

Forschungs- und Entwicklungskonzept der Bundesanstalt für Gewässerkunde

2022 bis 2030



Berichtsnummer (BfG-2087)

Impressum

- Herausgeber:** Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
Postfach 20 02 53
56002 Koblenz
Tel.: (0261) 1306-0
Fax: (0261) 1306-5302
E-Mail: posteingang@bafg.de
Internet: <http://www.bafg.de>
- Redaktion:** T. Artz, S. Buchinger, A.-D. Ebner von Eschenbach, C. Färber, H. Fischer, C. Földi, S. Schäfer, F. Schöll, M. Scholten, U. Schröder, K. Schütze, T. A. Ternes und A. Wick
- Titelbild:** Moselschleife bei Bremm (Mosel-km 75,7),
© Andreas Edelmann /Adobe Stock
- Gestaltung:** Andrea Weßler
- Druck:** Druckereiverbund des BMDV
- Zitiervorschlag:** Bundesanstalt für Gewässerkunde (2022): Forschungs- und Entwicklungskonzept der Bundesanstalt für Gewässerkunde 2022-2030. Koblenz, Februar 2022, 31 S.,
Berichtsnummer BfG-2087

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	2
Vorwort	3
1. Einleitung	5
2. Wissenschaftliche Standards und Nachwuchsförderung	9
3. Verkehr und Infrastruktur	11
3.1 Umweltgerechte und resiliente Verkehrsinfrastruktur	12
3.2 Wasserstraßen und Schifffahrt	13
3.3 Digitalisierung	14
4. Ökosysteme und Biodiversität	15
4.1 Erfassung und Bewertung der Biodiversität	16
4.2 Anthropogene Stressoren	17
4.3 Chemische Belastungen durch Schad- und Spurenstoffe	17
5. Ökologische Gewässerentwicklung	19
5.1 Ökologisch-orientierte Unterhaltung, Renaturierung und wasserwirtschaftlicher Ausbau	20
5.2 Ökologische Durchgängigkeit	21
5.3 Ökosystemleistungen und Sozio-Hydrologie	21
6. Globaler Wandel und Klimawandel	23
6.1 Klimafolgen und Anpassungsstrategie	24
6.2 Vorhersage- und Informationsdienste	25
6.3 Globales Wasserressourcenmanagement	25
7. Wissenschaftskommunikation im Wandel	27

Abkürzungsverzeichnis

BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BIM	Building Information Modeling
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
EU-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FuE	Forschung und Entwicklung
ICWRGC	International Centre for Water Research and Global Change
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in the European Community
IT	Informationstechnik
ÖSL	Ökosystemleistung
SDG	Sustainable Development Goal
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes



Vorwort

Gegenwärtig erleben wir viele Veränderungen, die einen großen Einfluss auf die Qualität, die Nutzung und die Entwicklung unserer Binnen- und Küstengewässer haben. Dies sind neben den weitreichenden Folgen des globalen Wandels – insbesondere des Klimawandels – die Defizite der Biodiversität sowie die zunehmende Verwendung synthetischer Stoffe und der damit verbundene Eintrag in unsere Gewässer. Als Ressortforschungseinrichtung des Bundes liefern wir substanzielle ressortübergreifende Beiträge zu den von der Bundesregierung gesetzten Zielen in den Bereichen Gewässerentwicklung und -forschung sowie zur Entwicklung einer umweltverträglichen, nachhaltigen und resilienten Wasserstraßeninfrastruktur. Daher richten

wir die Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) auf die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen im Bereich der Bundeswasserstraßen und ihrer Einzugsgebiete aus, damit unsere Binnen- und Küstengewässer auch zukünftig die vielfältigen an sie gestellten Anforderungen erfüllen.

Verkehrsträgerübergreifende Forschung und Entwicklung betreiben wir im BMDV-Expertennetzwerk¹ zusammen mit sechs weiteren Ressortforschungseinrichtungen bzw. Bundesoberbehörden des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr, indem wir gemeinsam an Zukunftsthemen zu Verkehr und Verkehrsinfrastruktur arbeiten.

¹BMDV-Expertennetzwerk: Baustein der Ressortforschung des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr, https://www.bmdv-expertennetzwerk.bund.de/DE/Home/home_node.html

An der Schnittstelle zwischen Gewässerkunde und Wasserbau arbeiten wir in besonderem Maße mit der Bundesanstalt für Wasserbau zusammen. Zu vielen umweltrelevanten Forschungsfragen bestehen zudem enge Kooperationen mit dem Umweltbundesamt und dem Bundesamt für Naturschutz.

Neben Forschungsmitteln des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr, die wir nach intensiver Projektbegutachtung durch die Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats der BfG und internen Begutachtungen an unsere Projektteams vergeben, beteiligen wir uns an nationalen und internationalen Forschungsprojekten zum Beispiel der Europäischen Union und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Darüber hinaus ist die BfG in viele nationale und internationale Netzwerke eingebunden und wird dieses Engagement noch ausbauen.

Über das angegliederte Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel (ICWRGC) sind wir mit Partnern aus vielen Regionen der Welt verbunden. Hierzu gehören neben der UNESCO, unter deren Schirmherrschaft das ICWRGC steht, zum Beispiel das Umweltprogramm der Vereinten Nationen oder die Weltorganisation für Meteorologie.

Unsere Forschungsergebnisse sowie die nationale und internationale Vernetzung sind die Voraussetzung, um die Bundesministerien, ihre nachgeordneten Behörden wie die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes und die Bundesländer auch zukünftig auf hohem wissenschaftlichem Niveau beraten zu können. Daher freuen wir uns sehr darüber, Ihnen die Forschungsschwerpunkte der Bundesanstalt für Gewässerkunde für die kommenden Jahre präsentieren zu dürfen.



Dr. Birgit Esser
Leiterin der BfG



Prof. Dr. Thomas Ternes
Forschungsbeauftragter der BfG, Abteilungsleiter
Qualitative Gewässerkunde



1. Einleitung

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) an Küsten- und Binnengewässern dienen der Politikberatung für eine umweltgerechte, anwendungsorientierte und nachhaltige Entwicklung der Binnen- und Seewasserstraßen des Bundes (im Folgenden als Bundeswasserstraßen bezeichnet). Die integrativen Arbeiten umfassen die Bereiche quantitative und qualitative Gewässerkunde, Ökologie sowie Gewässernutzung und Gewässerschutz. Im Mittelpunkt steht die Erarbeitung eines übergreifenden Systemverständnisses, das die Einzugsgebiete einschließt.

Als interdisziplinäre Ressortforschungseinrichtung unterstützt die BfG die Bundesressorts und nachgeordnete Behörden bei der Umsetzung verkehrs- und umweltpolitischer Ziele der Bundes-

regierung. Durch ihre fachgebietsübergreifende, integrierende Forschung und Entwicklung in verschiedensten Wissenschaftsdisziplinen sowie die Umsetzung der sich daraus ergebenden Erkenntnisse in die Praxis – insbesondere bei der Beratung der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) – trägt die BfG zur Gestaltung einer nachhaltigen Gewässerentwicklung bei.

Das vorliegende Forschungs- und Entwicklungskonzept (FuE-Konzept) der BfG setzt als integraler Bestandteil der BfG-Strategie den Rahmen der Forschungsschwerpunkte bis 2030 und adressiert die zunehmenden Herausforderungen der WSV bei der verkehrlichen und zugleich wasserwirtschaftlichen und ökologischen Weiterentwicklung der Bundeswasserstraßen.

- Das FuE-Konzept orientiert sich an (siehe Abb. 3)
- dem strategischen Rahmen der Ressortforschung, insbesondere des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV), aber auch des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV; z. B. Nationale Wasserstrategie²) und weiterer Ressorts mit Wasser- bzw. Gewässerbezug,
 - dem „Green Deal“ der Europäischen Kommission, der beispielsweise den kürzlich veröffentlichten Null-Schadstoff-Aktionsplan für Wasser, Boden und Luft (Zero Pollution Action Plan³) beinhaltet sowie
 - den gewässerbezogenen Zielen der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goals, SDGs), die weltweit der Sicherung einer nachhaltigen Entwicklung auf ökonomischer, sozialer sowie ökologischer Ebene dienen sollen.

Das Ziel der BfG-Forschung ist es, Grundlagen für eine nachhaltige Entwicklung der Bundeswasserstraßen bereitstellen. Hierbei ergeben sich drei zentrale Herausforderungen:

- Entwicklung umweltverträglicher und resilienter Verkehrsinfrastrukturen vor dem Hintergrund des Klimawandels
- Förderung der biologischen Vielfalt und der vitalen Lebensgemeinschaften in und an den Gewässern durch eine umweltbezogene Entwicklung der Bundeswasserstraßen
- Reduktion des Eintrages und der Verwendung von Schad- und Spurenstoffen zum Schutz unserer Wasserressourcen (Zero-Emission/EU Green-Deal)

Die FuE-Arbeiten der BfG basieren auf dem Zusammenspiel von langfristig angelegten Messprogrammen und individuellen Untersuchungsprojekten für Bundeswasserstraßen sowie auf Methoden- und Modellentwicklungen zu aktuellen und perspektivisch relevanten Fragestellungen. Auf Grundlage der Ergebnisse und ausgehend vom aktuellen Stand des Wissens wird ein fachgebietsübergreifendes, interdisziplinäres Systemverständnis der Gewässer, ihrer Auen sowie ihrer Einzugsgebiete angestrebt, um daraus Bewertungsansätze und Handlungsempfehlungen beispielsweise für die Planung und Durchführung von Maßnahmen zu entwickeln.



Abb. 3: Rahmen für das Forschungs- und Entwicklungskonzept der BfG. Es orientiert sich insbesondere a) an der Strategie der Ressortforschung, b) dem „Green Deal“ der Europäischen Kommission und c) den gewässerbezogenen Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen.

² https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/langfassung_wasserstrategie_bf.pdf

³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0400&qid=1623311742827>

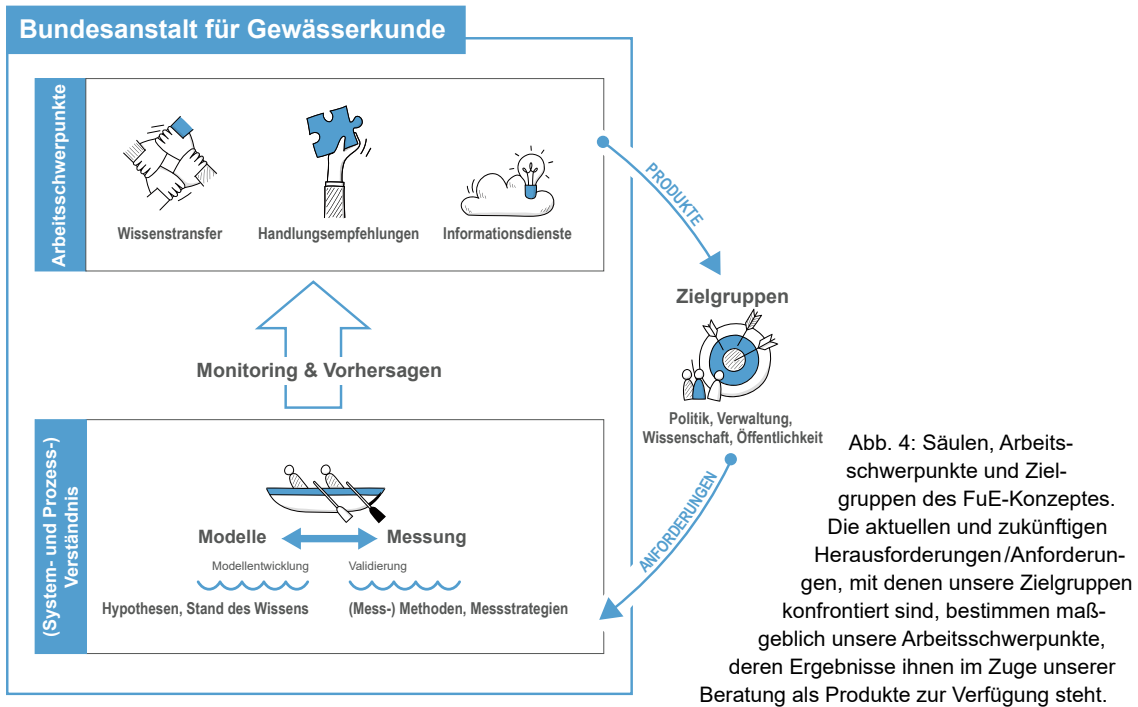


Abbildung 4 skizziert das FuE-Konzept der BfG. Die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen und Anforderungen, denen unsere Zielgruppen Politik, Verwaltung, Wissenschaft und Öffentlichkeit gegenüberstehen, bestimmen maßgeblich unsere Arbeitsschwerpunkte. Mess- und Modellverfahren für den operationellen, routinefähigen Betrieb werden weiterentwickelt, Handlungsempfehlungen für ein wissenschaftsbasiertes staatliches Handeln erstellt. Messergebnisse und Vorhersagen werden über verschiedene Informationssysteme den Ministerien, weiteren Behörden und/oder der Öffentlichkeit, wenn immer möglich, in Echtzeit zur Verfügung gestellt.

Ein verbessertes System- und Prozessverständnis für die Bundeswasserstraßen und deren Einzugsgebiete wird durch die Verknüpfung von integrativen Modellen mit zielgerichteten Messkampagnen unter Verwendung von modernsten leistungsfähigen Messsystemen erreicht.

Für die stetige Verbesserung der zugrundeliegenden Modellvorstellungen werden die Messtechniken, -methoden und -strategien permanent weiterentwickelt. Diese Vorgehensweise ist in unterschiedlicher Ausprägung auf die FuE-Arbeiten der BfG übertragbar und bildet daher eine Querschnittsaufgabe über alle Themen, die in den

folgenden Kapiteln im Zusammenhang mit den jeweiligen fachlichen Anforderungen und Aufgaben im Detail dargestellt werden.

Die Kapitel zu **Wissenschaftliche Standards und Nachwuchsförderung** und zur **Wissenschaftskommunikation im Wandel** bilden den Rahmen für die detaillierte Darstellung der zukünftigen FuE-Arbeiten der BfG.

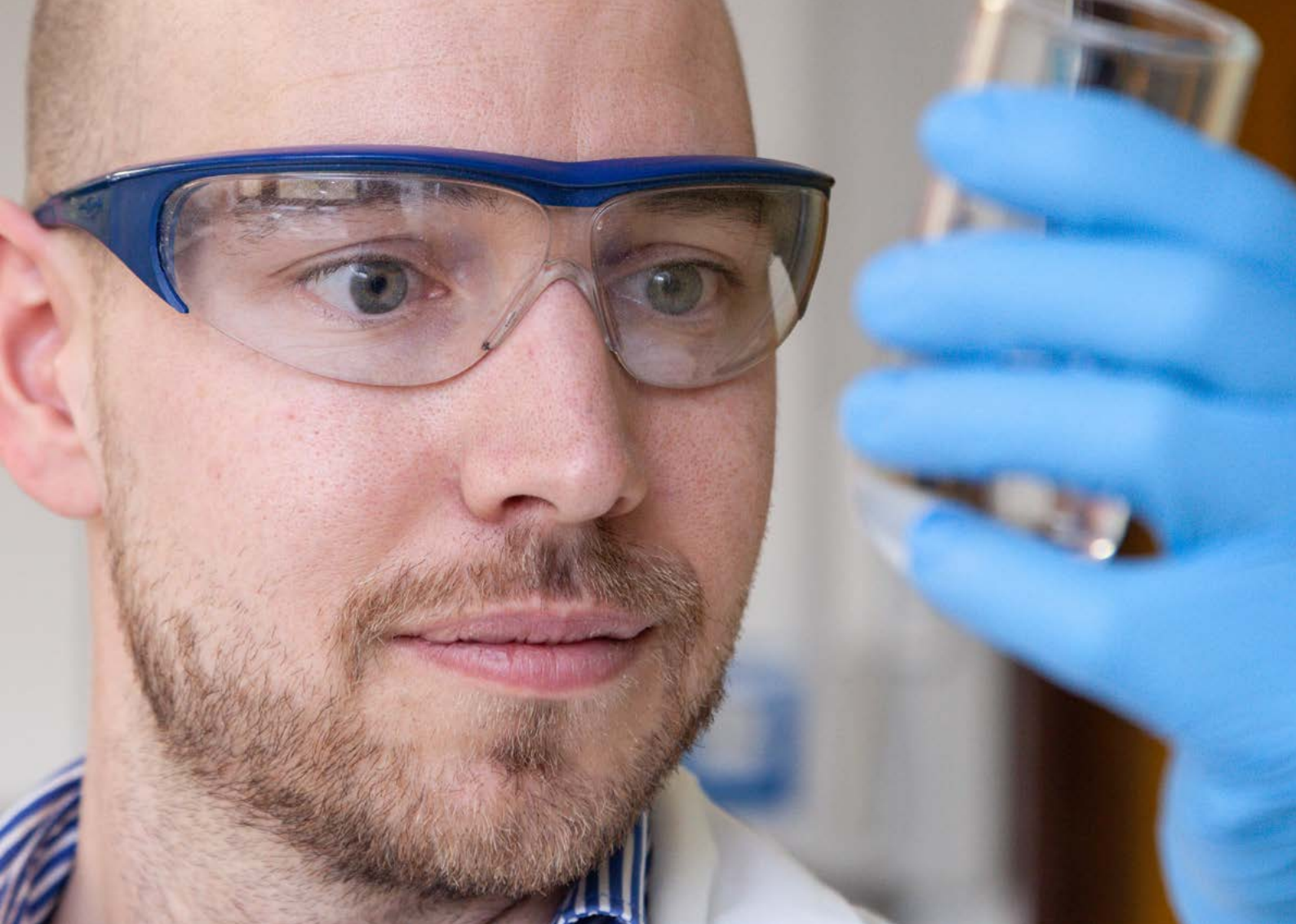
Der fachliche Teil des FuE-Konzeptes beginnt mit dem Kapitel **Verkehr und Infrastruktur** auf Bundeswasserstraßen mit dem Ziel, Grundlagen für eine sichere und effiziente Schifffahrt unter besonderer Berücksichtigung der ökologischen Funktionsfähigkeit der Bundeswasserstraßen zu schaffen.

Das anschließende Kapitel **Ökosysteme und Biodiversität** adressiert die Bundeswasserstraße als Lebensraum und stellt FuE-Arbeiten zur Erfassung und Bewertung von Biodiversität sowie zum Verständnis steuernder Mechanismen der Biodiversität dar.

Das Kapitel **Ökologische Gewässerentwicklung** legt darauf aufbauend den FuE-Schwerpunkt auf gezielte Maßnahmen zur Sicherung und Wiederherstellung von Lebensräumen im Sinne eines

naturnahen Zustandes in und an Bundeswasserstraßen. Der Einfluss von **Globalem Wandel und Klimawandel** auf Binnen- und Küstengewässer ist der Fokus des abschließenden Fachkapitels, in dem dargestellt wird, wie anhand von Basisdaten

und Modellen die Auswirkungen auf den Wasserkreislauf, den Wasserspiegelanstieg und Extremereignisse untersucht und Anpassungsmaßnahmen entwickelt werden.



2. Wissenschaftliche Standards und Nachwuchsförderung

In ihrer institutionellen Verantwortung der zweckgemäßen Verwendung von öffentlichen Fördermitteln folgt die BfG den Standards der guten wissenschaftlichen Praxis der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). In der BfG wird hierzu ein eigens formulierter Kodex verbindlich eingeführt. Die darin beschriebenen Verpflichtungen für eine gute wissenschaftliche Praxis tragen dazu bei, die Qualität wissenschaftlichen Arbeitens in der BfG zu sichern und wissenschaftliches Fehlverhalten zu verhindern. Die Leitung der BfG trägt dabei die Verantwortung für die Vermittlung und Einhaltung der guten wissenschaftlichen Praxis. Die wissenschaftlich tätigen Mitarbeitenden der BfG sind verpflichtet, die Grundsätze guter

wissenschaftlicher Praxis und wissenschaftlichen Arbeitens in der Forschung zu befolgen.

Neben zahlreichen Bachelor- und Masterarbeiten bietet die BfG die Möglichkeit, Dissertationen in unterschiedlichen Fachdisziplinen innerhalb von vier Jahren anzufertigen. Zentraler Bestandteil der Leitlinien ist deshalb auch die Vermittlung der Grundlagen guten wissenschaftlichen Arbeitens an den Nachwuchs. Durch eine gezielte Förderung soll die wissenschaftliche Expertise weiter erhöht und jungen Absolvierenden ein qualitativ hochwertiger Berufseinstieg ermöglicht werden. Die Qualifikation von Doktorandinnen und Doktoranden, aber auch PostDocs und nicht promovierten Wis-

senschaftlerinnen und Wissenschaftlern fördert die BfG mit speziell zugeschnittenen Maßnahmen, die auf die Bedürfnisse der jeweiligen Wissenschaftler ausgerichtet sind. Mit diesen trägt die BfG dafür Sorge, dass alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit primären FuE-Aufgaben sich kontinuierlich für ihre gegenwärtigen Aufgaben in der BfG weiterqualifizieren und zugleich für ihre persönliche Karriereplanung im wissenschaftlichen Bereich gut gerüstet sind. Dies trägt auch dazu bei, die Qualität der wissenschaftlichen Arbeiten in der BfG stetig zu erhöhen. Durch die Qualifizierungsmaßnahmen

für Doktorandinnen und Doktoranden werden u.a. Kompetenzen im Bereich IT, Projektmanagement und Softskills oder angrenzender Fachdisziplinen gezielt verbessert. Ein bereits erstelltes, formal noch zu verankerndes Qualifizierungsprogramm für Doktorandinnen und Doktoranden definiert zusätzlich die Rahmenbedingungen einer Dissertation an der BfG. Hierzu zählen regelmäßige Überprüfungen des Arbeitsstands sowie die Betreuung durch habilitierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BfG als auch durch externe Professorinnen und Professoren.



3. Verkehr und Infrastruktur

Wesentliche Teile der Bundeswasserstraßen sind volkswirtschaftlich hochrelevante Verkehrswege, zugleich aber auch Ökosysteme und Erholungsräume. Sie sind einerseits hochwertige Lebensräume für freilebende Tiere und Pflanzen, andererseits aber auch Transportwege. Sie bilden zusammen mit den Häfen die Voraussetzung für die Schifffahrt, die einen entscheidenden Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandortes Deutschland leisten. Zusätzlich dienen die Bundeswasserstraßen der Wasserbereitstellung und der Wasserableitung. In der Regel handelt es sich um anthropogen beeinflusste natürliche oder künstliche Systeme, die ständigen Veränderungen unterworfen sind. Um den multiplen Funktionen Rechnung zu tragen, bestehen besondere Anforderungen für Unterhaltung und Management sowie die nachhaltige Entwicklung der Bundeswasserstraßen (Abb. 7).



Abb. 7: Anforderungen an Verkehr und Infrastruktur. Nutzung, Resilienz und Umweltrecht bilden den Rahmen für die vielfältigen Anforderungen an unsere Wasserstraßen.

Das Netz der Bundeswasserstraßen in Deutschland umfasst ca. 7.350 km Binnenwasserstraßen

sowie ca. 23.000 km² Seewasserstraßen. Zu den Anlagen der Bundeswasserstraßen gehören u. a. Schleusenammern und Wehre, Schiffshebewerke, Kanalbrücken und Talsperren. Die BfG berät verschiedene Bundesressorts zu umweltbezogenen Fragestellungen der Bundeswasserstraßen und unterstützt die WSV bei deren Unterhaltung, Betrieb sowie Aus- und Neubau. Die FuE-Ergebnisse bilden die Basis für eine hochwertige Beratung, da diese stets dem Stand der Technik und dem Stand der Wissenschaft angepasst wird. Das Ziel ist Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs bei gleichzeitiger Verbesserung des guten ökologischen und chemischen Zustandes bzw. des guten ökologischen Potenzials zu erreichen. Dahingehend werden die Auswirkungen einzelner Maßnahmen sowie deren Zusammenspiel im Kontext des Gesamtsystems beurteilt. Dies erfordert jedoch ein umfassendes Verständnis der gewässerkundlichen und hydromorphologischen Prozesse.

3.1 Umweltgerechte und resiliente Verkehrsinfrastruktur

Hintergrund

Vor dem Hintergrund eines steigenden Verkehrsaufkommens, eines erhöhten Umweltbewusstseins und der projizierten klimatischen Veränderungen werden sich die Ansprüche an die Zuverlässigkeit und Umweltverträglichkeit der Wasserstraßeninfrastruktur weiter erhöhen. Mittlerweile ist die wirtschaftlich und technisch sinnvolle Nutzungsdauer vieler wasserbaulicher Anlagen überschritten, sodass in den kommenden Jahren erhebliche Baumaßnahmen für Instandsetzung oder Ersatz von Wasserbauwerken anfallen werden. Diese Maßnahmen wirken sich auf die Ökosysteme entlang der Bundeswasserstraßen aus. Beispielsweise können Bau, Ausbau, Betrieb und Rückbau wasserbaulicher Anlagen zur Freisetzung von (Schad-)Stoffen führen und dadurch die Wasser- und Sedimentqualität beeinflussen. Allerdings bieten diese Maßnahmen auch die Möglichkeit, die Umweltbelange besser zu berücksichtigen als bisher.

Forschungsbedarf

Die Entwicklung und die Unterhaltung einer umweltgerechten sowie leistungsfähigen und resilienten Infrastruktur von Bundeswasserstraßen sind unsere Ziele. Zur Erfassung von qualitativen und quantitativen Änderungen der Bauwerksstruktur fehlen innovative Mess- und Monitoringverfahren. Im Hinblick auf ein umfassendes Lebenszyklusmanagement sind Maßnahmen für die ganzheitliche Abbildung der Bauwerke und ihrer Bestandteile mit relevanten Eigenschaften zu entwickeln und in Form des Building Information Modelling (BIM) zu realisieren. So können die Auswirkungen von Baumaßnahmen auf den ökologischen und chemischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial der Fluss-, Auen- und Küstenökosysteme erfasst, quantifiziert, bewertet und besser verstanden werden. Bisher ist u. a. nicht ausreichend bekannt, welche (Schad-)Stoffe bei Einbau, Rückbau und während der Nutzung wasserbaulicher Anlagen freigesetzt werden und inwieweit diese Stoffe aquatische Ökosysteme gefährden. Zudem sind Prozesse, die zur Verwitterung und Korrosion von Bauwerken führen, nicht nur für die Stofffreisetzung verantwortlich, sondern haben zusätzlich einen großen Einfluss auf Nutzungsdauer und Zuverlässigkeit der Infrastruktur. Hier bestehen erhebliche Wissensdefizite. Im Hinblick auf eine möglichst naturnahe und nachhaltige Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur bieten sich für den Bereich der Ufersicherung alternative ökologische Bauweisen mit Naturmaterialien an. Bisher gibt es jedoch nur wenige Erfahrungen hinsichtlich ihrer Belastbarkeit, ihres Potenzials und ihrer Grenzen für großflächige Anwendungen.

Ziele

- Entwicklung von Methoden zur Bewertung der Umweltverträglichkeit von Wasserbauwerken, Ufersicherungen und Baumaterialien unter Berücksichtigung chemischer, ökologischer und ökotoxikologischer Kriterien bei Neubau, Unterhaltung und Rückbau
- Entwicklung von Verfahren zur Erfassung und Vorhersage der Emissionspfade von Baustoffen/Baumaterialien unter sich verändernden Umwelt- und Nutzungsbedingungen

- Entwicklung von Methoden zur Zustandserfassung und zum Monitoring der Bauwerke und ihrer Veränderungen zur Aktualisierung von BIM-Repräsentationen
- Entwicklung und Erprobung alternativer, ökologischer Bauwerke in Bezug auf Umweltverträglichkeit, Funktionalität und Nutzungsdauer
- Erhöhung der Wirksamkeit von hydromorphologischen Gestaltungsmaßnahmen der Sohl-, Uferbereiche und Vorländer

3.2 Wasserstraßen und Schifffahrt

Hintergrund

Eine sichere und effiziente Schifffahrt benötigt eine leistungsfähige und zuverlässige Infrastruktur. Grundvoraussetzung sind ausreichende Abladetiefen in den Fahrrinnen, stabile Gewässersohlen und standsichere Ufer bzw. Dämme und Deiche, welche natürlichen Einflüssen, aber auch schiffsinduzierten Belastungen standhalten. Als Emittent klima- und umweltschädlicher Abgase sowie durch Lärm und Veränderung der Gewässerstruktur ist zu prüfen, inwieweit die Schifffahrt die Lebensqualität der ansässigen Bevölkerung, aber auch die Habitate für Tiere und Pflanzen nachteilig beeinflusst.

Ferner werden mit dem Schiffsverkehr gebietsfremde Pflanzen und Tiere eingeschleppt, die sich nachteilig auf einheimische Arten, Lebensgemeinschaften oder Biotope auswirken können. Die adversen Auswirkungen des Schiffsverkehrs sind künftig im Hinblick auf natur- und umweltschutzfachliche Belange zu minimieren. Da sich die relevanten Prozesse wie zum Beispiel Stofftransport, Schadstoff- und Lärmemissionen/-immissionen oder der Eintrag von Neobiota in Abhängigkeit vom Wasserdargebot gegenseitig beeinflussen, ist eine ganzheitliche, integrative und zumeist auch interdisziplinäre Betrachtung essenziell. Zudem sind diese Prozesse in ihrer Charakteristik skalenabhängig, d. h. die Raum-Zeit-Ebene ist ebenso zu berücksichtigen wie die Kohärenz zu den jeweils feineren bzw. größeren Betrachtungsebenen.

Forschungsbedarf

Um eine umweltverträgliche Schifffahrt zu gewährleisten, ist das Verständnis vom Zusammenwirken von Wasserdargebot, Stofftransport, Schadstoff- und Lärmemissionen/-immissionen oder dem Eintrag von Neobiota stetig zu vertiefen. Für verbesserte Nutzungsmöglichkeiten der Wasserstraßen und eine angemessene Berücksichtigung der Umweltanforderungen ist es essenziell, Informationen zu Wassertiefe, Morphologie, Abfluss, Wasser- und Sedimentqualitäten oder auch zur Verkehrssituationen in Nahe-Echtzeit zur Verfügung zu stellen. Dies ist derzeit in vielen Fällen nicht der Fall. Dabei ist es essenziell, neben den Messdaten zur Fahrrinne, die Zustände bis zum Vorland zu erfassen, um die Ausprägung schiffahrtsrelevanter Prozesse vorherzusagen und die umweltrelevanten Wirkungsketten beschreiben zu können. Hier fehlen leistungsfähige Messtechniken und integrative Modellinstrumente zur Erfassung und Beschreibung des Wasser- und Stoffhaushalts. Zudem ist nicht bekannt, welchen Beitrag der Schiffsverkehr für die Verbreitung von invasiven Arten besitzt. Dies gilt auch für die Beiträge stofflicher und nicht-stofflicher Emissionen, die durch die Schifffahrt verursacht werden, sowie deren Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und die menschliche Gesundheit.

Ziele

- (Weiter-)Entwicklung von leistungsfähigen Messtechniken zur Erfassung der relevanten Parameter des Wasser- und Stoffhaushalts
- (Weiter-)Entwicklung eines auf verschiedenen Raum-Zeit-Skalen und skalenübergreifend kohärentem integrativen Modellinstrumentariums, um Wasser- und Stoffhaushaltprozesse besser zu verstehen und Ergebnisse in Nahe-Echtzeit zur Verfügung zu stellen
- Identifizierung und Erfassung stofflicher und nicht-stofflicher verkehrsbedingter Emissionen und Immissionen sowie Bewertung der Auswirkung auf Pflanzen, Tiere und die menschliche Gesundheit
- Minimierung des Eintrags von Neobiota durch den Schiffsverkehr als vorbeugende Maßnahme gegen die Etablierung invasiver Arten

3.3 Digitalisierung

Hintergrund

Die sich rapide entwickelnde Digitalisierung bietet für ein vertieftes Verständnis der in Gewässern ablaufenden Prozesse und zur Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur zahlreiche neue Möglichkeiten. Die Digitalisierung gewässerkundlicher Daten und Prozesse bereiten dabei den Weg für neue Anwendungsszenarien und vereinfachte Geschäftsprozesse. Sie helfen zudem, das zunehmende Informationsbedürfnis und den Informationsanspruch der Gesellschaft zu erfüllen. Gleichzeitig ergeben sich vielfältige Möglichkeiten zur Bearbeitung wasserwirtschaftlicher Managementaufgaben. Diese dienen vornehmlich der Erleichterung der Schifffahrt unter Berücksichtigung bestehender Umweltauflagen. Beispielsweise werden Ausbau-, Instandsetzungs- oder Rückbaumaßnahmen maßgeblich unterstützt, wenn integrierte Umwelt-, Prozess- und Modelldaten in hoher Aktualität vorliegen.

Forschungsbedarf

Eine Grundvoraussetzung für die Digitalisierung von Fachverfahren ist die Verfügbarkeit von stabilen und sicheren zentralen Basisdiensten zum Aufbau der Fach-IT mit Rechensystemen, Sensornetzen und vernetzten autonomen Messplattformen. Für die automatisierte (Nahe-)Echtzeitaufbereitung gewässerbezogener Messdaten ist ein zentraler fachübergreifender Werkzeugkasten wünschenswert, durch den u. a. statistische Verfahren sowie Methoden der künstlichen Intelligenz bereitgestellt werden. Die in (Nahe-)Echtzeit vorliegenden gewässerbezogenen Messdaten sollen sich mit den integrativen Modellen zum besseren Verständ-

nis von abiotischen und biotischen Prozessen in Gewässern in einem digitalen Raum befinden, der eine automatisierte, wechselseitige Interaktion ermöglicht. In diesem Raum können zahlreiche Managementaufgaben und auch Anpassungsoptionen unter realistischen Bedingungen getestet werden, was wiederum eine Einschätzung der Auswirkungen unterschiedlicher Maßnahmenoptionen zeitnah ermöglicht. Die Richtigkeit der digitalen Abbildung basiert auf einem umfassenden korrekten Prozessverständnis, und muss anhand von realen Beispielen oder in Form von Testfeldern verifiziert werden. Durch den stetigen Nahe-Echtzeit-Abgleich zwischen virtuellen und realen Ergebnissen können sowohl die Monitoringkonzepte als auch die Modelle zunehmend optimiert und die Aussagefähigkeit der Ergebnisse verbessert werden.

Ziele

- Entwicklung von Strategien für fachbereichsübergreifende Datenhaltung, -zugriff und Recheninfrastruktur zur Bereitstellung gewässerbezogener IT-Dienste
- Entwicklung von gekoppelten Messsystemen, -netzen und Modellsystemen zur digitalen Abbildung der Wasserstraßen
- Digitalisierung der Wasser- und Stoffflüsse von Bundeswasserstraßen
- (Weiter-)Entwicklung von Modellen und (bio-)analytischen Methoden für (Nahe-)Echtzeit-Interaktionen mit realen Messsystemen zum besseren Verständnis von abiotischen und biotischen Prozessen in Gewässern
- Entwicklung und Umsetzung von Konzepten zum iterativen Abgleich zwischen den Anpassungsoptionen im virtuellen Raum und den Monitoringergebnissen der Gewässer und ihrer Einzugsgebiete



4. Ökosysteme und Biodiversität

Binnen- und Küstengewässer und ihre angrenzenden Auen gehören zu den vielfältigsten, dynamischsten und komplexesten Lebensräumen der Erde. Als „Hotspots“ der biologischen Vielfalt benötigen sie besonderen Schutz. In Deutschland gelten jedoch nur noch weniger als ein Prozent aller Fließgewässer und Auen als natürlich. Binnengewässer und ihre Auen sind topographische Senken in der Landschaft, in denen sich die Auswirkungen hydrologischer und morphologischer Veränderungen, stofflicher und thermischer Emissionen, aber auch klimatische und biologische Stressoren besonders häufig manifestieren (Abb. 9).

Diese Einflüsse sind durch menschliches Handeln geprägt. Der damit verbundene dramatische Rückgang der Biodiversität beeinflusst auch die

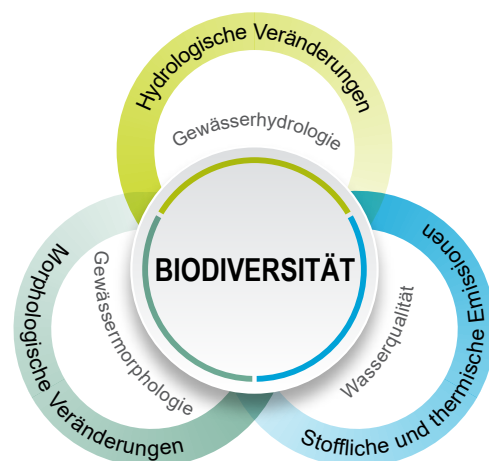


Abb. 9: Biodiversität und abiotische Steuerungsfaktoren. Einflussgrößen sind hydrologische und morphologische Veränderungen sowie stoffliche und thermische Emissionen. Die Wechselwirkungen zwischen den Organismen werden hier nicht dargestellt.

menschliche Lebensqualität. Die anthropogenen Veränderungen der Gewässer und ihrer angrenzenden Gebiete führen dazu, dass das Ziel des guten ökologischen Gewässerzustandes bzw. des guten ökologischen Potenzials der Bundeswasserstraßen trotz aller Bemühungen nicht erreicht wird (siehe Kapitel 5).

Die BfG untersucht den Zustand und die Entwicklung der Biodiversität in Gewässern und ihren Auen und erlangt ein holistisches Verständnis der Einflüsse von Steuerungsfaktoren, insbesondere der anthropogen verursachten Belastungen. Daraus werden Prognosen für künftige Entwicklungen der Biodiversität abgeleitet und Konzepte, Strategien und Maßnahmen für ein nachhaltiges Biodiversitätsmanagement zur Erreichung nationaler, europäischer und globaler Biodiversitätsziele entwickelt. Artenreiche Ökosysteme sind nicht nur ein Wert an sich, sondern sie garantieren Ökosystemfunktionen, die für den Menschen eine große Anzahl von nutzbaren Ressourcen zur Verfügung stellen. Diese haben sich als Ökosystemleistungen zu einem Schlüsselkonzept in der Umweltforschung entwickelt. Die Untersuchung der von Gewässern und ihren angrenzenden Auen bereitgestellten Ökosystemleistungen ist daher Gegenstand der Forschung in der BfG.

4.1 Erfassung und Bewertung der Biodiversität

Hintergrund

Um dem Verlust der biologischen Vielfalt wirksam entgegenzutreten, bedarf es statistisch belastbarer Daten zum Zustand und zur Veränderung von Natur und Landschaft sowie zu wichtigen Einflussgrößen. Natürliche Systeme sind komplex und verändern sich in unterschiedlichsten Zeitskalen. Diese Variabilität zu verstehen, setzt voraus, dass wir Ökosysteme oder Ausschnitte davon über viele Jahrzehnte erstreckende Zeiträume beobachten, um quantitative Veränderungen besser aufzeigen und einordnen zu können. Erst dann können wir Ursachen und Wirkungen von Umweltveränderungen besser verstehen, zukünftige Entwicklungen

fundierter prognostizieren und auf dieser Grundlage belastbare Empfehlungen aussprechen.

Forschungsbedarf

Das Verständnis der Ursache-Wirkungs-Beziehungen der Biodiversitätsveränderung in Binnen- und Küstengewässern ist entscheidend, um die möglichen Einflussfaktoren integrativ zu betrachten und die Wechselwirkungen innerhalb der Ökosysteme zu analysieren. Hierbei sollte die Wissensbasis über die Rolle klimatischer und hydrologischer Extremereignisse und ihrer Bedeutung für Kurz- und Langzeitentwicklung der Gewässerbiodiversität verbessert werden. Die Erkenntnisse könnten u. a. in praxisnahe Verfahren zur Bewertung der Biodiversität einfließen, um angepasste Maßnahmen zu ihrer Verbesserung einzuleiten und deren Wirkung nachzuweisen. Daher ist es erforderlich, das biologische Monitoring deutlich zu erweitern und insbesondere auf Auen auszudehnen. Es müssen innovative Technologien und Methoden zur Erfassung der Biodiversität entwickelt werden. Forschungsbedarf besteht auch für das Verständnis der Ausbreitung und Auswirkungen von invasiven Arten (Neobiota).

Ziele

- Erweiterung des hydrologischen, biologischen, chemischen und hydromorphologischen Monitorings zur Erfassung der Einflussfaktoren auf Biodiversitätsveränderungen
- Entwicklung innovativer Technologien und Methoden für eine bessere und schnellere Erfassung des Zustandes der Artenvielfalt beispielsweise durch molekulare Methoden, Fernerkundung, Bildanalyseverfahren, Hydroakustik und Radiotelemetrie
- Besseres Verständnis von Ursache-Wirkungs-Beziehungen der Biodiversitätsveränderung in Binnen- und Küstengewässern hinsichtlich biologischer Treiber (z. B. Nahrungsnetz, Parasitismus, Krankheiten, Neobiota) und anthropogener Treiber
- Entwicklung einfacher, praxisnaher Verfahren zur Bewertung der biologischen Vielfalt
- Umfassende Betrachtung der unterschiedlichen Ebenen biologischer Vielfalt wie Gene, Arten, Prozesse und Ökosysteme

4.2 Anthropogene Stressoren

Hintergrund

Menschliches Handeln wirkt in vielfacher Weise auf aquatische Ökosysteme. Strukturelle Eingriffe mit Einfluss auf die Morphologie des Flusses (Details in Kapitel 5.1 und in Kapitel 5.2) sowie stoffliche und nicht-stoffliche Emissionen und Ressourcenverbrauch belasten die Umwelt. Hydrologische Kenngrößen werden auch durch Landnutzung und Klimaveränderungen beeinflusst.

Strukturelle Eingriffe entstehen vor allem durch Maßnahmen zur Unterhaltung und zum Ausbau von Gewässern. Diese dienen u. a. der Schifffahrt, dem Eigentums- und dem Hochwasserschutz. Der Geschiebetransport, die Gewässersohle, aber auch Schwebstoff- und Sedimenthaushalt können dadurch negativ beeinflusst werden. Darüber hinaus werden Lebensräume sowohl im Längsverlauf des Flusses als auch lateral in die Aue stark verändert.

Die Landnutzung im Einzugsgebiet kann hydrologische und morphologische Eigenschaften von Fließgewässern z. B. durch die Versiegelung und Erosion von Flächen beeinflussen. Nähr- und Schadstoffe werden diffus wie punktuell eingetragen (Details in Kapitel 4.3) und durch abiotische und biotische Prozesse im System verändert. Stoffe können Organismen bis hin zu Populationen direkt oder langfristig beeinträchtigen und sich in ihnen akkumulieren.

Wie stark die genannten Belastungen in Summe auf ein Ökosystem wirken, kann je nach örtlichen Gegebenheiten sehr unterschiedlich sein.

Forschungsbedarf

Basierend auf dem bisherigen Wissensstand müssen Ursache-Wirkungs-Ketten zwischen verschiedenen Stressoren einerseits und den resultierenden ökosystemaren Effekten andererseits untersucht und verstanden werden, um darauf aufbauend Effekte auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen im Zusammenspiel aller Belastungen erfassen und interpretieren zu können. Im Hinblick

auf die Integrität der Fließgewässer muss ableitbar sein, wie sich Belastungen in Summe auf Ökosysteme auswirken. Nur auf dieser Basis können wirkungsvolle Strategien erarbeitet und umgesetzt werden, mit denen der Zustand der aquatischen und semiaquatischen Ökosysteme verbessert wird. Wichtige Werkzeuge hierzu sind neue Methoden, mit denen hydrodynamische, hydromorphologische, chemische und biologische Belastungen der Gewässer erfasst und bewertet werden. Bei allen Forschungsarbeiten ist dabei wichtig, spezifische anthropogene Effekte von der systemspezifischen, natürlichen Variabilität der betrachteten Parameter oder Prozesse abzugrenzen.

Ziele

- Erfassung anthropogener Stressoren auf die aquatische Umwelt
- Identifizierung der dominanten hydromechanischen und hydromorphologischen Einflüsse auf die Vegetation, das Zoobenthos und die Fischfauna
- Verbesserung des Systemverständnisses großräumiger Stoffflüsse unter Berücksichtigung von Sedimenttransport und longitudinaler und lateraler Durchgängigkeit (Schnittstelle zu Kapitel 3.2, 5.1 und 5.2) im Binnenland

4.3 Chemische Belastungen durch Schad- und Spurenstoffe

Hintergrund

Die Bundeswasserstraßen sind vielfältigen chemischen Belastungen (als Teilmenge anthropogener Stressoren, siehe Kapitel 4.2) ausgesetzt. Neben vergleichsweise gut untersuchten Schadstoffen wie den prioritären und flussgebietspezifischen Schadstoffen werden auch immer mehr neuartige Spurenstoffe eingetragen. Hierzu zählen Substanzen wie z. B. Arzneistoffe und Zwischenprodukte aus industriellen Prozessen, die erst seit kürzerer Zeit in Gewässern nachgewiesen werden und/oder für die die Datenlage hinsichtlich des Vorkommens, Umweltverhaltens und ihrer Wirkung für

eine Risikoabschätzung unzureichend ist. Spurenstoffe werden sowohl über Punktquellen wie z. B. kommunale und industrielle Kläranlagen als auch über diffuse Quellen wie Oberflächenabflüsse und atmosphärische Deposition eingetragen. Der durch die Vielfalt an Spurenstoffen hervorgerufene chemische Stress kann den Zielen einer ökologischen Gewässerentwicklung entgegenstehen.

Forschungsbedarf

Es fehlen Konzepte, mit deren Hilfe die Relevanz von Schad- und Spurenstoffen als chemische Stressoren für die Lebensgemeinschaften der Gewässer und ihrer Nutzung durch den Menschen bewertet werden. Darauf aufbauend können Methoden und Maßnahmenempfehlungen für eine Minimierung des chemischen Stresses in Bundeswasserstraßen abgeleitet werden. Zudem ist zu klären, inwieweit diese Stoffe zu bedeutenden Grund- und Trinkwasserbelastungen führen. Die Basis sind chemische und wirkungsbezogene Analyseverfahren, die es ermöglichen, das Ausmaß des chemischen Stresses unter Berücksichtigung von Schädwirkungen möglichst umfassend zu bewerten. Um wirksame Maßnahmen zur Reduzierung der chemischen Belastungen abzuleiten, bedarf es der Identifizierung der Haupteintragsquellen, der Charakterisierung ihres Umwelt- und Transportverhaltens sowie ihrer ökotoxikologischen Wirkungen. Zudem fehlen integrale Konzepte zur Bewertung von Behandlungsverfahren zur Entfernung von Spurenstoffen. Ebenso sind

Monitoring- und Prognosekonzepte zu entwickeln, die eine Erfolgskontrolle von Maßnahmen zur Minimierung von Spurenstoffeinträgen als auch eine Bewertung des Einflusses von Ausbau-, Unterhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen auf die chemischen Belastungen in Bundeswasserstraßen ermöglichen.

Ziele

- Entwicklung innovativer Methoden der Target-, Non-Target- und wirkungsbezogenen Analytik zur Identifizierung und Priorisierung von Spurenstoffen in Bundeswasserstraßen sowie in Grund- und Trinkwasser
- Automatisierung von Probenahme, Messung und Datenbereitstellung für ein ereignisbasiertes und kontinuierliches Monitoring und Bewertung des chemischen Stresses durch Spurenstoffe (siehe Ziele Kapitel 3.3)
- Entwicklung und Anwendung von Verfahren zur Erfassung, Modellierung und Bewertung des Umweltverhaltens von Schad- und Spurenstoffen im Wasserkreislauf sowie deren Bioverfügbarkeit und Wirkung für bzw. auf Organismen und Lebensgemeinschaften
- Erarbeitung von Maßnahmenempfehlungen zur Reduzierung der Einträge von Spurenstoffen in Bundeswasserstraßen sowie Konzepten zur Erfolgskontrolle
- Entwicklung neuer Konzepte zu Bewertung und Verwendung von belastetem Baggergut



5. Ökologische Gewässerentwicklung

Gewässer und ihre Auen sind Multifunktionsräume (Abb. 11). Neben der Nutzung für Schifffahrt, Land- und Forstwirtschaft stellen sie Räume für Siedlung, Industrie und Erholung zur Verfügung. Gleichzeitig können sie Rückzugsräume für selten gewordene und teilweise unter Schutz stehende Pflanzen und Tiere sein, die an ein Leben zwischen Hoch- und Niedrigwasser angepasst sind. Die Sicherung und Wiederherstellung dieser Räume im Sinne eines naturnäheren Zustandes liegt im Fokus der ökologischen Gewässerentwicklung, die aufgrund eines gewachsenen Umweltbewusstseins und einer gesteigerten Wahrnehmung der nutzstiftenden Leistungen intakter Ökosysteme einen hohen Stellenwert besitzt. Richtlinien existieren,



Abb. 11: Ökosystemfunktionen. Die unterschiedlichen Steuerungsfunktionen Fauna/Flora, anthropogene Nutzung und Abfluss/Morphologie werden sichtbar.

die dieses fördern bzw. auch einfordern. Die EU-WRRL und die Meeresstrategierahmenrichtlinie fordern das Erreichen eines guten ökologischen Zustandes bzw. Potenzials. Die FFH-Richtlinie sichert für die vielen an den Gewässern ausgewiesenen Natura-2000-Schutzgebiete die positive Entwicklung der Erhaltungszustände zu schützender Lebensraumtypen und Arten. Durch das Bundesprogramm „Blaues Band Deutschland“ und mit der Novellierung des Bundeswasserstraßengesetzes und des Wasserhaushaltsgesetzes wurden die Entwicklung eines nationalen Biotopverbunds der Wasserstraßen angestoßen und die Aufgabe des wasserwirtschaftlichen Ausbaus zur Erreichung der Ziele der EU-WRRL in wesentlichen Teilen auf den Bund bzw. die WSV übertragen. Die BfG leistet mit diesem Hintergrund einen wesentlichen Beitrag zur ökologisch orientierten Entwicklung der Bundeswasserstraßen.

5.1 Ökologisch-orientierte Unterhaltung, Renaturierung und wasserwirtschaftlicher Ausbau

Hintergrund

Die Funktionen der durch die Gewässer geprägten Lebensräume sind aufgrund anthropogener Überformung sowie Übernutzung durch Verkehr, Landwirtschaft, Siedlung und Industrie stark beeinträchtigt. Die Ufer sind zum Schutz des Hinterlandes vor Wellenschlag und Strömung weitgehend technisch verbaut, die Auen vom Gewässersystem in hohem Maß entkoppelt, Lebensräume untereinander getrennt, in der Funktion und Fläche dezimiert oder sogar zerstört, sei es durch bauliche Veränderungen (strukturelle Eingriffe, Schnittstelle zu Kapitel 4.2) oder durch Prozesse wie bspw. Tiefenerosion und Kolmation. Zur Wiederherstellung fundamentaler Funktionen, wie z. B. der longitudinalen, lateralen und vertikalen Konnektivität verschiedener Lebensräume (siehe Kapitel 4.2) oder der Wiederherstellung naturnaher Fluss-Ufer-Aue-Beziehungen für eine lebensraumtypische Biodiversität (siehe Kapitel 4)

und zum Erhalt essenzieller Ökosystemfunktionen und -leistungen ist das Verständnis der maßgeblichen steuernden Prozesse und ihrer bestimmenden Wirk- und Störfaktoren unentbehrlich.

Forschungsbedarf

Es besteht Forschungsbedarf zu den komplexen funktionalen Zusammenhängen und Wechselwirkungen zwischen Abiotik und Biotik sowie zu den biologischen Interaktionen und Raum-Zeit-Wirkungsbeziehungen. Dieses betrifft die Flusssysteme in ihrer Gesamtheit mit allen räumlichen und funktionalen Kompartimenten sowie die Biotope, die Lebensgemeinschaften, Populationen und Arten. Außerdem bedarf es erweiterter Erkenntnisse über die Quantität und zeitliche Abfolge relevanter Prozesse für eine mechanistische Modellbildung zur Prognose und Evaluierung der Wirkung und Bedeutung von Maßnahmen und Maßnahmenkomplexen. Die Evaluierung der ökologischen Wirksamkeit von Maßnahmen zur Gewässerentwicklung für nicht eindeutig definierbare Ziele anhand von Leitbildern, Zielarten oder Prozessen ist ein weiteres Forschungsfeld. Darüber hinaus muss auch die funktionale und raumbezogene Summenwirkung unterschiedlicher Einzelmaßnahmen im Gewässersystem bewertet werden. Für die unterschiedlichen Interessen und Akteure im Themenfeld der Gewässerentwicklung bedarf es partizipativer Entscheidungsprozesse und -hilfen. Dafür werden neue interdisziplinäre Ansätze in Methodik und praxisnaher Anwendung benötigt.

Ziele

- Verbesserung des Systemverständnisses der lateralen, longitudinalen und vertikalen Konnektivität, der Ökosystemfunktionen und Prozesse sowie der bestimmenden Wirkfaktoren
- Entwicklung von Methoden und (mechanistischen) Modellen zur Prognose der ökologischen Wirksamkeit von Maßnahmen, von der Prozessebene bis zu komplexen funktionsbezogenen und räumlichen Zusammenhängen
- Entwicklung von Bewertungs- und funktionsbezogenen Priorisierungssystemen zur Evaluierung von Einzelmaßnahmen, Maßnahmenkomplexen und der Nachhaltigkeit der möglichen Synergieeffekte verschiedener Maßnahmen eines Gewässersystems und zur Entscheidungsunterstützung

5.2 Ökologische Durchgängigkeit

Hintergrund

Natürliche Fließgewässersysteme vernetzen die Landschaft aus dem Einzugsgebiet heraus bis hin zum Mündungsbereich an der Küste. Stoffe, Sedimente und Organismen bewegen sich flussabwärts, Fische und wirbellose benthische Tiere wandern auch entgegen der Strömung als Teil ihres Lebenszyklus und um Driftverluste auszugleichen. Die Bundeswasserstraßen haben als Bindeglied zwischen Oberläufen und Küste bei diesen Prozessen eine Schlüsselrolle. Die für die Schifffahrt und die Energiegewinnung errichteten Querbauwerke (Schnittstelle zu Kapitel 4.2) greifen allerdings gravierend in die ökologischen Abläufe ein und gelten als eine wesentliche Ursache für das Verfehlen des guten ökologischen Zustands bzw. des ökologischen Potenzials der Wasserstraßen. Folgerichtig wurde die WSV mit der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes 2010 zur Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit für Fische an ihren Staustufen verpflichtet.

Forschungsbedarf

In Zusammenhang mit der ökologischen Durchgängigkeit der Wasserstraßen für Fische existieren offene Fragen, z. B. inwieweit veränderte hydraulische und hydromorphologische Bedingungen das Wanderverhalten beeinflussen, welches Potenzial stauregulierten Bundeswasserstraßen für Wanderfische bieten oder wann eine ausreichende Durchgängigkeit hergestellt ist. Zum Bau von Fischaufstiegsanlagen ist der aktuelle Stand der Technik dokumentiert. Es gibt jedoch zu wesentlichen für Bundeswasserstraßen relevanten Grundlagen noch erhebliche Wissensdefizite, wodurch wichtige Planungsaspekte nur unzureichend fachlich abgedeckt sind. Für den Fischabstieg gibt es keinen Stand der Technik, d. h. Vorgaben für den Fischabstieg an Wehranlagen liegen zurzeit nicht vor. Über diesen Fokus auf die Fischfauna hinaus ist perspektivisch eine Dynamisierung von Sedimenten als Habitat schaffendes Element anzustreben. Der komplette Rückbau von Querbauwerken entfaltet die größte Wirksamkeit, da alle ökologischen Prozesse der

Durchgängigkeit wiederhergestellt werden können. Eine solche Maßnahme ist zwar nur an einem kleinen Teil der Bundeswasserstraßen vorstellbar, dennoch sind hierfür Verfahren für umfangreiche, wissenschaftlich abgesicherte Abwägungen ökologischer, hydrologischer, hydromorphologischer und (sozio-)ökonomischer Aspekte zu entwickeln.

Ziele

- Ermittlung von Potenzialen unterschiedlicher Bundeswasserstraßen insbesondere für die Wanderfischfauna, Analyse der Auswirkungen des Stressors „Querbauwerk“ und differenzierte Ableitung der Anforderungen an die Durchgängigkeit
- Entwicklung von Planungs- und Bemessungsempfehlungen für den Bau von Fischaufstiegsanlagen und den Fischabstieg über Wehre anhand wissenschaftlich abgesicherter und ethohydraulischer Untersuchungen
- Untersuchung und Weiterentwicklung von Verfahren zur Dynamisierung von Sedimenten als Habitat schaffendes Element zur Verbesserung der hydromorphologischen Verhältnisse
- Erarbeitung von Entscheidungsverfahren zum Rückbau von Querbauwerken und zur Stauabsenkung
- Entwicklung von Parametern und Verfahren, mit denen die ökologische Durchgängigkeit für Fische erfasst und bewertet werden kann

5.3 Ökosystemleistungen und Sozio-Hydrologie

Hintergrund

Jede Veränderung eines (Öko-)Systems entfaltet vielfältige Sekundäreffekte und Wechselwirkungen mit anderen Systemen. Die Bewertung dieser Veränderungen ist eine interdisziplinäre Aufgabe. Je früher und konsequenter dabei ökonomische und ökologische Wirkungen in die Maßnahmenplanung integriert und vergleichend bewertet werden, desto seltener sind Konflikte und daraus resultierende Verzögerungen zu erwarten. Das Konzept der Ökosystemleistungen, das die Funktionen der Ökosysteme als essenziellen (Markt-)Wert für

den Menschen begreift, liefert hierzu hilfreiche Werkzeuge, um Maßnahmen in ihrer gesamtgesellschaftlichen Wirkung zu bewerten. Die Bewertung des Abflusses spielt hierin gegenwärtig noch eine untergeordnete Bedeutung. Einen wertvollen Beitrag zur Behebung dieses Defizites kann die Sozio-Hydrologie leisten, die die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen dem Menschen, seinen Handlungen und der Hydrologie betrachtet. So beeinflusst der Mensch einerseits das Wasserdargebot durch Überleitungen und Speicherung, andererseits bestimmt die Verfügbarkeit von Wasser aber auch menschliches Handeln und sozio-ökonomische Entwicklungen.

Forschungsbedarf

Für eine breite Akzeptanz von Ökosystemleistungen als obligatorischer Teil von Planungsentscheidungen müssen bestehende Defizite aufgrund mangelnder Erfahrung oder methodischer Unsicherheiten mit diesem Bewertungsansatz behoben werden. Zudem fehlen Instrumente, um die sich stetig über Raum und Zeit verändernden gegenseitigen Abhängigkeiten beispielsweise von Wasserdargebot und menschlichem Handeln zu-

rückblickend und prospektiv quantifizieren und wo möglich monetär bewerten zu können.

Die Aktivitäten und das Wissen über Ökosystemleistungen und Sozio-Hydrologie sowie deren integrative und synergistische Wirkungsketten sind daher zu analysieren, zu bündeln und deren Entwicklung voranzutreiben.

Ziele

- Schaffung einer systematischen Datenbasis zur Ableitung und Berechnung der Leistungen des Ökosystems im Hinblick auf Versorgung, Regulierung und Kulturwertschöpfung
- Bewertung umweltbezogener sozio-ökonomischer Szenarien zum demographischen und wirtschaftlichen Wandel sowie zu Veränderungen in politischen Zielsetzungen in Hinblick auf deren Wirkung auf die Ökosystemleistung und das Wasserdargebot
- Erstellung von Analyse- und Planungsinstrumenten zur Verknüpfung von Wasserdargebot, Entwicklungsszenarien und Ökosystemleistungen, um Verkehrsinfrastruktur, Wasserressourcenmanagement und die Gewässerökologie zukunftsfähig zu gestalten



6. Globaler Wandel und Klimawandel

Die Oberfläche der Erde ist zu etwa zwei Dritteln mit Wasser bedeckt, doch das für den Menschen nutzbare Süßwasser macht davon nur einen sehr kleinen Teil aus (2,5%). In Deutschland und anderen Ländern ist die Gesellschaft in vielen Lebensbereichen wie Ernährung, Gesundheit, Haushalte, Energie, Industrie und Verkehr erheblich von Süßwasserökosystemen abhängig. Anthropogene Einflüsse und der Klimawandel verändern den Wasserkreislauf tiefgreifend und führen immer häufiger zu extremen Wetterereignissen wie Hitzewellen, Dürren oder Starkregenfällen. In Küstengebieten laufen Sturmfluten höher auf, die Entwässerung wird zunehmend zur Herausforderung. In Regionen, die bereits heute unter Wasserstress stehen, wird sich die Lage weiter verschlechtern.



Abb. 13: Globaler Wandel/Klimawandel als Treiber für Veränderung von Wasserressourcen. Informationen, Vorhersagen und Managementoptionen sind essenziell für die Ableitung von Anpassungsmaßnahmen.

Bisher weniger betroffene Regionen werden zukünftig ebenso durch den Klimawandel unter Wasserknappheit oder Überflutungen leiden. Mit Forschung auf den Gebieten „Globaler Wandel“ und „Klimawandel“ unterstützen die BfG und das an sie angegliederte Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel (ICWRGC) die nachhaltige Entwicklung von Verkehr, Gewässerschutz und Wasserwirtschaft auf nationalem und internationalem Niveau. Hauptziel der BfG ist es, Bundeswasserstraßen wirtschaftlich und ökologisch ausgewogen zu bewirtschaften und weiterzuentwickeln. Das ICWRGC setzt sich im Auftrag der Bundesregierung für ein nachhaltiges Management von Süßwasserökosystemen weltweit ein und unterstützt das Verständnis für die Veränderungen des regionalen und globalen Wasserkreislaufs. Zu den Hauptthemen gehören dabei u. a. die Untersuchung des Wasserkreislaufs auf unterschiedlichen Skalen, Klimawandel, Klimafolgen und Anpassung im Hinblick auf Wassermenge, Wasserqualität, Sedimentdynamik und hydromorphologische Habitatausprägungen (Abb. 13). Hierfür werden entsprechende Werkzeuge zur Vorhersage, Prognose und Projektion, aber auch zur Vertiefung von System- und Prozessverständnis für beispielsweise den Wasser-, Sediment- und Stoffhaushalt entwickelt.

6.1 Klimafolgen und Anpassungsstrategie

Hintergrund

Die naturräumliche Grundausstattung, die natürliche Klimavariabilität und anthropogene Maßnahmen steuern den Wasser-, Energie- und Stofftransport in Flusseinzugsgebieten sowie den Hoch- und Niedrigwasserabfluss. Der Klimawandel wirkt sich auf den Wasserhaushalt und das Abflussgeschehen aus. Hochwasser, Sturzfluten und Dürreperioden werden sich in Ausmaß und Häufigkeit verändern, die Luft- und Wassertemperaturen werden sich erhöhen und auf die Küsten wirkt der steigende Meeresspiegel. In der Folge werden physikalische, biologische und chemische Prozesse beeinflusst. Einflüsse auf die Hydromorphologie, Ökologie und Gewässerchemie und auf die Nutzung von Wasser

u. a. als Trinkwasserressource oder zur Energieerzeugung sind abzusehen. Ebenso sind Beeinträchtigung des Verkehrs zu erwarten.

Forschungsbedarf

Neben dem kontinuierlichen Bedarf nach immer besseren – insbesondere hinsichtlich des Aspekts Klimawandel – validen Modellen und entsprechend belastbaren Ergebnissen wird eine Erweiterung des Themenspektrums und damit der zu berücksichtigenden Prozesse notwendig. Auswirkungen von Extremereignissen wie Sturzfluten und damit verknüpfte Stoffflüsse sind für mehrere Sektoren relevant und müssen mit erweitertem Blick erforscht und Anpassungsstrategien entwickelt werden. Im Küstengebiet und in den Ästuaren sind der Meeresspiegelanstieg, gleichzeitig auftretende Extremereignisse von Hochwasser und Sturmfluten und die zunehmende Versalzung besonders herausfordernd.

Der globale Wandel beinhaltet nicht nur den Klimawandel, sondern auch den Wandel von Gesellschaft und Wirtschaft. Deren Wechselwirkungen sind in die Zukunftsbetrachtungen stärker als bisher einzubeziehen. Für die Planung langfristiger Investitionen ist diese integrative Betrachtung sowie eine Verlängerung von Betrachtungszeiträumen sowohl in die weitere Vergangenheit als auch in die fernere Zukunft notwendig. Der vergangene und zukünftige Wandel lässt hydrologische und ökologische Zustände entstehen, die mit den heute genutzten Modellgrundlagen nicht beschrieben werden und daher auch nicht adäquat in Szenarien abgebildet werden können. „Kippunkte“ und „Regimewechsel“ gilt es, systematisch für die Vergangenheit und in unterschiedlichen Zukunftsszenarien zu identifizieren und in ihren Ursachen und Folgen zu beschreiben.

Ziele

- Erweiterung von Skalen und Regionen für die Analysen des Klimawandels, indem längere historische und zukünftige Zeiträume einbezogen werden
- (Weiter-)Entwicklung der räumlich und zeitlich hochaufgelösten Modellierung von Extremereignissen sowie der einzugsgebietsweiten Projektion relevanter Größen des Wasser-, Stoff- und Naturhaushalts

- Erweiterung des Themenspektrums für Klimafolgenabschätzungen und umfassende Einbeziehung der Aspekte des globalen Wandels
- Beschreibung der Ursachen und Folgen von Kippunkten und Regimewechseln in Flusssystemen, Ästuaren und Küstenmeeren
- Entwicklung von Analyse- und Bewertungssystemen, welche die durch den Klimawandel veränderten Rahmenbedingungen berücksichtigen

6.2 Vorhersage- und Informationsdienste

Hintergrund

Unser Leben und Wirtschaften ändert sich mittel- und langfristig mit dem globalen Wandel und mit dem Klimawandel u. a. durch die Häufung von Extremereignissen. Die ersten Effekte sind heute schon spürbar. Um uns darauf vorzubereiten und unser Handeln entsprechend anzupassen, ist es ein menschliches Grundbedürfnis, sich zu jeder Zeit aktuell, umfassend und objektiv informieren zu können. Die Gesellschaft erwartet daher von behördlichen Institutionen zunehmend unmittelbar, standardisiert und ausfallsicher die Bereitstellung qualitativ hochwertiger und wissenschaftlich belastbarer Basis- und Modelldaten sowie daraus abgeleiteter digitaler Datenprodukte. Dabei sind bereits heute die Vorhersagen zur Veränderung gewässerkundlicher Größen in wenigen Tagen bis hin zu mehreren Wochen und Saisons genauso erforderlich wie längerfristige Projektionen beispielsweise bis zum Ende des Jahrhunderts. Neben dieser Informationsgewinnung und -vermittlung ist jedoch auch eine Einordnung der Extremereignisse in den historischen Kontext notwendig. Dies bildet die Entscheidungsgrundlage für ökologisch und ökonomisch sinnvolle Anpassungsmaßnahmen.

Forschungsbedarf

Der wachsende Bedarf und die rasant zunehmende Menge an Informationen führen zu gesteigerten Anforderungen an gewässerkundliche Daten und Informationen sowie deren Bereitstellung, die aktuell noch nicht bedient werden. Die erforderliche nachhaltige Befriedigung dieser Anforderungen

erfordert ein Neu-Denken in der Nutzbarmachung unserer gewässerkundlichen Mess- und Modelldaten in Kombinationen mit den Daten anderer Dienste sowie in deren leichter Zugänglichkeit über mobile Endgeräte. Innovative Ansätze zur Prozessmodellierung sowie zur Ergebnisdarstellung und -diskussion im historischen Kontext sind erforderlich. Unsere Informations-, Vorhersage und Projektionsdienste sowie die ihnen zugrunde liegende IT-Infrastruktur müssen in Zukunft so aufgebaut sein, dass sie zeitnah, nutzerspezifisch und ausfallsicher Informationen zur Verfügung stellen, die intuitiv erfassbar sein sollen. Unsere IT-Infrastruktur ist entsprechend zu stärken, um zukünftig die Möglichkeit zu schaffen, eine interaktive Kommunikation mit dem Nutzer aufzubauen.

Ziele

- Entwicklung zeitgemäßer webbasierter, nutzerspezifischer und dynamischer IT-Lösungen zur Bereitstellung von aktuellen Informationen auf hohem Servicelevel
- Aufbau von Instrumenten für eine aktive Kommunikation mit der Öffentlichkeit
- Entwicklung von Ansätzen und Verfahren zur frühzeitigen Detektion, historischen Einordnung und bruchfreien Prognose hydrologischer Extremereignisse über verschiedene Raum- und Zeitskalen
- Kontinuierliche Ausweitung der Prognose- und Vorhersagemodelle

6.3 Globales Wasserressourcenmanagement

Hintergrund

Die Wasser- und Sanitärversorgung gehören zu den Kernbereichen einer nachhaltigen Entwicklung. Im Rahmen der Agenda 2030 der Vereinten Nationen wurde deshalb ein eigenes Nachhaltigkeitsziel (Sustainable Development Goal, SDG) definiert, um Verfügbarkeit und nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle zu gewährleisten (SDG 6 „Sauberes Wasser und Sanitär-

einrichtungen“). Dieses ist eng mit weiteren Zielen vernetzt, die sich Themen wie Nahrungssicherheit, sauberer Energie, Konsum und Produktion, Klimaschutz sowie aquatischen und terrestrischen Ökosystemen widmen. Die ansteigende Weltbevölkerung, das angestrebte Wirtschaftswachstum, die Auswirkungen des Klimawandels und sozio-ökonomische Veränderungen werden die Nachfrage nach Wasser, Nahrungsmitteln und Energie erhöhen. Durch übermäßige Entnahme von Wasser und den zunehmenden Eintrag von Schadstoffen und Krankheitserregern werden die nutzbaren Süßwasserressourcen immer knapper. Dies wird Konflikte zwischen Ländern und Bevölkerungsgruppen, die sich Süßwasserressourcen teilen, verschärfen. Das Wissen um den globalen Wasserkreislauf und die regional zur Verfügung stehenden und nutzbaren Süßwasserressourcen spielen deshalb für den notwendigen Schutz von Ökosystemen und deren Leistungen eine zentrale Rolle.

Forschungsbedarf

Maßnahmen zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele sind mit Forschungsaktivitäten zu begleiten und weiter zu entwickeln. Die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen SDGs und den wasserbezogenen Auswirkungen der Maßnahmen sind zu berücksichtigen und ganzheitliche Lösungen zu entwickeln. Dies wird häufig unter dem Begriff „Wasser-Ernährung-Energie-Ökosystem Nexus“ subsummiert. Hierfür werden Erkenntnisse über den Einfluss des globalen Wandels und des

Klimawandels auf den Wasserkreislauf sowie die Nutzung und Verfügbarkeit von Wasserressourcen auf der globalen Skala benötigt. Dazu zählen auch die Untersuchung hydrologischer Extremereignisse und die Quantifizierung der Wasserverschmutzung. Wichtige Werkzeuge hierfür sind die globale Erhebung und Analyse von wasserbezogenen Daten sowie die Weiterentwicklung von komplexen Modellen. Diese müssen die Dynamik des Wasserkreislaufs sowie die Verfügbarkeit und Nutzung von Wasser abbilden. Auf dieser Grundlage können Anpassungsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Effizienz, ihrer Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit entwickelt und bewertet werden.

Ziele

- Entwicklung von Methoden zur Integration von qualitativen und quantitativen Oberflächen- und Grundwasserdaten, die einem besseren Verständnis des globalen Wasserkreislaufs in Vergangenheit und Zukunft auf unterschiedlichen räumlichen Skalen dienen
- Weiterentwicklung der Analysen zu den Auswirkungen des Klimawandels, der Wasserverschmutzung und sozio-ökonomischen Entwicklungen auf die globale Wasserverfügbarkeit und -nutzung
- Entwicklung von Methoden und Strategien im Nexus-Ansatz zur Erreichung der nachhaltigen Entwicklungsziele und zur Vermeidung von Nutzungskonflikten in den unterschiedlichen Sektoren



7. Wissenschaftskommunikation im Wandel

Hintergrund

Wissenschaftskommunikation ist eine wichtige Aufgabe im deutschen Wissenschaftssystem und wurde in den Pakt für Forschung und Innovation des Bundes und der Länder aufgenommen. Sie ist ein Auswahlkriterium von Forschungsförderentscheidungen (vgl. Grundsatzpapier zur Wissenschaftskommunikation des BMBF⁶). Der strategische Rahmen der Ressortforschung des BMDV⁷ legt fest: Ergebnisse sind möglichst weit

zu verbreiten, um den Mehrwert der Forschungserkenntnisse zu teilen und zu vervielfältigen.

Wissenschaftskommunikation unterstützt den Transfer in die Praxis, indem sie Anwender/-innen frühzeitig in den Forschungsprozess einbindet, ihnen Zugang zu Erkenntnissen verschafft und Erfahrungen teilt. Ebenso für Politik, Wirtschaft, Planungsbüros und Bürgerinnen und Bürger sind

⁶https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/1/24784_Grundsatzpapier_zur_Wissenschaftskommunikation.pdf

⁷<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/strategischer-rahmen-ressortforschung.pdf>

die Forschungsergebnisse von Interesse. Das umfasst die wissenschaftliche Politikberatung als Kernelement der Ressortforschung.

Entwicklungsbedarf

Treiber der Wissenschaftskommunikation der BfG sind die eigenen Mitarbeitenden. Sie sind vernetzt und engagieren sich in einer Vielzahl von Kooperationen. Der hohe Vernetzungsgrad auf wissenschaftlich-fachlicher Ebene zeigt sich in wissenschaftlichen Netzwerken, Drittmittelprojekten und Kooperationen. Auch auf fachlich-administrativer Ebene ist die BfG in einer Vielzahl von Gremien, u. a. des Bundes und der Länder, eingebunden. Forschungs- und Beratungstätigkeiten erfolgen integriert und es existieren viele Formate und Kanäle des Wissenstransfers. Die Öffentlichkeitsarbeit der BfG ist Bestandteil dessen: Sie setzt bei den Themen an, die das FuE-Konzept im Voraus festlegt und verbindet diese strategisch mit aktuellen Anlässen. Konkrete wissenschaftliche Erkenntnisse werden übergreifend, vernetzt, thematisch fokussiert und zielgruppenorientiert kommuniziert.

Ziele

- Zielgruppenorientierter Aufbau von virtuellen Beteiligungs- und Präsentationsformen und Entwicklung von E-Learning Modulen und des „Blended Learning“
 - Zunehmender Erfüllungsgrad der Open Access Strategie der Bundesregierung oder der INSPIRE-Richtlinien für wissenschaftliche Produkte der BfG
 - Den Mitarbeitenden ermöglichen, anwendungsfreundliche barrierefreie Dokumente bzgl. der Forschungsergebnisse zu erstellen und zu teilen
 - Intensivierung der Publikationstätigkeiten über den deutschsprachigen Raum hinaus in hoch angesehenen englischsprachigen Zeitschriften mit „peer review“ Prozess
 - Förderung des wissenschaftlichen Austauschs mit hohem interdisziplinärem Anspruch über Formate wie BfG-Kolloquien, -Workshops und -Trainings
 - Stärkere Positionierung und höhere Reichweite der Zeitschrift HyWa „Hydrologie und Wasserbewirtschaftung“ im deutschsprachigen Raum
- Entwicklung intelligenter und zeitgemäßer Lösungen für digitale Kommunikationskanäle und -formate der Öffentlichkeitsarbeit
 - (Weiter-)Entwicklung der frei zugänglichen gewässerkundlichen Zentralbibliothek des Bundes, in Synergie zur internen BfG-Wissensdatenbank

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz

Postfach 20 02 53
56002 Koblenz

Tel.: 0261/1306-0
Fax: 0261/1306-53 02
E-Mail: posteingang@bafg.de
Internet: www.bafg.de