

20

20

Geschäftsbericht der BAW

Ressortforschung für wissenschaftsbasierte Politikberatung

Liebe Leserin, lieber Leser,

die öffentliche Wahrnehmung wissenschaftsbasierter Politikberatung hat durch die Corona-Pandemie einen deutlichen Schub bekommen. Prominentes Beispiel ist das Robert-Koch-Institut, das seit Pandemiebeginn täglich in den Medien präsent ist. Als eine Ressortforschungseinrichtung des Bundes berät das RKI die Bundesregierung und schafft damit wichtige wissenschaftliche Grundlagen für die politischen Beschlüsse von Bund und Ländern zum Umgang mit der Pandemie. Diese Beratung erfolgt wissenschaftlich unabhängig, das heißt frei von politischer Einflussnahme. Auch andere Ressortforschungseinrichtungen sind an der Politikberatung zur Bekämpfung dieser Pandemie intensiv beteiligt, so z. B. das Paul-Ehrlich-Institut, das Bundesinstitut für Risikobewertung oder die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Das interdisziplinäre Zusammenwirken der einzelnen Einrichtungen auf der Grundlage eines gemeinsamen Verständnisses von Ressortforschung schafft hier einen deutlichen Mehrwert im Sinne einer Politikberatung aus einem Guss.

Auch andere gesellschaftliche Herausforderungen, wie z. B. der Umgang mit dem Klimawandel, können nur fachübergreifend und durch das Zusammenwirken von Wissenschaft, Politik und Gesellschaft bewältigt werden. Seit mehr als 10 Jahren beschäftigen wir uns in der Bundesanstalt für Wasserbau mit den Folgen des Klimawandels für die Wasserstraßen, und dies im Verbund mit drei anderen wissenschaftlichen Einrichtungen im Geschäftsbereich des Bundesverkehrsministeriums, namentlich mit dem Deutschen Wetterdienst, der Bundesanstalt für Gewässerkunde und dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. Erstmals im Jahr 2009 haben wir uns dazu im Forschungsprogramm KLIWAS zusammengeschlossen. Seit 2016 setzen wir diese Forschungsaktivitäten im Rahmen des BMVI-Expertennetzwerks fort, das derzeit eine Laufzeit bis zum Jahr 2025 hat. Parallel dazu haben wir in den Jahren 2017 bis 2019 auch im Pilotprojekt ProWaS zusammengearbeitet, ein erster Schritt zum Aufbau eines



operationellen staatlichen Vorhersage- und Projektionsdienstes „Klima und Wasser“, der im Rahmen der „Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (DAS) entwickelt werden soll. Dieser Dienst dient nicht allein für die Beantwortung verkehrsbezogener Fragestellungen an den Wasserstraßen. Auch Politik, Unternehmen und Zivilgesellschaft können künftig von dem operationellen Datendienst profitieren, ihre jeweiligen klimabedingten Betroffenheiten analysieren und auf dieser Grundlage Entscheidungen über notwendige Anpassungsmaßnahmen treffen.

Und noch eines hat der Umgang mit der Corona-Pandemie eindrücklich bestätigt: Akzeptanz in der Bevölkerung für neue wissenschaftliche Erkenntnisse ist nur möglich, wenn sie glaubhaft sind, umfassend transparent gemacht und verständlich erklärt werden. Dies stellt hohe Anforderungen an die Wissenschaftskommunikation, die weit über die für eine Wissenschaftseinrichtung üblichen Publikationen in Fachzeitschriften und Proceedings hinausgehen. Derzeit arbeiten wir in der BAW an einer neuen Publikationsstrategie, die die unterschiedlichen Nutzergruppen noch besser in den Blick nimmt. Dabei spielen neben dem Fachpublikum auch die interessierte Öffentlichkeit eine wichtige Rolle. Nur wenn es uns gelingt, die hohe Qualität unserer wissenschaftsbasierten Beratungsleistungen zu vermitteln, schaffen wir die Voraussetzungen für die erfolgreiche Umsetzung komplexer Wasserstraßeninfrastrukturprojekte.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Dr. Christoph Heinzelmann". The signature is fluid and cursive.

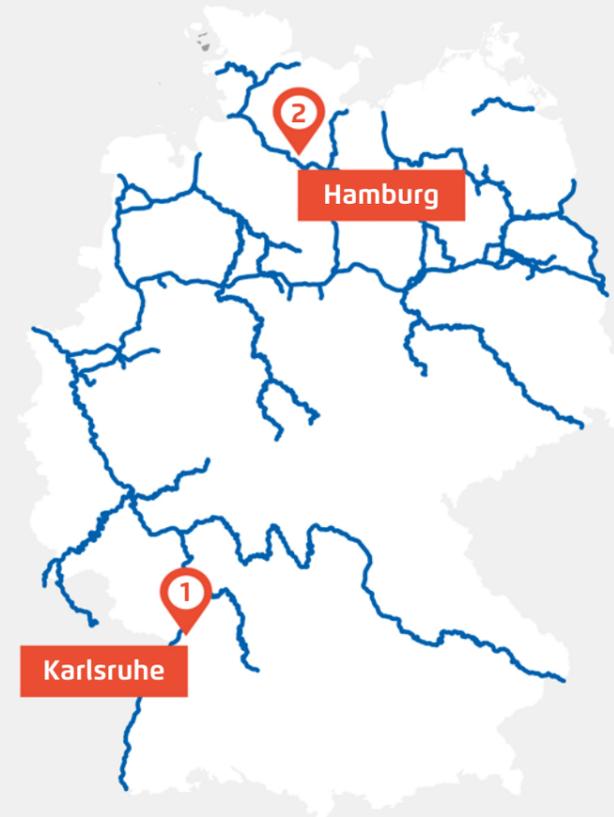
Prof. Dr.-Ing. Christoph Heinzelmann
Leiter der Bundesanstalt für Wasserbau

Karlsruhe, im Mai 2021

Organigramm 2020

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

Standorte und Projekte



687

WSV / BMVI Aufträge aktiv
+ 70 Aufträge, die in 2020 abgeschlossen wurden = 757

112

FuE aktiv
+ 10 FuE, die in 2020 abgeschlossen wurden = 122

50

Drittaufträge aktiv
+ 10 Drittaufträge, die in 2020 abgeschlossen wurden = 60

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

Inhalt



Ein langer Weg mit großen Chancen



Interdisziplinäre Zusammenarbeit
für wegweisende Konzepte



Technisch-biologische Ufersicherung für
stabilen Uferschutz und ökologische Aufwertung

4	Fachkompetenz im Bauwesen Beitrag von Prof. Dr.-Ing. Hans-Heinrich Witte, Präsident der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt
6	Verkehrsinfrastruktur und Digitalisierung Ein langer Weg mit großen Chancen
14	Zuverlässige Wehranlagen Interdisziplinäre Zusammenarbeit für wegweisende Konzepte
22	Naturnahe Ufer in Ästuaren Technisch-biologische Ufersicherung für stabilen Uferschutz und ökologische Aufwertung

30	Ausgewählte Forschungs- und Entwicklungsprojekte
30	Frostwiderstand zementgebundener Baustoffe
32	Ermittlung von Festigkeits- und Steifigkeits- parameter veränderlich-fester Gesteine am Beispiel eines Tonsteins
34	Fluid-Struktur-Wechselwirkung im Stahlwasserbau
36	Referenzdaten zur Geomorphologie, Sedimentologie und Hydrodynamik der Deutschen Bucht (EasyGSH-DB)

38	Die Bundesanstalt für Wasserbau
39	Das Jahr 2020
46	mFUND – Treiber für die Digitalisierung
48	Daten und Fakten
52	Anhang
57	Impressum



ZUR PERSON:

Prof. Dr.-Ing. Hans-Heinrich Witte, Präsident der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, Bonn. In den Jahren 1999 bis 2005 war er Leiter der Bundesanstalt für Wasserbau.

Fachkompetenz im Bauwesen

Prof. Dr.-Ing. Hans-Heinrich Witte
Präsident der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt

Gesellschaftliches Miteinander ist immer auf Regeln und Normen angewiesen. Im Idealfall werden diese als verbindendes Element gemeinschaftlich aufgestellt und als tragende Säule verstanden, regelmäßig überprüft und fortgeschrieben.

Neben rein technischen Normen spielen bei der Planung und Umsetzung von Infrastrukturmaßnahmen immer auch gesellschaftliche und Rechtsnormen eine wesentliche Rolle. Ein Beispiel für Letztere ist, den adäquaten Ausgleich zwischen den Eingriffen für die berechtigten Nutzungen der Vorhabensträger aus gesellschaftlichen

und wirtschaftlichen Interessen mit denen der Natur sowie zahlreicher weiterer Belange zu erreichen.

Während die einschlägigen Rechtsnormen in einem geregelten Verfahren stetig fortgeschrieben werden, unterliegen die gesellschaftlichen Normen auch den Schwankungen des Zeitgeistes. Welches Spannungsfeld sich dabei im Zusammenhang mit der Umsetzung von Infrastrukturmaßnahmen trotz gemeinsam parlamentarisch erarbeiteter Ziele auf tun kann, ist uns nicht erst seit den Diskussionen um Großprojekte wie Stuttgart 21 bewusst.

Die Entwicklungen der letzten Jahrzehnte zeigen, dass sich die öffentliche Hand mehr und mehr gesellschaftlicher Kritik und Überprüfungsbegehren stellen muss. Der Anspruch der Interessensvertretungen führt oft bis in gerichtliche Instanzen.

Die nunmehr kurz vor der Fertigstellung stehende Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe für 14,5 m tiefgehende Containerschiffe ist ein Beispiel für eine solche intensive und zeitaufwendige Diskussion. Mit dem positiven Urteil des Bundesverwaltungsgerichts nach über 18 Jahren Planungs- und Genehmigungsdauer sowie Gerichtsprozessen wurde im vergangenen Jahr abschließend über die Zulässigkeit des Projektes entschieden.

Einen großen Teil der gerichtlichen Auseinandersetzung nahm die Diskussion um die korrekte Bewertung der Vorhabenswirkungen ein. Die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) hat sich hierzu seit Beginn der Planungen auf die Expertise der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) gestützt. Die besondere, international anerkannte Erfahrung und lange Tradition der BAW im Verkehrswasserbau tidebeeinflusster Wasserstraßen, die Kompetenz im Umgang mit Genehmigungsvorhaben und die gesicherte langjährige Begleitung des Vorhabensträgers WSV durch die Bundesoberbehörde waren Grundpfeiler, die sich bewährt haben. In Rechtsverfahren, wie bei der Fahrrinnenanpassung, ist die Kontinuität der Expertise und die Konsistenz der Aussagen von entscheidender Bedeutung.

Insbesondere in dem dynamischen Naturraum der Ästuarie können aber auch tatsächliche Veränderungen bewirken, dass bestimmte Erkenntnisse als überholt anzusehen sind und für weitere Prüfungen und rechtliche Bewertungen unter Umständen keine verlässliche Grundlage mehr bilden.

Hier hat die BAW bewiesen, dass ihre Gutachten zu den hydro- und morphodynamischen Auswirkungen des Vorhabens, die das Fundament aller weiteren Fachgutachten und letztlich der konkreten Ausführung bildeten, den vielfältigen rechtlichen Ansprüchen in Umfang und Qualität der Aussagen vollständig gerecht wurden. Nach Jahren des Verfahrensverlaufs können die prognostischen Aussagen, die auf der Basis von Modellrechnungen zusammen mit wasserbaulicher Systemanalyse erarbeitet wurden, auch heute plausibel nachvollzogen werden.

Zugleich unterstützt die BAW als technisch-wissenschaftliche Bundesoberbehörde auch nach Umsetzung der Fahrrinnenanpassung ganz maßgeblich bei der Einhaltung der Vorgaben des Planfeststellungsbeschlusses. Mit ihrem

Praxisbezug und der Präsenz vor Ort ist der zielorientierte Aufbau eines Handlungskonzeptes für ein optimiertes Monitoring zur Sicherung der strombaulichen Wirkungen gemeinsam mit der Ausführungsebene ein besonderes Anliegen der BAW. Die Modellierungsmöglichkeiten der BAW nach neuestem Standard bilden auch hier wiederum eine wichtige Beurteilungsgrundlage.

Damit ist die Bundesanstalt für Wasserbau über den gesamten Prozess eines komplexen verkehrswasserbaulichen Großvorhabens in allen Stationen die wesentliche fachwissenschaftliche Stütze der ausführenden Verkehrsverwaltung. Durch wissenschaftliche Forschung, ständige Weiterentwicklung und internationalen Austausch, aber auch durch die gleichzeitige Nähe zur Praxis wird sie dabei allen heutigen Ansprüchen gerecht.

„Damit ist die Bundesanstalt für Wasserbau über den gesamten Prozess eines komplexen verkehrswasserbaulichen Großvorhabens in allen Stationen die wesentliche fachwissenschaftliche Stütze der ausführenden Verkehrsverwaltung.“

Prof. Dr.-Ing. Hans-Heinrich Witte

Das weiß nicht nur ich als ehemaliger Leiter der Bundesanstalt für Wasserbau zu schätzen. Auch in den öffentlichen Dialogformaten, die es z. B. seit dem Jahr 2013 an der Elbe gibt, wird auf die Expertise der BAW vertraut: obwohl in den Gerichtsverfahren zur Fahrrinnenanpassung von vielen Seiten angegriffen, vertraut man unter den gleichen Akteuren für hydromorphologische Aussagen zu Strombaumaßnahmen, die in Foren mit mehr als 50 Stakeholdern aus der Region, Ministerien, Gemeinden, Naturschutz, Wirtschaft, Landwirtschaft, Fischerei und Freizeit diskutiert werden, auf die Fachkunde der BAW. Dies zeigt einmal mehr, wie verlässlich die Arbeit der BAW ist, aber auch welche großen Herausforderungen sich die BAW in diesem Spannungsfeld stellen muss.

In den Verfahren zur Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe hat die BAW die Herausforderungen mit Bravour gemeistert. Hierfür sage ich meinen ganz persönlichen, herzlichen Dank!

Verkehrsinfrastruktur und Digitalisierung

Ein langer Weg mit großen Chancen

Die Digitalisierung der Planungs-, Bau-, Betriebs- und Unterhaltungsprozesse an den Bundeswasserstraßen ist eine gewaltige Aufgabe. Das größte Wasserstraßennetz der Europäischen Union mit einem Bauwerksbestand von rund 50.000 Objekten und aktuell über 1.000 laufenden Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen stellt an alle Beteiligten hohe Anforderungen.

Der digitale Wandel verändert die Voraussetzungen für Wachstum, Wohlstand und die Arbeit von morgen. Er betrifft sämtliche Lebensbereiche und Branchen, Wertschöpfungs- und Prozessketten. Auch für die Verkehrsinfrastruktur ist diese Entwicklung Chance und Herausforderung zugleich. Für Planung, Bau, Betrieb und Unterhaltung bieten digitale Technologien enorme Potenziale, was Qualität, Schnelligkeit und Wirtschaftlichkeit angeht.

Die WSV ist eine der größten Bauverwaltungen Europas. Die Ausgaben für Bauunterhaltung und Bauinvestitionen betragen allein im Jahr 2018 1,2 Mrd. Euro. Im Bundesverkehrswegeplan bis 2030 sind insgesamt 21 Mrd. Euro für Investitionen in den Bereichen Neubau und Erhaltung vorgesehen. Die erfolgreiche Digitalisierung im Verkehrswasserbau unterstützt das schnellere Planen, das bessere Bauen und das wirtschaftlichere Betreiben der Infrastruktur. Für das Management der Wasserstraßen bedeutet das einen gewaltigen Entwicklungsschub, der sich auf einen Bestand von vielen Tausend Bauwerken, Hunderten laufenden Bauprojekten und Dutzenden Genehmigungsverfahren jährlich auswirkt.

Eine Reihe aktueller Bauprojekte mit erheblichen Kosten, wie beispielsweise Stuttgart 21 oder der Berliner Flughafen BER, werfen die Frage auf, ob und inwieweit es strukturelle Defizite bei Planung und Realisierung gibt. In der Presse und Öffentlichkeit wird zunehmend die Fähigkeit von Politik, Verwaltung und Wirtschaft angezweifelt, Großprojekte erfolgreich (d. h. termin-, kosten- und qualitätsgerecht) durchzuführen.

Die konsequente Digitalisierung von Planung, Bau und Betrieb wurde im Endbericht der Reformkommission Bau von Großprojekten des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) als ein Schlüssel für die schnellere, qualitativ bessere und wirtschaftlichere

Realisierung von großen Infrastrukturprojekten identifiziert. Auf dieser Grundlage entwickelte das BMVI einen „Stufenplan Digitales Bauen“ für die landgebundenen Verkehrsträger. Die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) etablierte in der Folge BIM-Pilotprojekte (Building Information Modeling) für verschiedene Bauvorhaben, aus dem die Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS) die „BIM-2030“-Strategie ableitete. Die bisherige Entwicklung zeigt aber deutlich, dass die Potenziale der Digitalisierung im Baubereich weit über die im Rahmen von BIM bearbeiteten Themen hinausgehen.

Erfolgreiche Digitalisierung: Konzepte und Strategien

Die WSV arbeitet bereits heute in vielen Bereichen mit leistungsfähigen und zukunftsorientierten IT-Technologien. Für den Erhalt einer zuverlässigen Wasserstraßeninfrastruktur in den kommenden Jahren wird die Digitalisierung einen entscheidenden Beitrag leisten. Deshalb hat die GDWS in Abstimmung mit dem BMVI die BAW und das Informationstechnikzentrum Bund (ITZBund) beauftragt, für Planung, Bau, Betrieb und Unterhaltung der baulichen Infrastruktur an den Bundeswasserstraßen Empfehlungen zur Digitalisierung zu erarbeiten. Dabei wurden Vorschläge für eine umfassende Digitalisierungsstrategie der Planungs-, Bau- und Betriebsaufgaben der WSV entwickelt, in die auch die Erfahrungen und Ansichten von Fachleuten aus Verwaltung, Wissenschaft und Praxis eingeflossen sind. Die empfohlenen Maßnahmen formulieren einen fachlichen und organisatorischen Rahmen für die digitale Entwicklung in der WSV in den nächsten Jahre, der durch maßnahmenbezogene Konzepte unteretzt und ausgestaltet werden kann. Entstanden ist das Papier in einem intensiven Diskussionsprozess mit einer Vielzahl von Expertinnen und Experten. Hier eine exemplarische Auswahl wesentlicher Statements:

Dr. Daniel Forsmann (Deutsche Bahn)

„Ziel ist es, zunächst durch Verknüpfung und Vernetzung ein digitales Grundlevel zu erreichen.“

Dr. Odilo Schoch (ETH Zürich)

- „Der Bauherr selbst muss BIM verstehen, damit es ihm etwas nützt.“
- „Die Durchgängigkeit im Prozess muss gewährleistet sein. Es darf keine Medienbrüche geben.“

Prof. Carolin Bahr, Prof. Michael Korn (STEINBEIS)

- „Selbst Unikate werden mit den immer gleichen Prozessen gebaut.“
- „Der Wissensaustausch über die gemachten Erfahrungen muss institutionalisiert werden.“
- „Erkenntnisse müssen für zukünftige Projekte genutzt werden. Parallel hierzu muss der Leitgedanke für Durchgängigkeit formuliert und institutionalisiert werden.“

Dr. Ulrich Jäppelt (WTM-Engineers)

- „Die Einführung von BIM ist ein klassischer Change-Management-Prozess. Es bedarf permanenter Betreuung der Beschäftigten.“

Eine erfolgreiche Digitalisierung braucht klare Ziele im Sinne eines strategischen Rahmens. Für das Infrastrukturmanagement der Wasserstraßen wurden folgende Ziele definiert:

- Die Prozesse und die IT-Systeme sind standardisiert und deren Nutzung ist verbindlich.
- Die WSV nutzt qualitätsgesicherte und strukturierte digitale Daten in standardisierten IT-Systemen.
- Gemeinsame digitale Daten sind die Grundlage des gemeinsamen Arbeitens für alle Beteiligten im Bauprozess.
- Die Digitalisierung umfasst den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken (Planen, Bauen, Betreiben und Unterhalten).
- Die Arbeitskultur fördert Motivation und Engagement für die Digitalisierung.
- Die Leitung der WSV schafft die Rahmenbedingungen für die Digitalisierung.



Bild 1: Eine Reihe von Maßnahmen, die in dem Masterplan „Planen Bauen und Betreiben der Wasserstraßeninfrastruktur“ formuliert wurden, gingen 2020 von der Konzeptions- in die Realisierungsphase

Die Brücke von der strategischen zur operationellen Ebene bilden vier Handlungsfelder, als Basis für konkrete Maßnahmen.

• **Menschen:**

Die Digitalisierung ist nur möglich, wenn der Mensch in den Mittelpunkt gestellt wird. Alle am Bauprozess beteiligten Personen müssen so früh wie möglich einbezogen und befähigt werden, die Werkzeuge, die ihnen die Digitalisierung bietet, zielbringend einsetzen zu können.

• **Daten:**

Daten und Informationen sind die Grundlage jeder Entscheidung in einer Organisation. Nur mit qualitativ hochwertigen Daten, die zum richtigen Zeitpunkt für die jeweilige Person zur Verfügung stehen, können richtige Entscheidungen getroffen werden.

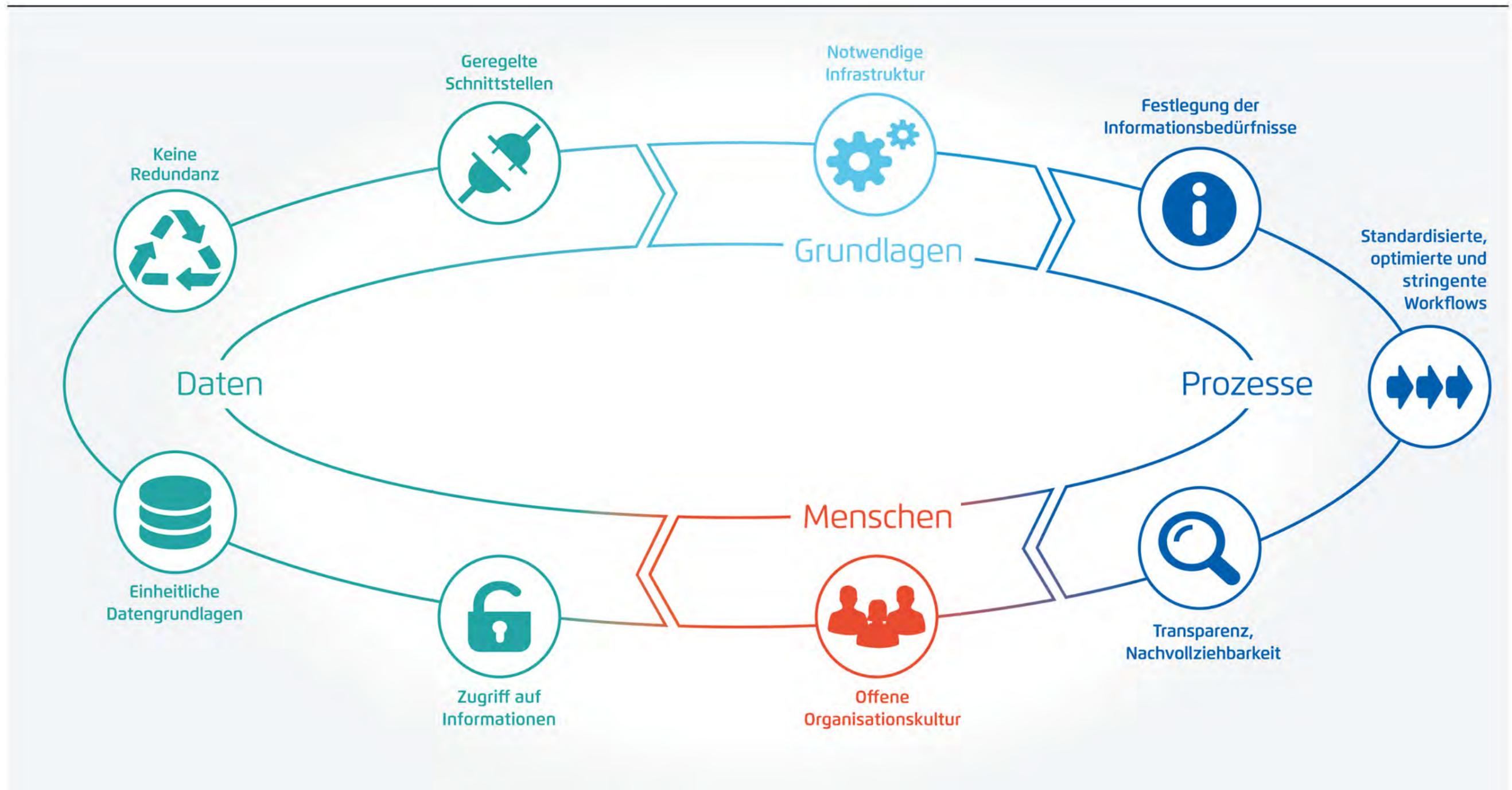
• **Prozesse:**

Prozesse beschreiben die erforderlichen Schritte zur Erbringung aller Leistungen einer Organisation. Digitalisierung kann Prozesse, u. a. durch die Bereitstellung von Informationen, unterstützen. Um die Informationsbedürfnisse sowie die Informationsquellen zu kennen, müssen alle Prozesse bekannt und definiert sein und von den Personen gelebt werden.

• **Grundlagen:**

Ohne Bereitstellung einer zeitgemäßen IT-Infrastruktur und der Schaffung des benötigten rechtlichen Rahmens kann die Vision nicht erreicht werden.

Bild 2:
Nutzerorientierte Informationsbereitstellung in hoher Qualität



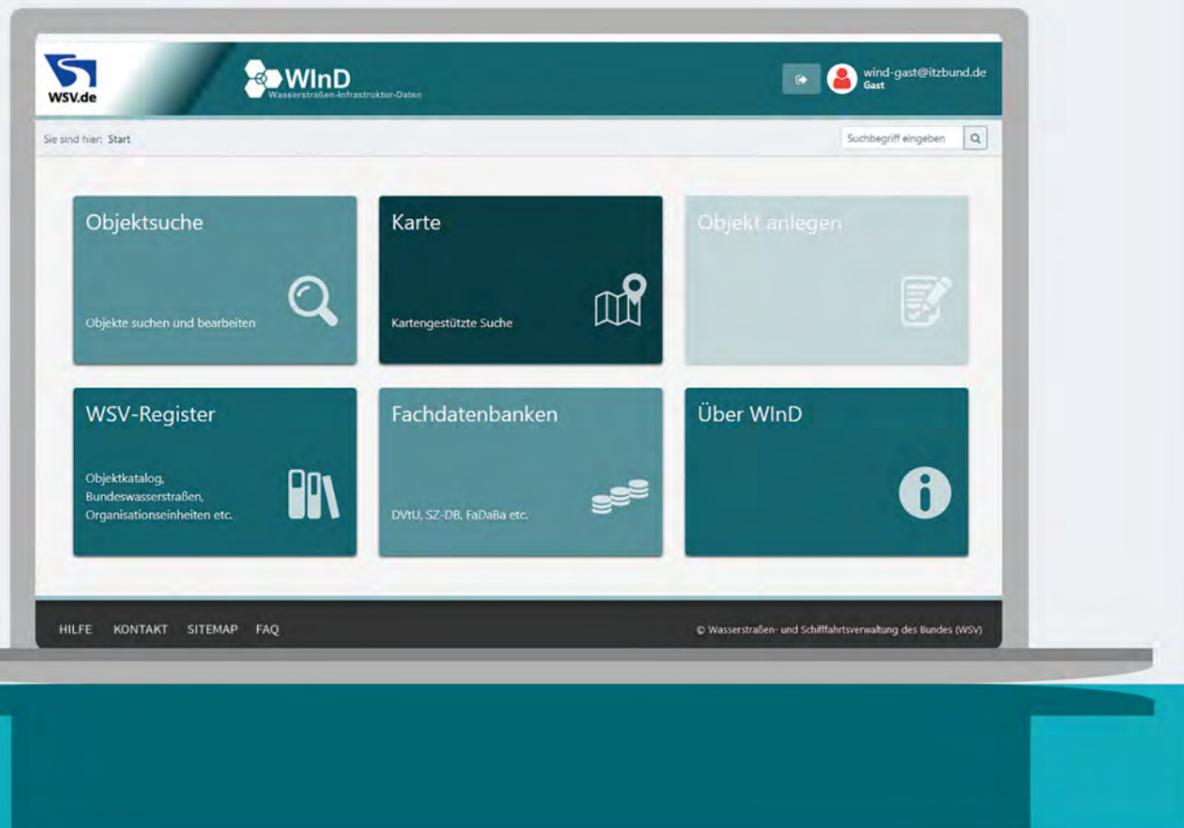


Bild 3: Anfang 2020 wurde die Datenbank WInD (Wasserstraßen-Infrastruktur-Daten) in Betrieb genommen

Prägend für konkrete Maßnahmenempfehlungen ist ihre Vernetztheit im Sinne eines ganzheitlichen digitalen Entwicklungsprozesses.

Die WSV hat mittlerweile einen **Masterplan Wasserstraßen Digitales Planen, Bauen und Betreiben** formuliert. Eine ganze Reihe der darin formulierten Maßnahmen sind bereits aus der Konzeptions- in die Realisierungsphase getreten. Die BAW ist an vielen dieser Vorhaben aktiv beteiligt.

In der WSV besteht ein großer Bedarf an qualitativ hochwertigen, flächendeckenden Infrastrukturdaten. Eine hohe Datenqualität ist die Voraussetzung für eine sinnvolle Nutzung der Daten. Ziel ist daher ein hohes Datenqualitätsniveau, das durch geeignete Mechanismen und Methoden verfolgt werden muss. Eine weitere wichtige Rolle spielt die systemübergreifende Nutzung der Daten. Sollen z. B. bautechnische Informationen mit Zustandsdaten verknüpft werden, müssen in den entsprechenden Systemen einheitliche Objekte und Objektstrukturen berücksichtigt werden.

WInD – das digitale Fundament des neuen WSV-Objektmanagements

Mit WInD (Wasserstraßen-Infrastruktur-Daten) wurde Anfang 2020 eines der im Masterplan verankerten bedeutendsten Digitalisierungsvorhaben der WSV in Betrieb genommen.

Die BAW verantwortet die Gesamtprojektleitung und hat die konzeptionellen Grundlagen für das System geschaffen. WInD ist das neue digitale Objektkataster der WSV und bildet künftig das digitale Fundament des Objektmanagements für die Bundeswasserstraßen. Im Zentrum steht die WInD-Datenbank. Sie enthält die Grunddaten der rund 50.000 baulichen Anlagen der WSV. Ergänzt wird die WInD-Datenbank durch ein modular aufgebautes System von Fachdatenbanken mit Detailinformation des komplexen Bauwerksbestandes der Bundeswasserstraßen, das eine hohe Flexibilität und Durchgängigkeit des Datenmanagements gewährleistet. WInD ist für die WSV ein Meilenstein für das digitale Management des Bauwerksbestands.

Das Objektkataster bietet:

- Eine komfortable, benutzerfreundliche Oberfläche zur Dateneingabe und Objektsuche.
- Eine Kartendarstellung zur räumlichen Suche mit wählbaren Hintergrundkarten.
- Ein Benachrichtigungssystem, das den Anwender über wichtige Bearbeitungsschritte informiert.
- Einen Arbeitsbereich, der den Anwender bezüglich der Datenpflegeprozesse in WInD auf dem Laufenden hält.
- Den Zugriff auf WSV-Kataloge (darunter den Objektkatalog, das Verkehrsnetz u. v. m.) – lesbar für Mensch und Maschine.

Effizientere Prozesse durch eine neue IT-Architektur

Das Konzept hinter WInD sieht eine Neustrukturierung des bisherigen Objektkatasters vor, verbunden mit einer grundlegenden Umgestaltung der Verwaltung von Objektinformationen.

Die Konzeption baut auf folgenden Leitgedanken auf:

- Klare Trennung zwischen Objektverwaltung in WInD und Fachdatenverwaltung in den verschiedenen WInD-Fachdatenbanken.
- Reduzierung der in der WInD-Datenbank geführten Daten auf Daten zur eindeutigen Identifikation, zu Bezeichnung und Lage sowie zu Fragen des Eigentums und der Unterhaltung, der Prüfpflicht und des Baujahrs.
- WInD bildet das verbindliche Basissystem hinsichtlich Objekt- und Objektteilidentifizierung für alle relevanten IT-Verfahren und Fachdatenbanken.
- Zentralisierung der Katalogverwaltung für übergeordnete Ordnungssysteme für alle relevanten WSV-IT-Verfahren.
- WInD und die Fachdatenbanken werden Bestandteile einer serviceorientierten IT-Architektur.

Die in WInD definierten Objektstrukturen für baulich komplexe Objektarten werden in andere IT-Verfahren überführt, die weiterführende objektbezogene Daten verwalten (z. B. Zustandsdaten). Dies hat eine Harmonisierung der Objektstrukturen in den IT-Verfahren zum Ziel und ermöglicht die Verknüpfung von Informationen zwischen den Verfahren.

Durch WInD wird ein hoher fachlicher und wirtschaftlicher Nutzen für die WSV erzielt:

- WInD schafft eine Grundlage zur nachhaltigen Verbesserung der Datenqualität der Wasserstraßen-Infrastruktur-Daten.
- Die verbesserte Datenqualität aus WInD wird als Basis für alle angebotenen IT-Verfahren und Fachdatenbanken sichtbar sein.
- WInD reduziert die Notwendigkeit redundanter Datenhaltung in vielen IT-Systemen der WSV drastisch.

Die BAW will mit ihrem intensiven Engagement in Sachen Digitalisierung dazu beitragen, dass sich die Wasserstraßen in jeder Hinsicht als zukunftsfähige Verkehrsträger entwickeln können. Mit einem Infrastrukturmanagement, das technisch auf der Höhe der Zeit und an der Spitze der Entwicklung ist.

Die drei grundlegenden Eckpunkte des Architekturmodells des neuen Objektkatasters sind:

Basis- und Fachmodelle

Das neue Objektkataster enthält das WInD-Basismodell und die verschiedenen Fachmodelle. Das WInD-Basismodell ist das Datenmodell zur Aufnahme der Grunddaten, also Daten zur eindeutigen Identifizierung der Objekte (z. B. Bezeichnung, Lage, Informationen zu Eigentum und Unterhalt), die für alle Objektarten gleich sind. Die Fachmodelle ergänzen die Grunddaten um die jeweiligen fachspezifischen Informationen und ermöglichen so einen modularen Aufbau der WInD-Anwendung.

Schichtenmodell

Die grundlegende Struktur von WInD stellt sich wie folgt dar:

- Datenhaltungsschicht: Speicherung der Daten in einem relationalen Datenbanksystem.
- Datenzugriffsschicht: Objektrelationale Abbildung der Daten.
- Anwendungsschicht: Steuerung und Geschäftslogik.
- Präsentationsschicht: Aufbereitung und Präsentation für unterschiedliche Plattformen.

Versionierung des Datenmodells

Das Datenmodell bietet aufgrund der schemabasierten Beschreibung der Datenmodelle die Möglichkeit der Versionierung. Neue Versionen entstehen z. B. durch das Hinzufügen, Ändern oder Entfernen von Informationen im Datenmodell. Um Probleme mit externen Anwendungen zu vermeiden, wird neben der aktuellen die jeweilige Vorgängerversion des Datenmodells vorgehalten, die von dieser Anwendung abgerufen werden kann.

Zuverlässige Wehranlagen

Interdisziplinäre Zusammenarbeit für wegweisende Konzepte

Die Wehranlagen an den Bundeswasserstraßen sind in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) gerückt. Die BAW begleitet forschend und beratend eine Vielzahl von Maßnahmen, die aktuell geplant oder umgesetzt werden, und leistet damit einen wichtigen Beitrag für eine zukunftsfähige Verkehrsinfrastruktur in Deutschland.

„Wehranlagen sind systemrelevante Bauwerke der Wasserstraßeninfrastruktur und können nicht gesperrt werden.“

Markant ragen ihre Pfeiler in die Höhe: Viele Wehranlagen sind regelrechte Landmarken an den Bundeswasserstraßen. Als Teil von Staustufen machen sie Flüsse schiffbar und gliedern sie in Stauhaltungen. Im Gegensatz zu Schleusen können Wehranlagen nicht vollständig gesperrt werden. Sie müssen ununterbrochen zuverlässig sein, denn sie regeln nicht nur den Abfluss, sondern erfüllen auch Zwecke des Hochwasserschutzes. Wehranlagen mit beweglichen Verschlüssen haben viele verschiedene Erscheinungsformen. Ob die Anlage Drucksegmente, Walzenverschlüsse oder Hubschütze besitzt, ob die Pfeiler eine Bundesstraßenbrücke tragen oder einen Fußgängerweg, eines haben alle Anlagen gemeinsam: Sie sind technisch komplexe Bauwerke, die in bautechnischer, geotechnischer und hydraulischer Hinsicht vielfältige Anforderungen erfüllen müssen. Angesichts der Altersstruktur der Wehranlagen an den Bundeswasserstraßen wird eine hohe Anzahl an Bauwerken in diesem und den kommenden Jahrzehnten instandgesetzt oder gar ersetzt werden müssen. Die sich daraus ergebenden Fragestellungen und Herausforderungen umfassen zahlreiche Fachgebiete, auf denen die BAW die WSV interdisziplinär unterstützt.

Bautechnische Bewertung

Bauwerksuntersuchungen am Massivbau

Jede Wehranlage stellt in ihrem Zusammenspiel zwischen Massivbau, Verschlusstyp und Baugrund ein individuelles Ingenieurbauwerk dar, auch wenn häufig Anlagen ganzer Flussabschnitte in vergleichbarer Massivbauweise erstellt

wurden. Ebenso vielfältig sind die Anforderungen an die Durchführung einer Bauwerksuntersuchung. Ihre Art und ihr Umfang sind stets auf das konkrete Ziel auszurichten, wie z. B. die Erfassung und Bewertung des baulichen Zustands oder die Klärung von Schadensursachen. Informationen, die unverzichtbar sind für die Ermittlung des Instandsetzungsbedarfs, die Konzeption von Instandsetzungsmaßnahmen oder die Entwicklung von Instandhaltungsstrategien. Häufig liegt für ältere Bauwerke keine ausreichende Dokumentation über den Aufbau und die Materialkennwerte vor, sodass selbst überschlägige statische Bewertungen ohne Bauwerksuntersuchungen nur bedingt belastbare Ergebnisse liefern können. Neben Informationen zum Massivbau sind meist auch geotechnische, geohydraulische und hydraulische Aspekte zu berücksichtigen. Eine Bauwerksuntersuchung am Massivbau ist daher, wie beispielsweise aktuell an der Wehranlage Lisdorf an der Saar, häufig ein interdisziplinäres Vorhaben der Fachbereiche Massivbau und Geotechnik. Besondere Herausforderungen stellen bei Wehranlagen die Zugänglichkeit und das jahreszeitlich eingeschränkte Zeitfenster für die Untersuchung dar, da währenddessen die Funktionsfähigkeit der Anlage in der Regel durchgängig gewahrt bleiben muss.

Auf der Basis ihrer langjährigen Erfahrungen in der Bauwerksbegutachtung unterstützt die BAW die WSV neben der Begutachtung besonderer Wehranlagen durch die Erarbeitung von Merkblättern und Empfehlungen sowie durch fachliche Begleitung von Bauwerksuntersuchungen durch Dritte und die Beratung bei Sonderfragen.

Bild 1:
Zuverlässigkeitsanalyse, basierend auf FEM-Simulationen von Nischen mit dreidimensional verteilten Materialparametern

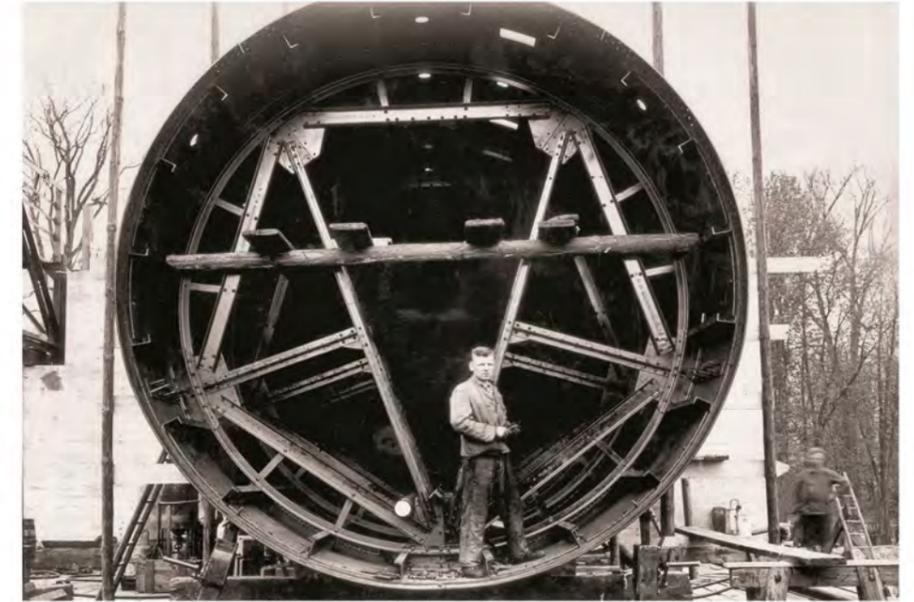
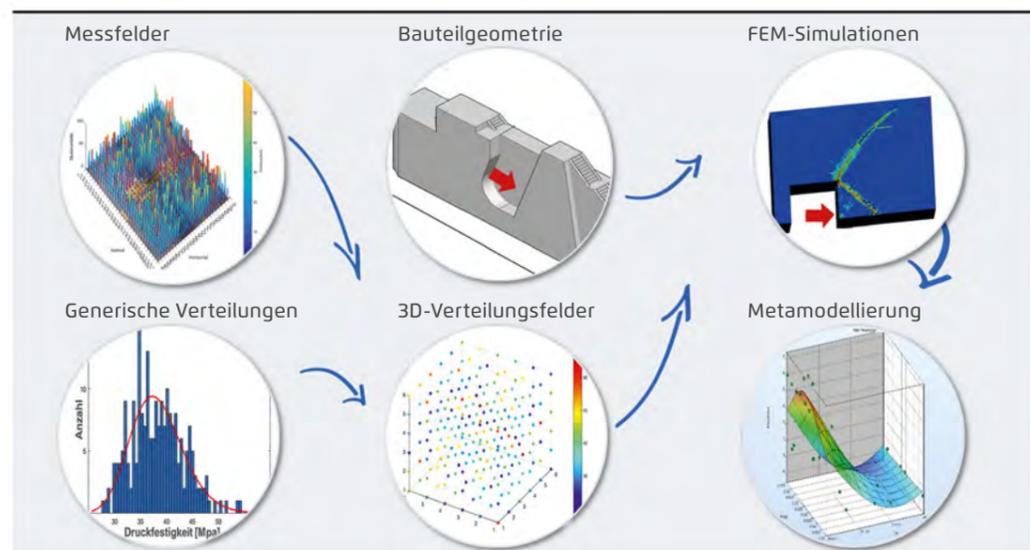


Bild 2:
Herstellung eines Wehrverschlusses am Main, 1930

Statische Beurteilung des Massivbaus

Bei vielen Wehranlagen liegen aufgrund ihres hohen Bauwerksalters keine vollständigen Unterlagen im Sinne von Bestandsplänen oder statischen Berechnungen vor. Für die Beurteilung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit im Bestand sowie für Instandsetzungsplanungen sind statische Nachweise des Bauwerks jedoch unabdingbar. Sie stützen sich neben Informationen aus der Bauwerksinspektion insbesondere auf aktuelle Einschätzungen aus der Bauwerksuntersuchung.

Wehrpfeiler sind komplexen Einwirkungssituationen unterworfen. So hat beispielsweise der Wasserdruck mehrere Richtungskomponenten mit unterschiedlichen Lastangriffspunkten. Dadurch ist nicht immer direkt ersichtlich, ob er sich für einen Nachweis günstig oder ungünstig auswirkt, was die Definition maßgebender Lastfälle für bestimmte Bemessungssituationen zu einer Herausforderung macht. Bei der Trockenlegung eines Wehrfeldes, dem Auftreten von Eislasten in einzelnen Wehrfeldern oder schlicht beim Vorhandensein unterschiedlicher Verschlüsse wirken unsymmetrische Lasten auf Wehrpfeiler. Dazu kommt es häufig zu der Belastungskombination aus zweiachsiger Biegung und Torsion. Für den Ansatz von Riss- und Porenwasserdruck in Arbeitsfugen müssen deshalb oft vertiefte iterative Betrachtungen der auftretenden Spannungs- und Wasserdruckverteilung angestellt werden. Die statische Betrachtung der Wehrsohlen ist eng verknüpft mit hydraulischen und geohydraulischen Überlegungen.

Numerische Untersuchung unbewehrter Bauteile

Bei der Nachrechnung bestehender Wehranlagen muss die lokale Krafteinleitung in unbewehrte Bauteilbereiche rechnerisch nachgewiesen werden. Da die aktuellen Regelwerke auf anderen Bemessungskonzepten basieren und die

Zugfestigkeit von Beton nicht einberechnet wird, misslingt der Nachweis der Tragfähigkeit meist. Oft werden dann aufwändige Verstärkungen notwendig. Ziel eines Forschungsvorhabens der BAW ist die Entwicklung einer eurocodekonformen Nachweiskonzeption für unbewehrte Bauteile unter Teilflächenbelastung, wie sie im Bestand häufig an Nischen oder Konsolen auftritt. Grundlage sind nichtlineare numerische Untersuchungen unter Berücksichtigung der räumlichen Verteilung der Stoffeigenschaften. Wie in Bild 1 visualisiert, wird auf Basis von FEM-Simulationen ein Metamodell der Tragfähigkeit erstellt. Die Simulationen bilden eine Vielzahl dreidimensionaler Verteilungsfelder von Materialkennwerten ab und bieten mit einem realitätsnäheren Materialverhalten die Möglichkeit zur Lastumverteilung im massiven Bauteil. Aus der Metamodellierung wird die Zuverlässigkeit in bestimmten Bemessungsgrenzen (z. B. Geometrie- und Festigkeitsbereiche) abgeleitet, woraus letztendlich eine Bewertungsmatrix resultiert. Die Einordnung der später zu betrachtenden Bauteile an realen Bauwerken in diese Matrix reduziert den Untersuchungsaufwand im Einzelfall und unterstützt die WSV bei der Effizienzbewertung von Tragwerksverstärkungen.

Beurteilung historischer Wehrverschlüsse

Eine große Anzahl der heute zu beurteilenden stählerne Wehrverschlüsse stammt aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Aufgrund der unterschiedlichen Randbedingungen an den Wasserstraßen wurden damals zahlreiche verschiedene Verschlusstypen und Konstruktionsarten entwickelt. Neben der Entwicklung der Fügetechniken von reinen Niet- (Bild 2) über Misch- zu Schweißkonstruktionen haben sich auch die Stahlherstellungsverfahren und damit die Stahleigenschaften verändert. Die erforderliche Stahlcharakterisierung wird durch mechanische, chemische und metallografische Analysen in der BAW durchgeführt.



Bild 3: Schlauchwehr Bannetze an der Aller

Die Überprüfung der Lastannahmen und Betriebsweisen sowie der damals angewendeten Nachweisformate und Bemessungskonzepte spielt eine wesentliche Rolle für die Bewertung der Verschlüsse, da zum Zeitpunkt der Herstellung nicht alle wesentlichen Beanspruchungen bekannt und Versagensformen ausreichend erforscht waren. Hinweise und Vorgaben für die statische Bewertung historischer Wehranlagen werden in eigens hierfür erstellten Regelwerken formuliert. Im Bedarfsfall werden alte Konstruktionen durch Bauteilversuche, z. B. zur Ermüdungsfestigkeit oder zum Spröbruchverhalten, untersucht. Zur Gefahrstoffeinschätzung des vorhandenen Korrosionsschutzes werden Materialanalysen durchgeführt. Die Tauglichkeit neuer Beschichtungssysteme wird im Labor und in der Natur untersucht, bevor sie für eine Reparatur oder Vollerneuerung zur Anwendung kommen.

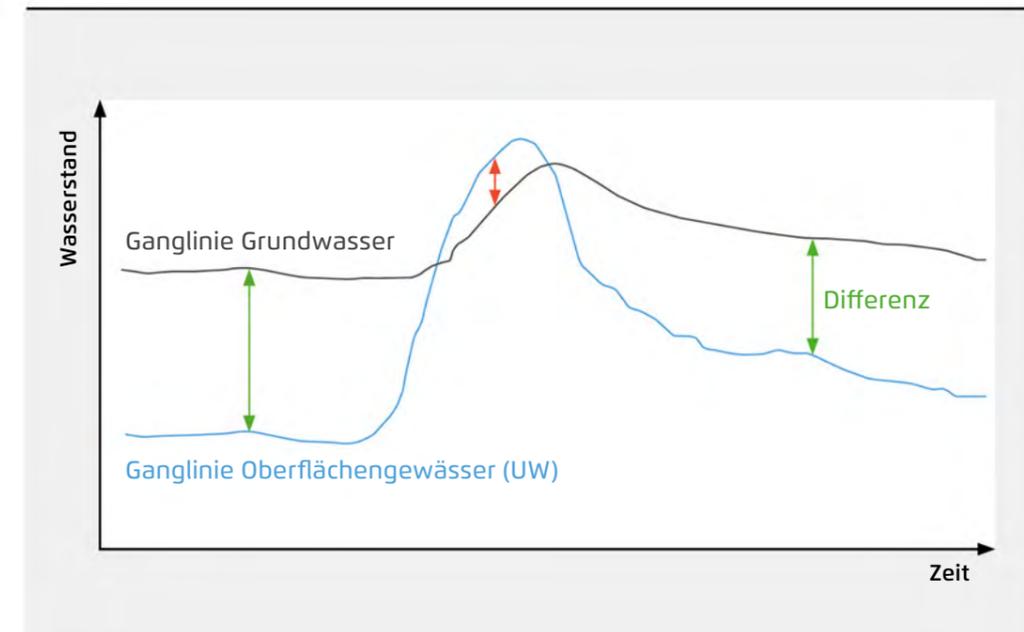
Durch die Beurteilung historischer Wehrverschlüsse aus materialtechnischer und statischer Sicht wird das aktuell vorhandene Sicherheitsniveau bestimmt und mit heutigen Anforderungen verglichen. So lässt sich ein möglicher Instandsetzungs- oder Ersatzbedarf des Verschlusses ermitteln.

Schlauchwehre in der WSV

Schlauchwehre werden als einfache und kostengünstige Konstruktionen zur Stauregelung bereits seit Mitte des 20. Jahrhunderts international eingesetzt. In Deutschland kommen sie im Bereich der WSV seit 2006 zum Einsatz. Die BAW hatte die konkreten Planungen im Rahmen einer Grundinstandsetzung mit einem Forschungs- und Entwicklungsprojekt begleitet. Mit einer Stauhöhe von rund 2,2 m ersetzen Schlauchwehre an den beiden Aller-Wehren Marklendorf und Bannetze (Bild 3) die früheren Nadelwehre und zeigen, dass die wartungsarme Konstruktion bei Ersatzneubauten mit geringer bis mittlerer Stauhöhe eine Alternative sein kann. Durch fallbezogene Beratungen, Vorträge und Veröffentlichungen sowie die Erstellung von Regelwerken unterstützt die BAW die WSV in Fragen rund um die neue Wehrart. Mit dem BAW Merkblatt MSW kann eine Schlauchwehrmembran eurocodekonform bemessen werden. Das hierin verwendete Konzept mit Spannungskonzentrationsfaktoren ersetzt die komplexe numerische Berechnungen der hyperelastischen Schlauchwehrmembran: Alle maßgebenden Schnittgrößen der Membran können direkt ermittelt werden. Auch Erkenntnisse und Erfahrungen aus der engen Zusammenarbeit in internationalen Arbeitsgruppen fließen in die Beratung und Regelwerksgestaltung ein. Das zeigt sich bei den aktuellen Ersatzneubauprojekten in Oberrhein am Main sowie in Beihingen und Neckarsulm am Neckar. Neben der Dimensionierung geht es ebenfalls um hydraulische Fragestellungen und um die Beständigkeit des Verbundwerkstoffs.

Bild 5:

Grund- und Oberflächenwasserstandsganglinie, Ermittlung der Wasserstands-Differenz



Geotechnische und geohydraulische Bewertung

Baugrunduntersuchungen an Wehranlagen

Zur Bewertung des Zustands von Wehranlagen genügt es nicht, allein das Bauwerk zu betrachten. Die Interaktion des Bauwerks mit dem Baugrund und dem Grundwasser spielt für die Bewertung der Bauwerksstatik eine maßgebliche Rolle. Dabei sind neben der Bettung des Bauwerks in den Baugrund die vorhandenen Sicherheiten der Bauwerksteile gegen Gleiten und Aufschwimmen wesentliche Bewertungskriterien. Die dafür notwendigen geotechnischen (Reibungswinkel und Kohäsion) sowie geohydraulischen (Grundwasserdrücke und Durchlässigkeiten) Kennwerte aus Bestandsunterlagen, insbesondere der älteren Bauwerke, basieren oftmals auf Annahmen oder auf unzureichenden Untersuchungen. Für eine Verifizierung dieser Kennwerte ist es unverzichtbar, den Baugrund im direkten Gründungsbereich und im näheren Umfeld des Bauwerks durch Baugrunduntersuchungen zu erkunden. Um diese mit möglichst geringem Aufwand durchführen zu können, werden sie in Absprache mit dem Massivbau geplant. Insbesondere Massivbaubohrungen durch Wehrpfeiler (Bild 4) oder im Bereich nicht trockengelegter Wehrfeldsohlen können für geotechnische und geohydraulische Untersuchungen durch eine meist unkomplizierte Verlängerung der Bohrung bis in den Baugrund effizient mitgenutzt werden. Die Verlängerungen der Pfeilerbohrungen eignen sich insbesondere zum Ausbau von Grundwassermessstellen. Die Ansprache der Bohrkerns (Benennung, Beschreibung und Klassifizierung) sowie die Festlegung und Durchführung der Laborversuche (einaxialer Druckversuch, direkter Scherversuch u. a.) erfolgen in der Regel im geotechnischen Labor der BAW.

Geohydraulische Kennwerte

Für die Nachweise der Sicherheit gegen Gleiten und Aufschwimmen sind auch die maßgebenden, auf die Wehrsohle einwirkenden Kräfte aus Grund- und Oberflächenwasser zu ermitteln. Dabei werden neben den Betriebszuständen des Wehres auch Revisionszustände mit Trockenlegung der Wehrsohle sowie Bauzustände zum Neubau der Wehrsohle oder zur Instandsetzung der Wehrpfeiler mit einbezogen. Da die Grundwasserstände im Bereich von Wehranlagen durch die Wasserstände im Gewässer beeinflusst werden (Bild 5), dürfen sie nicht als unabhängig voneinander betrachtet werden. Deshalb sind bei der Ermittlung maßgebender Wasserdruckbeanspruchungen immer Kombinationen aus Oberflächen- und Grundwasserständen zugrunde zu legen. Aussagekräftige Werte können nur ermittelt werden, wenn die Grundwasserstände über einen möglichst langen Zeitraum, der auch relevante Hochwasserereignisse umfasst, beobachtet werden. Daher müssen die erforderlichen Grundwassermessstellen bei geplanten Instandsetzungen oder Ersatzneubauten möglichst frühzeitig hergestellt werden, wie dies derzeit an den Bauwerken des Neckars mit Unterstützung durch die BAW geschieht. Um eine ausreichende Auflösung der Messwerte zu erzielen, ist es erforderlich, die Grundwassermessungen ebenso wie die Pegelmessungen im Gewässer mit automatisierten Datenerfassungssystemen vorzunehmen. Auslesung und Auswertung der Messdaten sollten mindestens halbjährlich erfolgen. Dabei sollte jeweils auch eine händische Kontrollmessung der Grundwasserstände in den Messstellen durchgeführt werden.



Bild 4: Wehr Rockenau/Neckar (links) und vertikale Kernbohrung durch den Wehrpfeiler (rechts)

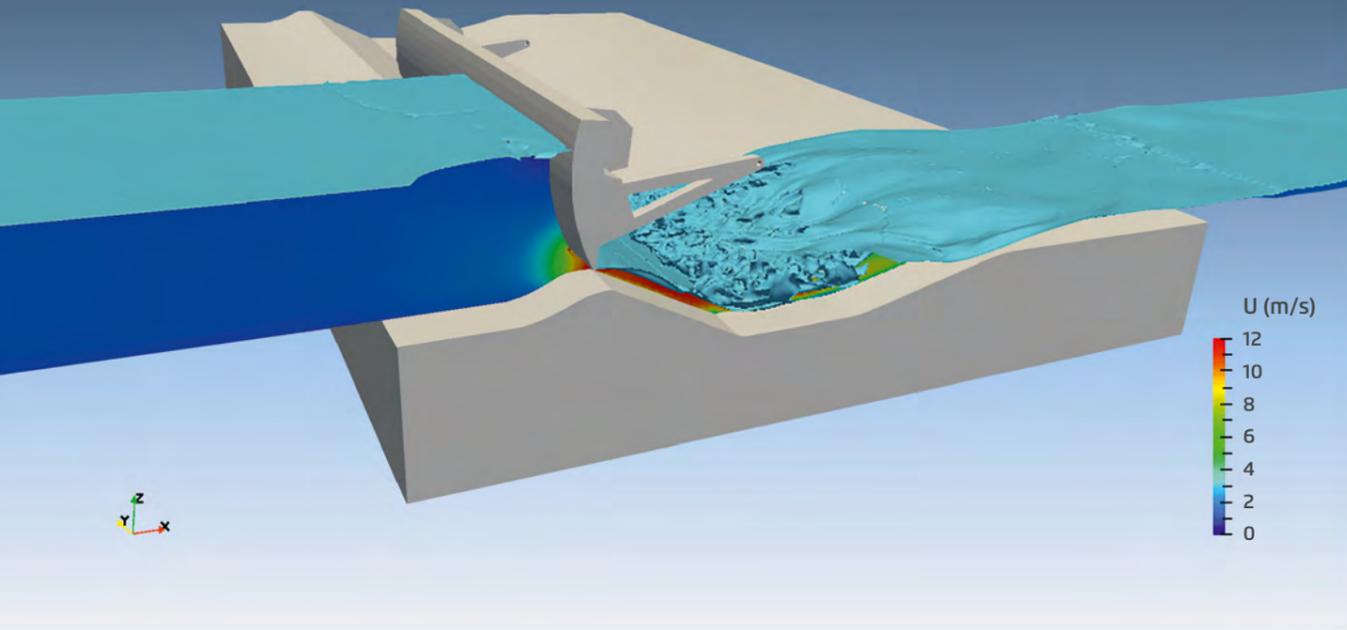


Bild 6:
Numerische Untersuchung zu einem
Wechsel des Verschlussystems
am Mainwehr Rothenfels

Hydraulische Bewertung

Beurteilung der hydraulischen Funktion von Wehranlagen

Die Überprüfung von Wehranlagen auf eine eventuell nötige Grundinstandsetzung oder einen Ersatzneubau umfasst auch die Frage, ob die hydraulische Funktion in der Vergangenheit erfüllt wurde oder ob sich die betrieblichen Anforderungen an die Wehranlage zwischenzeitlich geändert haben. In diesem Fall kann man alte Verschlussysteme durch neue, unterhaltungsärmere ersetzen, die zudem betriebliche Vorteile haben, zum Beispiel für die Regelung des Oberwasserstandes oder die Abfuhr von Eis und Treibgut. So ist etwa am Main geplant, die Walzen durch Drucksegmente mit Aufsatzklappen zu ersetzen (Bild 6). Die deutsche Norm für Stauanlagen (DIN 19700, Teil 13 „Staufstufen“) sieht unter anderem vor, die hydrologischen und hydraulischen Bemessungsgrundlagen in angemessenen Zeitabständen (etwa alle 10 bis 20 Jahre) neu zu beurteilen.

Ob ein Tosbecken erhalten werden kann, hängt von seiner hydraulischen Wirksamkeit ab. Dieser Nachweis umfasst neben einer hydraulischen Berechnung auch eine Bewertung des bisherigen Betriebs, beispielsweise ob ein Abwandern der Deckwalze, Kolke im Unterwasser oder Schäden an Uferböschungen beobachtet wurden.

Einbauten, wie Schwellen, Zahnreihen oder Blöcke, sollen die Energiedissipation erhöhen, sind aber auch einer hohen hydrodynamischen Belastung ausgesetzt (Kavitation, Hydroabrasion). Wenn hier inakzeptable Schäden auftreten, wird geprüft, ob die Belastung durch eine Anpassung der Geometrie verringert werden kann, ohne die Wirksamkeit des Tosbeckens zu beeinträchtigen.

Beurteilung des Fischabstiegs an Wehranlagen

Die ungehinderte Wanderung von Fischen zwischen ihren Nahrungs-, Laich- und Rückzugslebensräumen gehört zu den Zielen, denen sich die WSV intensiv widmet. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei der Fischabstieg an Wehranlagen. Er soll den Fischen eine möglichst verzögerungs- und schädigungsfreie Passage ermöglichen (Bild 7). In einer ersten Näherung kann davon ausgegangen werden, dass sich absteigende Fische proportional zur Abflussaufteilung auf die Komponenten einer Stauanlage verhalten. Fließt also mehr Wasser über die Wehranlage ab, nehmen die meisten Fische diesen Weg. Fließt das Wasser überwiegend durch das Kraftwerk, folgt die Mehrzahl der Fische der Strömung in Richtung der Turbinen. Aufgrund der vielfältigen Betriebszustände einer Stauanlage, die vom jeweiligen Wasserdargebot abhängen, ergeben sich für den absteigenden Fisch

unterschiedliche Konstellationen, die entweder eine ungehinderte, schädigungsfreie Passage ermöglichen oder ein Behinderungs- bzw. Gefährdungspotenzial aufweisen. Um die verschiedenen Betriebszustände und hydrologischen Bedingungen in Bezug auf den Fischabstieg evaluieren zu können, hat die BAW in Zusammenarbeit mit den Fischbiologen der Bundesanstalt für Gewässerkunde ein statistisches Modellierungsverfahren für den Fischabstieg entwickelt. Es ermöglicht bei Instandsetzung oder Neubau einer Wehranlage die vergleichende Bewertung baulicher oder betrieblicher Situationen und bildet so ein wichtiges Planungswerkzeug für die WSV.

Vermeidung strömungsinduzierter Schwingungen

Bei der Planung von Wasserbauwerken kommt der Vermeidung von Schwingungen und der von ihnen verursachten dynamischen Belastungen eine zentrale Bedeutung zu. In einem abteilungsübergreifenden Forschungsprojekt befasst sich die BAW mit strömungsinduzierten Schwingungen. Diese können Dichtungen, Dichtungselemente oder ganze Wehrverschlüsse betreffen, die elastisch oder elastisch gelagert sind. Kurzfristig auftretende Schwingungen beeinträchtigen den Betrieb durch Lärm oder Wellenbildung. Zudem können dynamische Lasten, welche durch Schwingungen eingetragen werden, die statischen Lasten um ein Vielfaches übersteigen. Häufige oder lang andauernde Schwingungen können durch Ermüdungsbeanspruchung die sichere Nutzungsdauer von Stahlwasserbauten deutlich herabsetzen. Selbsterregte Schwingungen von unterströmten Schützen sind häufig auf den sogenannten Press-Shut-Mechanismus zurückzuführen, der wie der Druckstoß auf der Massenträgheit des strömenden Wassers basiert. Er kann bei bestimmten Dichtungssystemen oder bei ungünstigen

Geometrien von Verschlüssen auftreten. Im Zusammenhang mit der Automatisierung von Wehranlagen gewinnt das Thema zunehmend an Relevanz, da Schwingungen im ferngesteuerten oder automatisierten Betrieb unter Umständen nicht bemerkt werden. Die interdisziplinären Untersuchungen der BAW helfen, bestehende Konstruktionsprinzipien mit neuesten Methoden zu überprüfen, um künftige Schäden an schwingungsanfälligen Bauwerken zu vermeiden und nachhaltig schwingungssichere Bauwerke zu planen.

Zusammenfassung und Ausblick

Der Blick auf die unterschiedlichen, eng miteinander vernetzten Untersuchungs- und Forschungsansätze zeigt, dass die abteilungsübergreifende Zusammenarbeit in interdisziplinären Fragestellungen, insbesondere bei Wehranlagen, von herausragender Bedeutung ist. Für die WSV, aber auch für die internationale Normungs- und Wissenschaftsgemeinschaft, ist die BAW ein wichtiger Partner, wenn es um wegweisende Lösungsansätze für tragfähige, gebrauchstaugliche und dauerhafte Wehranlagen geht.

Die Verknüpfung festgelegter Kriterien aller vorgestellten Fachdisziplinen mit den Ergebnissen der Bauwerksinspektion ist eine der aktuellen Zielsetzungen. In intensiver Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur und der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt wird daher derzeit in der BAW ein Konzept entwickelt, das langfristig die Beurteilung aller Wehranlagen an den Bundeswasserstraßen mittels eines 3-Säulen-Prinzips vorsieht, um die Zuverlässigkeit unserer Wasserstraßeninfrastruktur auch in Zukunft zu gewährleisten.



Bild 7:
Die Gewährleistung eines möglichst behinderungs- und schädigungsfreien Fischabstiegs stellt eine wichtige Randbedingung für Planungen an Wehranlagen dar

Naturnahe Ufer in Ästuaren

Technisch-biologische Ufersicherung für stabilen Uferschutz und ökologische Aufwertung

Die Seeschiffahrtsstraßen liegen in den wertvollen Ökosystemen der Küstengewässer und Ästuare. Wie lässt sich der Schutz der Ufer vor Wellen- und Strömungsbelastungen mit naturnahen Lebensräumen für Flora und Fauna kombinieren? Die BAW unterstützt die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) gemeinsam mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) dabei, neben der verkehrsgerechten Sicherung der Ufer auch eine ökologisch möglichst hochwertige Entwicklung zu ermöglichen.

Bild 1:
Beispiel der Beschreibung einer Einzelmaßnahme in der Maßnahmenammlung des Projektes „Technisch-biologische Ufersicherungen in Ästuaren“

Strandsicherung Buschleitdamm Warflether Sand



- **Km 23,50-24,90** linkes Ufer Weser
- **Ausführungszeit:** nicht bekannt
- **Ansprechpartner:** Abz. Farge: sven.wennekamp@wsv.bund.de
- **Bauweise:** Buschleitdamm (Parallelwerk aus verspanntem Faschinenmaterial) aus Laubholzreisig zur Strandsicherung
- Der Leitdamm wird abschnittsweise instandgehalten



Buschleitdamm und Buschbühnen zur Strandsicherung.

Hintergrund

Der Mensch nutzt die Oberflächengewässer und ihre Ufer in vielfältiger Weise, beispielsweise durch Schifffahrt, Industrie, Landwirtschaft oder Freizeittourismus. Die Gewässer, die in Deutschland als Bundeswasserstraßen genutzt werden, wurden dabei zu effizienten Verkehrsträgern entwickelt. Das ging einher mit deutlichen Eingriffen, beispielsweise durch Vertiefungen und Begradigungen von Fahrrinnen, Abschneiden von Altarmen oder Stabilisierungen von Uferlinien durch starre Sicherungsbauweisen, wie Spundwände und Deckwerke aus Schüttsteinen. Diese Entwicklungen hatten und haben Auswirkungen auf die Ökologie in und an den Ufern der Bundeswasserstraßen. Insbesondere für den von hoher Dynamik gekennzeichneten Charakter der gezeitengeprägten Uferlebensräume in Ästuaren bedeutet dies bis heute einen Verlust von hydromorphologischen Prozessen, welcher sich auf ufertypische Habitatstrukturen und die dort lebenden Pflanzen- und Tiergesellschaften auswirkt.

Um die ökologische Funktionsfähigkeit der Gewässer zu erhalten oder zu verbessern, wurden in den letzten Jahren verschiedene Instrumente und Gesetze auf nationaler und internationaler Ebene implementiert, die das Einbeziehen ökologischer Belange verbindlich fordern. Nach Inkrafttreten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wurde diese im Jahr 2002 durch Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) in nationales Recht überführt

Bild 2:
Spektrum technisch-biologischer Ufersicherungsmaßnahmen zwischen hartem Verbau und natürlichen Ufern, jeweils mit Beispielen aus den deutschen Nordseeästuarien



und legt seitdem einen bundesweiten einheitlichen Standard im Gewässerschutz fest. Die Anwendung möglichst naturnaher Bauweisen bei Instandsetzung und Unterhaltung von Ufern spielt dabei eine wichtige Rolle. Sie gehört, wie künftig auch der wasserwirtschaftliche Ausbau, zu den Verantwortungsbereichen der WSV und verfolgt damit auch gewässerökologische Ziele, wie z. B. durch naturnahe Lösungen neue Lebensräume für die Tier- und Pflanzenwelt zu schaffen.

Die Bundesanstalten für Wasserbau (BAW) und Gewässerkunde (BfG) wurden von der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt beauftragt, die WSV bei der Herstellung von Ufern zu unterstützen, die naturnäher, aber gleichzeitig verkehrsgerecht und hochwassersicher sind und so die gesetzlichen Anforderungen erfüllen. Dafür sollten unter anderem technisch-biologische Ufersicherungen (tbU) in Ästuaren im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit und ihre ökologische Wirksamkeit untersucht werden.

Erfahrungen zusammenführen und digital zugänglich machen

In einem ersten Schritt wurde in einer Umfrage das bereits in der WSV, der BAW und BfG vorhandene Wissen über technisch-biologische Ufersicherungen an Ästuaren zusammengeführt. Die Ergebnisse der Umfrage wurde in einer Sammlung schon realisierter oder in Planung befindlicher Maßnahmen aufbereitet und mit entsprechenden Kurzinformationen, Ansprechpartnern und Fotos versehen (siehe Bild 1). Auf Basis der Umfrage folgten Workshops mit den für den Bau und die Unterhaltung von Ufersicherungen verantwortlichen Wasserstraßen- und Schifffahrtsämtern (WSÄ) der Nordseeästuarie. Dabei stand der vertiefte

fachliche Austausch zur tbU-Thematik im Vordergrund, gleichzeitig konnte so aber auch der persönliche Kontakt der Oberbehörden mit den WSÄ hergestellt und der Austausch der WSV-Mitarbeitenden untereinander intensiviert werden. Ziel der Workshops war es, Informationen zu Herausforderungen, Erfolgen, aber auch Fehlschlägen der bisher durchgeführten Maßnahmen zu sammeln und gemeinsam Uferabschnitte innerhalb der Ästuarie zu ermitteln, die ökologisch aufgewertet werden können und sich für den Einbau technisch-biologischer Maßnahmen prinzipiell eignen.

Die Workshops zeigten, dass in den vier großen deutschen Ästuaren der Nordsee – Weser, Elbe, Ems und Eider – bereits vielfältige technisch-biologische Bauweisen genutzt werden. Der Großteil davon sind sogenannte Totholzmaßnahmen im Tidebereich, welche als vorgelagerte Strukturen oder als direkter Böschungs- bzw. Uferkantenschutz eingesetzt wurden. In vielen Fällen wurde mit einer Kombination aus verschiedenen tbU-Bauweisen gearbeitet, in der beispielsweise Totholzbauteile die Lebendbaumaßnahmen, wie Initialpflanzungen von Röhricht, ergänzen. Vereinzelt kamen technische Bauwerke für die indirekte ökologische Aufwertung zum Einsatz. Hierzu zählen beispielsweise Absenkungen im Deckwerk, vorgelagerte Schüttsteinleitdämme zur Reduzierung der hydrodynamischen Belastung oder eine Reprofilierung der Uferböschung. Innerhalb des Spektrums zwischen hartem Uferverbau und dem Zulassen der natürlichen Uferentwicklung finden sich also vielfältige Möglichkeiten zur Verbesserung des ökologischen Zustandes der Ufer (Bild 2). Dabei werden in den deutschen Nordseeästuarien manchmal Pflanzen mit einbezogen, oft arbeitet man aber mit natürlichen Baustoffen wie Holz oder setzt Maßnahmen mit einer indirekten Wirkungsweise um.

Bild 3:
Das gemeinsame Webportal
von BAW und BfG zu
technisch-biologischen
Ufersicherungen an
Bundeswasserstraßen im
Binnen- und Ästuarbereich

Als Ergänzung zu der Maßnahmenammlung wurden auch die bereits existierenden Webseiten des Projektes „technisch-biologische Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen“ erweitert und überarbeitet (Bild 3). Das gemeinsame Webportal ist nun unter der URL <https://ufersicherung-baw-bfg.baw.de> erreichbar. Die Webseiten bieten Nutzern eine umfassende Informationsplattform über die Potenziale und Einsatzmöglichkeiten technisch-biologischer Maßnahmen als zukunftsweisende und ökologisch verträgliche Ufersicherungen an Verkehrswegen sowohl im Binnen- als auch im Ästuarbereich. Hier informieren BAW und BfG über laufende Monitoringaktivitäten und Forschungsprojekte und stellen Vorträge sowie nützliche Infomaterialien zur Verfügung. Vor allem aber dient das Webportal zur Bereitstellung des erarbeiteten Wissens und aller daraus entstandenen Ergebnisse und Arbeitshilfen. Entsprechend werden die Webseiten im Laufe der nächsten Jahre kontinuierlich ergänzt und so die frei verfügbare Wissensbasis erweitert. Für den Ästuarbereich steht als erstes wichtiges Ergebnis eine Maßnahmenammlung bereit – ein wichtiger Baustein zur Zusammenführung, Auswertung und Bereitstellung des bereits bestehenden und in Maßnahmen umgesetzten Wissens von WSV, BfG und BAW.

Entwicklung konkreter Handlungshilfen

Für den standardmäßigen Einsatz technisch-biologischer Ufersicherungen im Ästuarbereich fehlt es bislang noch an Planungs- und Bemessungsgrundlagen. Dieses Defizit besteht international. Eine der ersten großen Initiativen zur Erarbeitung von Leitlinien zur technisch fundierten Herangehensweise im Küstenbereich wird durch den US Army Corps of Engineers im „International NNBf Guidelines Project“ getragen. Von den Ergebnissen dieses Projektes, bei dem der Einsatz von natural and nature-based features (NNBF) insbesondere zum Überflutungsschutz bei Sturmereignissen im Vordergrund steht, wird auch der Einsatz derartiger Techniken im Bereich der WSV profitieren können. Gleichzeitig bestehen an den deutschen Ästuaren besondere Anforderungen und Herausforderungen, die sich unter anderem aus dem intensiven Seeschiffverkehr ergeben. Daher stehen für BAW und BfG neben dem Schließen von Wissenslücken in der Wirkweise und der Bewertung der Einsatzmöglichkeiten von tbU-Maßnahmen insbesondere die Entwicklung von konkreten Handlungshilfen für die WSV im Küstenbereich im Fokus. Dafür werden zunächst bereits

existierende Maßnahmen genauer untersucht, um darauf aufbauend Teststrecken zur systematischen Auswertung von Belastungsgrößen, Stabilitätsparametern sowie der ökologischen Wirkung zu planen.

Zur Vorbereitung wird die Maßnahmenammlung aktuell um Belastungsparameter und weitere Rahmenbedingungen zu einer Sammlung von Maßnahmensteckbriefen erweitert. Sie enthalten beispielsweise Angaben zum mittleren Tidehub, zu Anzahl und Abstand von Schiffspassagen, Böschungsneigung oder Bodenart. Zusätzlich sammelt die BAW in einer zweiten Umfrage weiterführende Informationen zu den bestehenden Einzelmaßnahmen innerhalb der WSV. Hier werden zum Beispiel die Kosten und der zeitliche Aufwand für Bau und Unterhaltung der Ufersicherungsmaßnahme oder die Entwicklung und eventuelle bauliche Anpassung der Maßnahme im Laufe der Zeit abgefragt.

Anhand dieser Ergänzungen können Einzelmaßnahmen im Steckbriefformat besser in den lokalen und regionalen Kontext des jeweiligen Ästuars eingeordnet werden. Für Beschäftigte der WSV sollen die geplanten Maßnahmensteckbriefe das aktuelle Spektrum der angewendeten tbU in Ästuaren übersichtlich darstellen und über die Bereitstellung ergänzender Parameter eine Einschätzung der Anwendbarkeit im eigenen Zuständigkeitsbereich erleichtern. Gleichzeitig dienen die Daten aus der zweiten WSV-Umfrage als wichtige Informationsgrundlage für die Entscheidungsfindung von weiteren Teststrecken für den Einsatz von tbU.

Im nächsten Schritt wird es darum gehen, für ausgewählte Maßnahmentypen Kennblätter zu erstellen, die auf den gesammelten Informationen aus der Maßnahmenammlung, den Steckbriefen sowie dem Erfahrungswissen aus den Monitoringaktivitäten und den Teststrecken basieren. Durch Bündelung der Erkenntnisse decken die Kennblätter damit das ganze Spektrum des erfolgreichen Anwendungsbereiches eines Maßnahmentyps in den verschiedenen Ästuaren ab. Zusätzlich enthalten sie Informationen, die auch bei einer Vergabe an Fremdfirmen hilfreich sind, zum Beispiel die geeignete Mischung des Reisigs mit unterschiedlichen Durchmesser für eine Buschkiste oder Spreitlage. Eine so auf den jeweiligen Standort anpassbare Standardbauweise hilft der WSV, Zeit, Aufwand und Geld zu sparen. Bei der Erstellung der neuen Kennblätter werden mögliche Synergien zu den bestehenden Kennblättern aus dem tbU-Projekt von BAW und BfG im Binnenbereich genutzt.



Monitoringaktivitäten

Aus den bisherigen Ergebnissen ergeben sich essenzielle offene Fragen zum Themenkomplex tbU in Ästuaren, welche durch BAW und BfG zusammengestellt wurden. Sie bilden die Grundlage für künftige Monitoringaktivitäten.

Die BAW, die mit den Referaten Küsteningenieurwesen und Geotechnik Küste an dem Auftrag beteiligt ist, bearbeitet dabei die ingenieurspraktischen und geotechnischen Herausforderungen. Für das Küsteningenieurwesen bedeutet dies die Beantwortung folgender Fragen:

- Welche Informationen und Daten sind für die Planung und Bemessung von tbU in Ästuaren relevant?
- Welche tbU eignen sich unter spezifischen Standortbedingungen (hydro- und bodenmechanisch) als ausreichend stabile Ufersicherung an Bundeswasserstraßen?
- Wo liegen für eine erfolgreiche Anwendung die jeweiligen Grenzwerte/-bereiche?

- Wie beeinflussen bestimmte Bauweisen (z. B. vorgelagerte Leitdämme oder Buhnen) die Wellen- und Strömungsbelastung des Ufers und damit die Entwicklung der Ökologie?

Die Geotechnik verfolgt mit ihren Untersuchungen in Form von Baugrunderkundungen das Ziel der Grundlagenermittlung für die Planung der Maßnahmen sowie für die Bewertung der Wirksamkeit und gegebenenfalls Übertragbarkeit auf weitere Bereiche.

Zur Beantwortung der oben genannten Fragestellungen sind bereits erste gemeinsame Monitoringaktivitäten angelaufen oder in Planung, von denen nachfolgend beispielhaft einige vorgestellt werden. Neben der Untersuchung von tbU an spezifischen Strecken führen BAW und BfG außerdem ein generelles Zustandsmonitoring bestehender Maßnahmen im Regelbetrieb durch, um eine möglichst umfangreiche und langfristige Datengrundlage zu den Aspekten Unterhaltungsaufwand und Langlebigkeit von tbU zu schaffen.



Bild 4: Untersuchung von Buschkisten und Totholzspreitlagen an der Wümme

Beispiel Wümme

Die tidebeeinflussten Nebenflüsse von großen Seeschiffahrtsstraßen bieten voraussichtlich großes Potenzial zur Umsetzung technisch-biologischer Ufersicherungen, da keine Belastung der Ufer durch die Passagen von Großcontainerschiffen erfolgt. An drei Strecken mit tbU an der Wümme, einem Nebenfluss der Weser, wird die BAW zeitnah Wellen- und Strömungsmessungen sowie Baugrunduntersuchungen durchführen, um die standsicherheitsrelevanten Parameter der Maßnahmen zu erfassen (Bild 4). Dabei liegt an der Wümme ein Untersuchungsschwerpunkt auf dem Einfluss der in Nebenflüssen häufigen und relevanten Freizeitschiffahrt und der daraus resultierenden Sekundärwellenbelastung auf die Ufer. Die BfG wird ihrerseits die vorhandene Fauna untersuchen, um die Effekte der Ufersicherungen auf die Tierwelt zu beurteilen und so ein bereits durchgeführtes Monitoringprogramm zur Vegetationsentwicklung zu ergänzen. Durch diese Monitoringaktivitäten werden drei Uferabschnitte mit technisch-biologischen Ufersicherungen umfassend untersucht und so einen Grundlagendatensatz für weitere Aussagen hinsichtlich derartiger Ufersicherungen in tidebeeinflussten Nebenflüssen bieten.

Beispiel Fährmannssander Watt

Zusammen mit dem Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Elbe-Nordsee, dem Landesamt für Landwirtschaft,

Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR) sowie der Stiftung Lebensraum Elbe ist die BAW mit der Versandung und möglichen technisch-biologischen Lösungen im Fährmannssander Watt an der Elbe befasst (Bild 5). Dabei stehen in diesem etwa 300 ha großen Gebiet nicht Fragen nach der Sicherung des Ufers im Vordergrund, sondern Überlegungen, eines der größten Süßwasserwatten Europas ökologisch weiter aufzuwerten, indem die Ablagerung von Feinsedimenten gefördert wird. Zu diesem Thema betreute die BAW im Jahr 2020 eine Masterarbeit, die insbesondere die historische Entwicklung des Gebietes aufgearbeitet und analysiert hat. Aktuell entwickelt die BAW ein Messkonzept für Strömungs- und Wellenmessungen zur Erfassung der Belastungssituation der Ufer des Fährmannssander Watts. Die dabei erhobenen Daten bilden wichtige Basisinformationen für die konkrete Planung und Umsetzung von Maßnahmen in technisch-biologischer Bauweise. Die geplanten Messungen werden so auch den IST-Zustand vor dem Bau einer Maßnahme erfassen – eine wichtige Untersuchung, die bisher durch die Betrachtung bereits umgesetzter Maßnahmen noch nicht möglich war. Nur durch eine Erfassung des Zustandes vor und nach der Umsetzung lässt sich das Wissen zu der Wirkweise bestimmter Maßnahmen schaffen, und zwar nicht nur zu ökologischen Parametern, sondern beispielsweise auch zur Reduktion von hydrodynamischen Belastungen. Daher soll der Bereich des Fährmannssander Watts nicht das einzige Gebiet bleiben, in dem die BAW die Umsetzung von Ufersicherungen oder

anderen Maßnahmen in technisch-biologischer Bauweise bereits von Beginn an begleitet.

Masterplan Ems 2050 – erste Untersuchungen an Pilotstrecken

Bereits seit 2016 unterstützen BAW und BfG die WSV beratend zum Thema tbU im Rahmen des Auftrages des WSA Ems-Nordsee zum Themenkomplex **Masterplan Ems 2050 – Uferentwicklung**. Hierbei wurden vier Pilotstrecken für den Test von tbU entlang des Dortmund-Ems-Kanals sowie entlang der Unterems sondiert und mit Dritten (Untere Naturschutzbehörde, Wasserwirtschaft, Deichverbände) abgestimmt. Aktuell finden erste Untersuchungen im Rahmen der Zustandserfassung an diesen Pilotstrecken statt, welche neben abiotischen Parametern (Hydrodynamik, Boden, Morphologie etc.) eine Baugrunderkundung und unterschiedliche Organismengruppen (Vegetation, Fauna) umfassen. Außerdem wurden erste Planungen zu konkreten tbU entwickelt. Nach Umsetzung der Maßnahmen werden die jeweiligen Uferabschnitte mit einem umfassenden Monitoringprogramm begleitet werden.

Zunehmende Beratungstätigkeit

Zusätzlich ist die BAW zum Thema tbU in diesem Jahr bereits beratend tätig geworden. Aus einem ursprünglichen Auftrag der Deckwerksinstandsetzung an der Weser konnte durch Anregungen der BAW und durch die

Eigeninitiative des WSA Weser-Jade-Nordsee in einem der Uferabschnitte bereits eine Totholzmaßnahme umgesetzt werden, die die anstehende Deckwerksinstandsetzung mit einer umweltverträglicheren Alternative ergänzt. Weitere Beratungsaktivitäten zum Einsatz von naturnäheren Lösungen für erosive Uferabschnitte an der Tideelbe und Tideeider sind derzeit in Vorbereitung.

Fazit

Das Thema der naturnahen Uferumgestaltung in den Ästuaren ist sowohl vor dem Hintergrund der rechtlichen Lage als auch im Hinblick auf das steigende öffentliche Interesse an Umweltthemen von hoher Relevanz. An einigen Stellen hat die WSV im Rahmen der ihr zur Verfügung stehenden Ressourcen und des Erfahrungsschatzes aktiv technisch-biologische Bauweisen eingesetzt. Die entscheidende Herausforderung besteht darin, technisch-biologische Ufersicherungen an Ästuaren als Ergänzung oder Alternative zum harten, technischen Uferverbau so großflächig einzusetzen, dass ein nachhaltiger ökologischer Mehrwert entsteht. Auf diesem Weg liegen entscheidende Hürden in der Entwicklung von Leitlinien zur Anwendung und Bemessung technisch-biologischer Bauweisen in Ästuaren sowie in der Verfügbarkeit der notwendigen Ressourcen zur Umsetzung auf Amtsebene. Diese Hürden gilt es zu nehmen, um zukunftsfähige – das heißt naturnähere und zugleich verkehrsgerechte und hochwassersichere – Ufer an den gezeitenbeeinflussten Bundeswasserstraßen zu erreichen.



Bild 5: Das Fährmannssander Watt an der Elbe bei Wedel bei Tideniedrigwasser.



Frostwiderstand zementgebundener Baustoffe

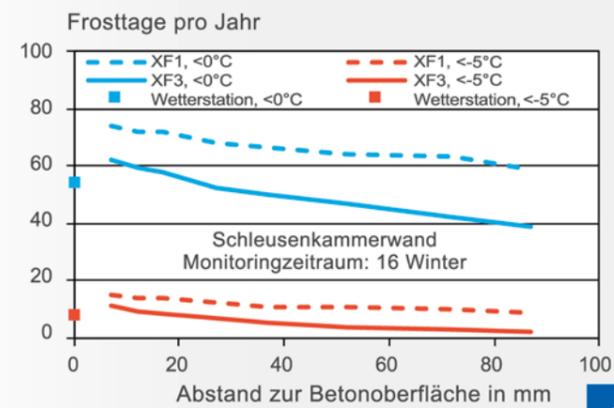
Voraussetzung für den sicheren und wirtschaftlichen Betrieb der Bundeswasserstraßen sind dauerhafte Massivbauwerke wie Schleusen und Wehranlagen, aber auch Düker und Durchlässe. Zur Vermeidung von Einschränkungen der Schifffahrt sollten Verkehrswasserbauwerke während ihrer zumeist langjährigen Nutzungsdauer möglichst uneingeschränkt nutzbar sein, also möglichst keinen Instandsetzungsbedarf und damit verbundene Nutzungsunterbrechungen aufweisen.

Zur Sicherstellung einer ausreichenden Dauerhaftigkeit der Massivbauwerke muss der Beton einen ausreichenden Widerstand gegenüber der Einwirkung aus den Umgebungsbedingungen aufweisen. Diese ergeben sich bei jedem Bauwerk und dessen einzelnen Bauteilen durch die Betriebsbedingungen sowie aus den Umwelteinwirkungen.

Verkehrswasserbauwerke unterliegen einer Einwirkung, welche in diesem Maße an anderen Hoch- und Ingenieurbauwerken kaum auftritt – einem intensiven Frostangriff. Beim Gefrieren von Wasser findet eine Volumenvergrößerung statt. Wird diese behindert, entstehen enorme Drücke. Da Beton ein poröser Baustoff ist und an den Wasserbauwerken ein nahezu ständiges Wasserangebot vorliegt, nimmt der Beton Wasser in das Porensystem auf. Bei nahezu gefüllten Poren kann es im Winter beim Gefrieren dazu kommen, dass kein ausreichender Ex-

pansionsraum für das gefrierende Wasser mehr verfügbar ist. Es kann zu Rissbildung und einem Abplatzen des Betons kommen (Bild 1).

Die Kenntnis der zu erwartenden Einwirkungen einerseits und geeigneter Vorgehensweisen zur Schadensvermeidung andererseits sind die Voraussetzung zur Konzeption dauerhafter Betone. Die derzeitige deskriptive Vorgehensweise bei der Betonkonzeption beruht auf langjährigen Erfahrungen mit bestimmten Betonausgangsstoffen und -zusammensetzungen, welche im Regelwerk hinterlegt sind. Angesichts der rasanten technischen Entwicklung auf dem Baustoffsektor und dem damit verbundenen Entfall entsprechender Langzeiterfahrungen wird es zunehmend erforderlich, das bisherige deskriptive Konzept zur Sicherstellung eines ausreichenden Frostwiderstandes des Betons durch eine direkte Prüfung (performance concept) zu ergänzen. Aufgrund der Energiewende ist zudem die Verfügbarkeit von bewährten Sekundärbaustoffen wie Flugasche, die bei der Kohleverstromung anfällt, stark eingeschränkt, so dass auch hier Alternativen auf den Markt treten werden. Performance-Prüfungen müssen so konzipiert sein, dass sie unterschiedliche Betone mit gleichen Bewertungsmaßstäben hinsichtlich der Dauerhaftigkeit beurteilen können. Mit ihrer Hilfe soll sichergestellt werden, dass die im Verkehrswasserbau geforderte Nutzungsdauer von 100 Jahren auch künftig mit ausreichender Wahrscheinlichkeit erreicht wird.



Das Ziel des Vorhabens bestand in der Untersuchung und Bewertung der tatsächlichen Beanspruchung infolge von Frosteinwirkungen an Verkehrswasserbauwerken sowie der Einführung eines Frost-Laborprüfverfahrens in das Regelwerk der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes.

Von maßgeblicher Bedeutung für die Intensität eines Frostangriffes auf Beton und damit auch für entsprechende Prüfverfahren und Abnahmekriterien sind die Temperaturbeanspruchung und der Wassersättigungsgrad des Betons. Da die Prüfverfahren im Labor in vergleichsweise kurzer Zeit eine Aussage zur Performance des Baustoffs im Bauwerk über dessen gesamte Nutzungsdauer treffen sollen, ist es unumgänglich, die Vorgänge in der Prüfung im Vergleich zur Natur zu beschleunigen. Dabei stellt sich die Frage nach der Übertragbarkeit der Laborprüfergebnisse auf die Praxis.

Die Einführung der Frostprüfung an Beton erfolgte bereits 2004 mit dem in der aktuellen Ausgabe 2012 gültigen BAW-Merkblatt „Frostprüfung von Beton“. Die Prüfverfahren werden seit 2004 im Rahmen von Eignungsprüfungen für Beton nach ZTV-W LB 215 eingesetzt. Sie haben sich aber auch außerhalb des Verkehrswasserbaus in Deutschland zu etablierten Prüfverfahren entwickelt. Sie können grundsätzlich auch zur Bauwerksbegutachtung eingesetzt werden (Bild 2), die hinterlegten Kriterien für Laborprüfkörper sind dann allerdings nicht anwendbar. Hier sind deshalb gutachterliche Bewertungen erforderlich.

Zur Beantwortung der Fragen zur Übertragbarkeit von Laborprüfergebnissen auf die Praxis läuft aktuell noch ein Monitoring zur Erfassung der Frostbeanspruchung an Schleusenbauwerken. Die entscheidenden Parameter, also

- 1: Oberflächenzustand einer frostgeschädigten Schleusenammerwand
- 2: Bohrkernoberfläche nach einer Frostprüfung
- 3: Durchschnittliche Anzahl der Frosttage pro Jahr an einer Schleusenammerwand in frei bewitterter (XF1) Exposition und im Bereich der Wasserwechselzone (XF3)

die Temperaturbeanspruchung und der Sättigungsgrad des Betons, werden mittels Langzeitmessungen bestimmt. Während die Temperatur relativ einfach über Sensoren gemessen werden kann, gestaltet sich die Messung des Sättigungsgrades schwieriger. Hier sind nur indirekte Methoden geeignet, in diesem Fall mit Hilfe des Elektrolytwiderstands des Betons. Bei steigendem Sättigungsgrad sinkt der Elektrolytwiderstand, beim Austrocknen steigt er an. Zusammenhänge können über eine Kalibrierung bestimmt werden. Dabei müssen weitere Parameter wie z.B. die Temperatur, Chloride oder eine Carbonatisierung berücksichtigt werden.

Entsprechende Sensoren wurden im Jahr 2000 durch das Institut für Bauforschung der RWTH Aachen (ibac) während der Bauphase in einer Kammerwand der Schleuse Hohenwarthe installiert. Seit Inbetriebnahme der Schleuse im Jahr 2003 werden die Messdaten aufgezeichnet, sodass nun über einen repräsentativen Zeitraum Erkenntnisse vorliegen. Danach sind jahreszeitliche Schwankungen des Sättigungsgrades in der Exposition mit mäßiger Sättigung (Freibord mit Expositions-klasse XF1) grundsätzlich wesentlich stärker ausgeprägt als mit hoher Sättigung (Wasserwechselbereich mit Expositions-klasse XF3). Hohe Sättigungsgrade treten in der Expositions-klasse XF1 als seltene Spitzenwerte auf, an die sich in der Regel eine Trocknungsphase anschließt. Bei Bauteilen mit ständigem oder periodischem Wasserkontakt ist der Sättigungsgrad des Randbereiches hingegen auf hohem Niveau weitgehend konstant. In Verbindung mit ausgeprägter Temperatureinwirkung (Bild 3) führt dies bei Verkehrswasserbauwerken zu Frostbeanspruchungen, die deutschlandweit mit keiner anderen Bauwerksgattung vergleichbar sind.

Es lagen etwa 10 bis 15 Frosttage pro Jahr mit Minimaltemperaturen unterhalb von -5 °C vor. Unter diesen Randbedingungen können Schäden am Beton verursacht werden. Auswertungen zum Elektrolytwiderstand in unterschiedlicher Messtiefe liefern neue Erkenntnisse zu Gefriervorgängen und frostinduzierten tiefenabhängigen Wasseraufnahmen. Hieraus ergeben sich Hinweise darauf, dass die in der Mikroeislinientheorie nach Setzer und im Modell des kritischen Sättigungsgrades nach Fagerlund beschriebenen Mechanismen über ein derartiges Monitoring nachvollzogen werden können. Insgesamt können Randbedingungen, welche in der Laborprüfung eine Schädigung des Betons verursachen, in vergleichbarer Weise auch in der Praxis auftreten. Für den Bereich der Frostbeanspruchung liegen somit auf Basis umfangreicher Untersuchungen im Labor und am Bauwerk Grundlagen auch für die Bewertung künftiger Betone mit einem Performance-Prüfverfahren vor.



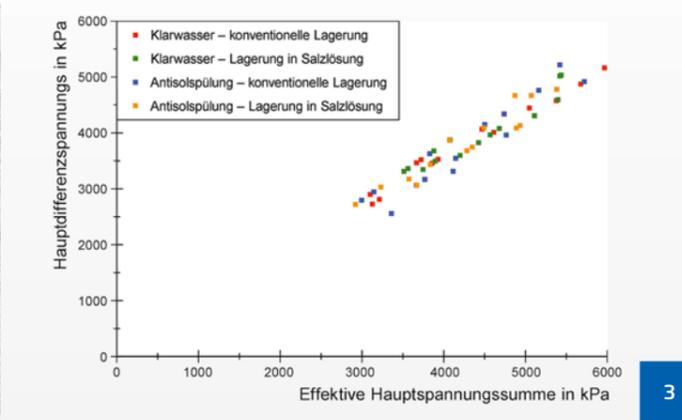
1 A



1 B



2



3

Ermittlung von Festigkeits- und Steifigkeitsparameter veränderlich-fester Gesteine am Beispiel Tonstein

Veränderlich-feste Gesteine unterscheiden sich in ihrem geomechanischen Verhalten sowohl von Lockergesteinen (Boden) als auch von Festgesteinen (Fels). Kennzeichnendes Merkmal dieser Gesteinsgruppe ist dabei die Eigenschaft, bei Exposition gegenüber atmosphärischen Gasen und Flüssigkeiten innerhalb kurzer Zeit Zusammenhalt und Festigkeit zu verlieren. Die Untersuchung nach rein boden- oder felsmechanischen Gesichtspunkten hat sich als nicht zielführend erwiesen. Besonderer Forschungsbedarf besteht nach Kanji (2014) bei der Probenahme und der Durchführung von Laborversuchen.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, einen Arbeitsablauf für veränderlich-feste Gesteine von der Probenahme bis zur experimentellen Untersuchung und Auswertung im Labor zu erarbeiten. Dies beinhaltet die Wahl geeigneter Probenahmetechniken (Art der Bohrung, Blockbeprobung etc.) und -behandlungen, die den ungestörten Zustand der Proben möglichst erhalten, sowie die Identifikation der Faktoren (Austrocknung der Proben, Zwischenlagerung, Einfluss der Bohrspülung etc.), welche die Probenahme beeinflussen. Es soll untersucht werden, in welcher Kombination der Probenahmevarianten Festigkeits- und Steifigkeitswerte an gesättigten Proben in Triaxialversuchen möglichst nah an den In-situ-Werten ermittelt werden können. Vorab wurde anhand einer Literaturstudie der gegenwärtige Wissensstand erarbeitet und aktuelle Entwicklungstendenzen im Themen-

bereich veränderlich-feste Gesteine identifiziert sowie maßgebende Zerfallsmechanismen recherchiert. Daraus wurden Schlussfolgerungen für die Probenahme, die Laboruntersuchungen und die Auswertung der Versuche gezogen. Der im Rahmen dieses Forschungsprojektes wichtigste identifizierte Zerfallsmechanismus ist die Porenluftkompression und deren Wirkung auf veränderlich-feste Gesteine (Bild 1). Anhand dieser Erkenntnisse wurde eine Probenahmematrix erstellt, die darauf ausgerichtet ist, den In-situ-Zustand des veränderlich-festen Gesteins möglichst zu erhalten.

Dafür wurden in einem kreidezeitlichen Tonstein vier Seilkernbohrungen abgeteuft, von denen je zwei mit einer Klarwasserspülung und mit einer wasserbasierten Polymerspülung ausgeführt wurden. Nach dem Ziehen der Bohrkern wurde jeder zweite Liner mit einer Salzlösung (2,5 gNaCl/l) aufgefüllt. Die Salzlösung soll das Einsetzen der Zerfallsmechanismen verhindern. Daraus ergeben sich insgesamt vier Probenahmevarianten, die hinsichtlich ihres Einflusses auf die Festigkeit der Tonsteine ausgewertet und untereinander verglichen wurden.

Für die Variantenuntersuchungen wurden insgesamt 60 Triaxialversuche an Tonsteinproben durchgeführt. Darüber hinaus wurden weitere 83 Triaxialversuche an drei weiteren Gesteinen (Opalinuston, Emscher Mergel, triassischer Schluffstein) ausgeführt, um verschiedene Aspekte der veränder-

lich-festen Gesteine zu untersuchen. Hier standen der Einfluss unsachgemäßer Probenbehandlung (kurzzeitige Trocknung der Probe) sowie Fragen zur Stellung der veränderlich-festen Gesteine zwischen Boden und festem Fels im Fokus.

Die Untersuchung veränderlich-fester Gesteine ist mit speziellen Anforderungen an die Triaxialprüfstände hinsichtlich der Gerätekonfiguration und -aufbau verbunden. Die Versuchsstände an der BAW (Bild 2) verfügen über sehr steife, verwindungsarme axiale Belastungseinrichtungen und sind mit Präzisionskraftmessdosen (Messbereich: ± 100 kN) sowie über elektromechanische Antriebe mit je zwei elektromechanischen Druckerzeugern für den Porenwasserdruck- und Manteldruck-Kreislauf ausgestattet. Die axiale Belastungsrate kann bis auf 15 nm/min geregelt werden. Der kleinste kontinuierliche Volumenstrom des Poren- und des Mantelöl-Kreislaufs beträgt weniger als 20 μ l/min.

Bei der experimentellen Untersuchung im Labor wurden ausschließlich Versuche mit Probekörpern möglichst nah am In-situ-Zustand durchgeführt. Um einen Vergleich der Versuchsergebnisse untereinander zu ermöglichen, wurden die Proben zunächst genau charakterisiert. Dazu dienten Indexversuche, wie die Bestimmung des Wassergehalts, der Feucht-, Trocken- und Korndichte, sowie die Ergebnisse geophysikalischer Feldmessungen. Zusätzliche Mikrostruktur-Untersuchungen mittels spezieller Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahmen gaben Hinweise über den Aufbau des Porenraums sowie die Verteilung des Porenwassers. Die anschließende Durchführung von undrännierten und drännierten Triaxialversuchen mit Porenwasserdruckmessungen diente zur Bestimmung von Festigkeits- und Steifigkeitsparametern.

Vorversuche haben ergeben, dass ein Triaxialversuch mit Tonstein unter bodenmechanischen Gesichtspunkten (d. h. mit Porenwasserdruckmessung, eine an das Material ange-

1: Zerfall veränderlich-fester Gesteine, A: Zerfall einer Tonsteinprobe im Labor nach einem Feucht-Trocken-Wechsel, B: Zerfall von Tonstein im Felsaufschluss unter Einfluss der Witterung
2: Abbildung der für die Untersuchungen an veränderlich-festen Gesteinen genutzten Triaxialprüfstände
3: Spitzenfestigkeiten der Proben des Mindener Tonsteins im p-q-(effektive Hauptspannungssumme-Hauptspannungsdifferenz)-Diagramm

passte Abschergeschwindigkeit) durchgeführt werden muss (DIN EN ISO 17892-9:2018-07). Für veränderlich-feste Gesteine sind Modifikationen zu dem in der Norm beschriebenen Vorgehen vorzunehmen.

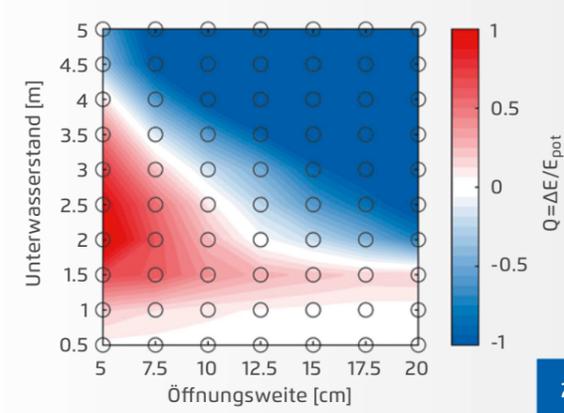
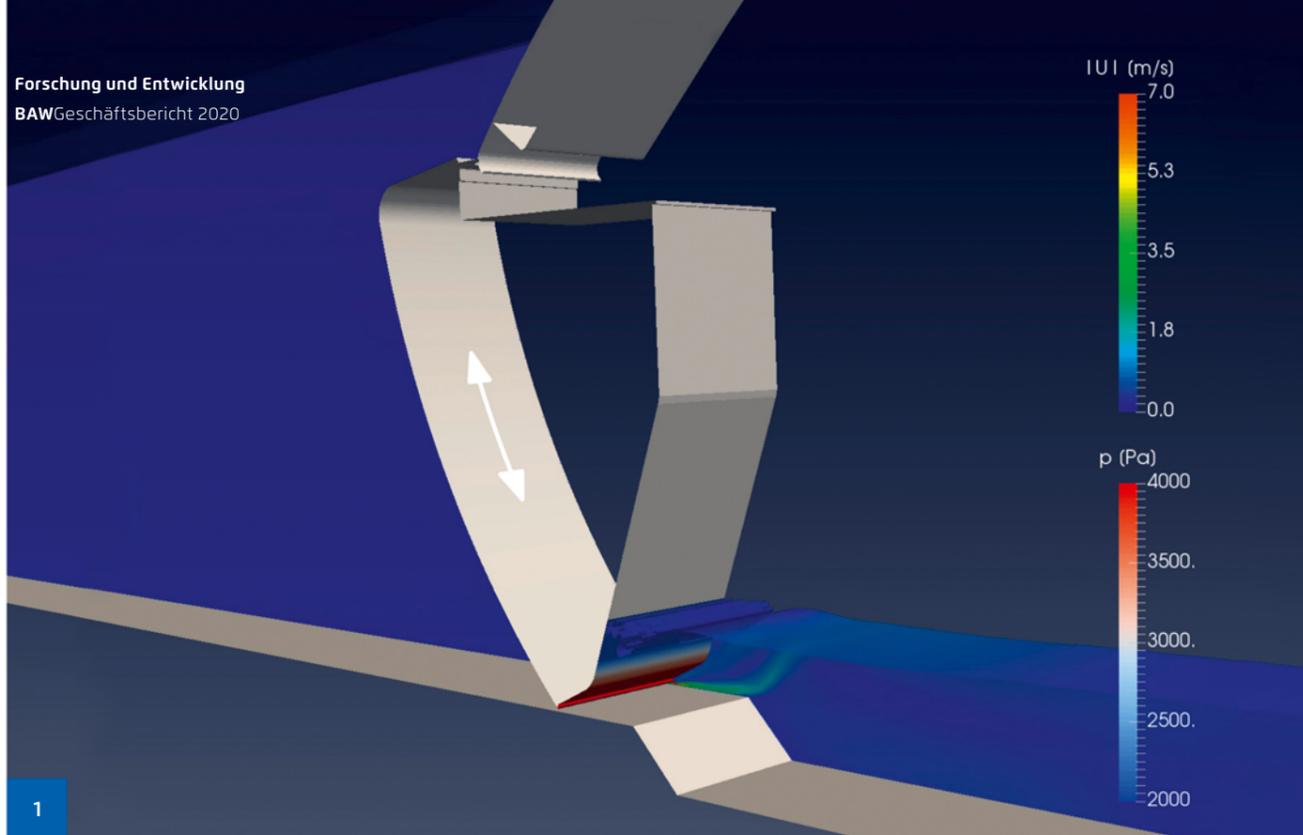
Berechnungen des Sättigungsgrads und die Auswertung spezieller Mikrostruktur-Untersuchungen zeigten, dass das Gestein In-situ vollständig gesättigt ist. Diese Beobachtungen bestätigten sich in der Sättigungsphase des Triaxialversuchs, in der nach deren Durchführung keine Hinweise auf eine erhöhte Probensättigung zu erkennen war. So kann die Sättigungsphase begrenzt bzw. ausgelassen werden. Eine Konsolidierungsphase sollte durchgeführt werden, da die Proben trotz ihrer In-situ-Erscheinungsform als Fels in allen Versuchen gut beobachtbare Konsolidierungserscheinungen aufwiesen. In der Abscherrphase sind bei geringen effektiven Manteldrücken dränierte Versuche zu empfehlen. Bei undrännierten Versuchen stieg der Porenwasserdruck so stark an, dass dieser effektive Manteldrücke bis 800 kPa neutralisierte. Alternativ besteht die Möglichkeit, die Abscherrate stark zu verringern. Der Umfang der Verringerung ist abhängig von der zu bearbeitenden Fragestellung. Wenn z. B. Porenwasserüberdruckeffekte ausgeschlossen werden sollen, muss die Abscherrate stark abgesenkt werden, was allerdings mit signifikant längeren Versuchsdauern (3-4 Wochen) einhergeht.

Die aus den Triaxialversuchen ermittelten Bruchwerte der Tonsteinproben mit verschiedenen Kombinationen der Bohrspülung und der Lagerungsvarianten sind in Bild 3 dargestellt. Unterschiede zwischen den einzelnen Probenahmevarianten hinsichtlich der ermittelten Festigkeitsparameter sind baupraktisch nicht relevant, was sich in der starken Überlappung der Punktwolken der jeweiligen Bruchwerte der Untersuchungsvarianten widerspiegelt.

Anhand von Untersuchungen an zehn Minuten und sieben Tagen in Laborumgebung getrockneten Proben kann zudem gezeigt werden, dass die Erhaltung des In-situ-Wassergehaltes wichtiger ist als der Einfluss der Bohrspülung oder Lagerungsvariante. Auffällig ist das von Beginn des Abscherrprozesses an nicht-lineare Verformungs-Spannungs-Verhalten der Tonsteinproben. Dies sollte entsprechend für numerische Berechnungen berücksichtigt werden.

Literatur:

Kanji, M. A. (2014): Critical issues in soft rocks. In: Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering (6/3), 186–195.
Norm DIN EN ISO 17892-9: 2018-07. Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 9: Konsolidierte triaxiale Kompressionsversuche an wassergesättigten Böden



- 1: Ergebnis einer gekoppelten Simulation. Das Schütz schwingt auf und ab und beeinflusst das umgebende Strömungsfeld. Dargestellt ist die Fließgeschwindigkeit u und der Druck p auf dem Verschluss
- 2: Der Gütefaktor in Abhängigkeit von Unterwasserstand und Öffnungsweite als Beschreibung der Schwingungsgefahr eines unterströmten Schützes
- 3: Beschleunigungssensoren auf dem Federgestänge eines Sohldichtungsträgers einer Versenkwalze

Simulation tendenziell instabil. Speziell für Fragestellungen im Wasserbau ist die Methode aufwändig, da die Dichte des Fluids eine entscheidende Rolle für die Stabilität der Rechnung spielt.

Um den Aufwand zu minimieren und die Simulation zu vereinfachen, müssen daher Vereinfachungen getroffen werden. Eine Möglichkeit besteht darin, das Schütz mit festgeschriebener Amplitude und Frequenz zu bewegen und anschließend die auf das Schütz wirkenden Kräfte auszuwerten. Aus der Kraft- und der Bewegungszeitreihe kann so die geleistete Arbeit berechnet werden. Wird die geleistete Arbeit mit der in der Schwingung gespeicherten Energie ins Verhältnis gesetzt, erhält man einen Gütefaktor. Dieser gibt an, ob die Schwingung gedämpft oder angefacht wird und dient als Maß für die Schwingungsgefahr. Um einen umfänglichen Blick auf die Schwingungsgefahr im gesamten Betriebsbereich zu erhalten, muss der Gütefaktor für eine Vielzahl von Betriebsszenarien bestimmt werden. Bild 2 zeigt das Ergebnis von Untersuchungen an einem Hubschütz, dessen Betriebskonzept im Hinblick auf eine mögliche Schwingungsgefährdung überprüft wurde.

Klar zu erkennen ist, dass der Gütefaktor für hohe Unterwasserstände und große Öffnungsweiten negativ ist und folglich keine Schwingungsgefahr besteht. Für kleine Öffnungsweiten wird hingegen Energie in die Schwingung eingetragen, der Gütefaktor ist positiv und weist auf eine Schwingungsgefahr hin. Die Methode setzt allerdings voraus, dass die Eigenfrequenz bekannt sein muss. Bei Untersuchungen am Prototyp kann die Eigenfrequenz durch Messungen ermittelt werden (Bild 3), während das in der Konstruktionsphase nicht so einfach möglich ist. Die Möglichkeiten zur Bestimmung der Eigenfrequenz reichen hier von der einfachen Abschätzung mittels Steifigkeit und Masse bis hin zur numerischen Modalanalyse, wobei zu beachten ist, dass das umgebende Wasser die Eigenfrequenz stark beeinflussen kann.

Zurzeit wird im Labor der BAW ein Versuchsstand mit einem elastisch aufgehängten Segmentschütz aufgebaut, an dem Schwingungen mit unterschiedlichen mechanischen und hydraulischen Randbedingungen untersucht werden können. Damit sollen einerseits bestehende Konstruktionen untersucht und bewertet werden und andererseits die Verlässlichkeit der oben beschriebenen Methode überprüft und ggf. verbessert werden.

ein zusätzliches Risiko, da kein Personal vor Ort ist und auf beobachtete Schwingungen unmittelbar eingreifen kann.

Durch die Standardisierungsbestrebungen der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes rückten in den letzten Jahren verstärkt Drucksegmente in den Fokus der Untersuchungen. Dabei zeigte sich, dass konstruktive, betriebliche und hydraulische Anforderungsziele teilweise konträr sind. Beispielsweise werden aus betrieblichen Gründen zur Aussteifung eines Verschlusses Hohlkästen gegenüber Fachwerkkonstruktionen vorgezogen, da Fachwerke nach Hochwasserereignissen aufwändig von Geschwemmel und Treibgut befreit werden müssen. Hohlkästen bieten jedoch eine größere Angriffsfläche für Druckschwankungen und sind daher stärker schwingungsgefährdet. Um Schwingungen zu vermeiden, sollte der Bereich hinter der Schützunterkante möglichst frei und der vertikale Abstand zum Hohlkasten möglichst groß sein. Aus konstruktiver Sicht ist der Abstand aber limitiert, um einerseits die Durchbiegung zu minimieren und andererseits lokale Lasten an der Schützunterkante abtragen zu können. Es zeigte sich, dass die existierenden Empfehlungen für moderne Konstruktionen nicht immer ausreichend sind und eine Aktualisierung daher notwendig ist.

Während die numerische Strömungssimulation im Wasserbau immer häufiger eingesetzt wird, ist sie im Bereich der strömungsinduzierten Schwingungen noch selten zu finden. Ein sehr häufig auftretender Anregungsmechanismus basiert auf einer Interaktion von Unterströmung und Bewegung eines Schützes. Die Schwingung ist selbsterregt und erfordert eine gekoppelte Simulation. Dabei kommen sogenannte Fluid-Struktur-Interaktions-Löser zum Einsatz, bei denen der Strömungslöser mit der Strukturbewegung gekoppelt wird (Bild 1). Diese Kopplung ist rechentechnisch aufwändig, die Rechenzeit lang und die

Fluid-Struktur-Wechselwirkung im Stahlwasserbau

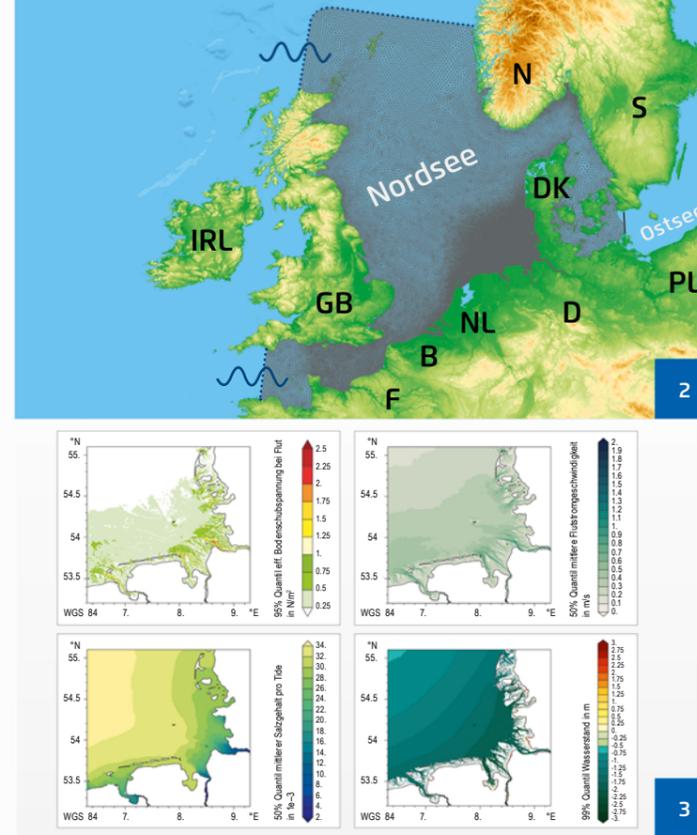
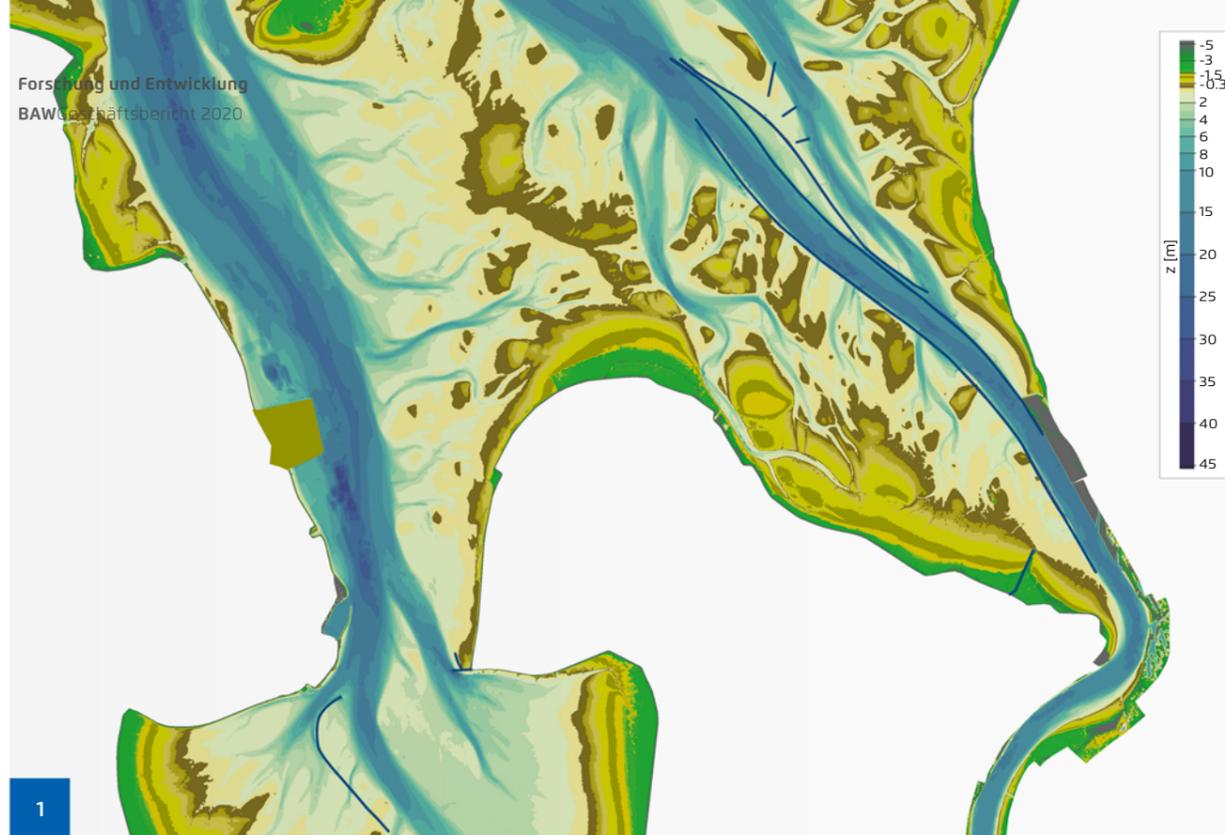
Viele bewegliche Teile im Stahlwasserbau, wie beispielsweise Schleusentore und ihre Füllschütze, Wehrverschlüsse oder Dichtungskonstruktionen, sind aufgrund ihrer elastischen Eigenschaften oder ihrer elastischen Aufhängung grundsätzlich als schwingungsgefährdet zu betrachten. Während es in anderen Bereichen der Ingenieurwissenschaften normative Regelungen gibt, wie Schwingungen konstruktiv oder betrieblich vermieden werden können, gibt es diese im Stahlwasserbau praktisch nicht. Zwar regelt die DIN 19704, dass Stahlwasserbauten „mit Rücksicht auf ihre Funktion einfach, robust und betriebssicher konstruiert werden“ müssen, die Erfahrung zeigt aber, dass die Gefahr strömungsinduzierter Schwingungen oftmals unterschätzt wird. Die daraus entstehenden Probleme reichen von starker Geräuschentwicklung über betriebliche Einschränkungen bis hin zum Funktionsausfall oder zur vollständigen Zerstörung der Anlage.

Strömungsinduzierte Schwingungen sind mannigfaltig, komplex und ein aktives Feld der Forschung. Da die Ursachen für strömungsinduzierte Schwingungen sehr unterschiedlich sein können, gibt es kein Patentrezept zu ihrer Vermeidung. Auch die Entwicklung von Abhilfemaßnahmen verlangt eine genaue Kenntnis von Ursache und Wirkung der Schwingung.

Die BAW befasst sich im Rahmen eines abteilungsübergreifenden Forschungs- und Entwicklungsvorhabens aus

verschiedenen Blickwinkeln mit dieser Thematik. Wichtige Bausteine sind dabei die Recherche der einschlägigen Fachliteratur und die gezielte Aufarbeitung relevanter Informationen aus Fachartikeln, Berichten und Empfehlungen. Dabei fällt auf, dass in den letzten Jahrzehnten relativ wenig zum Thema geforscht und dementsprechend wenig publiziert wurde und die Thematik offensichtlich etwas aus dem Fokus der Ingenieure geraten ist. Das zeigt sich auch daran, dass die Anzahl der Anfragen an die BAW zum Thema Schwingungen in den letzten Jahren deutlich zugenommen hat. Ein Ziel des Forschungsvorhabens ist es daher, Planerinnen und Planern für zukünftige Projekte aktuelle Handreichungen und Empfehlungen an die Hand zu geben. Hierzu sollen vorhandene Vorschläge und Konstruktionshinweise überprüft, aktualisiert und veröffentlicht werden.

Ein weiterer Baustein besteht in der Analyse von in der Praxis aufgetretenen Schwingungsproblemen. Anregungsmechanismen, Schwingformen und Frequenzen sollen identifiziert und vergleichbaren Fällen aus der Literatur gegenübergestellt werden. Hierzu wurden bereits einige Anlagen mit Messtechnik ausgerüstet und die Schwingungen bei verschiedenen Betriebszuständen und Abflüssen gemessen. Dabei zeigte sich, dass bei bestehenden Anlagen überraschend häufig Schwingungen auftreten, die kritischen Bereiche aber durch eine entsprechende Betriebsweise umgangen werden. Im Hinblick auf eine Automatisierung oder Fernsteuerung der Anlagen entsteht hierbei allerdings



1: Tiefenverteilung in der Jade und Außenweser für das Jahr 2009
2: Modellgebiet der Nordsee mit offenen Rändern zum Nordatlantik
3: Analyseprodukte in der Deutschen Bucht: 99%-Quantil des Wasserstandes, 50%-Quantil (oder Median) der max. Flutströmung, 50%-Quantil des Salzgehaltes und 50%-Quantil der eff. Bodenschubspannung bei Flutstrom

Als weitergehende Produkte der numerischen Simulationen wurden unterschiedliche Analysen durchgeführt:

- tideunabhängige Analysen der Simulationsergebnisse (Langzeitkennwerte) z. B. 99 % Quantil des Wasserstandes und 50 % Quantil der max. Flutströmung (Bild 3 oben),
- tideabhängige Analysen dokumentieren als Tidekennwerte, z. B. den Salzgehalt und die effektive Bodenschubspannung (Bild 3 unten).

Die hier durchgeführten flächenhaften Analysen (Partialtidenanalyse und Kennwertberechnung) sind in dem Dokument „Flächenhafte Analysen numerischer Simulationen aus EasyGSH-DB“ (<http://mdi-de.baw.de/easygsh/index.html#p4>) ausführlich beschrieben.

Aus den generierten Datenbeständen erfolgten mehrere prototypische Anwendungen mit Praxispartnern, wie z. B. die Bestimmung der morphologischen Veränderungen, die bei der Planung von Kabeltrassen zu berücksichtigen sind (TenneT). Durch die Erstellung von Potenzialkarten wurde die Identifizierung ausgewählter Lebensraumtypen (Sandbänke, Riffe, Muschelbänke) in Kooperation mit der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer verbessert. Die Identifikation der Land - Wasser - Grenze im Bereich der Deutschen Bucht durch die EasyGSH-Daten im Vergleich mit Satellitenaufnahmen (DLR-HB) belegte die Validität der eingesetzten Daten und Methoden.

Das Open-Data-Gesetz der Bundesregierung fordert einen barrierefreien, schnellen und anwenderfreundlichen Datenzugriff. Obwohl Forschungsdaten noch nicht darunterfallen, unterstützt die BAW durch Projekte wie EasyGSH-DB die frühzeitige Veröffentlichung von Forschungsdaten. Mit der Zunahme der Anzahl der zur Verfügung gestellten Datensätze und des Datenvolumens werden für eine Nutzbarkeit des Onlineangebotes Metadaten in Zukunft eine wichtige Grundlage darstellen. Alle in EasyGSH-DB gewonnenen Erfahrungen fließen maßgeblich mit in den Aufbau des zukünftigen Datenportals der BAW ein.

Die Vorträge anlässlich der Abschlussveranstaltung am 17.03.2020 (ausgefallen wegen Corona-Pandemie) sind unter <https://mdi-de.baw.de/easygsh/#publication> einsehbar. Der detaillierte Abschlussbericht aller am Verbundprojekt beteiligten Institutionen ist auf dem Repositorium der BAW – HENRY (<https://hdl.handle.net/20.500.11970/107374>) abgelegt.

aktuellen Erkenntnissen aus der Literatur wurde ein numerisches Modell erstellt, das die Tidedynamik in der Nordsee mit Fokus auf der Deutschen Bucht abbilden kann. Das Modellgebiet umfasst die gesamte Nordsee und wird im Bereich der Deutschen Bucht hoch aufgelöst (Bild 2), wobei die Ästuarie von Ems, Weser und Elbe bis zur Tidegrenze modelltechnisch berücksichtigt wurden.

Die in EasyGSH-DB erzeugten, modellbasierten Langzeitdatensätze bilden eine wichtige Basis, um Fragestellungen der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) und Stakeholdern zielgerichteter beantworten zu können. Diese wurden daher umfangreich validiert und dokumentiert (https://mdi-de.baw.de/easygsh/assets/Dokumente/Veroeffentlichungen/Validierungsdokument_EasyGSH_DB_Nordseemodell.pdf, https://mdi-de.baw.de/easygsh/assets/Dokumente/Veroeffentlichungen/Flaechenhafte_Analysen_numerischer_Simulationen_aus_EasyGSH-DB.pdf). Darüber hinaus wurden zur Sicherung der Qualität der erzeugten und veröffentlichten Daten im Zuge eines Multi-Modell-Ansatzes zwei weitere, unabhängige Modellierungssysteme zur Simulation von Tidedynamik, Salz- und Sedimenttransport sowie Seegang eingesetzt und von Projektpartnern kalibriert und validiert.

Die numerischen Simulationsergebnisse der BAW werden in gerasterter und zeitlich reduzierter Form für die gesamte Zeitspanne von 20 Jahren über das Projektportal (<https://mdi-de.baw.de/easygsh/>) zur Verfügung gestellt. Um auch die langfristige Nutzbarkeit zu gewährleisten, wurden umfangreiche Metadaten erfasst. Diese sorgen durch Verknüpfungen mit den Datenquellen und verwandten Informationen für die Verständlichkeit der Produkte von EasyGSH-DB. Die Metadaten entsprechen aktuell gelten den Standards (INSPIRE, GDI-DE, WSV) und sind in anderen Geoportalen (mCLOUD oder GovData) auffindbar.

Referenzdaten zur Geomorphologie, Sedimentologie und Hydrodynamik der Deutschen Bucht (EasyGSH-DB)

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur hat erkannt, dass aus den sektoralen, verteilt vorliegenden heterogenen behördlichen Datenbeständen wesentliche Beiträge für die Mobilität der Zukunft entstehen können und fördert mit der Forschungsinitiative mFUND (Modernitätsfonds) datenbasierte Forschungs- und Entwicklungsprojekte. In diesem Rahmen wurden unter Leitung der BAW durch das Verbundprojekt „EasyGSH-DB“ flächendeckende, harmonisierte und qualitätsgesicherte Referenzdatensätze für Geomorphologie, Sedimentologie und Hydrodynamik in der Deutschen Bucht erarbeitet. Der Datenbestand deckt dabei einen Zeitraum von 20 Jahren ab und umfasst neben Grundlagendaten auch weiterführende Analysen und wird der (Fach-)Öffentlichkeit als Ausgangsdatenbestand für eigene Anwendungen über ein Projektportal (<https://mdi-de.baw.de/easygsh/>) zur freien Verfügung gestellt.

Wesentliche Zielgruppen sind hierbei Bundes-, Landes- und kommunale Verwaltungen, Institutionen aus der Forschung und Wirtschaft, regierungsunabhängige Institutionen und die allgemeine Öffentlichkeit. Der jeweilige Bedarf dieser Interessensgruppen wurde analysiert und im Anschluss in Form einer partizipativen Produktentwicklung zu Produktideen verdichtet, die im weiteren Projektverlauf in Arbeitsgruppen aus Projektpartnern und interessierten Nutzern bis hin zu

prototypischen Anwendungen weiterentwickelt wurden. Im durchgeführten Vorhaben lag der Fokus auf der Zusammenstellung bzw. Erzeugung konsistenter und synoptischer

- geomorphologischer Basisdaten für Bathymetrie und Sedimentologie, sowie
- hydrologischer Daten für Hydrodynamik (Wasserstand, Strömungsgeschwindigkeit), Salz- und Sedimenttransport, als auch Seegang.

Im Projekt wurden geomorphologische Basisdaten als konsistente Beschreibung der Sedimentologie der Gewässeroberfläche (Verteilung und Zusammensetzung) in einem fünfjährigen Zyklus erzeugt. Die qualitätsgesicherten Tiefendaten wurden als jährliche Bathymetrie für das Gebiet der Deutschen Bucht generiert und sind als Produkte über das Web-Portal verfügbar. Gleichzeitig bildeten diese Daten die Grundlage für die 20-jährigen numerischen Simulationen. Aus diesen Datenbeständen lassen sich z. B. detaillierte Tiefenverteilungen (Bild 1) sowie deren zeitliche Veränderungen ableiten.

Aufbauend auf dem vorangegangenen Projekt des Kuratoriums für Forschung im Küsteningenieurwesen „Aufbau integrierter Modellsysteme zur Analyse der langfristigen Morphodynamik in der Deutschen Bucht“ (AufMod) sowie

Die Bundesanstalt für Wasserbau

- Das Jahr 2020
- mFUND – Treiber für die Digitalisierung
- Daten und Fakten
- Anhang

Das Jahr 2020

Januar

Sicherheit an Talsperren

Talsperren zeichnen sich durch ein hohes Gefährdungspotenzial aus und unterliegen deshalb gemäß DIN 19700-11 einer besonderen Überwachung einschließlich regelmäßiger vertiefter Sicherheitsüberprüfungen. Für die beiden WSV-Talsperren an Eder und Diemel führt die BAW umfangreiche und detaillierte Zuverlässigkeitsanalysen durch, die auch eine Untersuchung des verbleibenden Risikos bei Überschreitung der Bemessungsansätze enthalten. Damit ist eine fundierte Bewertung der Standsicherheit der beiden über 100 Jahre alten Gewichtsstaumauern aus Bruchsteinmauerwerk möglich.



JAN

FEB

Februar

Erstbetankung der ‚ATAIR‘

Erstbetankung des ersten seegängigen Behördenschiffs mit LNG-Antrieb. Die BAW hat die ‚ATAIR‘, das neue Vermessungs-, Wracksuch- und Forschungsschiff des BSH, entworfen und die Bauaufsicht auf der FASSMER-Werft wahrgenommen.



Das Jahr 2020

April Forschungskompodium Verkehrswasserbau

Das Forschungskompodium Verkehrswasserbau gibt einen vollständigen Überblick über die im Berichtsjahr abgeschlossenen, laufenden und neu begonnenen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Mit mehr als 100 Vorhaben betrug der Anteil von Forschung und Entwicklung an der gesamten Arbeitsleistung der BAW 28 Prozent. Dies entspricht dem Wert der Vorjahre und liegt in dem in der BAW-Strategie 2030 festgelegten Zielkorridor.



Mai BAWMitteilungen Nr. 105

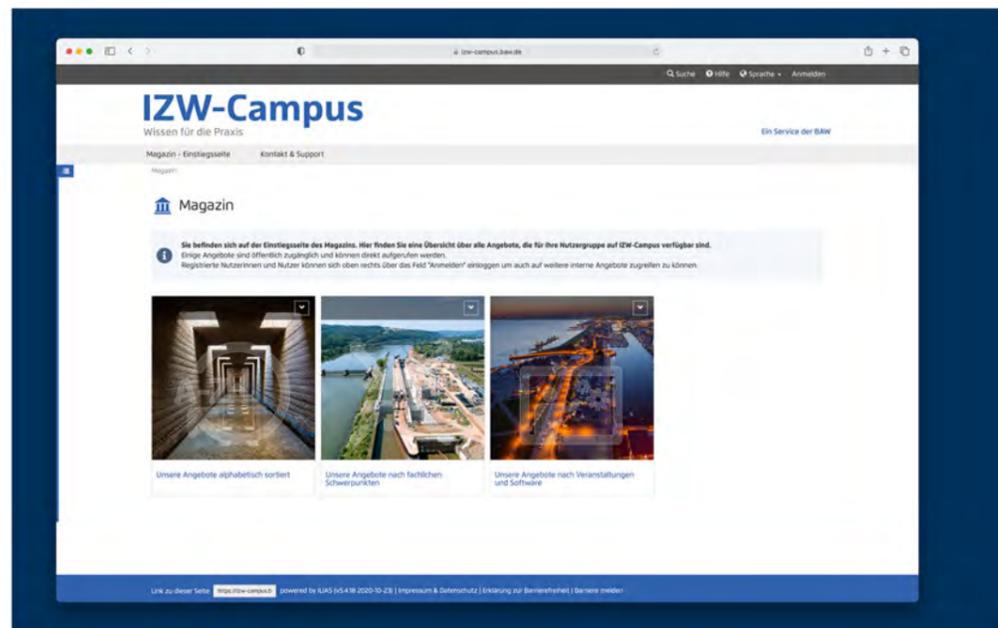
Ende Mai erschienen die **BAWMitteilungen** Nr. 105 zum Thema „Feste Wehre für Nebenwasserstraßen“. In diesem Heft werden Untersuchungsergebnisse zu den Grundsatzuntersuchungen für feste Wehranlagen vorgestellt, mit dem Fokus auf Nebenwasserstraßen – also touristisch bedeutsamen Wasserstraßen. Die **BAWMitteilungen** Nr. 105 liefern die notwendige Grundlage für die Evaluation bestehender Wehre und geben Hinweise im Planungsprozess.

MRZ

APR

MAI

JUN



Mai E-Learning Plattform IZW-Campus mit erweitertem Angebot

Das Angebot auf der E-Learning Plattform IZW-Campus wurde deutlich ausgeweitet und stößt auf großes Interesse seitens der Nutzer. Seit Mai verzeichnet die Plattform monatlich vierstellige Nutzerzahlen durch WSV-Beschäftigte. Ende des Jahres wurde zudem ein für die breite Öffentlichkeit zugänglicher Bereich freigeschaltet, sodass nun einzelne Angebote unter izw-campus.baw.de z. B. auch für Ingenieurbüros, Baufirmen und Universitäten zugänglich sind.

Juni Fahrrinnenanpassung Unter- und Außenelbe



Damit auch zukünftig außergewöhnlich große Schiffe mit einem Tiefgang von bis zu 14,5 Metern den Hamburger Hafen voll abgeladen anlaufen können, wurden 2020 die Arbeiten zur Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe weiter fortgesetzt. Das im Rahmen des Vorhabens gewonnene Baggergut wird für Strombaumaßnahmen, sogenannten Unterwasserablagerungsflächen, im Bereich des Mündungstrichters der Elbe eingesetzt. Diese Art der Verbringung minimiert zum einen den Umwelteingriff und stellt gleichzeitig eine wirksame Maßnahme dar, um die Tideenergie im Ästuar zu dämpfen.

Das Jahr 2020

Juli

Transfer von Expertenwissen



Der Transfer von Expertenwissen ist eine der Kernaufgaben der BAW. Die digitalen Lernangebote der E-Learning-Plattform ‚IZW-Campus‘ sollen Handlungskompetenzen vermitteln und klassische Vortragsformate erweitern sowie die Präsenzlehre unterstützen und ergänzen. Ausgewählte Angebote sind öffentlich verfügbar: izw-campus.baw.de

September

Einsatz des Taucherglockenschiffs ‚CARL STRAAT‘ am Oberrhein

Zur Vorbereitung von Naturuntersuchungen zur Geschiebedynamik haben die BAW und die Universität für Bodenkultur Wien am Oberrhein einen Vorversuch mit Radiotelemetrie-Tracern durchgeführt. Ziel war es, die Detektierbarkeit der Sender in Abhängigkeit der Wassertiefe und der Geschiebebedeckung besser zu verstehen. Hierfür wurden die Tracer mit Hilfe des WSV-Taucherglockenschiffs ‚CARL STRAAT‘ in die Rheinsohle eingebracht und im Anschluss von der Wasseroberfläche aus geortet.



JUL

August

Neues Fachportal für die Küstenforschung



Im neu gestalteten Fachportal des Kuratoriums für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) stehen die Abschlussberichte der vom KFKI geförderten Forschungsprojekte sowie die Artikel der Schriftenreihe ‚Die Küste‘ ab sofort zum freien Download zur Verfügung: www.kfki.de

AUG

September

Messprogramm am Eider-Sperrwerk



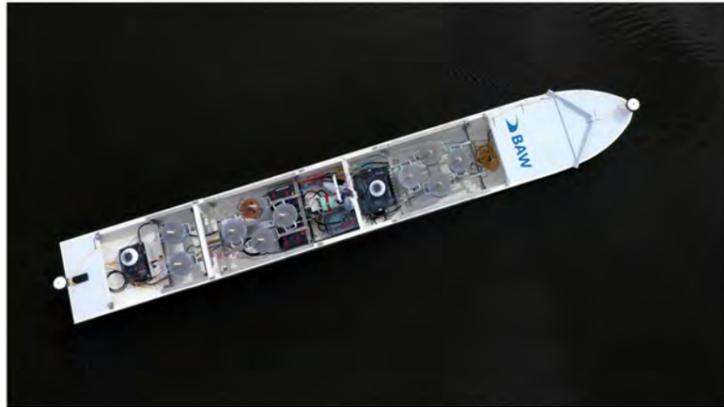
Im Rahmen des Verbund-Projekts „Zukunft Eider“ hat die Naturmessgruppe der BAW in Hamburg im September 2020 ein erfolgreiches Messprogramm am Eider-Sperrwerk durchgeführt. Seit der Inbetriebnahme des Sperrwerks im Jahr 1972 wurden erstmals Strömungsgeschwindigkeiten und Durchflussmengen exakt bestimmt. Das Video steht auf dem BAW-YouTube-Kanal zur Verfügung: https://www.youtube.com/watch?v=FEDNf64dk_w

SEP

Das Jahr 2020

September

Modellversuche zur Fahr- dynamik großer Seeschiffe



Zur Untersuchung des Fahr-
verhaltens großer Contain-
erschiffe wurden Modellversu-
che im Ernst-August-Kanal
bei Hamburg durchgeführt.
Die Erkenntnisse dienen der
präziseren Bemessung der
Seeschiffahrtsstraßen sowie
für Befahrbarkeitsanalysen.

November

BAW unterstützt Pratik- a von Studierenden der Helmut-Schmidt-Universi- tät



Seit Einführung des Studien-
gangs Bauingenieurwesen an
der Helmut-Schmidt-Universi-
tät finden für die Studierenden
regelmäßig Praktika im geo-
technischen Labor der BAW
in Hamburg statt. Ein Schwer-
punkt waren Untersuchungen
zur Bodenklassifikation und
Bodenansprache, die von den
Studierenden an Bohrkernen
für den Bau der 5. Schleusen-
kammer Brunsbüttel durch-
geführt wurden.

SEP

OKT

NOV

DEZ



Oktober

10 Jahre BAWAktuell

BAWAktuell wird 10 Jahre alt. Seit der
ersten Ausgabe im Oktober 2010 erscheint
das Magazin mit drei Ausgaben pro Jahr, in
der die BAW über ihre Arbeit als wissen-
schaftlicher Dienstleister auf dem Gebiet des
Verkehrswasserbaus und des Spezialschiff-
baus informiert. Einen Schwerpunkt bilden
die verkehrswasserbaulichen Großprojekte,
wie z. B. der Neubau des Schiffshebewerks
Niederfinow, die Sanierung der Wehranlage
Geesthacht sowie der Ausbau der Seehafen-
zufahrten an Nord- und Ostsee. Auch die
Forschungsvorhaben finden regelmäßig
Eingang in BAWAktuell, z. B. zu Themen wie
Sicherheit und Instandsetzung von Wasser-
bauwerken, Standardisierung und Digitali-
sierung im Verkehrswasserbau, Vereinbarkeit
von Verkehrswasserbau und Ökologie sowie
Anpassung der Wasserstraßen an den
Klimawandel.

mFUND – Treiber für die Digitalisierung

Mit der vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) initiierten Forschungsinitiative mFUND (Modernitätssfonds) werden seit 2016 Forschungs- und Entwicklungsprojekte rund um digitale, datenbasierte Anwendungen für die Mobilität 4.0 gefördert.

Die BAW hat sich mit verschiedenen Partnern erfolgreich für mehrere Vorhaben um Fördermittel beworben. Mit den daraus entwickelten Lösungen können die Planungs- und Bauprozesse an den Bundeswasserstraßen effizienter und schneller gestaltet werden. Denn um schnell in die Mobilität von morgen zu kommen, brauchen auch Planung und Bau von Verkehrsinfrastrukturen einen Digitalisierungsschub.

Bohrloch 'BK 025a'	
Objekt-Id	717
Art	Bohrloch
Aufschlusspunkt-Id	BK 025a
Kurzbezeichnung	BK 025a
Bezeichnung	BK 025a
Projekte	STH (Rhein, Rhois, Dammsachsorge)
Zeitraum	
Beginn	04.10.2005
Ende	05.10.2005
Methode der Lagebestimmung	unbekannt
Methode der Höhenbestimmung	unbekannt
Koordinatenschemierung	No
Originalkoordinaten	3424815 91, 540263866, 126.4
Koordinaten	35467
Lagebezugssystem	5783
Höhenbezugssystem	Original coordinate systems cannot be determined with certainty
Bemerkung	GTE_explorationpurpose_BohrenML-12-2013-04
Aufschlusszweck	BoreholeML-12-2013-04
Aufschlusszwecknorm	public
Verfügbarkeit der Daten (rechtl.)	y
Verfügbarkeit der Daten (techn.)	y
Bohrertiefe [m]	166.4192946827209
Bohrverfahren	
Obere Tiefe [m]	13.0
Untere Tiefe [m]	0
Verfahren	BK_drillingmethod_DHL_0222-31982-06
Norm des Bohrverfahrens	DIN_4022-3-1982-05
Unternehmer	Terrason
geplante Untersuchung	No

Digitale Bodenschätze heben

Die Kenntnis über die geotechnischen Boden- und Felskennwerte ist für jedes Bauvorhaben notwendig. Eine große Anzahl von Behörden und Universitäten betreiben Datenbanksysteme oder Datensammlungen zu geotechnischen Versuchen. Dieser „Datenschatz“ liegt praktisch dispers verteilt vor. Eine gemeinsame Sammlung sowie der freie Zugang zu geotechnischen Kennwerten zur Validierung eigener Untersuchungen ist bisher nicht vorhanden. In der Folge werden aufwändige Bodenuntersuchungen durch verschiedene Vorhabenträger häufig mehrfach durchgeführt.

Die BAW hat im Rahmen des mFUND für die Bundeswasserstraßen die Grundlagen für eine digitale Datenplattform geschaffen, die ab Mitte 2021 eine freie Nutzung der Daten von relevanten Bodenkennwerten für alle Interessenten ermöglichen wird.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Interaktiver Viewer

Der Kartenviewer soll einen Überblick über einige Produkte von EasyGSH-DB für den Nutzer geben. Im durch den Button 'zum Viewer' aufgerufenen Kartentool werden einige projektbezogenen prototypischen Daten von den Bathymetrien, Sedimentparametern und hydrologischen Daten durch einen Web-Map-Service (WMS) präsentiert.

[zum Viewer für Analysedaten](#)

In einem zweiten Viewer präsentieren wir explizit die auf netCDF basierenden synoptischen Daten. Im Viewer für synoptische Daten werden hydrodynamische Daten präsentiert. Es sind ausgewählte Daten, aufgrund der Datengröße, der netCDF Datei. Die im Viewer visualisierten Daten stehen zum Download zur Verfügung.

[zur synoptischen Hydrodynamik](#)

Für die Nutzung der Geodaten von EasyGSH in anderen Web- oder Desktop-Applikationen wird ein WMS/WFS/WCS angeboten. Über die folgenden URLs können die gewünschten Daten in eigene GIS-Anwendungen eingebunden werden. Bei den Web-Services für die Hydrodynamik zum Einbinden das **Jahr** ändern.

Web-Map-Service (WMS)	Web-Feature-Service (WFS)	Web-Coverage-Service (WCS)
Bathymetrie und Isolinien http://mdi-dienste.baw.de/geoserver/EasyGSH_Bathymetrie/wms	Bathymetrie und Isolinien http://mdi-dienste.baw.de/geoserver/EasyGSH_Bathymetrie/wfs	Bathymetrie http://mdi-dienste.baw.de/geoserver/EasyGSH_Bathymetrie/wcs
Sedimentologie http://mdi-dienste.baw.de/geoserver/EasyGSH_Sediment/wms	Sedimentologie http://mdi-dienste.baw.de/geoserver/EasyGSH_Sediment/wfs	Sedimentologie http://mdi-dienste.baw.de/geoserver/EasyGSH_Sediment/wcs
Hydrodynamik http://mdi-dienste.baw.de/geoserver/EasyGSH_Kennwerte_Jahr	Hydrodynamik http://mdi-dienste.baw.de/geoserver/EasyGSH_Kennwerte_Jahr	Hydrodynamik http://mdi-dienste.baw.de/geoserver/EasyGSH_Kennwerte_Jahr

Eine Datenflut für die Küste

Die BAW unterstützt schon seit Langem die Veröffentlichung von Forschungsdaten und betreibt eine aktive Open-Access-Strategie. Dank der mFUND-Initiative bot sich die Chance, diese weiterzuentwickeln: Durch die Förderung von Innovationen rund um digitale, datenbasierte Anwendungen für die Mobilität 4.0 wurden im Rahmen eines Verbundprojektes unter Leitung der BAW synoptische Referenzdaten für Hydrodynamik, Geomorphologie sowie Sedimentologie in der Deutschen Bucht

erarbeitet und diese Ergebnisse der Öffentlichkeit dauerhaft zur freien Verfügung gestellt (<https://mdi-de.baw.de/easygsh/>). Die erzeugten, modellbasierten Langzeitdatensätze bilden eine wichtige Basis, um Fragestellungen von Politik, Wissenschaft und Öffentlichkeit zielgerichteter und sehr viel schneller beantworten zu können. Durch ein innovatives Datenmanagement wurde die Erschließung hochkomplexer Datenbestände deutlich vereinfacht.

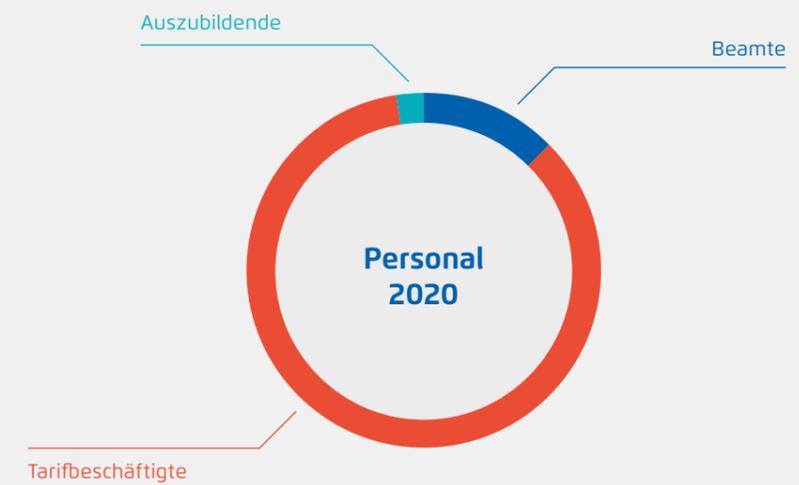
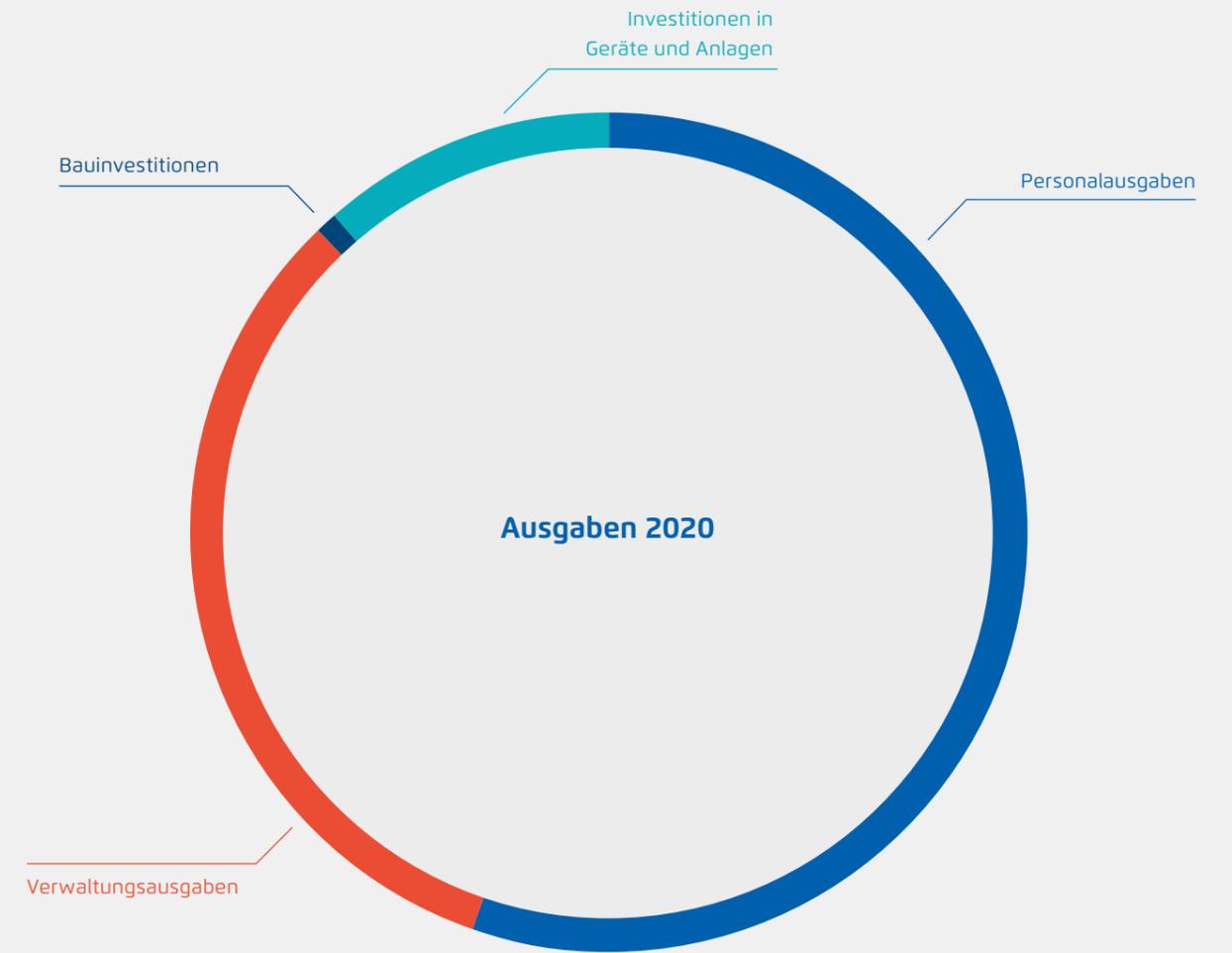
Daten & Fakten

Ausgaben und Einnahmen

	2018	2019	2020
Personalausgaben	28.403.744 €	29.981.312 €	32.919.268 €
Verwaltungsausgaben	16.755.804 €	18.118.051 €	19.222.248 €
Bauinvestitionen	245.202 €	350.585 €	525.623 €
Investitionen in Geräte und Anlagen	3.915.283 €	5.623.250 €	6.725.985 €
Gesamtausgaben	49.320.033 €	54.073.198 €	59.393.124 €
Einnahmen aus Drittmittelprojekten	2.217.645 €	1.821.165 €	2.716.238 €

Personal

	2018	2019	2020
Beamte	59	62	63
Tarifbeschäftigte*	372	397	420
Auszubildende	9	11	11
Beschäftigte gesamt	440	470	494
*davon befristet Beschäftigte (ohne Auszubildende)	98	99	106



Daten & Fakten



258
TÄTIGKEITEN IN AUSSCHÜSSEN



9
LEHRAUFTRÄGE



4
KOLLOQUIEN & AUSSPRACHETAGE



2
PROMOTIONEN

Hesse, Roland

Zur Modellierung des Transports kohäsiver Sedimente am Beispiel des Weserästuars

Schmidt-Bäumler, Heike

Multikriterielle Entscheidungsunterstützung in der risiko-basierten Instandhaltungsplanung am Beispiel der Verkehrswasserbauwerke



75
VERÖFFENTLICHUNGEN
UND VORTRÄGE



122
FORSCHUNGSVORHABEN
IN 2020 ABGESCHLOSSEN: 10
AKTIV: 112

Veranstaltungen 2020

	Anzahl	Teilnehmer
Kolloquien	2	373
Aussprachetage	2	331
Insgesamt	4	704

Anhang

BAWonline – 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



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



Forschung und Entwicklung

Weitere Informationen finden Sie unter



Aktuelle Kooperationspartner

Weitere Informationen finden Sie unter



Social Media Kanäle

Weitere Informationen finden Sie unter



Impressum

Herausgeber (im Eigenverlag):
Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe
Postfach 21 02 53, 76152 Karlsruhe
Tel. +49 (0) 721 9726-0
Fax +49 (0) 721 9726-4540
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 auszugsweise – ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

ISSN 2190-9156
Karlsruhe · Mai 2021

Fotonachweis:
Seite 4 Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)
Seite 21, Bild 7 Bundesanstalt für Gewässerkunde/ Bundesanstalt für Wasserbau
Seite 44, unten Quelle: @salih – stock.adobe.com (Mockupfoto)
Seite 52 Floral Deco/Shutterstock.com
Seite 53 unten iStock.com/Tomml
Seite 54 oben hxdbzxy/Shutterstock.com
Seite 54 unten iStock.com/mediaphotos
Seite 55 unten Bloomicon/Shutterstock.com

