachverständiger Bodenkennwerte für eine wirtschaftliche und sichere Dimensionierung von Bauteilen sowie Bauwerken angegeben. Die Bodenkennwerte wurden vorab im Kontext von Versuchsergebnissen an Böden gleicher Entstehung (Genese) mittels einer BAW-internen Datenbank validiert und verifiziert. Zur Erfassung der Festigkeiten der nicht bindigen Böden (Sande und Kiese) wurden zudem Spitzendrucksondierungen und Bohrlochrammsondierungen ausgeführt. Die Bewertung aller Versuchsergebnisse mündete in einem Geotechnischen Bericht mit weiterführenden

Empfehlungen zur Bemessung und Bauausführung unter Berücksichtigung des Erfahrungswissens der BAW. Dieser Bericht bildet die Grundlage für alle weiteren Planungen sowie für die Bauausführung selbst.

Der Baugrundaufbau im Bereich der Schleusenanlage Brunsbüttel kennzeichnet sich geologisch durch eiszeitliche Ablagerungen in größeren Tiefenbereichen ab etwa 35 m unter Geländeoberkante (GOK) sowie darüber befindlichen jüngeren Ablagerungen infolge des nacheiszeitlichen Meeresspiegelanstiegs (Bild 2). Im Konkreten steht von der GOK bis in eine Tiefe von etwa 25 m weicher Klei an. Dieser bindige Boden ist nur gering tragfähig. Darunter folgen gut tragfähige Sande mit Kiesanteilen. In dieser Bodenschicht gibt es eine Abfolge mit eiszeitlichen bindigen Ablagerungen in Form von Beckenton und Geschiebemergel; ebenfalls gut tragfähige Böden. Durch periglaziale Prozesse ist der Geschiebemergel lokal stark aufgearbeitet und mit Sand durchsetzt, sodass eine explizite räumliche Trennung beider Böden nicht immer möglich ist.

Zur Herleitung der bemessungsrelevanten Grundwasserstände wurden Porenwasserdruckmessgeber in ausgewählten Bohrungen eingebaut. Die Messdaten werden

Bild 3  
Im 3D-Modell simulierte Strömung zum Zeitpunkt des Tidehochwassers an der Oberfläche (links) und am Boden (rechts); Farben zeigen die Größe, Pfeilspitzen die Richtung



an die BAW gesendet, wo sie aufbereitet, visualisiert und allen Beteiligten quasi live zur Verfügung gestellt werden. Die Datenanalyse ergab, dass das Grundwasser in den Sanden mit den tidebeeinflussten Wasserständen in der Elbe kommuniziert und ähnliche Druckhöhen aufweist, während das Grundwasser im darüber befindlichen Klei von meteorologischen Ereignissen dominiert wird.

#### Untersuchungen zur Vorhafengestaltung und zum Sturmflutschutz

Um die sichere Zufahrt der Schiffe zur neuen Schleusenkammer zu ermöglichen, muss der Schleusenvorhafen neu gestaltet werden. Zur Erfassung der nautischen Belange wurden in Zusammenarbeit mit der Hochschule Bremen Untersuchungen im Schiffsführungssimulator durchgeführt.

Die Anpassung des Vorhafens beeinflusst auch die Sedimentationsmengen und damit den zu erwartenden Unterhaltungsaufwand. Durch die Auswertung von vorliegenden langjährigen Erfahrungen aus früheren Untersuchungen sowie mit Hilfe eines hochauflösenden dreidimensionalen numerischen Strömungsmodells (Bild 3) konnten von der BAW die erforderlichen Angaben und Empfehlungen getroffen werden. Demnach ist im Vorhafen eine Zunahme der Sedimentationsmengen um 50 % bis 60 % praktisch unvermeidlich. Gegenmaßnahmen durch eine Anpassung der Molen oder die Anordnung von Strömungsleitwänden erwiesen sich als nicht empfehlenswert, sondern lediglich die Beschränkung der Wasserflächen auf die nautisch erforderlichen Abmessungen.

Die Schleusenanlage Brunsbüttel muss auch den Sturmflutschutz sicherstellen, denn sie ist Bestandteil der ersten und zweiten Deichlinie. Daher waren von der BAW auch die Maßnahmen zu ermitteln und zu überprüfen, die zur Erfüllung der Anforderungen des Sturmflutschutzes

erforderlich sind. Die erwartete Zunahme des Meeresspiegelanstiegs wurde in allen Betrachtungen berücksichtigt.

Untersuchungen zur Eignung des auszubauenden Kleis als Deichbaumaterial ergaben, dass dieser nur bedingt geeignet ist. Daher wird der Klei nunmehr im Spülfeld Dyhrsenmoor gelagert. Von der BAW wurde ein Beweis-sicherungskonzept erarbeitet, um gemäß Planfeststellungsbeschluss ein Grundwassermonitoring im Nahbereich zu betreiben.

#### Untersuchungen zur Schleusenbefüllung

Die neue Schleusenkammer soll mit einem in das Tor integrierte System befüllt und entleert werden. Hierbei stützte sich die Vorplanung weitgehend auf das in ähnlicher Form realisierte Tor der Schleuse Wilhelmshaven, welches bereits 1964 in der BAW untersucht wurde. Für die Untersuchung des Schleusenfüllprozesses in Brunsbüttel waren im Rahmen der Vorplanung vereinfachte numerische Simulationen zur Durchströmung des Tores durchgeführt worden, die jedoch nicht ausreichend waren, um die Sicherheit der Schleusung zu beurteilen.

Im Zuge der Untersuchungen zur Sanierung der Großen Schleusen in Kiel-Holtenau wurde in der BAW ein gegenständliches Modell aufgebaut, um das stark vereinfachte neue Füllsystem auf seine Leistungsfähigkeit zu prüfen. Dieses Modell wurde für die Untersuchungen der Schleuse Brunsbüttel angepasst (Bild 4). Es handelte sich um ein Modell im Maßstab 1 : 46,88 (Länge der Kammer im Modell ca. 7,7 m), bei dem das Schiff in der Kammer an vertikal verschieblichen Fahrstühlen befestigt wurde. Diese Apparatur dient dazu, die auf das Schiff wirkenden Kräfte zu messen. Auf dieser Basis konnte die maximal erreichbare Schleusungsgeschwindigkeit ermittelt werden, bei der das Schiff nicht durch die Strömungskräfte gefährdet wird.

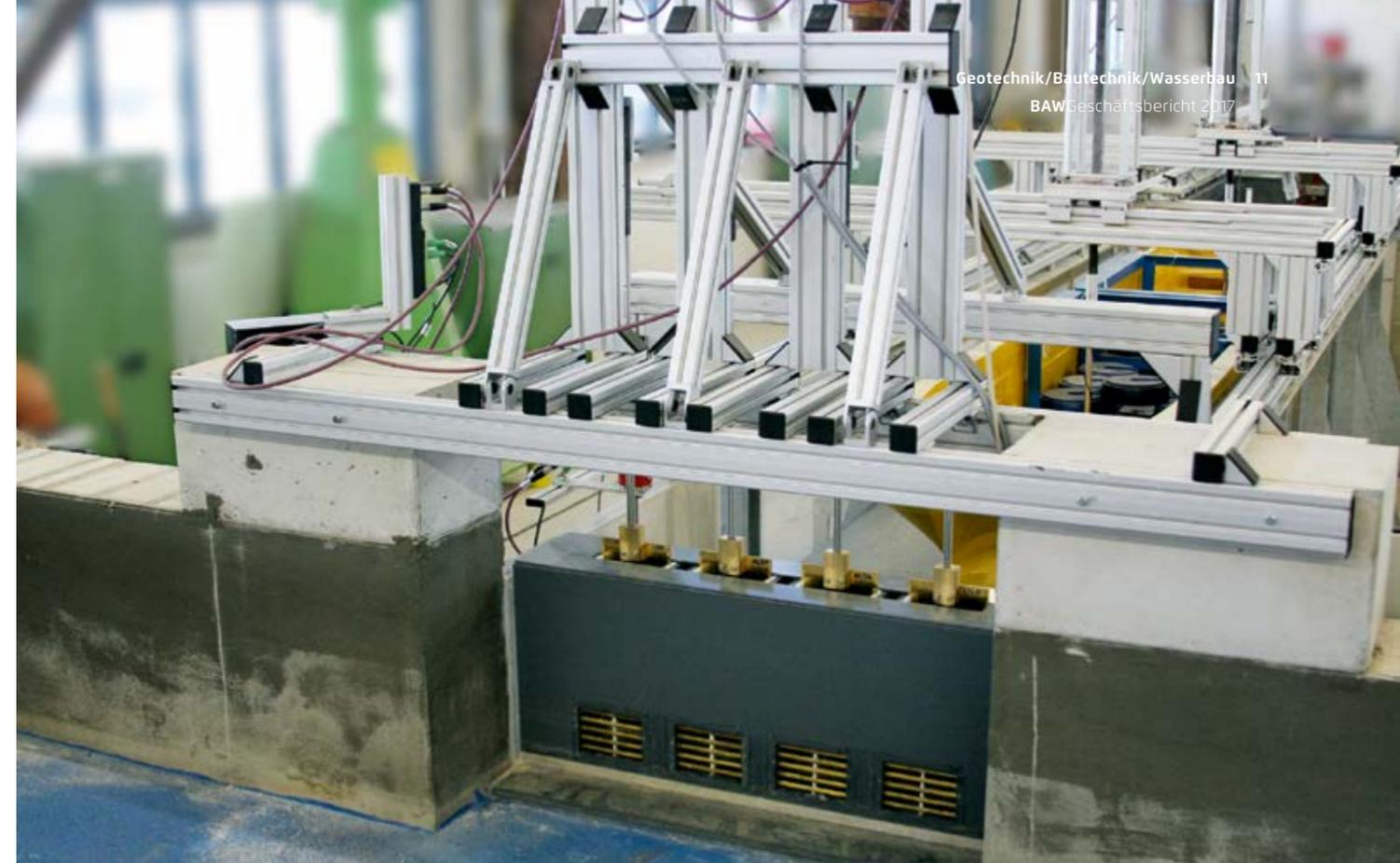


Bild 4: Ansicht des Versuchsstandes mit Schleusentor im Vordergrund und Schiff in der Schleusenkammer

Parallel dazu wurden numerische Untersuchungen durchgeführt (Bild 5). Diese zeigten, dass die vollständige Betrachtung der bewegten Teile (also der Schütze und des Schiffes) wesentlich ist, um das Systemverhalten korrekt zu beschreiben. Für verschiedene Hubhöhen und Fahrrichtungen konnten die Schleusungsprogramme überprüft und angepasst werden. Anfängliche Kraftspitzen am Schiff konnten durch ein gestaffeltes Anfahren der Schütze minimiert werden.

Auf Basis der durchgeführten Untersuchungen war es möglich, Schleusungsfahrpläne zu entwickeln, die auch bei einem einfachen Füllsystem eine zügige Schleusung

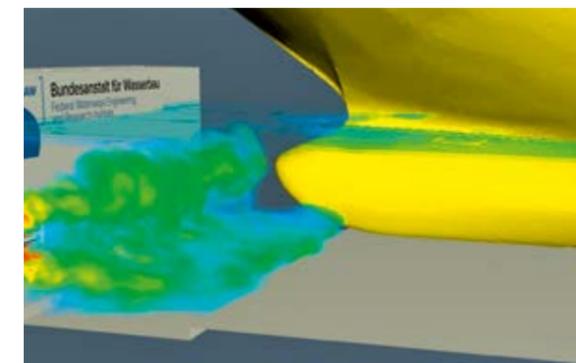


Bild 5: Simulationsergebnis für das in die Kammer einströmende Wasser

mit den Anforderungen an die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt vereinbaren.

#### Besondere Anforderungen beim Neubau der 5. Kammer

Unter Berücksichtigung des Baugrundaufbaus wurden durch die BAW die Auswirkungen von Rammerschüttungen beim Neubau der 5. Schleusenkammer betrachtet. Dabei waren besonders die in unmittelbarer Nähe liegenden, alten und bautechnisch sehr empfindlichen Schleusen zu berücksichtigen, da deren Betrieb ohne Einschränkungen durchgehend gewährleistet sein muss. Im Ergebnis der Untersuchungen dürfen in weiten Bereichen der geplanten 5. Kammer nur erschütterungsarme Bauverfahren eingesetzt werden. Das Einbringen von Stahlprofilen mittels Schlag- oder Vibrationsrammung scheidet somit aus. Es sind erschütterungsarme d. h. greifende oder bohrende Bauverfahren einzusetzen.

Bei der Wandherstellung entschied man sich für die Herstellung einer gegreiferten Dichtwand, in die Stahlprofile als kombinierte Spundwand eingestellt werden. Bei der Dichtwand, ähnlich einer Schlitzwand, wird mittels eines Schlitzwandgreifers mit einer Breite von etwa 5 m ein Schlitz ausgehoben, der mit einer stabilisierenden und mit Zement angereicherten Bentonitsuspension gefüllt ist, die dem Erd- und Wasserdruck durch den umgebenden Boden entgegenwirkt und nach Einstellen der Stahlprofile erhärtet. Das eigentliche Tragelement ist das eingestellte Stahlprofil mit einer lichten Stärke von etwa 90 cm (Bild 2).

Aus der Bemessung der Kammerwände ergaben sich hohe Lasten für die Rückverankerung der Wände. Weil für die Rückverankerung nur bohrende Verfahren in Betracht kamen, entschied man sich für die Herstellung sog. Düsenstrahlpfähle. Hierbei wird mit dem Düsenstrahlverfahren der Boden in der gewünschten Tiefenlage mit einem Druck von etwa 400 bar aufgeschnitten. Der aufgeschnittene Boden wird mit einem Wasser-Zement-Gemisch vermischt, wodurch sich ein Beton ergibt. In diesen Beton wird, vor dessen Erhärtung, ein profiliertes Stahlzugglied gestellt. Das Tragverhalten dieser speziellen Rückverankerung erfolgt durch die Verzahnung des Stahlzugglieds mit dem Düsenstrahlkörper sowie die Verzahnung des Düsenstrahlkörpers mit dem umgebenden Baugrund. Bei der 5. Kammer werden die Düsenstrahlpfähle geneigt in einer Tiefe von etwa 35 m und einem Durchmesser von etwa 1 m bei einer Länge von bis zu 7,5 m ausgeführt



Bild 6: Kernprobe aus dem Randbereich einer Düsenstrahlsäule

(Bild 2). Eine solche Art der Rückerverankerung ist kein übliches und daher auch kein allgemein bauaufsichtlich zugelassenes Verfahren. Entsprechend wurden von der BAW einzuhaltende Kriterien zur Gewährleistung eines dauerhaft hoch tragfähigen Düsenstrahlpfahls für die geplante Nutzungsdauer von 100 Jahren definiert. Diese mündeten in einer „Zustimmung im Einzelfall“ (ZiE), welche durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur erlassen wurde. Grundlage der ZiE war die ganzheitliche Bewertung der Düsenstrahlkörper unter geotechnischen, geohydraulischen und betonologischen Gesichtspunkten durch die BAW.

Erschwerend kam hierbei hinzu, dass das Grundwasser chemische Eigenschaften aufweist, die einen Beton angreifen sowie auflösen können, und dadurch die Tragfähigkeit der Verankerung langfristig beeinträchtigt werden kann. Deshalb wurde die Zementart und das Mischungsverhältnis mit dem Anmachwasser (Wasser-Zement-Wert) für die Düsenstrahlpfähle insbesondere an die ungewöhnlich hohen Ammoniumgehalte im Grundwasser angepasst. Es liegen für diese Bauweise unter den gegebenen Randbedingungen keine Erfahrungen über einen Nutzungszeitraum von 100 Jahren vor. Zur Validierung wurden deshalb entsprechende Betrachtungen zusammen mit der Universität Bochum angestellt sowie aufwändige Vorversuche bereits im Jahr 2012 unter enger Begleitung durch die BAW ausgeführt.

Bei den Vorversuchen im Jahr 2012 wurden mehrere Düsenstrahlkörper mit verschiedenen Geräteparametern in den Sanden mit Kies hergestellt, um die Eignung des Düsenstrahlverfahrens für die Baumaßnahme zu untersuchen. Durch Tast- und Kernbohrungen konnte indirekt auf die erzeugte Geometrie sowie direkt auf die Materialeigenschaften geschlossen werden. Im Baustofflabor wurden visuell der Zustand und die Eigenschaften dokumentiert (Bild 6). Gemeinsam mit dem Labor für chemische Analytik wurde die Betonzusammensetzung an einzelnen Probenstücken bestimmt. Genormte Prüfverfahren wurden hierfür durch die BAW modifiziert, um den besonderen Materialeigenschaften der Düsenstrahlsäulen gerecht zu werden. Die ermittelten Werte wurden mit Erfahrungswerten aus dem Massivbau verglichen und daraus die Dauerhaftigkeit der zugehörigen Düsenstrahlsäulenbereiche bewertet. An weiteren Prüfkörpern wurden Untersuchungen zur Festigkeit und Dichtigkeit durchgeführt. Durch die Gesamtheit aller Versuchsergebnisse wurden die Untersuchungsergebnisse zur Zusammensetzung auf ihre Plausibilität hin überprüft und bestätigt.



Bild 7: Probelastung der Düsenstrahlpfähle

Nachdem im Jahr 2012 in enger Abstimmung zwischen Baufirma, WSA und BAW geeignete Herstellparameter für die außergewöhnlich hohen Materialanforderungen für Gründungselemente (Betonfestigkeitsklasse, Wasser-Zement-Wert) und einen Durchmesser von etwa 1 m ermittelt werden konnten, wurden nunmehr Düsenstrahlpfähle lotrecht hergestellt. Diese wurden einer mehrstufigen Probelastung (Zug-Belastung) unterzogen, um auf das Tragverhalten schließen zu können. Die aufgebrachte Maximalkraft betrug hierbei 4.300 kN. Selbst bei dieser hohen Last betrug die bleibenden Verformungen lediglich drei Zentimeter. Im Ergebnis konnte nachgewiesen werden, dass mit den definierten Herstellparametern und den eingesetzten Baumaschinen die geforderten Eigenschaften eines hoch tragfähigen und beständigen Düsenstrahlpfahls erzielt werden können.

Im Rahmen des eigentlichen Bauvorhabens wurden die Herstellparameter für die Düsenstrahlpfähle für die eingesetzte Gerätekonfiguration erfolgreich ermittelt. Die Tragfähigkeit der Düsenstrahlpfähle konnte ebenso erfolgreich durch Probelastungen nachgewiesen werden (Bild 7). Die verifizierten Düsenstrahlpfähle wurden bereits in großem Umfang von der Baufirma ohne Komplikationen im Bauwerk hergestellt.

Als ein weiteres Bauteil mit einer Besonderheit sind die Bohrpfähle (Bild 2) zu nennen. Aufgrund der leichten Neigung der Pfähle mit einer Aufweitung im Fußbereich ergeben sich hohe Anforderungen an die Ausführung. Während bei üblichen Bohrpfählen eine Verrohrung den Einbruch des Bohrlochs verhindert, ist der aufzuweitende Fußbereich nur durch eine Suspension im Bohrloch gesichert. Die Suspension muss dabei (wie auch bei den Dichtwänden) auf die umgebenden Baugrundeigenschaften, wie Kornverteilung und Lagerungsdichte, abgestimmt werden. Für die Fußaufweitung selber muss ein spezielles Werkzeug eingesetzt werden. Der maßgebende Vorteil ist, dass durch die Fußaufweitung höhere Tragfähigkeiten erzielt werden können. Durch Probelastungen (auf Druck) wurde die Tragfähigkeit der Bohrpfähle erfolgreich nachgewiesen. Die aufgebrachte Maximalkraft betrug 4.950 kN.

Die Bohrpfähle reichen bis in die Baugrundsichten mit betonangreifendem Grundwasser. Durch das in der Schleuse anstehende Brackwasser ist von einer korrosionsfördernden Chlorideinwirkung auf die Bewehrung der Bohrpfähle auszugehen. Aus diesen Einwirkungen ergeben sich für den Beton unter anderem besondere Anforderungen an die Dichtigkeit und den Chlorideinwirkungswiderstand, woraus sich außerdem besondere Anforderungen an die Frischbetoneigenschaften des Bohrpfahlbetons bedingen. Dies betrifft insbesondere dessen Sedimentationsstabilität und sein auf den Bauablauf abzustimmendes Ansteifverhalten, um ein sogenanntes Shadowing, das Abzeichnen der Bewehrung durch unzureichendes Umfließen der Bewehrungsstäbe durch den Beton, auszuschließen. Durch die BAW wurden die Eignungsprüfungen des Auftragnehmers eng begleitet sowie eigene Laborkontrollprüfungen zur Verifizierung der Ergebnisse durchgeführt. Zusätzliche Erkenntnisse im Hinblick auf die Sedimentationsstabilität des Frischbetons und seiner Fließeigenschaften wurden durch Anwendung von Untersuchungsverfahren auf der Basis internationaler Prüfvorschriften und aktueller Forschungsergebnisse gewonnen. Aus den Erkenntnissen der erweiterten Laboruntersuchungen und der Begleitung der Herstellung der ersten Bohrpfähle wurden durch die BAW Empfehlungen zur Durchführung von Kontrollprüfungen sowie zur Begleitung der Betonagen abgeleitet und dem WSA Brunsbüttel sowie seiner Bauüberwachung zur Verfügung gestellt.

Der Bau der 5. Schleusenammer in Brunsbüttel schreitet weiter voran. Obwohl schon viele Bauaktivitäten stattgefunden haben, sieht man davon an der Geländeoberfläche recht wenig. Erst bei dem Aushub der Schleusenammer oder auch der Baugruben für die Häupter wird man einige Bauteile bereichsweise sehen können. Wie für Arbeiten des Spezialtiefbaus üblich, wird man jedoch viele Bauteile, wie die Düsenstrahlpfähle, nie zu Gesicht bekommen.



# Instandsetzung unter Betrieb

## Instandsetzungslösungen für Schleusenanlagen unter laufendem Schiffsverkehr

Grundlegende Instandsetzungen sind bei Einkammerschleusenanlagen mit ein- oder mehrjährigen Schiffsahrtssperren verbunden. Bislang konnten solche Unterbrechungen nur durch technisch und wirtschaftlich aufwändige Neubaulösungen vermieden werden. Als zumindest fallweise sinnvolle Alternative werden nun im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) Instandsetzungslösungen für Schleusen unter laufendem Schiffsverkehr entwickelt.

Schleusenanlagen zählen zu den wichtigsten Wasserbauwerken an staugeregelten Wasserstraßen und Kanälen. Die klassischen Bauweisen aus Beton bzw. Stahlbeton sind robust und mit vergleichsweise geringem Unterhaltungsaufwand verbunden. Für den Stahlwasserbau sind geplante Nutzungsdauern von etwa 70 Jahren, für den Massivbau von etwa 80 bis 100 Jahren üblich; häufig werden diese Nutzungsdauern auch deutlich überschritten, wie die Altersstruktur der Einkammerschleusenanlagen der WSV (Bild 1) zeigt.

Für den Austausch der Schleusentore und der Antriebstechnik, die üblicherweise mit Anpassungen am Massivbau einhergehen, sind mehrmonatige Bauzeiten der Regelfall. Grundlegende Instandsetzungsmaßnahmen am Massivbau werden insbesondere dann erforderlich, wenn eine Schleusenanlage über die genannte Nutzungsdauer hinaus für weitere Jahrzehnte genutzt werden soll. Die Grundinstandsetzung einer Schleusenkammer, in der Regel also der Abtrag und die Reprofilierung des Betons an den wasserseitigen Wand- und Sohlenflächen sowie der Schleusenplanie, nimmt je nach Gegebenheiten zwischen ein und drei Jahren in Anspruch.

Derartige Bauzeiten sind insbesondere für die ca. 260 Einkammerschleusen im bundesweiten Wasserstraßennetz nicht akzeptabel, weil hiermit immer eine entsprechend lange Unterbrechung der Schifffahrt auf der betroffenen Wasserstraße verbunden wäre. Umfahrungsmöglichkeiten, wie im Bereich des Straßen- oder Eisenbahnverkehrs,

existieren bei den Wasserstraßen zumeist nicht oder würden zu wirtschaftlich nicht vertretbaren Umwegen führen. Lange Sperrzeiten oder Umwege hätten zwangsläufig Verkehrsverlagerungen von der Wasserstraße auf andere Verkehrsträger zur Folge. Um diese Verkehrsverlagerungen zu vermeiden, wurde in der Vergangenheit vermehrt auf die Variante „Ersatzneubau“ zurückgegriffen. Da in Zukunft nicht alle Instandsetzungsprobleme über einen Ersatzneubau gelöst werden können, sollen im Rahmen des gemeinsamen BAW/WSV-Vorhabens „Instandsetzung unter Betrieb“ Alternativen zu den herkömmlichen Bauweisen entwickelt werden. Diese sollen so konzipiert sein, dass überwiegend während täglicher Sperrpausen von beispielsweise 12 Stunden instand gesetzt wird, während die übrige Zeit für den Schleusenbetrieb zur Verfügung steht.

### Modulare Instandsetzlösungen

Im Rahmen des Projektes werden geeignete Ansätze für die Instandsetzung von Einkammerschleusenanlagen unter Betrieb zusammengetragen, verifiziert, weiterentwickelt und ggf. neue Ansätze erarbeitet. Dabei werden alle Bauteile und Elemente einer Schleusenanlage (Kammerwände, Häupter, Kammersohle, Bewegungsfugen, Stahlwasserbau, Ausrüstung und Antriebe) berücksichtigt.

Die modularen Lösungsansätze sollen alle wesentlichen Verfahrensschritte (Module) für die Instandsetzung unter

Betrieb beinhalten. Basierend auf den als wesentlich erkannten Instandsetzungsaufgaben werden gegenwärtig im Projekt folgende Module betrachtet:

- Temporäre Trockenlegung
- Abbruch bzw. Betonabtrag
- Reprofilierungsverfahren
- Austausch Schleusenausrüstung
- Instandsetzung von Fugen
- Austausch Stahlwasserbau
- Ersatz der Nachrichten-, Elektro- und Maschinenteknik (NEM)
- Kammverlängerung
- Ersatzneubau von Häuptern
- Rechtliche Rahmenbedingungen (Vergabe, Betrieb)

Zu den einzelnen Verfahren liegen teilweise bereits Wissen und Erfahrungen in unterschiedlicher Bearbeitungstiefe vor. Teilweise sind Verfahren auch schon in vergleichbaren Situationen in der Praxis angewendet worden. Vor diesem Hintergrund wurden für alle in den vorgenannten Modulen aufgeführten Verfahren fünf Bearbeitungsstufen definiert, denen die vorhandenen Informationen zugeordnet werden:

1. Grundsätzliche Machbarkeit
2. Entwurfsplanung
3. Ausführungsplanung
4. Bauteilversuch/Mockup
5. Ausführung

Generelles Ziel ist es, die wichtigsten Verfahren möglichst bis auf die Bearbeitungstiefen 4. oder 5. hin zu entwickeln, weil bereits erprobte Verfahren die Akzeptanz auf Seiten der Bauwerksverantwortlichen und deren Planer erfahrungsgemäß und verständlicherweise deutlich erhöhen. In den folgenden Abschnitten sollen erste Ergebnisse aus ausgewählten Modulen sowie das laufende Pilotprojekt kurz vorgestellt werden.

### Temporäre Trockenlegung

Die temporäre und partielle Trockenlegung und Wiederbefüllung der Schleusenkammer innerhalb kurzer Zeiträume ist ein zentrales Element innerhalb des Gesamtprojektes und Voraussetzung für eine Reihe der vorgenannten Bauverfahren bzw. Module. Ziel der Trockenlegung ist es, die Instandsetzungsmaßnahmen weitestgehend im Trockenen durchführen zu können, weil auf diese Weise dem Anspruch nach qualitativ hochwertiger Ausführung zielsicher Rechnung getragen werden kann. Des Weiteren hängt die innerhalb der täglichen Zeitfenster verfügbare Arbeitszeit maßgeblich von einer möglichst raschen Trockenlegung und Wiederbefüllung der Schleusenkammer ab, woraus letztlich die Gesamtbauzeit resultiert.

Im Rahmen einer Machbarkeitsuntersuchung des Instituts für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB)

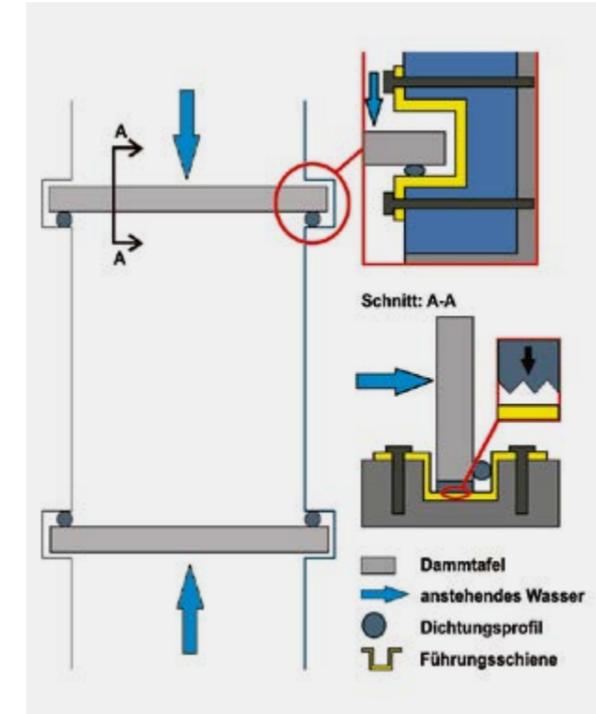


Bild 2: Schematische Darstellung Dammtafeln in vorgefertigten Führungsschienen

des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), welches ebenfalls als Partner in das Projekt involviert ist, wurden verschiedene Wasserabschottungssysteme des Wasserbaus bzw. des Hochwasserschutzes untersucht und bewertet. Die qualitative Bewertung wurde anhand von Bewertungskriterien der Kategorien Ausschlussmerkmale, Funktionsfähigkeit, Qualität, Aufwand Vorplanung und Handhabung durchgeführt. Zu den Kriterien zählten u. a. Lastabtrag/Sicherheit, Ein- und Ausbaugeschwindigkeit, Systemgewicht sowie notwendige Vorarbeiten in der Schleusenkammer.

Von den als grundsätzlich machbar bewerteten Varianten wurde für die weitere Vertiefung die Variante „Dammtafeln in vorgefertigten Führungsschienen“ (Bild 2) ausgewählt. In diesem System soll eine Führungsschiene der Dammtafel als Führung und Widerlager dienen. Je nach Beschaffenheit der Schleusensohle kann überlegt werden, ob die Führungsschiene in der Sohle fortgeführt oder auf Sohlniveau enden soll. Alternativ zu einer einzigen Dammtafel kann auch über den Einsatz mehrerer Dammbalken nachgedacht werden. Dies würde das einzuhebende Gewicht reduzieren, müsste bei den Ein- und Ausbauphasen jedoch berücksichtigt werden. Die Dichtungskomponenten, die in diesem System zum Einsatz kommen, werden bereits im Hochwasserschutz und in Revisionsverschlüssen erfolgreich eingesetzt. Dieses System sowie zwei weitere von der BAW entworfene Systeme (mobile „Rahmensysteme“, die nur in der Planie eingehängt und verankert werden) werden derzeit weiterentwickelt und sollen durch einen Bauwerksversuch verifiziert werden.

Bild 1  
Altersstruktur der Einkammerschleusenanlagen der WSV

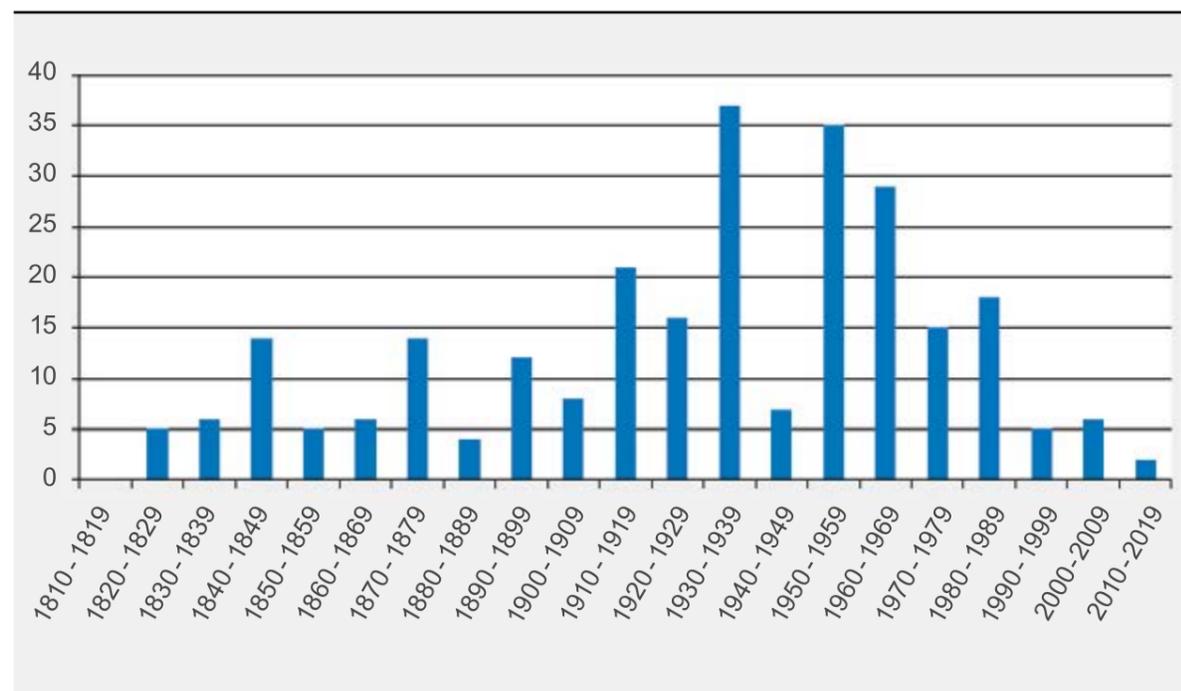




Bild 3: Betonabtrag durch Fräsen in nächtlicher Sperrpause

### Abbruch- und Reprofilierungsverfahren

Die im Rahmen der Grundinstandsetzung einer Schleusenkammer erforderliche Betoninstandsetzung umfasst in der Regel den Abtrag des geschädigten Betons sowie die anschließende Reprofilierung.

Der **Betonabtrag** kann unter Betrieb in Sperrpausen sowohl von oben (von der Planie) als auch innerhalb der Kammer von schwimmendem Gerät aus erfolgen. Ein Abtrag ist im Prinzip auch unter Wasser möglich, es ist jedoch dann kaum möglich, das Abtragungsgut sicher aufzufangen. Da dies zwingend ist, um den Schiffsverkehr außerhalb der Arbeitszeiten sicher zu gewährleisten, wurden Abtragsarbeiten unter Wasser bislang praktisch noch nicht ausgeführt. Das Abtragsverfahren selbst richtet sich nach der Betongüte sowie dem Vorhanden-

sein von Bewehrung. Bei unbewehrten Bauteilen werden mechanische Verfahren, wie z. B. Fräsen, Stemmen sowie Sägen, bei Stahlbeton i. d. R. Verfahren wie das Hochdruckwasserstrahlen bevorzugt. Der Abtrag mittels einer Fräse vom Ponton aus (Bild 3) wurde u. a. bei einem Bauteilversuch an einem Kammerwandblock der Schleuse Feudenheim in nächtlichen Sperrpausen vorgenommen und hat sich dort bewährt.

Für die **Reprofilierung** wurden verschiedene machbare Bauverfahren identifiziert. Entscheidend bei allen Verfahren war, dass die reprofilierten Bauteilflächen möglichst rasch wieder belastet werden können, d. h. die Schleuse auch im Bauzustand temporär weiter genutzt werden kann. Für die Standardbauweise „bewehrte und verankerte Vorsatzschale“ wird dies durch die Verwendung schnell erhärtender Betone bzw. Spritzbetone erreicht. Als weitere Möglichkeit wurden Bauverfahren unter Verwendung von Fertigteilen identifiziert. Folgende Verfahren wurden hinsichtlich ihrer Bearbeitung im Projekt priorisiert:

- Spritzbeton (schnell erhärtend, verankert, bewehrt)
- Spritzbeton (schnell erhärtend, textilbewehrt)
- Dünne Fertigteile (als verlorene Schalung)
- Massive Fertigteile
- Beton (schnell erhärtend, verankert, bewehrt)
- Beton (schnell erhärtend, textilbewehrt)
- Spundwand (als verlorene Schalung)

Bereits im Jahr 2003 wurde im Rahmen eines Bauteilversuchs an einem Kammerwandblock der mittleren Kammer der Neckarschleuse Feudenheim (Bild 4) ein unter Beteiligung der BAW entwickelter **schnell erhärtender Spritzbeton** eingesetzt. Nach Abtrag des

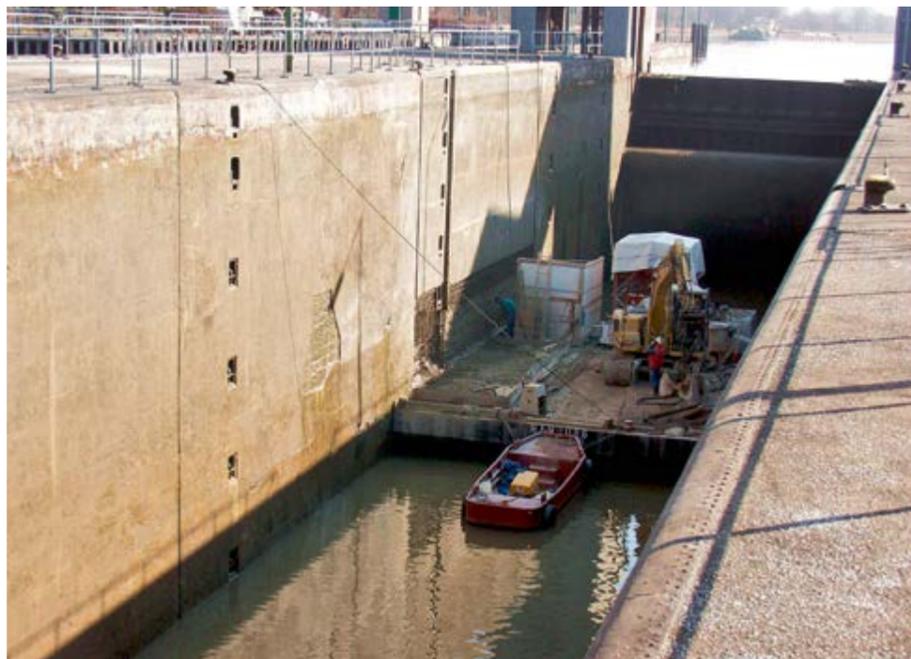


Bild 4: Instandsetzung Kammerwandblock Schleuse Feudenheim



Bild 5: Instandsetzung Mole Schleuse Üfingen mit vorgehängten Fertigteilen

abgängigen Stampfbetons im Randbereich der Kammerwand zwischen Planie und Unterwasserstand durch Fräsen wurde dieser durch eine zweilagig bewehrte und verankerte Spritzbetonschicht mit einer Stärke von etwa 25 cm ersetzt. Der Abbruch sowie der Spritzbetonauftrag erfolgten vom Ponton aus, auf welchem sowohl die spezielle Spritzanlage als auch ein Materialsilo angeordnet waren. Die Applikation erfolgte streifenweise über die gesamte Kammerbreite in jeweils zwei Lagen. Die Erhärtungsdauer des Materials bis zum Erreichen einer Mindestfestigkeit betrug vier Stunden, sodass alle Arbeiten in Schifffahrtssperren von maximal acht Stunden ausgeführt werden konnten.

Als weiteres Reprofilierungsverfahren unter Betrieb kamen in den Jahren 2007/2008 an den Molen der Schleusen Üfingen und Wedtlenstedt vorgehängte **dünne Betonfertigteile** zur Ausführung (Bild 5). Die Fertigteile wurden am Altbeton verankert und über die Bewehrung mit der in Ortbetonweise erneuerten Plattform sicher verbunden. Der Raum zwischen Altbeton und Fertigteil wurde mit einem Feinbeton vergossen.

Im Anschluss an die Molen wurden auch die Schleusenkammern der genannten Bauwerke instand gesetzt. Die Instandsetzung des oberen Kammerwandbereichs

der Schleuse Wedtlenstedt (Bild 6) erfolgte dabei unter Betrieb mittels **massiver Betonfertigteile**. Nach Abtrag durch Fräsen und Stemmen vom Ponton aus wurden die Fertigteile mit dem Kran eingehoben und verankert. In die verwendeten Fertigteile waren alle Einbauteile (Poller, Leitern und Kantenschutz) bereits integriert, der Raum hinter den Fertigteilen wurde mit Beton vergossen und die Planie ebenfalls in Ortbeton ausgeführt.

### Instandsetzung von Fugen

In diesem Modul werden Verfahren entwickelt, die auch unabhängig von der Instandsetzung einer kompletten Kammerwand und Kammersohle durchgeführt werden können. Aus diesem Grund sind mögliche Verfahren so aufzubereiten, dass die Instandsetzung so weit wie möglich unter Schleusenbetrieb erfolgen kann. Erste Praxiserfahrungen wurden bereits in vergangenen BAW Projekten gesammelt.

Das Verfahren „Überbohren der Fuge und Einsetzen eines Elastomerschlauches“ kam an vertikalen Blockfugen der Großen Seeschleuse Wilhelmshaven sowie der Schleuse Eisenhüttenstadt zur Anwendung. Da von der Planie aus gearbeitet werden kann, ist das Verfahren für vertikale Fugen grundsätzlich unter Schleusenbetrieb einsetzbar. Die Fuge

wird zunächst überbohrt, bevor ein dickwandiger Elastomerschlauch eingezogen wird. Dieser Schlauch wird anschließend mit einem schwindkompensierten Mörtel unter Druck verfüllt. Bei diesem Verfahren ist allerdings keine Richtungsänderung in der Abdichtungsebene möglich, d. h. keine durchgehende Fugeninstandsetzung einschließlich der Schleusensole.

Daher wurde im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens der BAW ein weitergehendes Verfahren entwickelt, bei welchem Fugen mit einer Kombination aus einbetoniertem und geklemmtem stahlseilbewehrtem Fugenband (SBK) durchgehend instand gesetzt werden können. Die praktische Ausführbarkeit dieses Verfahrens wurde 2016 in einem Pilotprojekt an der Doppelschleuse Kleinostheim (Bild 7) nachgewiesen. Für die Instandsetzung der vertikalen Fugen kann in weiten Teilen unter Betrieb von der Planie aus gearbeitet werden. Für die horizontale Verbindung im Sohlenbereich, d. h. die durchgängige Instandsetzung einer Bewegungsfuge, ist dann allerdings eine mehrtägige Sperrpause notwendig.

#### Austausch Stahlwasserbau

Das Modul Austausch Stahlwasserbau befasst sich zunächst mit dem Austausch von Stemmtoren, wobei die zwei folgenden Varianten betrachtet werden:

- Austausch der beweglichen Teile eines Stemmtors
- Austausch eines Stemmtors inklusive der Betoneinbauteile

Der Austausch der beweglichen Teile des Stemmtors umfasst die kompletten Torflügel und ggf. Hals- und Spurlager- teile sowie Stemmnaggen. Die neuen Torflügel und Lager-

bauteile müssen zunächst vorgefertigt und bereitgestellt werden, bevor die alten Torflügel demontiert und ausgehoben werden. An den Betonbauteilen werden lediglich lokale Instandsetzungsarbeiten durchgeführt, bevor die neuen Torflügel und Lagerbauteile eingehoben, ausgerichtet und montiert werden. Zuletzt werden die Antriebe angeschlagen und ein Probetrieb durchgeführt. Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Schweinfurt hat dieses Verfahren bereits mehrfach innerhalb relativ kurzer Zeiträume von etwa drei Wochen erfolgreich angewendet. Dieses Verfahren und die angewandte Vorgehensweise sollen daher als Variante in den Modulbaukasten aufgenommen und für die gesamte WSV nutzbar gemacht werden.

Sofern Betoneinbauteile wie z. B. Mauerplattenträger, Dichtungsanschlüsse und Lagerkonstruktionen mit ausgetauscht werden, müssen die neuen Bauteile in der jeweiligen Einbauposition fixiert, verankert und einzeln ausgerichtet werden. Insbesondere das maßgenaue Ausrichten der Stahlkonstruktionen stellt bislang sowohl einen hohen zeitlichen Aufwand, als auch eine potenzielle Fehlerquelle dar. Um die im Zusammenhang mit diesen Arbeiten erforderliche Schleusensperrung verkürzen zu können werden Lösungen konzipiert, bei denen die Betoneinbauteile bereits vor dem Einbau in richtiger Lage zueinander fixiert werden. Es ist geplant, die Betoneinbauteile passgenau an einem als Hilfskonstruktion dienenden vorgefertigten ausgesteiften Stahlrahmen zu befestigen. Diese Rahmenkonstruktion wird dann in eine vorbereitete Nische eingehoben und im Erstbeton der Häupter verankert. Anschließend wird die verbleibende Nische verschalt und ausbetoniert. Nach Erhärtung des Betons können die Torflügel eingehoben und die Antriebe angeschlagen werden. Praktische Erfahrungen liegen für diese Variante, die prinzipiell auch für den Neubau von Schleusen von Interesse sein dürfte, derzeit noch nicht vor.



Bild 6: Instandsetzung oberer Kammerwandbereich der Schleuse Wedtlenstedt

Bild 7

#### Erprobung der Fugeninstandsetzungsvariante „Kombination SBK und Überbohren der Fuge“ am Pilotprojekt Schleuse Kleinostheim



#### Pilotprojekt

Um die Machbarkeit einer Instandsetzung unter Betrieb an einem Bauwerk nachzuweisen, wurde im Rahmen des Projektes bereits 2012 der Beschluss gefasst, als Pilotprojekt eine komplette Schleusenkammer unter Betrieb instand zu setzen. Ausgewählt wurde hierfür die Schleusanlage Schwabenheim am Neckar, welche über zwei baulich voneinander getrennte Schleusenkammern verfügt. Damit ist sichergestellt, dass im Fall unvorhergesehener Probleme die Schifffahrt nicht unterbrochen wird. Neben einer flächigen Betoninstandsetzung der Kammerwände sind im Rahmen des Pilotprojektes, welches durch das Amt für Neckarausbau Heidelberg (ANH) durchgeführt wird, auch die Instandsetzung der Häupter mit Umbau des Füllsystems, die Erneuerung der Antriebstechnik und eine unterwasserseitige Schleusenverlängerung der rechten Kammer vorgesehen.

Zu den genannten Instandsetzungsmaßnahmen wurden im Rahmen der Vorplanung durch eine Planungsgarantie bereits unter Betrieb machbare Varianten entwickelt. Da bei der Planung derartiger komplexer Maßnahmen einerseits umfassendes bauausführungsspezifisches Know-how zwingend erforderlich ist und weil andererseits eine angemessene Risikoverteilung zwischen Auftraggeber und bauausführender Firma angestrebt wird, soll die Maßnahme ab dem Jahr 2018 im Rahmen eines wettbewerblichen Dialogs vergeben, geplant und ausgeführt werden.

#### Zielsetzung und Ausblick

Die Instandsetzungsverfahren unter Betrieb sollen möglichst bis hin zu Bauteilversuchen und Pilotprojekten entwickelt werden. Als machbar nachgewiesene Verfahren werden dann in einem Modulbaukasten zusammengefasst, um der WSV ein Hilfsmittel in Form eines Informations- und Entscheidungsunterstützungssystems bereitstellen zu können. Das Informationssystem soll für WSV-Mitarbeiter über das Infozentrum Wasserbau (IZW) zugänglich gemacht werden. Zur einfacheren Handhabbarkeit werden die relevanten Informationen jeweils in Verfahrenssteckbriefen zusammengefasst, auf weiterführende Planungs- und Ausführungsunterlagen soll über Erläuterungsberichte verwiesen werden. Das Informationssystem soll in der Zukunft fortlaufend aktualisiert und ergänzt werden.

Damit dieses Informationssystem in den nächsten Jahren durch ein Entscheidungsunterstützungssystem ergänzt werden kann, werden im Rahmen einer Kooperation mit dem TMB geeignete Entscheidungsunterstützungssysteme geprüft. Hierbei werden sowohl in Deutschland gängige Systeme wie die Nutzwertanalyse als auch international etablierte Systeme wie das „Choosing By Advantages (CBA)“ auf deren Eignung hin überprüft. Ziel ist es, ein Tool zu entwerfen, mit dessen Hilfe Entscheidungen bei konkreten Instandsetzungsproblemen an Verkehrswasserbauwerken getroffen werden können.

# BAW begleitet das Forum Tideelbe

Seehafenzufahrten – Das Tor zur Welt hat sich verändert

Die Seehafenzufahrten sind das Tor zur Welt. Hamburgs Erster Bürgermeister Olaf Scholz fasste diese Erkenntnis auf der 10. Nationalen Maritimen Konferenz am 4. April 2017 wie folgt zusammen: *Ohne leistungsstarke Seehäfen sind die wirtschaftlichen Erfolge Deutschlands nicht zu gewährleisten. Die Rohstoffe kommen über die Häfen, und über die Häfen werden die in Deutschland produzierten Autos, die Maschinen und die Hochtechnologie in die Welt verschifft.* (BMW, 2017)

Mit der Entwicklung des Welthandels und der Seeschiffahrtsflotte mussten in der Vergangenheit auch die Seehafenzufahrten an die veränderten Randbedingungen (Zunahme der Schiffsabmessungen und Tiefgänge) angepasst werden. Seit dem 19. Jahrhundert wurden deswegen zahlreiche Ausbauten der Seehafenzufahrten vorgenommen. Die Fahrrinnen der Seehafenzufahrten wurden begradigt, in ihrer Lage durch Strombauwerke festgelegt, schrittweise vertieft und verbreitert. Dies führte zu einer deutlichen Veränderung der damals überwiegend noch natürlichen Ästuare (Tideflüsse). Der Lebensraum für Flora und Fauna hat sich u. a. durch Anstieg der Tidewasserstände, der Strömungsgeschwindigkeiten sowie der Trübung und des Sedimenttransports seitdem durch die Baumaßnahmen sehr verändert. Gleichzeitig wurde aber auch das Bedürfnis der Bevölkerung nach ausgeprägtem Küstenschutz befriedigt. In der Verantwortung der Küstenländer wurde die Hauptdeichlinie verkürzt. Vorlandflächen wurden eingedeicht und Sturmflutsperrwerke gebaut. Die Maßnahmen des Küstenschutzes haben sich ebenso wie die Ausbauten der Fahrrinnen auf den Lebensraumtyp Ästuar ausgewirkt, welcher in seiner ursprünglichen Natürlichkeit heute stark anthropogen überprägt ist. Im Vordergrund des menschlichen Handelns der planenden, ausführenden und verantwortlichen Beteiligten standen die Förderung der wirtschaftlichen Entwicklung Deutschlands sowie der Schutz der Menschen vor Überflutungsgefahren. Gleichzeitig wurde das Ästuar auch durch weitere Nutzungen immer stärker beeinträchtigt (Vorflut von Abwässern, Entnahme und Rückführung von Kühl- und Prozesswasser, Fischerei, Naherholung und Freizeit). Die langfristige Folge ist heute eine eingeschränkte Qualität des Gewässers und des nach Flora-Fauna-Habitatrichtlinie der EU besonders schützenswerten Lebensraumtyps Ästuar (Tidefluss) sowie eine gestiegene Unterhaltungslast von Fahrrinne und Hafentiefläulen.

Derzeit geplante Infrastrukturmaßnahmen, wie z. B. die Anpassungen der Fahrrinnen zu den Häfen Emden (Außenems), Bremerhaven und Brake (Unter- und Außenweser) oder Hamburg (Unter- und Außenelbe), führen nachweislich zu weiteren, meist negativen Wirkungen auf abiotische und biotische Systemparameter des Ästuars, und finden deshalb viele Kritiker in der Bevölkerung und insbesondere bei den Umweltverbänden.

#### Bürgerbeteiligungen – Maßnahmen zur Akzeptanzförderung in Planungs- und Bauprozessen

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) empfiehlt eine frühzeitige Einbindung von Stakeholdern, um die Akzeptanz von Planungsmaßnahmen zu fördern. *In der Vergangenheit haben sich viele Bürger beim Ausbau der Verkehrswege nicht ausreichend und vor allem nicht früh genug beteiligt gefühlt. Proteste und Widerstände waren die Folge, obwohl auf allen Ebenen der Verkehrswegeplanung eine Beteiligung gesetzlich*

*vorgesehen ist. In der Praxis wurden die Menschen jedoch häufig nicht erreicht, sodass neue Formen planungsbegleitender Bürgerbeteiligung erforderlich waren.*

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat daher im November 2012 das „Handbuch für eine gute Bürgerbeteiligung bei der Planung von Großvorhaben im Verkehrssektor“ veröffentlicht (BMVI, 2012).

Ziele und Funktionen der Bürgerbeteiligung werden im Handbuch wie folgt beschrieben:

- *Die Bürger werden in den Planungs- und Entscheidungsprozess integriert. Sie erhalten, beispielsweise durch die Einsichtnahme in die Unterlagen, die Möglichkeit, den Planungs- und Entscheidungsprozess nachzuvollziehen und zu beeinflussen.*
- *Die Bürger können ihre Belange und Ideen auch schon im Vorfeld der formellen Beteiligung in die Planung einbringen und dadurch zur Optimierung der Planung beitragen.*
- *Eine Beteiligung ermöglicht den Bürgern, die Zusammenhänge und Hintergründe, die dem Verfahren zugrunde liegen, besser nachzuvollziehen.*
- *Die Legitimation des Planungs- und Entscheidungsprozesses wird erhöht, sofern Einwände der Bürger bei der Entscheidungsfindung entweder berücksichtigt werden oder – wenn sie keine Berücksichtigung finden – gut begründet wird, warum in der Gesamtabwägung andere Interessen stärker ins Gewicht fielen.*
- *Gerichtliche Auseinandersetzungen können durch das frühzeitige Erkennen von Konflikten und entsprechende Plananpassungen vermieden werden, wodurch Verfahrensverzögerungen durch nachträglich erforderliche Änderungen reduziert werden können.*

*Über diese Funktionen hinaus können Prozesse der Bürgerbeteiligung im Rahmen von Planungs- und Zulassungsverfahren auch dazu beitragen, das Vertrauen der Bürger in die öffentliche Verwaltung und in die Politik zu steigern, das Demokratieverständnis zu fördern und den Wissensstand und den Informationsgrad der Öffentlichkeit zu verbessern.*

In einer frühen Planungsphase (Ideenphase) empfiehlt das Handbuch des BMVI als ein geeignetes Beteiligungsformat u. a. ein Dialogforum.

Die BAW steht als Ressortforschungsanstalt und in der Funktion als Bundesoberbehörde und Gutachter auch im Rahmen von Beteiligungsprozessen zur Verfügung. Immer dann, wenn fachliche Expertise zum Systemverständnis der Ästuare gefragt ist, kann die BAW als Fachvertreter aktiviert werden. Dies ergibt sich nicht nur aus

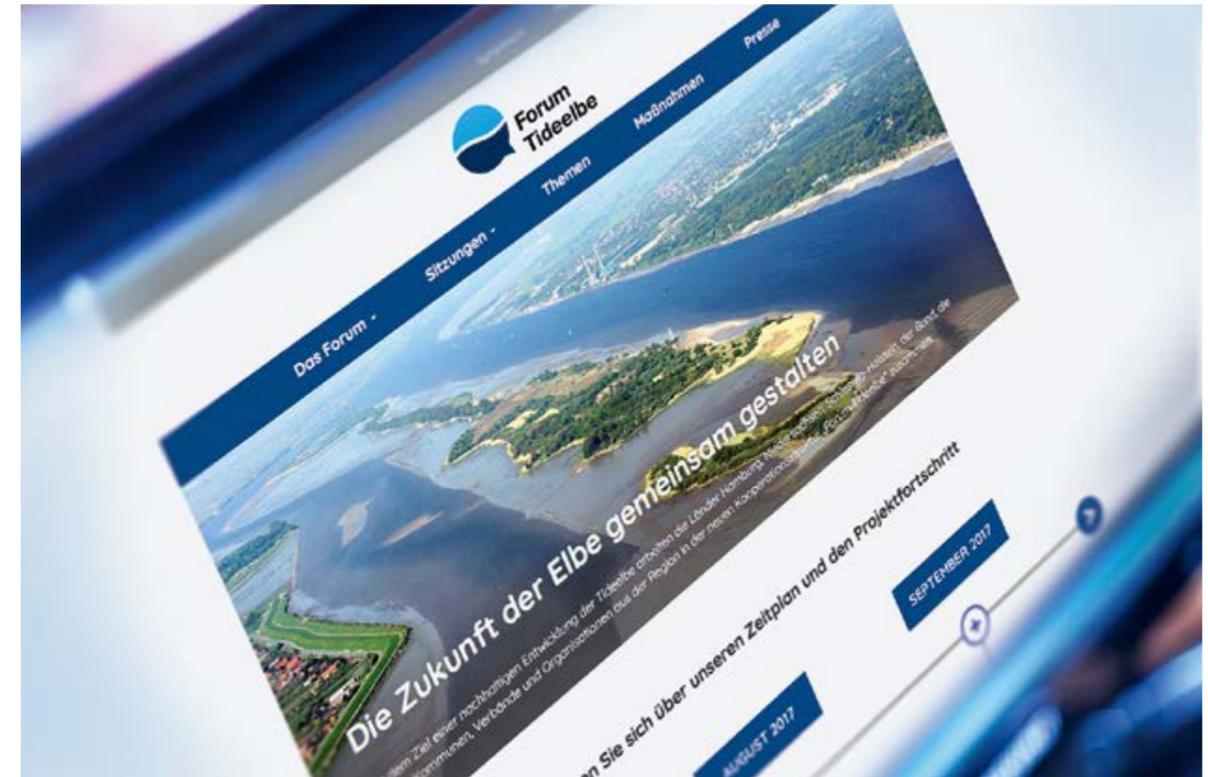


Bild 1: Internetpräsenz des Forums Tideelbe <https://www.forum-tideelbe.de>

dem Behördenzweck an sich. Es ergibt sich auch aus dem Selbstverständnis der BAW, dass sie sich als Know-how-pool für Fragen des Seeverkehrswasserbaus und wasserbaulicher Systemanalysen mit dafür verantwortlich fühlt, über unsere Ästuarsysteme mit ihren vielfältigen Nutzungskonflikten aufzuklären und das Verständnis für ein nachhaltiges Ästuarmanagement zu fördern. So tragen wir dazu bei, dass wasserbaulich sinnvolles und ökologisch nachhaltiges Handeln an den Seehafenzufahrten als tragfähiger Kompromiss von einer breiten Basis der Betroffenen und Beteiligten angesehen werden kann.

#### Das Forum Tideelbe – Ein Dialogforum

Das Elbeästuar ist als Bundeswasserstraße auf ca. 140 km Länge als Zufahrt zum Nord-Ostsee-Kanal sowie als Seehafenzufahrt zu den Häfen Cuxhaven, Brunsbüttel und Hamburg ausgebaut. Der Hamburger Hafen hat als größter Seehafen Deutschlands ein besonderes Interesse an einer weiteren Optimierung der Zufahrtsbedingungen. Gerade die Hamburger Bemühungen um eine weitere Fahrrinnenanpassung werden in der Unterelbe-region von vielen Bürgern, Verbänden und Institutionen aufgrund der in der Natur zu beobachtenden spürbaren Veränderungen des Gewässersystems sehr skeptisch gesehen. Es werden weitere negative Folgen für das Gewässer erwartet.

Bereits in den Jahren 2013 bis 2015 wurde die BAW auf Veranlassung von Hamburg-Port-Authority und der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes zusammen mit ca. 40 weiteren Interessensvertretern der Unter- und Außenelbe gebeten, im Rahmen des „Dialogforum Strombau- und Sedimentmanagement“ das bestehende Strombau- und Sedimentmanagement für die Tideelbe dahingehend weiterzuentwickeln, dass der Anfall von Baggergut reduziert und – mit Blick auf die im Raum Hamburg relevante Schadstoffsituation – ein umweltschonender Umgang insbesondere mit gebagerten Feinsedimenten sichergestellt werden kann (Dialog Strombau- und Sedimentmanagement Tideelbe, 2015).

Die Empfehlungen des damaligen „Dialogforum Strombau- und Sedimentmanagement“ waren richtungsweisend, von der breiten Basis anerkannt und teilweise auch politisch adressiert. Folgerichtig sind die Empfehlungen vom derzeit amtierenden Senat der Freien und Hansestadt Hamburg aufgegriffen worden. Der Senat hat sich u. a. in dem Koalitionsvertrag von 2015 eindeutig zu einer Ästuarpartnerschaft bekannt: *Die neue Hamburger Regierung wirkt auf eine Institutionalisierung der Zusammenarbeit der drei Bundesländer und des Bundes zur nachhaltigen Entwicklung der Tideelbe hin.* (Koalitionsvertrag Hamburgische Bürgerschaft, 2015)

Daraufhin wurde von der Freien und Hansestadt Hamburg am 6. Dezember 2016 im Rahmen einer Auftaktveranstaltung eine partnerschaftliche Zusammenarbeit zahlreicher Stakeholder der Unter- und Außenelbe unter dem Titel „Forum Tideelbe“ initiiert und besiegelt. Organisatorisch werden für den Zeitraum 2016 – 2020 die Aktivitäten durch eine eingerichtete Geschäftsstelle koordiniert und durch professionelle Moderation unterstützt. Der Stakeholderdialog mit über 50 Interessengruppen wird durch einen „Lenkungskreis“ gesteuert, in dem Vertreter aus Bundes- und Landesbehörden, Verbänden und Umweltorganisationen vertreten sind. Als Diskussionsplattform dient das „Plenum“. In diesem Veranstaltungsformat werden alle Stakeholder aus der Region sowie das Umweltbundesamt und das Bundesamt für Naturschutz über die Arbeitsergebnisse der Arbeitsgruppe „Dialog Strombau“ informiert. In der Arbeitsgruppe „Dialog Strombau“ sind zahlreiche Stakeholder vertreten, die durch das Plenum dorthin entsendet werden. Hier findet die vertiefte Facharbeit zur möglichst ganzheitlichen Bewertung konkreter Maßnahmen statt. Einmal jährlich werden relevante Fachthemen und Ergebnisse auf dem „Symposium Tideelbe“ der Öffentlichkeit präsentiert. Auf dem Symposium hat jeder Teilnehmer Gelegenheit, Fragen zu stellen, an Fachdiskussionen teilzunehmen und sich einzubringen. Alle Fachthemen und Ergebnisse sind auf der eigenen Website verfügbar (Quelle: Forum Tideelbe). Somit sind relevante Fachthemen und Arbeitsergebnisse für jedermann transparent und nachvollziehbar dokumentiert und aufbereitet.

Die konkreten Ziele des Forum Tideelbe sind:

- **Institutionalisierter Dialog**  
*Mit der Einrichtung des Forums Tideelbe wird der begonnene Dialog in einer neuen Kooperationsstruktur fortgesetzt und institutionalisiert. Damit wird die Empfehlung des Dialogforums umgesetzt, im Rahmen einer „Ästuarpartnerschaft“ eine Plattform zum Austausch über Themen der Entwicklung des Elbe-Ästuars zu schaffen.*
- **Wissenstransfer**  
*Der Transfer von Fach- und Erfahrungswissen zwischen den Teilnehmern des Forums soll durch geeignete Arbeits- bzw. Dialogformate ausgebaut werden. Durch den Abbau von Informationsdefiziten und die Einbeziehung lokaler und sektoraler Belange soll die Erarbeitung tragfähiger Konzepte zur Verbesserung des Sedimenthaushalts und zu einer ökologischen und nachhaltigen Entwicklung der Tideelbe erleichtert werden.*
- **Entwicklung der Tideelbe gemeinsam gestalten**  
*Die Tideelbe ist ein besonders wertvoller, schützenswerter Naturraum und ein intensiv genutzter Wirtschaftsraum. Um hier zu akzeptierten und fachlich sinnvollen Maßnahmen zu kommen, sollen sie gemeinsam und mit vorurteilsfreiem Blick diskutiert werden. Dabei ist die gesamte Tideelbe in den Blick zu nehmen.*

- **Dokumentation und Empfehlungen**  
*Alle Ergebnisse der Arbeit des Forums (Materialien, Protokolle, Beschlüsse, etc.) sollen in einem von der Mehrheit der Teilnehmer des Forums getragenen Ergebnisbericht dokumentiert werden. Auf dieser Basis sollen Empfehlungen für Entscheidungsträger in der Politik und die zuständigen Verwaltungen entwickelt, formuliert und übermittelt werden, die die Umsetzung von strombaulichen Maßnahmen initiieren helfen.*

Die BAW begleitet das Forum Tideelbe hauptsächlich als Fachberater im Plenum und in der Arbeitsgruppe Dialog Strombau. Konkret wurde die Arbeitsgruppe bislang bei der Beurteilung strombaulicher Maßnahmen hinsichtlich der grundsätzlichen Wirkung auf das hydro-morphologische Gleichgewicht des Elbeästuars beraten. Hierfür wurden vorhandene Untersuchungsergebnisse und wasserbauliches Expertenwissen der BAW aufbereitet und erläutert. Die zu untersuchenden Maßnahmen wurden von der BAW hinsichtlich der hydraulischen Wirkungsintensität zunächst relativ zueinander bewertet. Später sollen im Rahmen wasserbaulicher Systemanalysen detailliertere Wirkungsprognosen zu den vom Plenum favorisierten integrierten Strombaumaßnahmen erfolgen und gutachterlich bewertet werden. Darüber hinaus hält die BAW auf dem Symposium Fachvorträge zum Systemverständnis des Elbeästuars und stellt dort eigene Untersuchungsergebnisse zur Wirkung von geplanten Maßnahmen vor. Bei der abschließenden Dokumentation der Ergebnisse und allgemeinverständlichen Aufbereitung wird sich die BAW auch beteiligen.

#### Fazit

Die BAW hat jahrzehntelange Erfahrung im Verkehrswasserbau und in der Durchführung wasserbaulicher Systemanalysen in den Deutschen Seehafenzufahrten. Als Ressortforschungsanstalt stellt die BAW sicher, dass in die Projektarbeiten ein hoher Anteil an projekt- und anwendungsbezogener Forschungsergebnisse einfließen kann. Darüber hinaus wird durch gezielte Vorlauforschung der Stand der Wissenschaft mit geprägt und fachwissenschaftliches Know-how aufgebaut. Die Vielzahl der Projektarbeiten und die lange Dauer der Planungsprozesse großer Infrastrukturmaßnahmen an den Seehafenzufahrten führt zu langen revierbezogenen Einsatzzeiten der Mitarbeiter/innen, sodass entsprechendes Erfahrungswissen nach Stand der Wissenschaft aufgebaut werden kann. Daraus ergibt sich eine außergewöhnliche revierbezogene und revierübergreifende Fachexpertise der Mitarbeiter/innen. Diese Fachexpertise stellt die BAW auch für Dialogprozesse gerne zur Verfügung. Das Forum Tideelbe hat gezeigt, dass eine Teilnahme der BAW am Dialogprozess auch ausdrücklich von den Beteiligten erwünscht ist.

Gleichzeitig sind die Stakeholder in den Dialogprozessen jedoch auch Betroffene in den früheren oder laufen-

den Planfeststellungsverfahren zu den Anpassungen der Fahrrinnen in Ems, Weser und Elbe. Insbesondere die Umweltverbände erheben lautstark Kritik an den Wirkungsprognosen und eingesetzten Untersuchungsmethoden der BAW und haben im Rahmen des Verbandsklagerechts umfangreiche Schriftsätze und Professorengutachten zu den vermeintlichen Mängeln der bisherigen Wirkungsprognosen und Prognosemethoden der BAW eingereicht. Das Bundesverwaltungsgericht hat sich in seiner Urteilsbegründung vom 7. Februar 2017 zur Klage der Umweltverbände zur Elbvertiefung in über 100 Randziffern sehr intensiv mit den Wirkungsprognosen und der Fachexpertise der BAW auseinandergesetzt und dargestellt, wieso sämtliche vorgetragene Einwände der Umweltverbände und ihrer Parteigutachter nicht überzeugen konnten. Die Fachexpertise und Gutachten der BAW sind also aus Sicht des Bundesverwaltungsgerichts hinsichtlich dessen, was im Rahmen einer gerichtlichen Überprüfung beurteilt werden kann, als mangelfrei anzusehen.

Dennoch ist die Skepsis der Betroffenen gegenüber den Wirkungsprognosen der BAW zum Teil nachvollziehbar. Insbesondere dann, wenn die in der Natur beobachteten teilweise deutlichen Veränderungen unserer Ästuarssysteme mit den Wirkungsprognosen von Fahrrinnenanpassungen verglichen werden, zeigen sich mitunter große Unterschiede. Dies ist jedoch aus fachlicher Sicht nicht überraschend, denn bei diesem Vergleich werden „Äpfel mit Birnen“ verglichen. Die beobachteten und gemesse-

nen Veränderungen sind im Ergebnis eine Überlagerung von natürlichen hydro-morphologischen und meteorologischen Veränderungen in den Flusssystemen mit den maßnahmenbezogenen Wirkungen. Deswegen können maßnahmenbezogene Wirkungsprognosen nur mit geeigneten Beweissicherungsuntersuchungen im Nachhinein aufwändig geprüft werden. Solche Beweissicherungen werden für jede große Infrastrukturmaßnahme von der Planfeststellungsbehörde angeordnet. Bislang haben alle amtlich angeordneten Beweissicherungen an Ems, Weser und Elbe die Wirkungsprognosen der BAW bestätigt.

Der moderierte Dialogprozess „Forum Tideelbe“ bietet allen Beteiligten eine hervorragende Plattform zum fachlichen Austausch und Wissenstransfer. Für die BAW ist dieser Dialog in zweierlei Hinsicht von Bedeutung: Zum einen bietet das Forum die Gelegenheit die Fachexpertise der BAW im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung der Tideelbe einbringen zu können und die Beteiligten von der Objektivität und Unabhängigkeit des BAW-Fachbeitrags zu überzeugen. Zum anderen verbessert das Forum durch den Dialog natürlich auch das Verständnis der BAW für die Belange der Stakeholder. Die BAW lernt durch den Dialog, die Stakeholder hinsichtlich ihrer Sorgen und Nöte besser zu verstehen und kann daher auf deren Belange in zukünftigen Projektarbeiten noch besser als bisher eingehen. Der Dialogprozess fördert insofern eine vertrauensvolle Zusammenarbeit aller Akteure.

#### Literatur

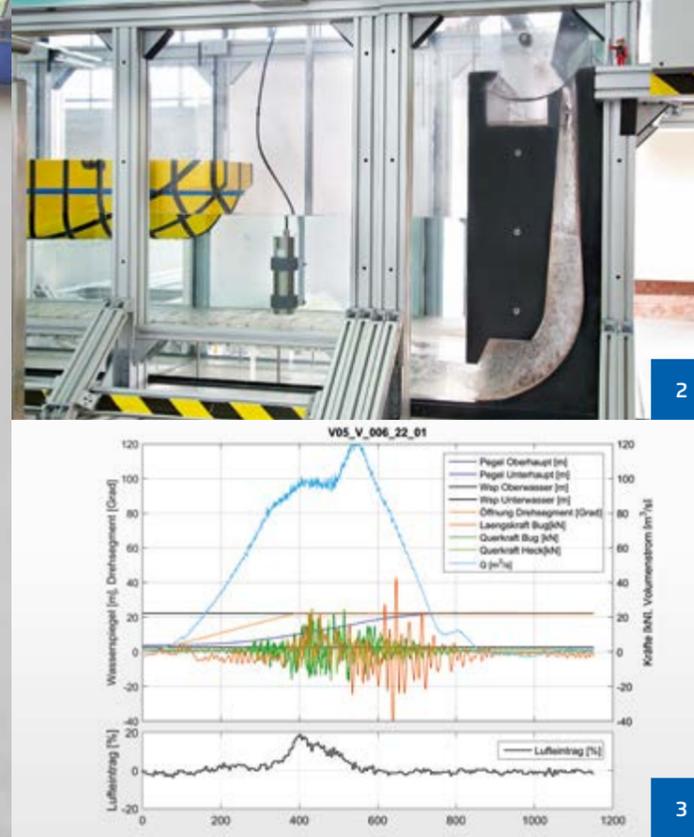
BMVI, 2012: Handbuch für eine gute Bürgerbeteiligung bei der Planung von Großvorhaben im Verkehrssektor; Handbuch Bürgerbeteiligung, 2012. Link (aufgerufen am 27.03.2018): <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/handbuch-buergerbeteiligung.html>

BMWi, 2017: Zehnte Nationale Maritime Konferenz 4. April 2017, Freie und Hansestadt Hamburg. Broschüre vom 01.10.2017. Link (aufgerufen am 27.03.2018): <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/zehnte-nationale-maritime-konferenz-2017.html>

Dialog Strombau- und Sedimentmanagement Tideelbe. Ergebnisbericht, 27.07.2015

Forum Tideelbe (aufgerufen am 27.03.2018): <https://www.forum-tideelbe.de>

Koalitionsvertrag der Hamburgischen Bürgerschaft, 2015: Koalitionsvertrag über die Zusammenarbeit in der 21. Legislaturperiode der Hamburgischen Bürgerschaft zwischen der SPD, Landesorganisation Hamburg, und Bündnis 90/Die Grünen, Landesverband Hamburg



## Entwicklung eines vereinfachten Füllsystems für Sparschleusen

Als einfache Gestaltungsvariante für Sparschleusen mit großer Hubhöhe hat sich in Deutschland ein Füllsystem mit einer Druckkammer unter der Schleusenkammer bewährt. In der bisher üblichen Ausführung wird die Druckkammer über Umlaufkanäle beaufschlagt, die seitlich an den Häuptern vorbeigeführt und vor dem Schleusenoberhaupt an das Oberwasser angeschlossen werden. Die trichterförmigen Einläufe werden dabei möglichst tief angeordnet, um das Einziehen von Luft in das Füllsystem zu verhindern. Im Zuge der hydraulischen Gestaltung der neuen Sparschleusen am Main-Donau-Kanal, Erlangen und Kriegenbrunn, wurde vorgeschlagen, auf Umläufe und die zugehörigen Schütze sowie einen tiefliegenden Einlaufbereich zu verzichten. Stattdessen könnte das Druckkammerfüllsystem direkt über ein Drucksegmentobertor beaufschlagt werden. Durch das leichte Schwenken des Tores nach unten soll eine Füllöffnung freigegeben werden, durch die Wasser über einen Fallschacht direkt in die Druckkammer einströmen kann. Das Drucksegment Obertor ist vom Bundesverkehrsministerium im Rahmen eines Standardisierungsprozesses als Vorzugslösung für zukünftige Schleusen mit Hubhöhen < 10 m gewählt worden.

Erste numerische Untersuchungen zeigten, dass die hydraulische Leistungsfähigkeit bei Normalbetrieb mit Sparbecken den Anforderungen entsprechen könnte. Im gestörten Betrieb, ohne Sparbecken, müsste die gesamte Fallhöhe mit Hilfe des Fallschachtes überwunden werden. Dabei ist

mit einem verstärkten Eintrag von Luft in das Füllsystem zu rechnen. Hierbei ist die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt durch die eingetragene Luft gefährdet, da die Luft zu starken Kräften auf das geschleuste Schiff führen kann. Möglichst genaue Informationen über das Verhalten der Luft-Wasser-Strömung im untersuchten System sind daher von großer Bedeutung.

Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens (FuE-Vorhaben) der BAW wurden die hydraulischen Eigenschaften des neuen Füllsystems im Detail analysiert. Dabei lag der Fokus auf der Untersuchung des Einflusses der Lufttransportprozesse auf die Schleusung, um die Machbarkeit des vorgeschlagenen Systems zu bewerten. Im Bereich der gegenständlichen Maßstabsmodelle ergeben sich durch die Skalierung unvermeidbare Maßstabs-effekte, die bei Luft-Wasser-Gemischen dazu führen, dass der tatsächliche Lufteintrag und die daraus entstehenden Effekte nicht maßstabsgetreu abgebildet werden. Die im Wasserbau üblichen computergestützten Modelle, die auf den Navier-Stokes-Gleichungen mit einem Volume-of-Fluid (VoF) Ansatz basieren, sind nur bei sehr hoher Gitterauflösung geeignet, den Lufteintrag korrekt abzubilden. Für die Untersuchungen wurde daher ein alternativer numerischer Ansatz entwickelt, der die Untersuchung der Lufteintrags- und -transportprozesse ermöglicht. Als Grundlage diente der VoF Ansatz, der sich für die Modellierung von Freispi-gelströmungen eignet. Um den Effekt von dispersen Blasen

1: Gegenständliches Modell des Schleusenversuchsstandes im Maßstab 1:25

2: Das neue Schleusenfüllsystem im gegenständlichen Modell bei der Befüllung der Kammer durch den Fallschacht

3: Zeitsynchrone Auswertung der Messdaten zum Video

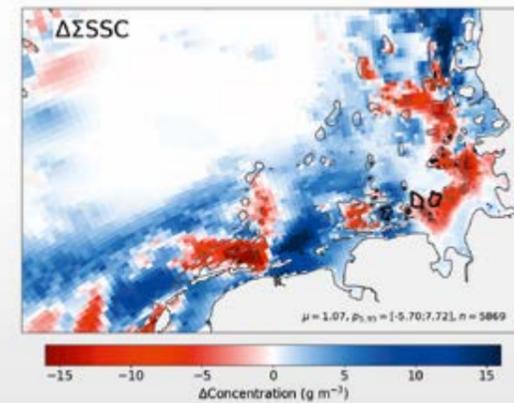
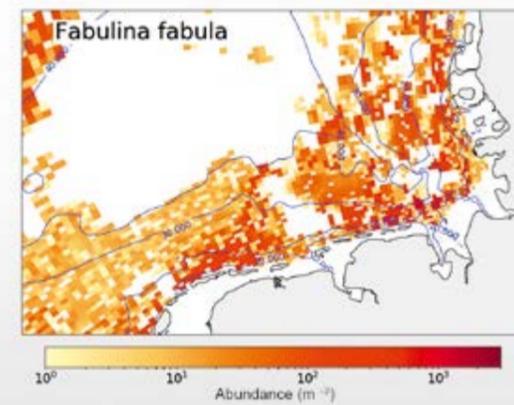
zu berücksichtigen, die mit dem Rechengitter nicht aufgelöst werden können, wurde der Ansatz mit zusätzlichen Termen erweitert, die die Relativgeschwindigkeit und den Impulsaustausch zwischen den Phasen berücksichtigen. Da gängige RANS-Turbulenzmodelle die Beeinflussung der Blasen mit den Geschwindigkeitsschwankungen der turbulenten Strömung nicht abbilden können, wurde das Modell außerdem mit einem Zusatzterm in der Transportgleichung für die Gasphase erweitert. Dieser sorgt für zusätzliche Diffusion in Abhängigkeit von der lokalen turbulenten Viskosität und verhindert damit den zu schnellen Aufstieg von Blasen. Der neue Ansatz wurde in die frei verfügbare CFD-Bibliothek OpenFOAM implementiert.

Um einen Vergleich mit Ergebnissen der neuen numerischen Methode zu ermöglichen und die hydraulischen Eigenschaften des neuen Füllsystems besser zu verstehen, wurde im Rahmen des FuE-Vorhabens ein gegenständliches Modell aufgebaut (Bild 1). Die Maße des Modells wurden an die baugleich geplanten Sparschleusen Erlangen und Kriegenbrunn mit einem Maßstab von 1 : 25 angelehnt. Damit wurde für das Modell neben der Nutzung für das Forschungsprojekt auch die Einbindung in die Beratung der WSV für die Schleusen Kriegenbrunn und Erlangen bezüglich der Beurteilung des Füllvorgangs aus den Sparbecken ermöglicht.

Die komplette Schleusenkammer sowie die darunter liegende Druckkammer wurden aus Acrylglas gebaut, sodass

das einströmende Wasser an allen relevanten Stellen beobachtet und gefilmt werden kann. Der neu vorgeschlagene Füllschacht wurde als austauschbares Formbauteil gestaltet, um weitere Variationen der Einlauf-form untersuchen zu können. Für die Bewertung der entstehenden Schiffskräfte während des Schleusungsvorgangs wurde ein Modell eines Gütermotorschiffes in die Kammer gesetzt (Bild 2). Über einen Steuerstand kann die Füllung vom Oberwasser über die Drehung des Drucksegmentes mit regelbarer Drehgeschwindigkeit gesteuert werden. Für die Analyse der Versuche werden die Wasserstände in der Kammer und im oberen Vorhafen aufgezeichnet. Eine Schiffskraftmessanlage ermöglicht die Aufzeichnung der auf das Schiff wirkenden Quer- und Längskräfte während des Schleusungsvorganges. Außerdem kann mit Hilfe einer radiometrischen Dichtemesseinrichtung der volumetrische Luftgehalt in einem definierten Bereich der Druckkammer gemessen werden. Es wurde eine neue Methode entwickelt, die eine zeitsynchrone Auswertung des Versuchsvideos und der zugehörigen Messdaten (Bild 3) ermöglicht. Dies verbessert das Systemverständnis wesentlich.

Außerdem erlaubt das gegenständliche Modell eine detaillierte Analyse der Strömungscharakteristik im neuen Füllsystem: Es zeigte sich, dass mit zunehmender Öffnungsgeschwindigkeit des Drehsegmentobertors die Menge der eingetragenen Luft massiv steigt. Bei großen Fallhöhen wird die eingetragene Luft sehr weit in die Druckkammer und anschließend in die Schleusen-kammer eingetragen. In der Kammer erzeugt das Ausperlen der Blasen große, erratisch auftretende Kräfte auf das in der Kammer liegende Schiff. Bei kleinen Fallhöhen können die Blasen noch im Fallschacht entweichen und beeinflussen den Schleusungsvorgang daher nicht maßgeblich. Bereits jetzt kann festgestellt werden, dass der zunächst untersuchte Fallschacht zwar für die Restfüllung eine gute Leistungsfähigkeit hat, jedoch der gestörte Betrieb (Ausfall einzelner oder aller Sparbecken) zu erheblichen Einschränkungen führt. Daher soll durch eine weitere Optimierung der Form des Fallschachtes der Blaseneintrag verringert werden. Hier sind am gegenständlichen Modell noch weitere Untersuchungen geplant. Vergleiche zwischen dem gegenständlichen Modell und der numerischen Simulation mit dem neuen Ansatz zeigten gute qualitative Übereinstimmung für die Simulation des Ausperlens der eingetragenen Luft. Die Simulation einer Schleusenfüllung konnte die Anwendbarkeit des Ansatzes für verschiedene Szenarien belegen. Trotzdem besteht weiterer Entwicklungsbedarf im numerischen Modell, da die Lufteinmischung in fallende Strahlen noch unzureichend abgebildet wird. Dies soll in zukünftigen Entwicklungen verbessert werden.



1: Wattflächen in der Jade; das kleine Bild zeigt gegrabene Röhren von Wattwürmern  
2: Abundanz der Muschelart *Fabulina fabula* in der südlichen Nordsee (rotorangene Schattierungen); die Konturen (blau) zeigen die Tiefenlinie in Metern  
3: Veränderung des Schwebstoffgehalts durch Bioturbation von *Fabulina fabula*

Je nach Art und Individuendichte können Makroinvertebraten, wie zum Beispiel Muscheln oder Würmer, die Erosion des Wattbodens durch Bioturbation erheblich verstärken und damit auch den SPM-Gehalt in der Wassersäule erhöhen. Dieser Effekt konnte in MOSSCO für die südliche Nordsee exemplarisch anhand der Muschelart *Fabulina fabula* nachgewiesen werden (Nasermoaddeli et al., 2017). *Fabulina fabula* ist in der Nordsee bis in Tiefen von etwa 55 m weit verbreitet und gräbt sich mehrere Zentimeter tief in das Sediment ein. Aus Monitoringdaten wurden Verbreitungskarten von *Fabulina fabula* erstellt und mit artspezifischen Faktoren für die Erosionsrate sowie der kritischen Sohlschubspannung belegt. Diese Karten wurden anschließend in einem dreidimensionalen Modell der südlichen Nordsee unterlegt (vgl. Bild 2). Zur Abbildung des Sedimenthaushalts wurden im Modell vereinfachend nur drei Korngrößen angelegt, die unterschiedliche Schlufffraktionen repräsentieren. Anschließend wurden mit dem Modell Vergleichsrechnungen mit und ohne biologischen Einfluss gerechnet. Es zeigte sich, dass im Gegensatz zu rein physikalischen Modellläufen, unter Einfluss von *Fabulina fabula* die SPM-Gehalte in der südlichen Nordsee regional deutlich höher waren. Insbesondere die Konzentration der feineren Sedimentfraktionen, die aufgrund ihrer geringen Sedimentationsgeschwindigkeit weit transportiert werden können, war durch den biologischen Einfluss erhöht (vgl. Bild 3).

Dieser Versuch anhand einer exemplarischen Muschelart zeigt, wie sich biologische Einflüsse technisch in numerische Modelle integrieren lassen, und dass der Einfluss regional durchaus relevant sein kann. Im Rahmen von MOSSCO sollen nun generalisierte Karten erstellt werden, die für alle Makroinvertebraten und -dichten artübergreifend Faktoren für den Erosionsfaktor und die kritische Sohlschubspannung festlegen.

Als antagonistischer Prozess zur erosionsfördernden Wirkung der Makroinvertebraten wird aktuell der Einfluss von Mikrophytobenthos (benthischen Mikroalgen) auf die Gewässersohle im Modell untersucht. Benthische Mikroalgen fixieren sich an der Gewässersohle durch die Absonderung von sogenannten extrazellulären polymeren Substanzen (EPS). Diese Biofilme verkleben die Sedimente an der Gewässersohle und haben daher eine stabilisierende Wirkung auf die Sohle. In den großflächigen Wattgebieten der deutschen Nordseeküste sind diese Biofilme nahezu flächendeckend verbreitet, ihr Einfluss auf die Sohlstabilität ist bisher jedoch nur wenig untersucht und verstanden. Um diesen Effekt zu untersuchen und zu quantifizieren, wurde ein Mikrophytobenthosmodell an die MOSSCO Plattform gekoppelt. In diesem Modell werden das Wachstum und die Biomasse benthischer Mikroalgen entlang der Küsten abgebildet. Das Wachstum ist dabei vor allem vom Licht, aber auch den verfügbaren Nährstoffen, wie zum Beispiel Stickstoff, abhängig. Die im Modell berechnete Algenbiomasse dient dann wiederum als Grundlage zur Ableitung des Erosionsfaktors und der kritischen Sohlschubspannung. Erste Versuche mit dem neu gekoppelten Mikrophytobenthosmodell wurden bereits abgeschlossen. Die Modellläufe zeigen vielversprechende Ergebnisse, die derzeit validiert werden.

Alle Teilmodelle, das SPM-Transportmodell, das Makroinvertebratenmodell und das Mikrophytobenthosmodell, werden dann im letzten Schritt als Gesamtmodell anhand von Satellitendaten und Messungen des SPM-Gehaltes in der südlichen Nordsee kalibriert und validiert. So steht dann am Ende des Projektes ein erstes Modell zur Verfügung, welches die erosionsfördernde Wirkung der Makroinvertebratengemeinschaft und die erosionshemmende Wirkung des Mikrophytobenthos als zusätzliche Komponente zu dem bisherigen, rein physikalischen, SPM-Transport berücksichtigt und diese biologischen Einflüsse auch quantifiziert. Dies ist ein wichtiger Baustein zur Weiterentwicklung von Modellsystemen zur Betrachtung des Sedimenttransports im Bereich von Küsten und Ästuaren.

**Literaturverzeichnis:**  
Nasermoaddeli, M. H. et al. (2017): A model study on the large-scale effect of macrofauna on the suspended sediment concentration in a shallow shelf sea. In: Estuarine, Coastal and Shelf Science.

## Modulares System für Schelfmeere und Küsten

Eine nachhaltige Bewältigung der Herausforderungen in Küstenforschung und -management erfordert eine integrative, fachübergreifende Herangehensweise und die dazugehörigen Werkzeuge. Das drittmittelgeförderte Forschungsprojekt „Modular System for Shelves and Coasts (MOSSCO)“ hat es sich zum Ziel gesetzt, eine Plattform zu schaffen, die verschiedene numerische Modellsysteme miteinander koppelt, um eines dieser Werkzeuge zur Verfügung zu stellen. Im Rahmen des ersten „Küstenforschung Nord- und Ostsee (KüNO)“-Programms des Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltigkeit (FONA)“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wurde im Verbundprojekt MOSSCO die technische Grundlage geschaffen, um die Prozesse zwischen und innerhalb von Erdsystemkompartimenten (Boden, Ozean und Atmosphäre) zu modellieren und austauschbare Module (Meeresphysik, Biogeochemie, Ökologie und Biogeoökologie) zu integrieren. Als Verbundpartner arbeiten in MOSSCO das Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Institut für Küstenforschung (HZG), das Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) und die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Standort Hamburg, eng miteinander.

Ziel des aktuellen Nachfolgeprojektes „MOSSCO-Synthese“ ist vor allem die Anwendung, aber auch die Weiterentwicklung, dieser neu geschaffenen Plattform. Im Mittelpunkt des Interesses für die BAW steht dabei das komplexe Zusammenspiel von biologischen und physikalischen Prozessen bei der Berechnung des Sedimenttransports im küstennahen Bereich.

Die bisher fehlenden Kopplungsmöglichkeiten werden hier besonders deutlich, da aktuelle im Küsteningenieurwesen eingesetzte Modellsysteme in der Regel keine biologischen Einflüsse berücksichtigen, sondern auf eine rein abiotische Betrachtungsweise ausgelegt sind. Wenn überhaupt, bilden derzeitige Modellsysteme biologische Effekte auf die Gewässersohle und den Schwebstoffgehalt (suspended particulate matter, SPM) nur stark vereinfacht ab. Diese Lücke wollen die Verbundpartner in MOSSCO schließen, denn Resuspension und Deposition von Sedimenten können zum Teil durch biologische Faktoren, wie Bioturbation von Makroinvertebraten und mikrobieller Stabilisierung der oberen Sedimentschichten, deutlich beeinflusst werden (vgl. Bild 1). Mit Hilfe der in MOSSCO gekoppelten Modellsysteme wird derzeit untersucht, inwieweit Makroinvertebratengemeinschaften und benthische Algenrasen in den Wattgebieten die Sedimentdynamik und -budgets in der südlichen Nordsee beeinflussen, und damit auch weiterführende Erkenntnisse über die Sedimentflüsse zwischen Küste und Schelf erlangt.

Gerade der SPM-Gehalt spielt in Ästuaren und Küstengewässern nicht nur morphologisch eine zentrale Rolle, auch biologisch-chemische Prozesse werden direkt oder indirekt durch SPM beeinflusst. So verändert SPM zum Beispiel ganz wesentlich das Lichtregime unter Wasser, und dadurch auch die Primärproduktion beziehungsweise den Sauerstoffgehalt. Weiterhin können sich durch Adhäsion Schwermetalle an SPM anlagern und so verbreitet werden.



1



2



3

1: Gefrierkern aus der Gewässersohle des Nedlitzer Durchstichs

2: Entnahme eines Gefrierkerns aus der Gewässersohle von Bord eines Arbeitspontons

3: Entnahme einer Stechzylinderprobe aus einem Kernfragment

lässigkeit der Gewässersohle, über die die Infiltration des Kanalwassers erfolgt. Ziel der vertieften Untersuchungen war u. a. die Verbesserung des Verständnisses der komplexen geologischen, hydrogeologischen und hydrologischen Situation im Einzugsgebiet des Wasserwerks. Dabei stellen die geohydraulischen Eigenschaften der Gewässersohlsedimente, die die Grenzschicht zwischen den beiden Wasserkörpern bilden, Schlüsselgrößen für die Interaktion zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser dar. Häufig wirkt der obere Bereich der Gewässersohle als Filtermedium, das bei der Infiltration von Oberflächenwasser in den Grundwasserleiter Feinpartikel des Sickerwassers zurückhält, wodurch der Porenraum verringert, die Filterschicht verfestigt und die vertikale hydraulische Durchlässigkeit reduziert wird und dadurch eine ausgeprägte Anisotropie der Durchlässigkeit entsteht. Dieser Prozess wird als Kolmation bezeichnet.

Obwohl eine Vielzahl von Methoden zur Quantifizierung der geohydraulischen Eigenschaften dieser Grenzschicht zur Verfügung steht, können die tatsächlichen Veränderungen der geohydraulischen Verhältnisse, die durch bauliche Eingriffe entstehen, oftmals nicht mit ausreichender Genauigkeit prognostiziert werden. Methoden zur Abschätzung der hydraulischen Eigenschaften von Sohlsedimenten in unterschiedlichen Skalen wurden in der Literatur bereits

vielfach beschrieben. Jedoch wird bei diesen Messverfahren die Struktur der Gewässersohlsedimente methodisch bedingt meist stark gestört, wodurch eine Bestimmung der in-situ vorherrschenden geohydraulischen Eigenschaften nicht möglich ist. Andere Methoden ermöglichen zwar die in-situ Bestimmung der hydraulischen Durchlässigkeit von Gewässersohlsedimenten, jedoch nur richtungsabhängig, also lediglich in vertikaler oder in horizontaler Orientierung. Aussagen über die geohydraulische Anisotropie oder auch die tiefenorientierte Varianz der hydraulischen Durchlässigkeit der Gewässersohlsedimente können durch diese Untersuchungen nicht getroffen werden.

An dieser Stelle setzt das Forschungsvorhaben an, um durch die Entwicklung eines neuen Verfahrens diese methodische Lücke zu schließen. Durch einen kombinierten Ansatz, bestehend aus der Entnahme von ungestörten Sohlsedimentproben mit der Gefrierkern- und klassischen Durchlässigkeitsversuchen (Permeameterversuche) im Labor, kann die in-situ hydraulische Durchlässigkeit von Gewässersohlsedimenten tiefen- und richtungsorientiert bestimmt werden. Die Gefrierkern-technik ermöglicht die Entnahme von ungestörten Sedimentproben aus Gewässersohlen auch bei Sedimenten mit geringer Kohäsion. Hierfür wird eine hohle Sondierlanze in das Sediment eingebracht und anschließend mit flüssigem Stickstoff durchströmt. Das umliegende Sediment beginnt zu gefrieren bis sich ein fester Kern bildet, ohne dass sich dabei die Struktur oder das Gefüge des Sediments verändert. In Abhängigkeit von der Kornverteilung der umliegenden Sedimente, der Gefrierdauer, des eingestellten Stickstoffflusses und der Wassertemperatur weisen die Gefrierkerne einen Durchmesser von bis zu 0,5 m auf. Auf diese Weise wurden am Standort Potsdam-Nedlitz im Rahmen von fünf Probenahmekampagnen vor, während und nach den Ausbaumaßnahmen jeweils etwa 20 Gefrierkerne aus der Gewässersohle entnommen.

Nach der Entnahme der Gefrierkerne wurden die gewonnenen Kerne in gefrorenem Zustand entsprechend der visuellen sedimentologischen Ansprache zerteilt und ins Labor transportiert. Aus den einzelnen Probenkörpern konnten unter Laborbedingungen Sonderproben mit Stechzylindern entnommen werden. Hierbei wurden sowohl horizontal als auch vertikal orientierte Proben aus unterschiedlichen Tiefen aus den Kernen entnommen. An den Stechzylinderproben wurden abschließend im Labor Permeameterversuche zur präzisen Bestimmung der hydraulischen Durchlässigkeit der Proben durchgeführt. Hierdurch wurde eine räumlich hochaufgelöste, tiefen- und richtungsorientierte Bestimmung der hydraulischen Eigenschaften von Gewässersohlsedimenten ermöglicht. Auf diese Weise konnte eine Störung der an der Gewässersohle vorliegenden natürlichen Selbstdichtung (Kolmation) durch die Ausbaumaßnahmen beobachtet werden. Nach Abschluss der Gewässervertiefungsarbeiten konnte der einsetzende natürliche Selbstdichtungsprozess bis zur ungefähren Wiedereinstellung des Ausgangszustands durch die Untersuchungen belegt werden.

## Kolmation als Schlüsselgröße der Wechselwirkung Oberflächenwasser – Grundwasser

In der heutigen Zeit findet eine intensive Nutzung und Bewirtschaftung aller zugänglichen Wasservorräte statt. Die maßgeblichen Einflussgrößen sind hierbei Be- und Entwässerungsmaßnahmen in der Landwirtschaft, die industrielle Verwendung des Wassers sowie die Trinkwassernutzung. In Deutschland wird Trinkwasser zu fast zwei Dritteln aus Grund- und Quellwasser gewonnen. Der Vorgabe der EU-Richtlinie 2006/118/EG, durchgehend eine ausreichend gute Wasserqualität zu garantieren, kann hierbei nur durch kontinuierliches Monitoring der Rohwasserqualität sowie durch den Schutz und die Überwachung des Grundwassers in den jeweiligen Einzugsgebieten entsprochen werden. Vor allem bei der Nutzung von Uferfiltrat aus Oberflächengewässern zur Trinkwassergewinnung ist die Kenntnis der relevanten Strömungsprozesse und hydrogeologischen Randbedingungen an der Austauschfläche zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser von großer Bedeutung, um eine nachhaltige Nutzung zu gewährleisten. Daher sind speziell bei Baumaßnahmen an Oberflächengewässern die Veränderungen der grundwasserhydraulischen Verhältnisse genau zu beobachten. Nur auf dieser Basis können gegebenenfalls rechtzeitig Maßnahmen zur Sicherung der Rohwasserqualität ergriffen werden. Zusätzlich können durch eine genaue Kenntnis der vorherrschenden Austauschprozesse und geohydraulischen Randbedingungen belastbare

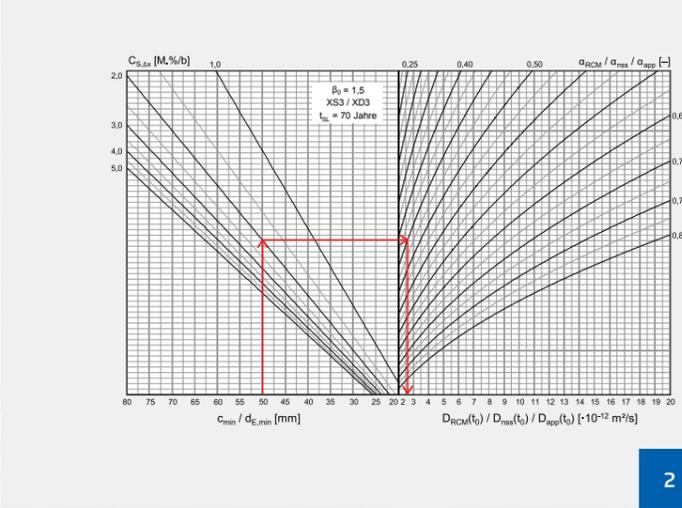
Prognosen der Auswirkungen von baulichen Eingriffen auf die Grundwasserverhältnisse in den an das Oberflächengewässer angrenzenden Aquifere getroffen werden. So können beispielsweise bereits im Vorfeld Maßnahmen zur Verhinderung einer schädlichen Veränderung der Grundwasserverhältnisse geplant und realisiert werden.

Im Zuge des Verkehrsprojekts Deutsche Einheit Nr. 17 wurde der Nedlitzer Durchstich, ein Teil des nördlich der Stadt Potsdam gelegenen Sacrow-Paretzer-Kanals, ausgebaut. Der Streckenabschnitt liegt im Einzugsgebiet des Wasserwerks Potsdam-Nedlitz, dessen Förderbrunnen sich etwa 200 m südlich des Kanaldurchstichs befinden. Bedingt durch ein auf die Förderbrunnen des Wasserwerks gerichtetes geohydraulisches Gefälle infiltriert in diesem Bereich Oberflächenwasser in die angrenzenden Grundwasserleiter. Im Rahmen der ingenieurwissenschaftlichen Beratung wurde das Vorhaben intensiv messtechnisch begleitet und durch geohydraulische Forschungsfragenstellungen ergänzt.

Wie groß der Anteil des Oberflächenwassers an der Förderrate der Wasserwerksbrunnen ist, hängt von einer Kombination unterschiedlicher geohydraulischer Faktoren ab, beispielsweise der Durchlässigkeitsverteilung im Untergrund selbst, oder auch der hydraulischen Durch-



1



2



3

- 1: Chloridinduzierte Betonstahlkorrosion an einem Bauteil im Küstenbereich
- 2: Exemplarisches Nomogramm zur Dauerhaftigkeitsbemessung bei Chlorideinwirkung
- 3: Betonstahlkorrosion infolge der Auslaugung des Betons im Bereich durchströmten Rissen

## Dauerhaftigkeitsbemessung von Wasserbauwerken

Im November 2017 erschien das neue Merkblatt „Dauerhaftigkeitsbemessung und -bewertung von Stahlbetonbauwerken bei Carbonatisierung und Chlorideinwirkung (MDCC)“ der Bundesanstalt für Wasserbau. Damit wurden erstmalig praxistaugliche leistungsorientierte Nachweisverfahren zur Verfügung gestellt, die allen am Baugeschehen Beteiligten ein transparentes Umgehen mit der Dauerhaftigkeit hinsichtlich carbonatisierungs- und chloridinduzierter Betonstahlkorrosion ermöglichen. Mit den Nachweisverfahren wird dem Planer eine durchgängige Anleitung zur

- Abschätzung der Restnutzungsdauer bestehender Stahlbetonbauteile,
- Dauerhaftigkeitsbemessung von neu zu errichtenden Stahlbetonbauteilen,
- Dauerhaftigkeitsbemessung von Instandsetzungsmaßnahmen mittels Betonerersatz hinsichtlich carbonatisierungs- und chloridinduzierter Betonstahlkorrosion (Expositionsklassen XC, XD und XS) bereitgestellt.

Die Betonstahlkorrosion infolge Chlorideinwirkung ist ein maßgebender Aspekt bei der Dauerhaftigkeit von vielen Verkehrswasserbauwerken. Dies betrifft Bauwerke in maritimer Umgebung sowie im Binnenbereich wie Brücken und Plattformen von Schleusen, die im Winter mit Taumitteln behandelt werden. Dringen Chloride bis zur Betonstahlfläche vor und errei-

chen dort eine kritische Konzentration, so wird die schützende Passivschicht des umhüllenden Betons beschädigt. Diese die Korrosion einleitende Phase (Initiierungsphase) verursacht noch keine Schäden am Bauwerk. Erst nach Verlust der Passivschicht kann der Betonstahl bei Vorhandensein bestimmter Randbedingungen (Feuchtigkeit, Sauerstoffzutritt) beginnen zu korrodieren (Schädigungsphase). Ein Fortschreiten dieses Korrosionsprozesses kann, unter Umständen innerhalb kurzer Zeiträume, zur Schädigung des Bauteils mit Folgen für seine Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit führen. Rissbildungen, Abplatzen der Betondeckung, Verlust der Verbundwirkung zwischen Beton und Stahl, Querschnittsverlust des Stahls und gar Bauteilversagen sind zu befürchten (Bild 1). Eine Depassivierung des Betonstahls ist auch infolge der Carbonatisierung der Betondeckung durch die Absenkung des pH-Wertes des umhüllenden Betons möglich. Aufgrund vorherrschender Feuchtebedingungen ist jedoch eine Gefährdung der Verkehrswasserbauwerke durch eine carbonatisierungsinduzierte Betonstahlkorrosion von untergeordneter Bedeutung.

Bei den Nachweisverfahren gemäß BAW-MDCC wird eine Depassivierung des Betonstahls durch das in den Beton eindringende Medium ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{Cl}^-$ ) als Grenzzustand (ungewollter Bauteilzustand) zugrunde gelegt. Die darauf folgende Korrosion des Betonstahls und ihre Folgen

werden nicht berücksichtigt, da diese derzeit nicht mit ausreichender Genauigkeit abgebildet und nachgewiesen werden können. Die Restnutzungsdauer bzw. die planmäßige Nutzungsdauer (nach dem Bau bzw. nach der Instandsetzungsmaßnahme) wird verknüpft mit der Festlegung eines relevanten Grenzzustandes und einem Zuverlässigkeitsniveau, das während dieser Zeit entsprechend dem Grenzzustand nicht unterschritten werden darf. Die Nachweise erfolgen mit Hilfe von Nomogrammen (Bild 2), die auf den Ergebnissen vollprobabilistischer Berechnungen mit validierten Vorhersagemodellen basieren. Die Nomogramme bilden den funktionalen Zusammenhang zwischen wichtigen Modellvariablen ab, wobei jedoch nur eine stark reduzierte Anzahl von Modellvariablen für die Nachweise berücksichtigt wird.

Mit den erarbeiteten Konzepten können für unterschiedliche Szenarien (Einwirkung, Dicke der Betondeckung, Zielnutzungsdauer, Zielzuverlässigkeit) Anforderungen an Materialeigenschaften definiert werden. Somit wird u. a. den Produktherstellern das benötigte Mittel zur Verfügung gestellt, um ihr Produktprofil entsprechend zu qualifizieren und zu erweitern. Gleichzeitig wird verschiedenen Produkten der Zugang zum Markt verschafft; für einzelne Anforderungen können Produkte mit den benötigten Leistungen gewählt werden.

Für die Leistungserklärung der Produkte wurden

verschiedene Ansätze zur Ermittlung des potenziellen Chlorideindringwiderstands des Bauteils erarbeitet, die die Verschiedenartigkeit der Materialien (herkömmliche Betone, neue Materialien), den Informationsstand (Zusammensetzung des Materials, Datengrundlage aus Labor- oder Bauwerksuntersuchungen etc.), den realisierbaren Zeit- und Kostenaufwand und die notwendige Zuverlässigkeit berücksichtigen.

Die erarbeiteten Nachweisverfahren stammen aus intensiven Forschungsarbeiten der BAW in Kooperation mit dem Centrum Baustoffe und Materialprüfung (cbm) der TU München. Diese gelten für nichtgerissene Bauteilsituationen. Der Einfluss von Rissen auf die Dauerhaftigkeit neu zu errichtender, bestehender und instandgesetzter Betonbauteile wird derzeit im Rahmen eines weiteren FuE-Vorhabens vertiefend betrachtet.

In den letzten Jahren wurden bei mehreren Verkehrswasserbauwerken Korrosionsprozesse an gerissenen Stahlbeton-Bauteilen im Unterwasserbereich mit Süßwasserbeaufschlagung detektiert (Bild 3).

Die Rissbildung im Bauteil beeinflusst sowohl die Initiierung der Bewehrungskorrosion als auch die anschließende Korrosionsrate. Während die Einleitungsphase zur Depassivierung der Bewehrung im nichtgerissenen Bauteil verhältnismäßig lang ist und bei der Dauerhaftigkeitsbemessung die Nutzungsdauer des Bauteils definiert, ist von einer i. d. R. raschen Depassivierung der Bewehrung in Rissen auszugehen. Im nichtgerissenen Bauteil stellen die Carbonatisierung der Betondeckung sowie das Erreichen einer korrosionsauslösenden Chloridkonzentration an der Bewehrungsoberfläche die Ursachen einer Depassivierung der Bewehrung dar. Im Rissbereich kann zudem u. U. durch ein pH-Wert-Abfall des Betons an der Bewehrungsoberfläche infolge des Auslaugens des Betons ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) die schützende Passivschicht der Bewehrung zerstört werden. An der depassivierten Bewehrung im Rissbereich erfolgt die anodische Eisenauflösung in der aktiven Korrosionsphase; an der Bewehrung außerhalb des Rissbereiches findet die kathodische Teilreaktion (Sauerstoffreduktion) statt. Für die Einschätzung der Nutzungsdauer des Bauteils ist hier die Korrosionsgeschwindigkeit maßgebend.



## Datenmanagement und Qualitätssicherung im Verkehrswasserbau

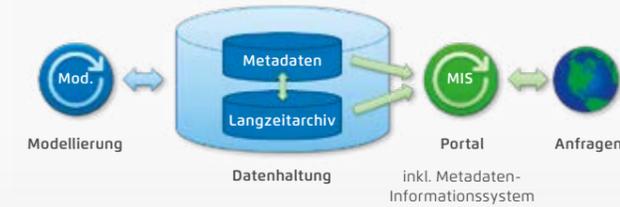
Die BAW nutzt vielfältige selbst erzeugte Daten zur Erfüllung ihrer speziellen fachlichen Aufgaben. Aufgrund der in den vergangenen Jahren rasant angestiegenen Datenmengen, der immer höheren Komplexität der hierfür vorzuhaltenden technischen Plattformen und der aktuellen politischen und rechtlichen Veränderungen im Umgang mit öffentlich finanzierten Daten, ist der Umgang mit und die Bereitstellung von diesen Daten und Publikationen für die BAW neu zu definieren. Diesen Anforderungen stellt sich das Projekt Datenmanagement und Qualitätssicherung im Verkehrswasserbau (DMQS) mittels zweier Teilprojekte.

Teilprojekt 1 befasst sich in den Abteilungen Wasserbau im Binnenbereich und Wasserbau im Küstenbereich mit den dort betriebenen numerischen Modellverfahren als den zentralen Methoden zur Bearbeitung der komplexen und sich stetig verändernden Projektaufgaben. Der Umgang mit diesen Daten und deren Dokumentation muss zur Bewältigung des stetig anwachsenden Datenvolumens vereinheitlicht werden. Mit Hilfe eines zu entwickelnden Metadatenkonzepts sollen so beispielsweise verschiedene Simulationsparameter sowohl für den Bearbeiter als auch für Dritte nachvollziehbar dokumentiert und wiederauffindbar sein. Ein Konzept für das Simulationsdatenmanagement in der BAW soll die Organisation und Präsentation der Fachdaten innerhalb der BAW und nach außen regeln. Teilprojekt 2 befasst sich mit der Entwicklung eines Rechte- und Verwendungskonzepts. Damit wird eine einheitliche, auf dem Open-Access-Prinzip basieren-

de Strategie für die Bereitstellung von und den Zugang zu Fachdaten und Publikationen entwickelt, welche die besonderen Belange der BAW sowohl als gutachterliche Beraterin der WSV, wie auch als Ressortforschungseinrichtung berücksichtigen.

Die Einführung von Richtlinien und Systemen zum Management von Fachdaten und Publikationen führt in der BAW zu einer deutlichen Effizienzsteigerung in der Projektbearbeitung, schafft Transparenz und ermöglicht über die Festlegung von Standards die Sicherung und Kontrollierbarkeit der erreichten Qualität. Gleichzeitig schaffen die Maßnahmen die Basis für eine qualitätsgesicherte und technisch sichere Weitergabe der Fachdaten der BAW. Dieses fachlich strukturierte und rechtlich gesicherte Vorgehen schafft eine wesentliche Grundlage zur Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen.

Die Untersuchungen im Teilprojekt 1 berücksichtigen neben internationalen und nationalen Standards für Metadaten (ISO, GovData, GDI-DE) die aktuell bestehenden Systeme und Richtlinien zum Datenmanagement der Wasserbauabteilungen der BAW, insbesondere im Hinblick auf eine Integration von Recherche, Auswertung, Präsentation und Dokumentation von Daten und Ergebnissen. Für deren Erfassung wurde eine umfangreiche Analyse der Ist-Situation für zwei ausgewählte Modellierungsverfahren durchgeführt. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden in ein Soll-Konzept für ein einheitliches Manage-



2



3

- 1: Die BAW stellt sich den Anforderungen des modernen Datenmanagements
- 2: Informationsverarbeitungskette
- 3: Das MIS als zentrale Komponente einer GDI-BAW

ment der relevanten Fachdaten münden, ergänzt mit Vorschlägen zur Anpassung organisatorischer Maßnahmen und zur Bereitstellung von IT-Systemen.

Als Basis für erfolgreiche Recherchen dient grundsätzlich ein Metadatenprofil, d. h. die Festlegung auf BAW-intern einheitliche Beschreibungen von Daten. Für Modellierungsdaten wurde das BAW-Metadatenprofil für Simulationsdaten entwickelt. Es ist als ISO-konformes Profil konzipiert und beinhaltet nur Metadatenelemente aus dem ISO-Standard für Metadaten (ISO 19115). Dies unterstützt neben der Recherche die Informationsgewinnung durch Informationsportale, welche Informationen über BAW-Daten erhalten wollen (sog. Harvesting).

Zur Unterstützung der Modellierung wurde eine Software entwickelt, die im Modellierungsworkflow neben der automatischen Erhebung von Modellmetadaten ebenfalls die Verwaltung von Versionen und Modellierungsmeilensteinen unterstützt – dies ohne Zusatzaufwand für die Modellierer. Die so erhobenen Metadaten werden nach dem BAW-Metadatenprofil für Simulationsdaten abgespeichert.

Für eine zukunftsfähige Open-Data-Strategie zur zentralen Verwaltung der BAW-Fachdaten über die Metadaten wird ein Metadateninformationssystem (MIS) benötigt, das eine Kernkomponente für eine (Geo-) Dateninfrastruktur der BAW sein wird. Das MIS ermöglicht die

standardkonforme Verwaltung der Metadaten und über standardisierte Schnittstellen den Zugang zu den Daten für Operationen wie beispielsweise Speichern, Aktualisieren, Löschen und Recherche. Für die BAW wurde das MIS InGrid® ausgewählt.

Über die CSW-Schnittstelle können Metadatensätze zu Simulationsdaten in das MIS importiert werden. InGrid® ist in der Lage, einheitliche Beschreibungen der Daten nach dem BAW-Metadatenprofil abzuspeichern. Die angestrebte vollständig automatisierte Erfassung von Metadatensätzen aus dem Modellierungsworkflow wird durch Metadatenimport über die CSW-T Schnittstelle unterstützt.

Im Teilprojekt 2 werden die Anforderungen für eine offene Bereitstellung von Fachdaten und Publikationen auf Basis der aktuellen internationalen und nationalen Rechtslage unter gleichzeitiger Berücksichtigung der gegenwärtigen politischen und gesellschaftlichen Entwicklung aufbereitet. Basierend auf diesen Ermittlungen werden Meilensteine einer Open-Access-Strategie der BAW definiert und mit dem Rechte- und Verwendungskonzept ein Handlungsleitfaden für den rechtssicheren Umgang mit Publikationen und Fachdaten in der BAW erarbeitet. Letzteres bedarf einer Analyse des Ist-Stands aller Publikationsformate und Fachdaten der BAW und deren Kategorisierung in öffentliche bzw. nicht öffentliche Formate.

Mit der Unterzeichnung der „Berliner Erklärung über den offenen Zugang zu wissenschaftlichem Wissen“ setzte die BAW einen Schritt ihrer Open-Access-Strategie um. Auf diesem Bekenntnis zum Open-Access-Gedanken aufbauend, wurde als weiterer Meilenstein die Open-Access-Richtlinie der BAW für Publikationen und Fachdaten verabschiedet. Als Maßnahme dieser Richtlinie wurde das Fachrepositorium für den Wasserbau HENRY zur standardisierten und qualitätsgesicherten offenen Bereitstellung von Publikationen und Fachdaten aufgebaut, welches derzeit rund 4.600 Veröffentlichungen aus dem Bereich Wasserbau beinhaltet.

Die Erhebung des Ist-Stands zur Bereitstellung von Publikationen für den internen sowie für den externen Gebrauch wurde durchgeführt. Im Fokus der Erhebung lag die Darstellung und Beschreibung der vorhandenen Arbeits- und Bereitstellungsprozesse in Bezug auf Fachpublikationen. Für die Forschungsdaten wurden diese Prozesse innerhalb der Wasserbauabteilungen beispielhaft für die BAW erhoben und dargestellt. Auf Basis der Ergebnisse wurde das Rechte- und Verwendungskonzeptes für Publikationen und Fachdaten der BAW in einer ersten Fassung erstellt und durch die Hausleitung eingeführt.

Im Anschluss an die Konzeptionsphase und die Zusammenführung der Ergebnisse aus den beiden Teilprojekten steht die Umsetzung der für die langfristige Sicherstellung dieser Ergebnisse notwendigen organisatorischen und technischen Maßnahmen im Vordergrund.

# Die Bundesanstalt für Wasserbau

- Das Jahr 2017
- Informationsdienstleister für den Wasserbau
- Daten und Fakten
- Anhang

## Das Jahr 2017



Januar

### Wissenschaftsfestival EFFEKTE:

Filmaufnahmen für BAW-Beitrag  
zum Karlsruher Wissenschafts-  
festival EFFEKTE:  
Winterlicher Oberrhein im Januar.

JAN

FEB

MRZ

APR

Februar

### Neuer Leiter der Abteilung Geotechnik

#### Neuer Leiter der Abteilung Geotechnik der BAW:

Dr.-Ing. Jan Kayser tritt  
zum 1. Februar die  
Nachfolge von Herrn  
Dr.-Ing. Michael Heibaum  
an, der nach mehr als  
31 Jahren Tätigkeit in der  
BAW in den Ruhestand  
gegangen ist.



# Das Jahr 2017

## April Deutscher Bautechnik-Tag 2017



**Messestand der BAW beim Deutschen Bautechnik-Tag 2017 am 27./28. April im ICS Stuttgart:**  
Als besonderer Publikumsmagnet wirkte das Schlauchwehrmodell im Zentrum des Standes.

## Mai Neuer Leiter des Referats „Erdbau und Uferschutz“

**Dipl.-Ing. Oliver Stelzer, seit 1. Mai Leiter des Referats „Erdbau und Uferschutz“:**  
Mit Oliver Stelzer übernimmt ein wissenschaftlich ausgewiesener und sehr erfahrener Kollege die vakante Referatsleitung, der die erfolgreiche Arbeit des Referats in Kontinuität fortführen wird.



## Oktober Jazzkonzert in der BAW

**Jazzkonzert in der BAW am 20. Oktober:**  
Eingerahmt wurde das Musikprogramm durch Führungen der BAW in einer ihrer großen Wasserbau-Versuchshallen. Die zumeist fachfremden Gäste zeigten sich beeindruckt von der Kompetenz und Akribie, mit der Projekte, die später an den Bundeswasserstraßen umgesetzt werden sollen, mit Hilfe von wasserbaulichen Modellversuchen vorbereitet werden.

## November Neuer Leiter des Referats „Stahlbau/Korrosionsschutz“

**Dr. rer. nat. Matthias Schmid, seit 1. November Leiter des Referats „Stahlbau/Korrosionsschutz“:**  
Mit Matthias Schmid konnte die BAW einen wissenschaftlich ausgewiesenen Referatsleiter gewinnen, der sich durch großes Engagement und Verantwortungsbewusstsein auszeichnet.



MAI

JUN

JUL

AUG

SEP

OKT

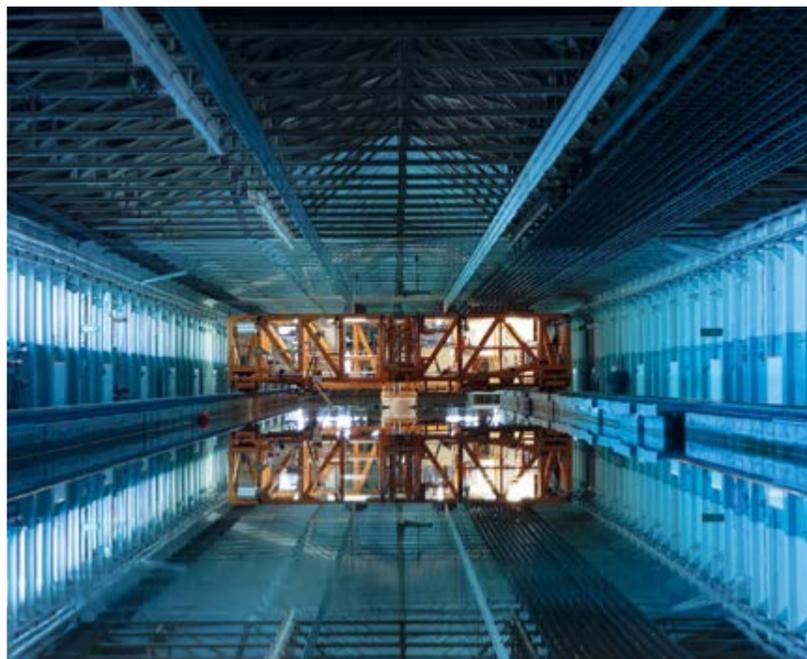
NOV

DEZ

## Juni Modellversuche für Forschungsschiff ATAIR

**Modellversuche für neues BSH-Forschungsschiff ATAIR an der Schiffbauversuchsanstalt Potsdam:**

Das weltweit erste seegängige Behördenschiff mit LNG-Antrieb stammt aus der Feder des Referats Schiffstechnik der BAW. Die ATAIR erfüllt strengste Standards für die Emissionen von Stickoxiden und entspricht den Vorgaben des Umweltzeichens „Blauer Engel“ für umweltfreundliches Schiffsdesign.



## Dezember Kiellegung ATAIR

**Kiellegung ATAIR am 20. Dezember:**  
Mit diesem Akt beginnt die Montage des Schiffsrumpfes. Wie es in der Schifffahrt Tradition ist, wurde bei der Kiellegung der ATAIR eine Münze als Glücksbringer unter die erste Sektion gelegt. Eine Vielzahl von Gästen aus Politik und dem maritimen Sektor wohnten der Zeremonie bei.



## Informationsdienstleister für den Wasserbau

Zum 1. Juli 2017 hat die BAW ihr gesamtes Fachinformationsangebot neu positioniert. Die Verkehrswasserbauliche Zentralbibliothek hat sich zum Infozentrum Wasserbau (IZW) gewandelt. Damit verbunden ist die Etablierung eines umfassend modernisierten digitalen Fachinformationsportals mit einem nochmals deutlich erweiterten Angebotspektrum. Die BAW verfolgt in ihrer Informationsstrategie konsequent den Open-Access Gedanken. Alle digitalen Angebote stehen den Nutzern kostenfrei zur Verfügung. Die BAW hat mit dem Infozentrum Wasserbau für die WSV das derzeit modernste und leistungsfähigste Fachinformationssystem aller deutschen Bauverwaltungen entwickelt. Die verschiedenen Dienste werden monatlich von über 10.000 Menschen genutzt.

### Der Kunde steht im Mittelpunkt

Die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) ist als hochspezialisierte Fachverwaltung auf eine exzellente Informationsversorgung angewiesen. Es ist deshalb nur konsequent, dass ihr ein besonderer Stellenwert bei der Weiterentwicklung unserer Informationsdienstleis-

tungen zukommt. Für die Fach- und Führungskräfte der WSV ist in einem von starkem Wandel und großen fachlichen Herausforderungen geprägten Umfeld eine einfache, schnelle und qualitativ hochwertige Versorgung mit Fachwissen ein wesentliches Unterstützungselement.

„Der offene Zugang zu wissenschaftlichen Arbeiten und Fachinformationen jeglicher Art ist für mich als Wissenschaftler ein großer Gewinn.“

Dr. Roman Weichert  
Leiter des Referats Wasserstraße und Umwelt



# 2017

Strategische Neuausrichtung des Infozentrum Wasserbaus und Erweiterung des Leistungsportfolios

# 2007

Einführung des VZB-Portal,  
Angebot digitaler Dienstleistungen

**VZB**  
Verkehrswasserbauliche  
Zentralbibliothek

Kontinuierliche Anpassung  
und Weiterentwicklung der VZB



Voranschreitende Digitalisierung,  
hohes Aufkommen an Daten  
und politische Zielerreichungen



### HENRY – Ein Fachrepositorium für den Wasserbau

Ein Highlight des neuen IZW ist die Etablierung des weltweit ersten Fachrepositoriums für den Wasserbau. Mit HENRY (Hydraulic Engineering Repository) hat die BAW ein Fachrepositorium entwickelt, um künftig Publikationen mit ihren beschreibenden Metadaten zum Thema Wasserbau im Open Access zu veröffentlichen und die Bereitstellung auf lange Zeit zu sichern. Durch

das Repositorium wird der Zugang zu den Volltexten der wissenschaftlichen Publikationen von Beschäftigten der BAW zum Thema Wasserbau geschaffen. Zusätzlich haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler anderer nationaler und internationaler Einrichtungen die Möglichkeit, Publikationen aus dem Bereich Wasserbau im Repositorium zu veröffentlichen.

# Daten & Fakten

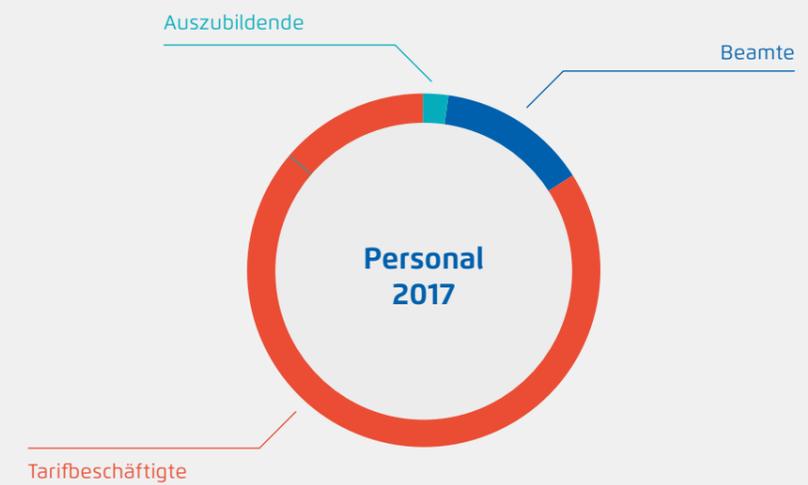
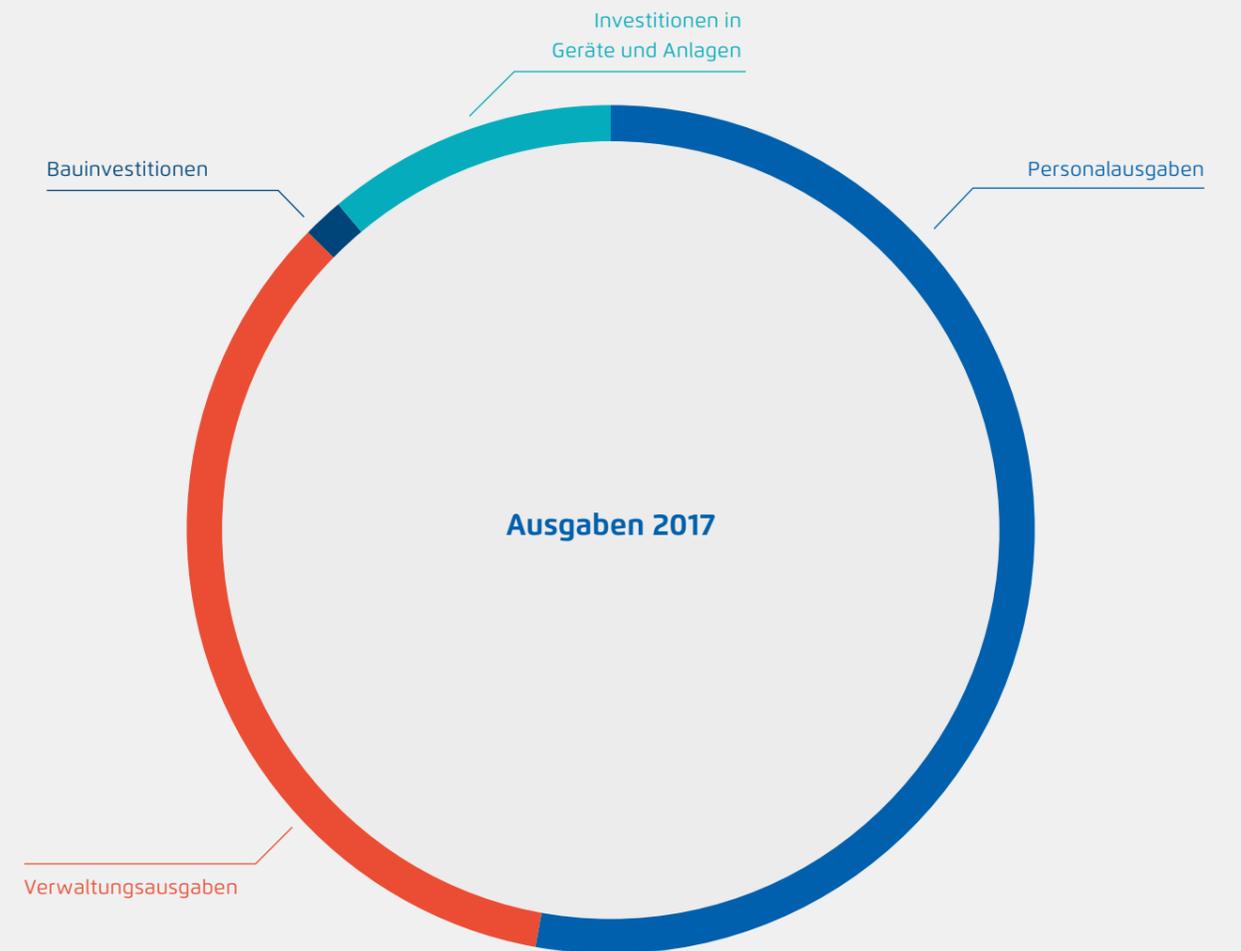
## Ausgaben und Einnahmen

	2015	2016	2017
Personalausgaben	24.552.687 €	23.799.864 €	27.297.053 €
Verwaltungsausgaben	14.835.645 €	17.588.224 €*	17.700.927 €*
Bauinvestitionen	334.005 €	801.107 €	743.721 €
Investitionen in Geräte und Anlagen	6.037.620 €	2.799.367 €*	5.717.005 €
Informations- und Kommunikationstechnik	1.179.770 €	–	–
<b>Gesamtausgaben</b>	<b>46.939.727 €</b>	<b>46.968.526 €</b>	<b>51.458.706 €</b>
<b>Einnahmen aus Drittmittelprojekten</b>	<b>2.456.852 €</b>	<b>1.980.507 €</b>	<b>2.602.323 €</b>

\*) inklusive Ausgaben für Informations- und Kommunikationstechnik nach Umstellung gemäß MHR ab 2016

## Personal

	2015	2016	2017
Beamte	58	59	60
Tarifbeschäftigte*	335	357	364
Auszubildende	13	14	10
<b>Beschäftigte gesamt</b>	<b>406</b>	<b>430</b>	<b>434</b>
*davon befristet Beschäftigte (ohne Auszubildende)	69	90	93



# Daten & Fakten



**280**  
TÄTIGKEITEN IN AUSSCHÜSSEN



**14**  
LEHRAUFTRÄGE



**9**  
KOLLOQUIEN & AUSSPRACHETAGE



**4**  
PROMOTIONEN

**Maltidis, Georgios**  
Seismic soil- and water-structure interaction of navigation locks

**Platzek, Frank**  
Accuracy and efficiency in numerical river modelling: investigating the large effects of seemingly small numerical choices

**Ruppert, Johannes**  
Möglichkeiten der quantitativen Korrosionsvorhersage für Baustähle in Gewässern mittels einer elektrochemischen Messzelle

**Turner, Katrin**  
Ganzheitliche Betrachtung zur Ermittlung der Mindestbewehrung für fugenlose Wasserbauwerke



**143**  
VERÖFFENTLICHUNGEN  
UND VORTRÄGE



**120**  
FORSCHUNGSVORHABEN  
IN 2017 BEENDET: 22  
AKTIV: 98

## Veranstaltungen 2017

	Anzahl	Teilnehmer
Kolloquien	6	511
Aussprachetage	3	166
<b>Insgesamt</b>	<b>9</b>	<b>677</b>

# Anhang

**BAW**online – mit den digitalen Angeboten der BAW haben Sie Zugriff auf das geballte Wissen rund um den Verkehrswasserbau der letzten Jahrzehnte bis heute. [www.baw.de](http://www.baw.de)



## Veranstaltungen

Weitere Informationen finden Sie unter



[www.baw.de/DE/service\\_wissen/veranstaltungen/  
veranstaltungen.html](http://www.baw.de/DE/service_wissen/veranstaltungen/veranstaltungen.html)

## Veröffentlichungen & Vorträge

Weitere Informationen finden Sie unter



[www.baw.de/DE/service\\_wissen/publikationen/  
publikationen.html](http://www.baw.de/DE/service_wissen/publikationen/publikationen.html)

## Mitarbeit in Ausschüssen

Weitere Informationen finden Sie unter



[www.baw.de/DE/die\\_baw/netzwerk/ausschuesse\\_arbeitsgruppen/ausschuesse\\_arbeitsgruppen.html](http://www.baw.de/DE/die_baw/netzwerk/ausschuesse_arbeitsgruppen/ausschuesse_arbeitsgruppen.html)

## Forschung und Entwicklung

Weitere Informationen finden Sie unter



[www.baw.de/DE/service\\_wissen/forschung\\_entwicklung/forschung\\_entwicklung.html](http://www.baw.de/DE/service_wissen/forschung_entwicklung/forschung_entwicklung.html)

## Aktuelle Kooperationspartner

Weitere Informationen finden Sie unter



[www.baw.de/DE/die\\_baw/netzwerk/kooperationspartner/kooperationspartner.html](http://www.baw.de/DE/die_baw/netzwerk/kooperationspartner/kooperationspartner.html)

## Social Media Kanäle

Weitere Informationen finden Sie unter



[www.baw.de/DE/presse/social\\_media/social\\_media.html](http://www.baw.de/DE/presse/social_media/social_media.html)

# Impressum

Herausgeber (im Eigenverlag):  
Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)  
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe  
Postfach 21 02 53, 76152 Karlsruhe  
Telefon: +49 (0) 721 9726-0  
Telefax: +49 (0) 721 9726-4540  
E-Mail: info@baw.de, www.baw.de



Creative Commons BY 4.0  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Soweit nicht anders angegeben, liegen alle Bildrechte bei der BAW.  
Übersetzung, Nachdruck oder sonstige Vervielfältigung – auch aus-  
zugsweise – ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

ISSN 2190-9156  
© BAW 2018

Fotonachweis:  
Seite 4: WTM ENGINEERS GmbH, Hamburg  
Seite 14/15: Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Braunschweig  
Seite 36: Busakorn Pongparnit/ Moment/Getty Images  
Seite 48: Floral Deco/Shutterstock.com  
Seite 49 oben: © Zeeh Design, unten: iStock.com/Tomml  
Seite 50 oben: hxdbzxy/Shutterstock.com, unten: iStock.com/mediaphotos  
Seite 51 unten: Bloomicon/Shutterstock.com

