

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Report, Published Version

## **Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hg.) Kompendium Forschung und Entwicklung 2020/2021**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/110825>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hg.) (2020): Kompendium Forschung und Entwicklung 2020/2021. Koblenz: Bundesanstalt für Gewässerkunde. [https://doi.org/10.5675/BfG-FuE\\_2020/2021](https://doi.org/10.5675/BfG-FuE_2020/2021).

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

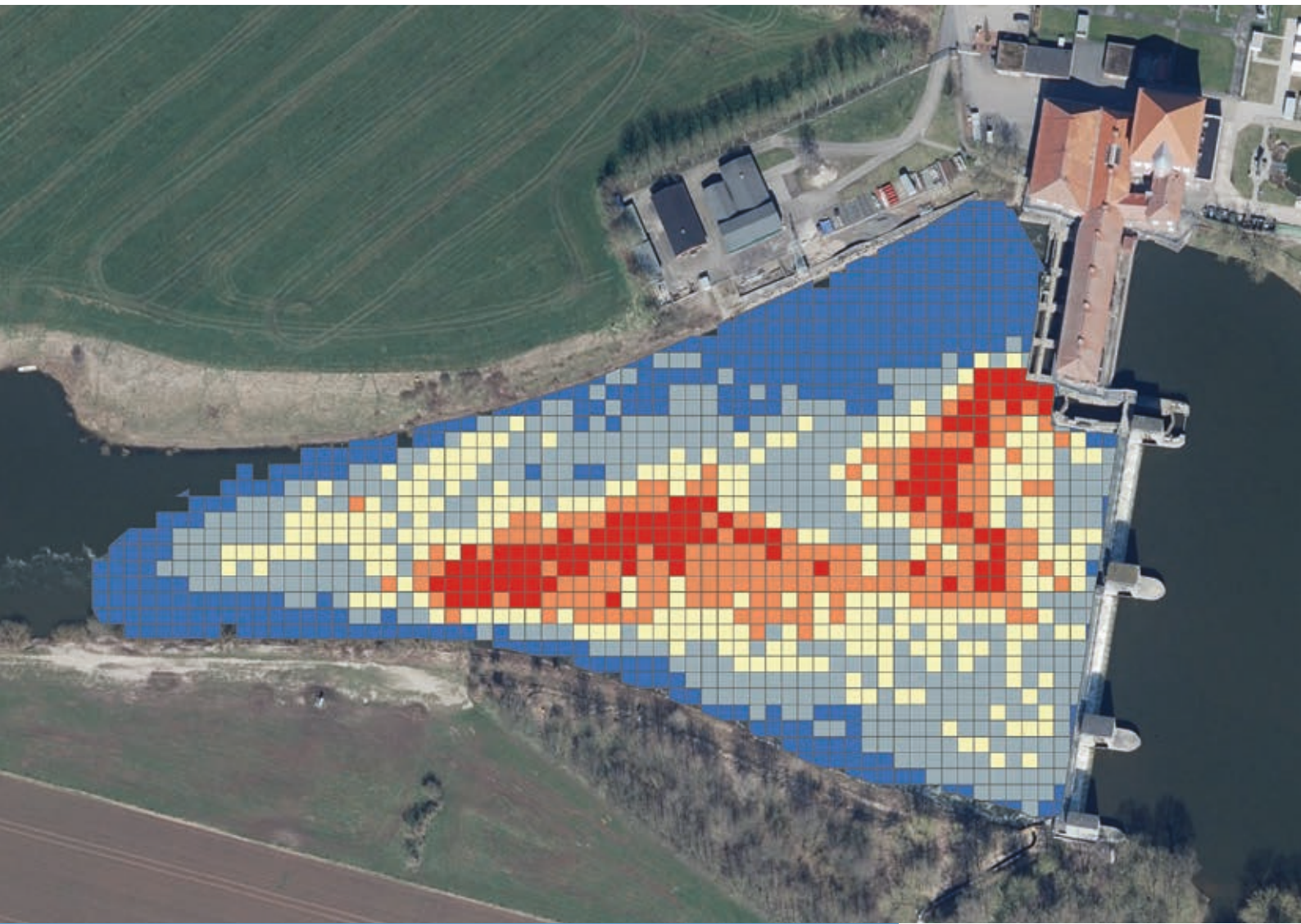
Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.

Verwertungsrechte: Alle Rechte vorbehalten

# Kompendium

## Forschung und Entwicklung 2020/2021



## 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](mailto:posteingang@bafg.de)  
Internet: <http://www.bafg.de>

**Redaktion:** Prof. Dr. Thomas Ternes  
Dr. Katharina Schütze  
Harald Böth  
Yvonne Strunck

**Titelbild:** Beispiel für die Verteilung detektierter Fische im Unterwasser des Querbauwerks Dörverden/Weser (hohe Fischanzahl rot, geringe Fischanzahl blau). Hintergrund: Geobasisdaten: © GeoBasis-DE/BKG (2020)

**Gestaltung:** unicom Werbeagentur GmbH

**Druck:** Druckereiverbund des BMVI

**Zitiervorschlag:** Bundesanstalt für Gewässerkunde (2020): Kompendium Forschung und Entwicklung 2020/2021. Koblenz, Dezember 2020, 184 S., ISSN 2702-2749 (Print), ISSN 2702-2757 (Online), DOI 10.5675/BfG-FuE\_2020/2021

**ISSN 2702-2749 (Print)**  
**ISSN 2702-2757 (Online)**

**DOI: 10.5675/BfG-FuE\_2020/2021**

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Was bewegt uns in Forschung und Entwicklung?</b> .....	<b>6</b>
<b>2 Zuverlässige, umweltgerechte und klimasichere Verkehrsinfrastruktur</b> .....	<b>8</b>
2.1 BMVI-finanzierte Forschung für Wasserstraßen .....	10
2.1.1 RimiK – Mikroorganismen begünstigen Korrosion .....	10
2.1.2 MAHyD – Morphodynamische Analysen mittels hydroakustischer Daten .....	12
2.1.3 Fischbiologische Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen .....	14
2.1.4 Ethohydraulische Versuche mit Fischen .....	16
2.1.5 Wanderkorridore von Fischen in stauregulierten Bundeswasserstraßen .....	18
2.1.6 Feststoff- und partikulärer Schadstofftransport in Nordseeästuaren als wichtiger Faktor einer nachhaltigen Unterhaltungsstrategie .....	20
2.1.7 Rauch – Luftschadstoffimmissionen der Binnenschifffahrt .....	22
2.1.8 Sozio-Hydrologie 2050 – Modellansätze zur Bestimmung anthropogener und natürlicher Wasserdargebotsänderungen in den Einzugsgebieten der Bundeswasserstraßen .....	24
2.1.9 Seamless Prediction II – Skalenübergreifende Wasserstandsvorhersagen und -prognosen für die Bundeswasserstraßen .....	27
2.1.10 OptiVor – Echtzeit-Optimierung hydrologischer Vorhersagemodelle und vorhersagebasierter Entscheidungen für die Bundeswasserstraßen .....	30
2.2 BMVI-finanzierte verkehrsträgerübergreifende Forschung – Expertennetzwerk .....	33
2.2.1 Klimawandel und Extreme – Verbesserung der Wasserhaushaltsmodellierung .....	33
2.2.2 Robuste Wasserstraßen – Fließtiefe .....	36
2.2.3 Veränderung der Sedimenteinträge am Beispiel Binnemelbe .....	38
2.2.4 Ökologische Vernetzung zur Förderung der Biodiversität und der strukturellen Lebensraumvielfalt .....	41
2.2.5 Entwicklung praxisorientierter und präventiver Strategien zur Kontrolle und Minimierung der Beeinträchtigung durch Neobiota .....	44
2.2.6 Modellanalyse Schadstoffimmissionen – Auswirkungen des Verkehrs auf die Luftqualität in drei Ballungsräumen, Teilprojekt Binnenschifffahrt .....	47
2.2.7 Bilanzierung und Bewertung der Umweltauswirkungen verkehrsbedingter Abriebe (Schwerpunkt Reifenabrieb) .....	49
2.2.8 Bau- und bauwerksbedingte Emissionen – Immission in Wasser, Boden und Luft .....	51
2.2.9 Ökotoxikologische Charakterisierung von Scrubber-Abwässern mittels einer Biotestbatterie .....	53
2.2.10 Minderungsmöglichkeiten von verkehrsbedingten Geräuschemissionen und Lärmimmissionen in Luft .....	56
2.2.11 Effizientes ingenieurgeodätisches Monitoring der Verkehrsbauwerke .....	58
2.2.12 Wassermengenbewirtschaftung von Elbe-Seitenkanal und Mittellandkanal unter Berücksichtigung erneuerbarer Energien .....	61
2.3 Drittmittel-finanzierte Gewässerforschung .....	64
2.3.1 Ceroxid-Partikel zur Verhinderung von Biofouling .....	64
2.3.2 Porengehaltvariabilität Flusssedimente – Die räumliche Variabilität des Porengehalts in fluvialen Sedimenten .....	66
2.3.3 IMPREX – IMproving PRedictions and management of hydrological EXtremes .....	68

2.3.4	Biogeomorphic feedbacks and their role for sediment erosion and connectivity along a climatic gradient in Chile . . . . .	72
-------	---	----

### 3 Digitale Infrastruktur . . . . . 74

3.1	BMVI-finanzierte Forschung für Wasserstraßen . . . . .	76
3.1.1	WaMUT – Messsystemanalyse und modellbasierte Sensorfusion für das hydrographische Wasserwechselzonenmonitoring mittels unbemannter Trägersysteme . . . . .	76
3.1.2	RiverCloud – Entwicklung eines autonomen und vernetzten UAV/USV-Tandemsystems für die Erfassung und Bereitstellung von hochaufgelösten Daten für das Management von Wasserstraßen . . . . .	78
3.1.3	GeoWAM – Neue Geodaten zur Verbesserung des Wassermanagements tidebeeinflusster Küstenbereiche . . . . .	80
3.1.4	MUG-Modell 1.0 – Integration von Wasser- und Stoffflussmodellen . . . . .	82
3.1.5	mDRONES4rivers – Moderne Sensorik und luftgestützte Fernerkundung für vegetationskundliche und hydromorphologische Anwendung an Wasserstraßen . . . . .	84

### 4 Ökosysteme und Biodiversität . . . . . 86

4.1	BMVI-finanzierte Forschung für Wasserstraßen . . . . .	88
4.1.1	ElBiota – Laterale Konnektivität und Biodiversität der Elbauen . . . . .	88
4.1.2	BEconnect – Flusssufer und ihre Bedeutung für die Biodiversität und den Habitatverbund zwischen aquatischen und terrestrischen Lebensräumen . . . . .	90
4.1.3	BIO-eDNA – Molekulare Taxonomie und Ökologie . . . . .	93
4.1.4	NESTOR – Etablierung der Nematoden als Bioindikatoren zur Bewertung des ökologischen Zustands von Gewässern . . . . .	95
4.1.5	MONDE 1 – Die chemische Monitoring-Station der Zukunft . . . . .	97
4.1.6	Stoffeinträge in die deutschen Küstengewässer (Ostsee) . . . . .	99
4.1.7	Uferfunk – Die Interaktion zwischen Vegetation und Boden an gezeitengeprägten naturnahen Ufern . . . . .	101
4.1.8	DyNaMo – Dynamics of Nature and Morphology – Die Ursache-Wirkungsbeziehungen des Röhrlichwachstums an Bundeswasserstraßen . . . . .	103
4.1.9	OGIMo – Oberflächen-Grundwasser-Interaktion entlang der Mosel . . . . .	105
4.1.10	Mehrdimensionale Modellierung von Gewässergüte und Nahrungsnetzen in Ästuaren – Grundlagen und Werkzeuge für ein Gewässermanagement . . . . .	107
4.1.11	Non-Target-Analyse Sedimente – Aufbau einer Non-Target-Analysenmethode zur Identifizierung neuartiger Schadstoffe in Sedimenten . . . . .	109
4.1.12	Mikro- und Makroplastik in Bundeswasserstraßen . . . . .	111
4.1.13	URSACHEN – Unsicherheiten bei der Bestimmung raumzeitlich variabler Stofffrachten in Fließgewässern . . . . .	113
4.2	Drittmittel-finanzierte Gewässerforschung . . . . .	115
4.2.1	Sedimentmanagement der Lahn im EU-LIFE-Projekt LiLa – Living Lahn . . . . .	115
4.2.2	Sedimentprojekte Nebengewässer Elbe . . . . .	118
4.2.3	PASTraMi – Eignung von PASSIVSAMPLERN im STOFF-MONITORING, realistische Abbildung von Schadstoffbelastungen in Gewässern unter Einsatz von Passivsammlern . . . . .	120
4.2.4	Non-Target-Screening (NTS) von Gewässerproben . . . . .	122
4.2.5	NTS Biota – Non-Target-Analytik für Biota- und Schwebstoffproben der Umweltprobenbank . . . . .	124
4.2.6	Non-Target Hessisches Ried – Studie zur chemischen Charakterisierung und Quantifizierung bisher nicht bekannter Stoffe in Wässern im Hessischen Ried . . . . .	126

4.2.7	Non-Target-Screening-Datenbank – Online-Portal „Non-Target Screening für die Umweltüberwachung der Zukunft“	128
4.2.8	Methodenentwicklung für den Nachweis von Arzneimittelmetaboliten und -transformationsprodukten in Umweltproben	130
4.2.9	AnPassa II – Kombinierte chemische und ökotoxikologische Überwachung von Schadstoffen in Gewässern	132
4.2.10	Rodentizid-Rückstände in Fischen – Ursachenforschung	134
4.2.11	Antikoagulante Rodentizide in der aquatischen Umwelt	136
4.2.12	PLASTRAT – Lösungsstrategien zur Verminderung von Einträgen von urbanem Plastik in limnische Systeme	138
4.2.13	MicBin – Mikroplastik in Binnengewässern	140
4.2.14	Plastikfracht im Rhein – Quantitative Erfassung, Bilanzierung und Bewertung von Mikrokunststoffen in internationalen Flussgebieten Rhein und Donau	142
4.2.15	Effekttracking organischer Mikroverunreinigungen	144
4.2.16	TrinkWave – Planungsoptionen und Technologien der Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung in urbanen Wasserkreisläufen	146
4.2.17	Cleanwater – Eco-technological solutions to remove micro-pollutants and micro-plastic from contaminated water	148
4.2.18	Bioanalytische Testpalette (BiTe) – Anwendung einer bioanalytischen Testpalette auf konventionell und mit erweiterten Methoden behandeltes Abwasser	150
4.2.19	Orientierende Untersuchungen zur Belastung von Abwässern mit fluororganischen Verbindungen durch die Bestimmung des adsorbierbaren organisch gebundenen Fluors (AOF)	152

## 5 Globaler Wandel und Klimawandel ..... 154

### 5.1 BMVI-finanzierte Forschung für Wasserstraßen ..... 156

5.1.1	ElbeRegime 2100 – Änderungen des Abflussregimes im Elbegebiet im 20. und 21. Jahrhundert	156
5.1.2	ProWaS – Projektionsdienst für Wasserstraßen und Schifffahrt	159

### 5.2 Drittmittel-finanzierte Gewässerforschung ..... 162

5.2.1	CO-MICC – CO-development of Methods to utilize uncertain multi-model based Information on freshwater-related hazards of Climate Change	162
5.2.2	GlobeWQ – Global Water Quality Analysis and Service Platform	164
5.2.3	MedECC – Mediterranean Experts on Climate and environmental Change	166
5.2.4	Sustainable water futures – Planning for sustainable water futures in sub-Saharan Africa in the context of the SDGs	168
5.2.5	Havelpolderoptimierung – Optimierung der Nutzung der Havelpolder (inkl. Begutachtung der Flutung der Havelpolder im Juni 2013)	170
5.2.6	Analysen zur Optimierung der Hochwasserretention an der Unteren Havel zwischen Berlin und Rathenow mittels hydrodynamisch-numerischer 1D/2D-Modellierung	173
5.2.7	2D-Modellierung zwischen Tangermünde und Geesthacht zur Verbesserung der Hochwassersituation an der unteren Mittelelbe	176
5.2.8	EUMETSAT H SAF CDOP3 – Satellite Application Facility on Support to Operational Hydrology and Management Continuous Development and Operations Phase 3 (CDOP3)	179

## Abbildungsverzeichnis ..... 182

## Organigramm ..... 185

# Vorwort

Gesellschaft, Wirtschaft und Politik – wir alle leben in bewegten Zeiten. Flexibilität und Anpassungsgeschwindigkeit erhalten eine besondere Bedeutung unter sich schnell verändernden Bedingungen. Auch für die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) ergeben sich hierdurch Herausforderungen, die es zu meistern gilt. Umso wichtiger ist es, den Fokus auf die drängenden Themen zu richten, wie die Folgen des Klimawandels, die Wasserknappheit, den Verlust der Biodiversität oder unzureichende Wasserqualitäten. Als das wissenschaftliche Institut des Bundes für Forschung, Begutachtung und Beratung auf den Gebieten Hydrologie, Gewässernutzung, Gewässerbeschaffenheit sowie Ökologie und Gewässerschutz ist es uns nicht nur ein Auftrag, Forschung und Entwicklung (FuE) zur Lösung der anstehenden Herausforderungen voranzutreiben – es ist unsere Herzensangelegenheit.

In der BfG fügen sich viele Einzelprojekte, Kooperationen und Netzwerke zu einem Ganzen zusammen, der wissenschaftsbasierten Politikberatung. Dabei nutzen wir neue wissenschaftliche Erkenntnisse für die Beantwortung praktischer Probleme: Mehr als 30 Prozent unseres Budgets fließen daher in Forschung und Entwicklung. Die erzielten Ergebnisse werden in wissenschaftlichen „Peer-reviewed“ Fachjournalen veröffentlicht und fließen in Handlungsanweisungen ein, die der praktischen Umsetzung dienen. Das vorliegende Kompendium bietet Ihnen einen Überblick über die aktuellen FuE-Projekte der BfG. Um welche Aufgabenstellungen es sich bei den Aktivitäten konkret handelt, welche Erkenntnisse erzielt werden konnten und aus welchen Mitteln sich diese Projekte finanzieren – genau diese Fragen beantwortet das neue Kompendium Forschung und Entwicklung.

Wissenschaftlicher Beirat der BfG



**Prof. Dr. Günter Blösch**  
(Vorsitzender)  
Technische Universität Wien  
Leiter der Abteilung Ingenieurhydrologie



**Dr. Adriano Joss**  
Eawag, Abteilung Verfahrenstechnik



**Prof. Dr.-Ing. Udo Becker**  
Technische Universität Dresden  
Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr  
Professur für Verkehrsökologie



**Prof. Dr.-Ing. Reinhard Hinkelmann**  
Technische Universität Berlin  
Institut für Bauingenieurwesen  
Fachgebiet Wasserwirtschaft und Hydrosystemmodellierung



**Dr. Inge Werner**  
ehem. Leiterin des Schweizerischen Zentrums für angewandte Ökotoxikologie



**Prof. Dr. Daniel Hering**  
Universität Duisburg-Essen  
Fakultät für Biologie/Aquatische Ökologie



**Dr. Bernd Brügge**  
Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie  
Vizepräsident und Abteilungsleiter Meereskunde



**Dr.-Ing. Jan Kayser**  
Bundesanstalt für Wasserbau  
Abteilungsleiter Geotechnik



**Dr. Dirk Engelbart**  
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur  
Referatsleiter Umweltschutz für die Wasserstraßen, Anpassung an den Klimawandel, Gewässerkunde, BfG



**Dipl.-Ing. Michael Heinz**  
Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt  
Leiter der Abteilung U, Umwelt, Technik, Wassertourismus



**Dr. Norbert Salomon**  
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur  
Leiter der Abteilung Wasserstraßen und Schifffahrt

Abbildung 1: Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirates der BfG

Der *Wissenschaftliche Beirat* der BfG ist ein Garant der Qualitätssicherung von Forschungsprojekten, die vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert werden. Die erfahrenen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bringen im Beirat ihre interdisziplinären Expertisen ein, indem sie die BfG bei der Evaluierung der Projektanträge und der Erfolgskontrolle während und nach Abschluss der Forschungsprojekte unterstützen. Den Mitgliedern des Wissenschaftlichen Beirates unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Günter Blöschl (TU Wien) danken wir ganz herzlich für die fachkundige Unterstützung und Beratung. Sie haben einen maßgeblichen Anteil an der heutigen Ausrichtung der BfG-Forschung und der konstant hohen Qualität der erzielten Ergebnisse, wodurch die Politikberatung in Bezug auf die Bundeswasserstraßen nachhaltig verbessert wird.

Ein weiterer wichtiger Eckpfeiler der BfG-Forschung ist die interne *Arbeitsgruppe Forschung* der BfG. Sie unterstützt die Hausleitung bei der strategischen Ausrichtung und Schwerpunktsetzung. Sie evaluiert die internen, BMVI-finanzierten, Projekte und besitzt somit eine tragende Rolle im mehrstufigen Prozess der internen Qualitätssicherung.

Nun wünschen wir Ihnen – der interessierten Leserin und dem interessierten Leser – erkenntnisreiche Einblicke. Möchten Sie tiefer in die Materie eintauchen? Wenden Sie sich gerne direkt an unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, wir freuen uns auf Ihre Fragen und Impulse.

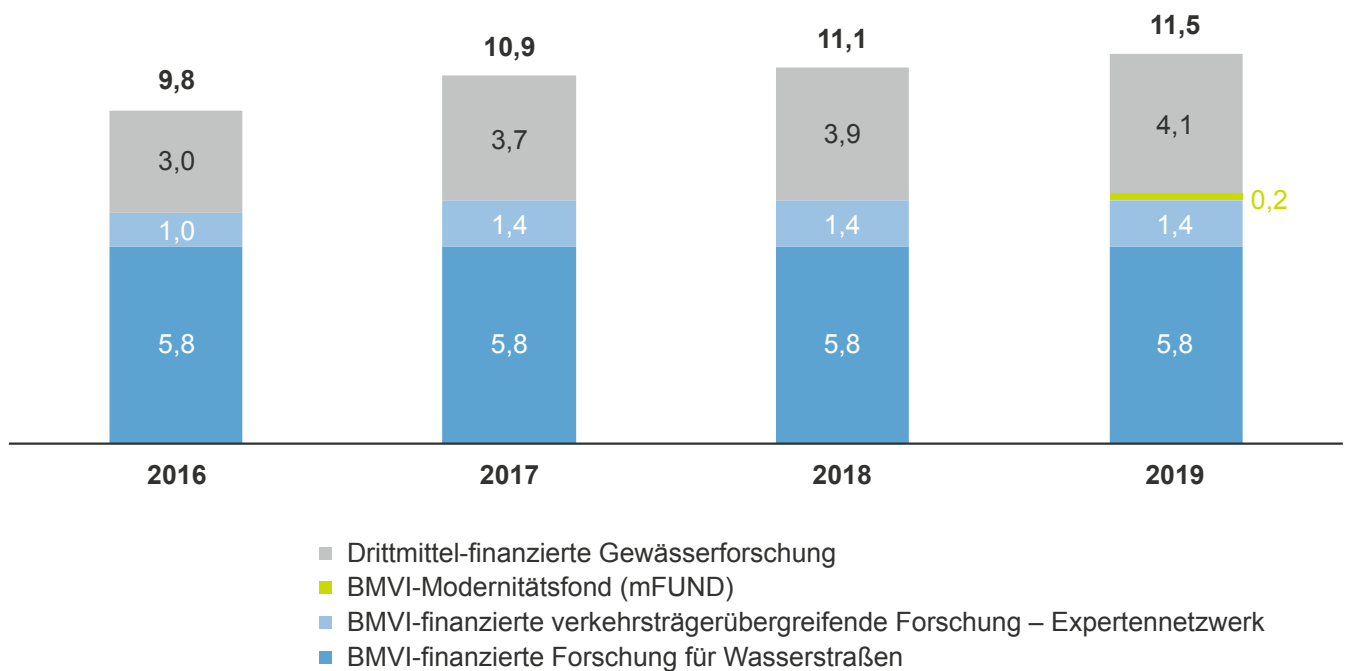


Dr. Birgit Esser  
Leiterin der BfG



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





# 1 Was bewegt uns in Forschung und Entwicklung?

Das zentrale Ziel der Forschungs- und Entwicklungsprojekte der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) besteht darin, wissenschaftliche Grundlagen zu erarbeiten, die für eine nachhaltige, zukünftige Entwicklung der Bundeswasserstraßen erforderlich sind.

In diesem Zusammenhang ergeben sich für den Verkehrssektor zwei zentrale Herausforderungen:

- die Bereitstellung *resilienter Verkehrsinfrastrukturen* vor dem Hintergrund des Globalen Wandels und
- die *umweltgerechte* Entwicklung von Mobilität und der dazugehörigen Verkehrsinfrastruktur.

Unsere Forschungsausrichtung orientiert sich primär an den Schwerpunkten des vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) herausgegebenen strategischen Rahmens der Ressortforschung. Durch Forschung und Entwicklung (FuE) wird gewährleistet, dass der Stand der Technik kontinuierlich dem Stand der Wissenschaft angepasst wird. Die Projekte dienen zum Beispiel der Aufrechterhaltung zuverlässiger und umweltgerechter Verkehrsinfrastrukturen. Die Wasserstraßen sind jedoch nicht nur Transportwege, sondern beherbergen zugleich auch vielfältige Ökosysteme. Binnen- und Küstengewässer und ihre angrenzenden Auen gehören zu den

Abbildung 2: Forschungs- und Entwicklungsetat der BfG in Mio. € von 2016 bis 2019

vielfältigsten, dynamischsten und komplexesten Lebensräumen der Erde, in denen sich die Auswirkungen chemischer, physikalischer, klimatischer und biologischer Stressoren besonders häufig abbilden. Derzeit wird ein zunehmender Rückgang der Biodiversität beobachtet, mit dramatischen Auswirkungen für die biologische Vielfalt. Um Lösungsansätze für die vielfältigen ökologischen und nutzerbezogenen Anforderungen an Auen und Oberflächengewässer zu finden, ist eine stetige Verbesserung des Verständnisses der Prozesse und eine ganzheitliche, integrative Betrachtung ihrer wechselwirkenden Abhängigkeiten essenziell. In der BfG arbeiten Naturwissenschaftler/-innen und Ingenieure/-innen verschiedenster Fachgebiete an aktuellen und zukunftsweisenden Fragestellungen, um den unterschiedlichen Herausforderungen der umweltgerechten und resilienten Gestaltung der Bundeswasserstraßen und ihrer Nebenflächen zu begegnen. Forschung hat viele Gesichter. RiverCloud, MAHyD, OGIMo oder NonTarget sind nur einige der vielfältigen FuE-Projekte, die an der BfG derzeit bearbeitet werden. Diese kreativen Abkürzungen stehen für Projekte, die eine breite fachliche Palette – von Gewässerchemie über Gewässerbiologie bis hin zur Gewässermorphologie – abdecken.

Im vorliegenden Kompendium Forschung und Entwicklung 2020/2021 werden Ihnen die derzeit laufenden und kürzlich abgeschlossenen FuE-Projekte der BfG vorgestellt. Sie gliedern sich in vier übergeordnete Themenschwerpunkte:

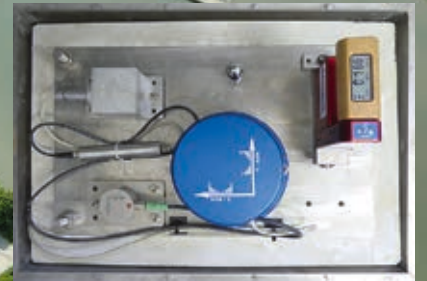
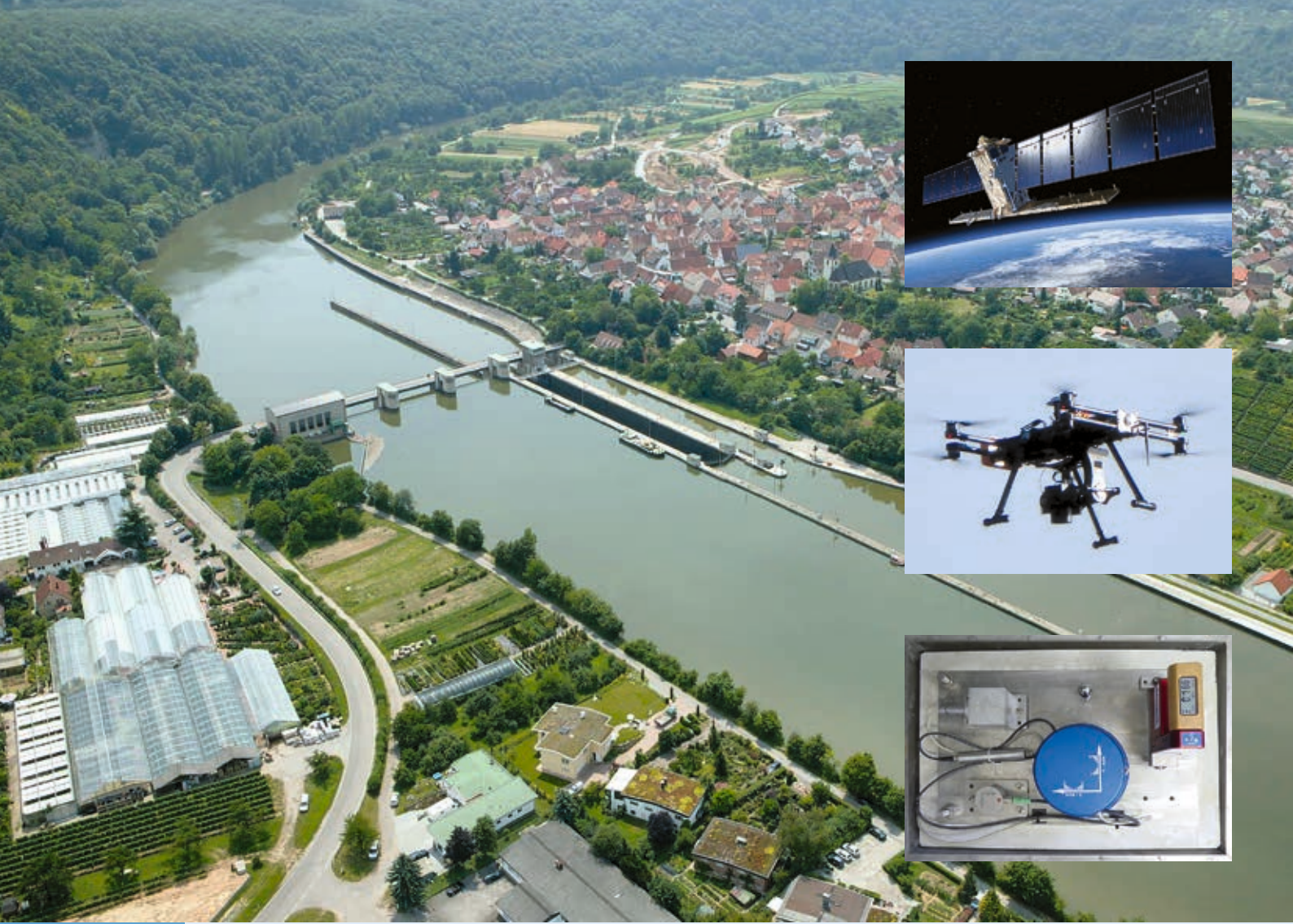
- Zuverlässige, umweltgerechte und klimasichere Verkehrsinfrastruktur
- Digitale Infrastruktur
- Ökosysteme und Biodiversität
- Globaler Wandel und Klimawandel

Zum einen präsentieren wir Projekte, die durch einen kontinuierlich vom BMVI zur Verfügung gestellten Forschungsetat von 5,8 Mio. € finanziert werden. Zum anderen werden Projekte des BMVI-Expertenetzwerks „Wissen – Können – Handeln“ aufgeführt, die im Verbund mit sechs weiteren Ressortforschungseinrichtungen

des BMVI verkehrsträgerübergreifend bearbeitet werden. Schließlich wird über drei Projekte des Modernitätsfonds des BMVI (mFUND) berichtet, die im Rahmen digitaler datenbasierter Anwendungen für die Mobilität 4.0 gefördert werden. Ferner stellen wir Ihnen Projekte vor, die durch Drittmittelgeber (nicht BMVI) finanziert werden und die häufig in Konkurrenz eingeworben wurden. Zu den Fördermittelgebern der Drittmittelprojekte zählen u.a. das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), die Europäische Kommission (EU) oder die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie das Umweltbundesamt (UBA). Die Drittmittelprojekte besitzen in der Regel einen direkten Wasserstraßen- oder Gewässerbezug. Zusätzlich dienen einige Projekte der Entwicklung neuer Methoden/Modelle und der Steigerung der wissenschaftlichen Expertise der BfG in wichtigen Zukunftsthemen. Die Ergebnisse der FuE-Projekte sind der Grundpfeiler für eine zeitgemäße und vorausschauende operative Beratung von Politik und den nachgeordneten, operativ arbeitenden Verwaltungen wie der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV).

In Abbildung 2 ist der Forschungs- und Entwicklungsetat der BfG von 2016 bis 2019 dargestellt: Der Etat ist weitgehend stabil und bewegte sich von 9,8 Mio. € (2016) bis zu 11,5 Mio. € (2019). Er untergliedert sich in Finanzierungen durch das BMVI (allgemein, Expertenetzwerk, mFUND) sowie Drittmittelfinanzierung (z.B. BMBF, EU, DFG, UBA).

Das große Spektrum der in der BfG durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsprojekte ist die Basis für eine Politikberatung auf dem Stand der Zeit und darüber hinaus. Durch die Möglichkeit, Forschungsprojekte zielgerichtet durch einen eigens vom BMVI bereitgestellten Etat durchführen zu können, garantieren wir, dass drängende Fragestellungen zeitnah angegangen werden. Das Einwerben von Drittmitteln sorgt für die Anbindung an die nationale- und internationale (Spitzen-) Forschung und garantiert somit einen Wissensaustausch, der in unserer heutigen globalisierten Welt unabdingbar ist.



## 2 Zuverlässige, umweltgerechte und klimasichere Verkehrsinfrastruktur

Die Wasserstraßen sind volkswirtschaftlich hochrelevante Verkehrswege mit inhärenter Mehrzweckfunktion als Lebens- und Erholungsraum und zugleich Ökosysteme. Das Netz der Bundeswasserstraßen in Deutschland umfasst ca. 7.350 km Binnenwasserstraßen sowie ca. 23.000 km<sup>2</sup> Seewasserstraßen. Zu den Anlagen an den Bundeswasserstraßen gehören u.a. 450 Schleusenkammern und 290 Wehre, zwei im WSV-Betrieb befindliche Schiffshebewerke, 15 Kanalbrücken und zwei Talsperren. Zu einer zuverlässigen Verkehrsinfrastruktur zählen auch die Ufer und Küsten der Wasserstraßen. Sie bedürfen in vielen Fällen einer Sicherung. Neben den technischen Sicherungen werden für eine umweltgerechte Infrastruktur immer mehr ingenieurbio-logische Sicherungen eingesetzt bis hin zur Sicherung durch natürlichen Pflanzenbewuchs. Die BfG unterstützt die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) bei Unterhaltung, Betrieb sowie Aus- und Neubau der Bundeswasserstraßen u.a. im Rahmen der Ressortforschung. Durch diese FuE-Tätigkeiten wird gewährleistet, dass der Stand der Technik kontinuierlich dem Stand der Wissenschaft angepasst wird. Somit sollen Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs bei gleichzeitiger Verbesserung des guten ökologischen und chemischen Zustandes der Fluss- und Auenökosysteme optimiert werden.

Eine wichtige Aufgabe der Forschung und Entwicklung ist es, Wege aufzuzeigen, wie Verkehrsinfrastruktur und ökologische Gewässerentwicklung aufeinander abgestimmt werden können und harmonisieren. Mit den FuE-Maßnahmen unterstützen wir den Erhalt und die Modernisierung einer umweltgerechten, leistungsfähigen und resilienten Bundeswasserstraßeninfrastruktur unter Berücksichtigung der komplexen Funktionsweise

der Gewässer und vielfältiger Nutzungsansprüche. Hierbei adressieren wir u.a. den gesamten Lebenszyklus der Infrastruktur vom Einbau über die Unterhaltung bis zum Rückbau und beziehen prognostizierte klimatische, gesellschaftliche und gesetzgeberische Veränderungen ein. Eine Gesamtsicht auf die Wasserstraßen als Infrastruktureinrichtung ist notwendig, da die Weiterentwicklung des Prozessverständnisses der Wasserstraßen mit ihren Auswirkungen auf die Schifffahrt erst die Wirkungsweisen einzelner Maßnahmen wie auch die Konsequenzen auf abladerelevante Fragestellungen ermöglicht.

Eine besondere Herausforderung bei der Realisierung einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung ist die Berücksichtigung des Zusammenwirkens verschiedener Verkehrsträger in einem übergreifenden Konzept. Die Belange der einzelnen Verkehrsträger fordern zunächst eine gesonderte Betrachtung, da sie in Bezug auf die Wirkmechanismen und Störfaktoren unterschiedlich zur Gesamtbelastung für Mensch und Umwelt beitragen. Da sie letztlich jedoch in ihrer Gesamtheit auf das Ökosystem einwirken, ist für die Gewährleistung einer möglichst umweltgerechten Infrastrukturentwicklung auch eine Gesamtbetrachtung erforderlich. Die Bedeutung von Infrastruktureinrichtungen für den Erhalt und die Förderung von Biodiversität sowie für die Einschleppung und Verbreitung gebietsfremder Arten (Neobiota) sowie die Rolle von Verkehr und Verkehrsinfrastruktur als Quelle stofflicher (z.B. Abgase, Schadstoffe) und nichtstofflicher (z.B. Lärm) Belastungen für Umwelt und Mensch sind im Expertennetzwerk adressiert. Hierbei werden Funktionalität, Nutzungsdauer und Umweltverträglichkeit möglicher Maßnahmen in Bezug auf die Verkehrsinfrastruktur abgewogen.

## 2.1 BMVI-finanzierte Forschung für Wasserstraßen

### 2.1.1 RimiK – Mikroorganismen begünstigen Korrosion

**Identifizierung von standortbezogenen Risikofaktoren und Indikatoren mikrobiell induzierter Korrosion wasserbaulicher Anlagen**

**Für ein nachhaltiges Instandsetzungsmanagement von Wasserbauwerken ist die Identifizierung standortbezogener Risikofaktoren und organischer Indikatoren mikrobiell induzierter Korrosion essenziell.**



Abbildung 4: Durchrostung einer Spundwand am Rhein-Herne-Kanal durch mikrobiell induzierte Korrosion (Quelle: BAW)

Für die Funktionsfähigkeit der Bundeswasserstraßen sind Wasserbauwerke wie Spundwände, Schleusen oder Wehre unerlässlich. Korrosionsschäden an wasserbaulichen Anlagen verursachen jährlich hohe wirtschaftliche Kosten und gefährden die Stand- und Betriebssicherheit der Bauwerke. Schätzungen zufolge sind 20 bis 50 % aller Korrosionsschäden an Metallen und Baustoffen mikrobiell beeinflusst. Sie werden durch Stoffwechselaktivitäten von Mikroorganismen ausgelöst, sind aber auch abhängig von den jeweiligen Umweltfaktoren wie Temperatur, pH-Wert, dem Baustoff oder der Hinterfüllung von z.B. Spundwänden.

#### Veranlassung

Trotz des bekannten Einflusses mikrobieller Prozesse auf die Langlebigkeit von Wasserbauwerken ist der Zusammenhang zwischen mikrobiellem Bewuchs und Korrosion der eingesetzten Materialien unklar und wird daher bei der Planung und Unterhaltung der wasserbaulichen Anlagen kaum berücksichtigt. Auch die Mechanismen und Faktoren, die das Auftreten mikrobiell induzierter Korrosion begünstigen, sind nur unzureichend erforscht. Diese Wissenslücken sollen in Kooperation mit der Universität Koblenz-Landau und der

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) geschlossen werden. Die Arbeiten der BfG konzentrieren sich insbesondere auf die gezielte Anwendung moderner molekularbiologischer Methoden (Genomics, Transcriptomics, Proteomics) für eine umfassende Analyse mikrobieller Gemeinschaften und auf die Untersuchung der Umweltbedingungen, unter denen diese Mikroorganismen aktiv sind. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen neue Möglichkeiten aufzeigen, wie mikrobielle Korrosion frühzeitig erkannt, die Lebensdauer und Sicherheit von Wasserbauwerken erhöht und Unterhaltungskosten gesenkt werden können.

## Ziele

- Untersuchung des komplexen Ursache-Wirkungsgeflechts zwischen mikrobiell induzierter Korrosion, gewässerchemischen Eigenschaften und mikrobieller Diversität
- Minimierung und frühzeitige Erkennung mikrobiell induzierter Korrosion zur Gewährleistung eines nachhaltigen Instandsetzungsmanagements wasserbaulicher Anlagen
- Unterstützung der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung bei der Planung von Wasserbauwerken in
  - der Abschätzung der zu erwartenden Korrosion
  - der Wahl der Materialien
  - der Wahl der Hinterfüllung

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Gegenüberstellung von korrosiven Biofilmen realer Schadensfälle mit denen von Vergleichsstandorten
- Verbesserung des Systemverständnisses der Mechanismen korrosiver mikrobieller Gemeinschaften
- Identifizierung der Ursachen mikrobiell induzierter Korrosion von Wasserbaumaterialien sowie Ableitung von Risikofaktoren und potenziellen biologischen Indikatoren mikrobiell induzierter Korrosion
- Ausbau des methodischen Repertoires der BfG hinsichtlich modernster mikrobiologischer und molekularbiologischer Kompetenzen (z.B. Metaproteomics)



Abbildung 5: Korrosion durch Sulfat reduzierende Bakterien mit Ablagerung von schwarzem Eisensulfid (Quelle: BAW)

<b>Projektlaufzeit</b>	11/2019 – 10/2022
<b>Auftraggeber</b>	BMVI
<b>Projektpartner</b>	Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) Universität Koblenz-Landau (AG Mikrobiologie)
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620204061

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Arne Wick  
E-Mail: [wick@bafg.de](mailto:wick@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5408  
Referat G2 – Gewässerchemie

## 2.1.2 MAHyD – Morphodynamische Analysen mittels hydroakustischer Daten

### MAHyD – Morphodynamische Analysen mittels hydroakustischer Daten – Sohlstrukturen und Geschiebetransport

Die Erfassung des morphologischen Zustands und der Sohlbathymetrien von Bundeswasserstraßen sowie deren Veränderung in Raum und Zeit ist eine Kernaufgabe für die Gewässerkunde.

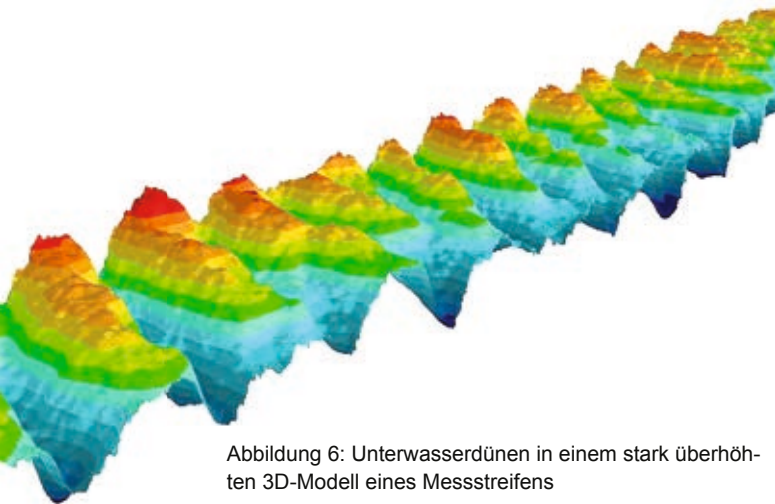


Abbildung 6: Unterwasserdünen in einem stark überhöhten 3D-Modell eines Messstreifens

Das Projekt MAHyD forscht an hydroakustischen Methoden zur Erfassung und Analyse der Sohlstrukturen und des Geschiebetransports entlang der frei fließenden Bundeswasserstraßen. Bestehende Methoden werden weiterentwickelt, um z.B. das Dune Tracking für die Messung des Geschiebetransports in der Praxis zu etablieren. Das Projekt erarbeitet Mess- und Auswertekonzepte, des Weiteren führt es Feldmessungen und Validierungsstudien durch, mit dem Ziel, die erforderlichen Grundlagen für den zukünftigen Einsatz indirekter Messverfahren an Bundeswasserstraßen zu schaffen.

### Veranlassung

Mit dem in der BfG vorhandenen vermessungstechnischen Fachwissen eröffnet sich die Möglichkeit, messtechnische Unsicherheiten zu verringern und Fragestellungen wie z.B. „Wo ist die Sohle?“, „Wie schnell bewegen sich die Partikel der Sohle?“, „Erfasse ich die Düne oder nur eine Anhäufung an Sohlsedimenten?“ und „Wie groß ist der Geschiebetransport?“ besser beantworten zu können.

Auch braucht es in der Praxis neue Ansätze zur Erhebung von sich bewegenden Gewässersohlen, um morphologische und damit auch schifffahrtsrelevante Fragestellungen präziser beantworten zu können. Diese Aufgabe geht über die Optimierung bestehender hydrographischer Geräte- und Messkonzepte hinaus. Daher wendet MAHyD neue hydroakustische Verfahren und auch neue Auswertemethoden für die Erkennung und Vermessung mobiler morphologischer Strukturen an der Gewässersohle an.

### Ziele

- Weiterentwicklung und Etablierung von hydroakustischen Methoden zur Erfassung und Analyse mobiler Sohlstrukturen (Unterwasserdünen) mit Fokus auf deren Höhe und Einfluss auf die schifffahrtsrelevante Wassertiefe
- Ergänzung des bestehenden Messnetzes an Bundeswasserstraßen hinsichtlich Geschiebe- und Sohlmessungen um indirekte Messtechniken
- Anwendung neuer hydroakustischer Verfahren wie der Analyse des Backscattersignals von Echoloten oder Water Column Imaging (WCI)
- Bestimmung von Geschiebetransporten mithilfe der Verfahren des Dune Tracking und speziellen Auswertungen des ADCP Bottom Track Signals

### Ergebnisse

- Entwicklung einer Analysesoftware für das Dune Tracking, für erste Ergebnisse siehe Vortrag auf EGU 2020, „A Monte Carlo approach to determine the sensitivity of bedform analysis methods“

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Durchführung von Messkampagnen mit Schwerpunkt Mittel- und Niederrhein, um Methoden zu testen und Mess- sowie Auswertekonzepte zu verfeinern
- Weiterentwicklung von Analysesoftware
- Erstellung von Handlungsanleitungen

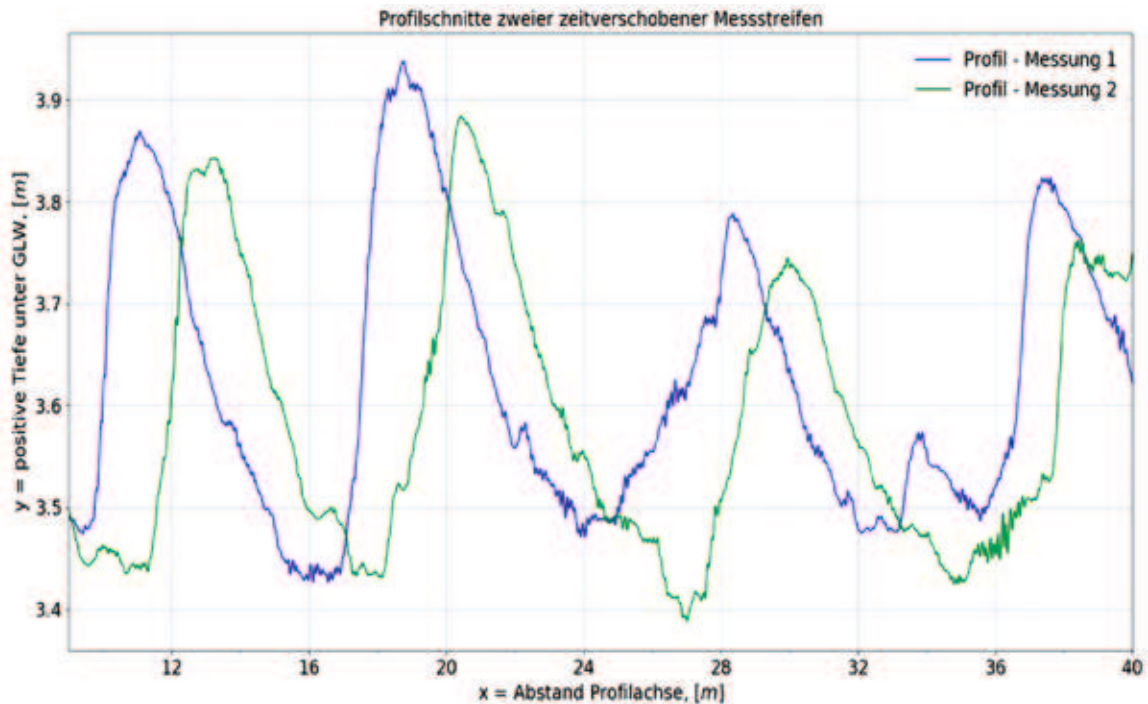


Abbildung 7: Profilschnitt zeitversetzter Messungen in Fließrichtung zur Ableitung der Migrationsgeschwindigkeit

### Publikationen zum Thema

REICH, J. (2020): A Monte Carlo approach to determine the sensitivity of bedform analysis methods. Vortrag auf EGU 2020, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-5200>

<b>Projektlaufzeit</b>	07/2019–06/2022
<b>Auftraggeber</b>	BMVI
<b>Projektpartner</b>	Norwegian University of Science and Technology, Department of Civil and Environmental Engineering
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610304091

### Ansprechpartner der BfG

Julius Reich  
E-Mail: [reich@bafg.de](mailto:reich@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5425  
Referat M3 – Gewässermorphologie, Sedimentdynamik und -management



## 2.1.3 Fischbiologische Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen

Entwicklung eines Methodenstandards zur biologischen Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen (FAA) an Bundeswasserstraßen

Wie gut funktioniert eine Fischaufstiegsanlage? Dies ist wichtig zu wissen, aber nicht leicht zu messen, vor allem nicht an großen Flüssen. Daher soll hierfür ein Methodenstandard entwickelt werden.



Abbildung 8: Flussbarsch im Videozähler der BfG an der FAA Rothenfels/Main

Neue Fischaufstiegsanlagen sollen an ca. 250 Staustufen der Bundeswasserstraßen die Durchgängigkeit für Fische herstellen, um die Ziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen. Zwar kann man bei Planung und Bau der FAA auf standardisierte Bemessungsempfehlungen zurückgreifen, doch bergen die komplexen und individuellen Randbedingungen jedes Standorts viele Unsicherheiten hinsichtlich der Funktionalität, insbesondere an großen Flüssen. Eine biologische Funktionskontrolle soll den Erfolg der Maßnahmen für die Fische überprüfen und das Risiko von Fehlinvestitionen senken.

### Veranlassung

Um eine FAA beurteilen zu können, muss man vergleichen, wie viele Fische aufsteigen wollen und wie viele tatsächlich aufsteigen. Während man in der FAA die Fische gut erfassen kann, ist dies

jedoch im freien Unterwasser mit keiner bekannten Erfassungsmethode vollständig möglich. Es wird umso schwieriger, je größer ein Fluss wird. Die Anzahl der aufwanderwilligen Fische kann daher nicht direkt mit den tatsächlich aufsteigenden Fischen verglichen werden, sondern muss indirekt eingeschätzt werden. Verschiedene nationale und internationale Ansätze befassen sich mit dieser Fragestellung, von denen allerdings keine die Anforderungen an Bundeswasserstraßen abdeckt.

Ausgehend von diesen Ansätzen wird der neue Methodenstandard entwickelt:

- Aus den gesetzlichen Anforderungen werden Bewertungskriterien formuliert.
- In umfangreichen Feldtests werden verschiedene Erfassungsmethoden über einen längeren Zeitraum parallel eingesetzt und verglichen.
- Ein Ansatz für die quantitative Bewertung der Aufstiegszahlen wird erarbeitet.

## Ziele

Die Arbeiten münden in einen Multikriterienkatalog, der die Ansprüche an die Erfassung der Funktionsfähigkeit konkret benennt. Basierend auf unterschiedlichen Methoden werden die möglichen und notwendigen Felderfassungen für die Funktionsbewertung von FAA in Bundeswasserstraßen zusammengestellt und die erforderlichen Erfassungszeiträume festgelegt. Vorgaben für die konkrete Ausschreibung dieser Arbeiten werden für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung erarbeitet.

- 2021 werden die Bewertungskriterien erarbeitet.
- 2021 wird der quantitative Ansatz als Pilotstudie erarbeitet.
- 2022 werden die verschiedenen Elemente zusammengefügt und der Methodenstandard inkl. Multikriterienkatalog und Ausschreibungsvorgaben fertiggestellt.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Der erste Teil der Feldtests (Malliß/Müritz-Elde-Wasserstraße) wurde Ende 2019 abgeschlossen, die Daten werden ausgewertet.
- Der zweite Teil des Feldtests (Rothenfels/Main) ist aktuell in Bearbeitung und soll bis Mitte 2021 abgeschlossen werden.
- 2020 bis 2021 werden die Daten der Feldkampagnen ausgewertet und daraus geeignete Kombinationen von Erfassungsmethoden abgeleitet.



Abbildung 9: Vom WSA Lauenburg neu erstellte Fischaufstiegsanlage nahe Malliß in der Müritz-Elde-Wasserstraße

### Publikationen zum Thema

FLADUNG, E. & D. NIJSSEN (2019): Entwicklung einer Standardreue zur biologischen Bewertung der Funktionsfähigkeit von Fischaufstiegsanlagen. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Standardisierung von Fischaufstiegsanlagen – Notwendigkeit, Möglichkeiten und Grenzen. 6. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen am 6./7. Juni 2018 in Koblenz. – Veranstaltungen 1/2019, Koblenz, S. 60–67

**Projektlaufzeit** 01/2018–12/2022  
**Auftraggeber** BMVI  
**Projekt-Nr.** M39630404115

### Ansprechpartner der BfG

Dr. David Nijssen  
E-Mail: [nijssen@bafg.de](mailto:nijssen@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5988  
Referat U4 – Tierökologie

## 2.1.4 Ethohydraulische Versuche mit Fischen

Durchführung ethohydraulischer Untersuchungen zur Qualitätssicherung von Maßnahmen für den Fischeaufstieg

Wir machen Fischverhalten in der „gläsernen Rinne“ direkt beobachtbar, untersuchen damit konkrete Planungsfragen zu Fischeaufstiegsanlagen und beantworten sie im hydraulischen Kontext.

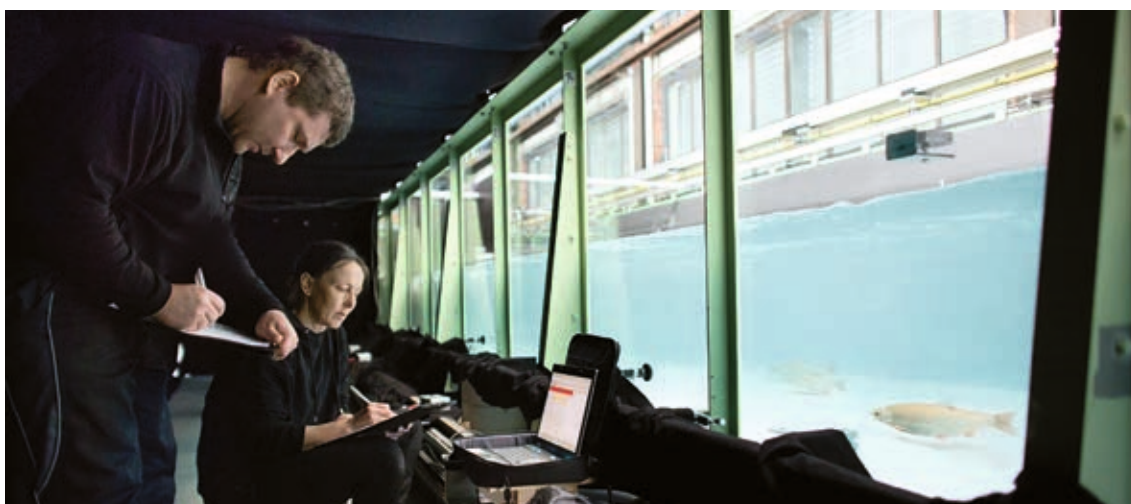


Abbildung 10: Fischbeobachtungen an der „gläsernen Rinne“ (Quelle: BAW)

Fischeaufstiegsanlagen (FAA) an großen Flüssen müssen ggf. mehrere Einstiege und eine ausgeprägte Leitströmung aufweisen, damit Fische die FAA finden. Dafür sind in einer FAA bauliche Elemente und „Sonderbecken“ erforderlich, für die es derzeit keinen technischen Standard und kaum funktionierende Beispiele gibt. Um zu vermeiden, dass Fische die Anlage nicht gut passieren können, sind reproduzierbare Untersuchungen zu Verhalten und Leistungsfähigkeit der Fische in diesen konkreten hydraulischen Situationen notwendig. Daraus können dann konkrete Planungsanforderungen formuliert werden.

### Veranlassung

Empfehlungen für den Bau von FAA stammen überwiegend aus Erfahrungen an Bächen und kleinen Flüssen. An großen Flüssen erschweren ein breites Unterwasser, Turbinenabströmungen und schwankende Wasserstände die Auffindbarkeit einer FAA für die Fische. Stärkere Leitströmungen, aber auch die Anzahl und Lage von Einstiegen können abhelfen, erfordern aber besondere

Konstruktionen in einer FAA. Für solche „Sonderbauweisen“ gibt es keinen ausreichenden Stand der Technik, sodass sich im Planungsprozess Unsicherheiten ergeben. Auch ist unklar, welche Bauweisen für kleine Fischarten passierbar sind. An einer speziellen ethohydraulischen Versuchsrinne der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) können FAA-Bereiche und deren Hydraulik im Naturmaßstab nachgebildet werden. Eine dazu von der BfG eingerichtete und betriebene Fischhaltung ermöglicht es, hier Versuche mit Wildfischen zu verschiedenen Themen durchzuführen, z.B.:

- Zugabe von Dotationswasser
- Passage des Einstiegs
- Fischverhalten und Turbulenz
- Schwimmleistung von Fischen

### Ziele

Mit den einzelnen Versuchen werden konkrete Planungsfragen der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) beantwortet sowie wichtige Bemessungsgrößen entwickelt, überprüft und angepasst. Dadurch wird die Planungssicherheit für

funktionsfähige FAA erhöht, bei möglichst geringen Kosten. Dabei werden immer mehrere Fischarten getestet, um eine breite Anwendbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen. Die Ergebnisse fließen in konkrete Bemessungsempfehlungen für die WSV ein, die unmittelbar in der Fachplanung von FAA in Bundeswasserstraßen angewendet werden können.

## Ergebnisse

Der Versuch „Auswirkungen der Dotationszugabe auf die Passierbarkeit von FAA“ wurde 2016–2017 durchgeführt und ausgewertet. Es wurde untersucht, wie sich die Dotation im Einstiegsbereich einer FAA auf das Verhalten von insgesamt fünf Fischarten auswirkt, die diese Abschnitte durchwandern. Die Fische wurden mit vier baulichen Varianten der Dotationszugabe konfrontiert und das Schwimmverhalten mit der Time-to-event-Analyse ausgewertet.

Aus den Ergebnissen wurden „Bemessungsempfehlungen zur Dotation in Becken einer Fischaufstiegsanlage“ erarbeitet und an die WSV übermittelt. Diese Empfehlungen werden seither bei der Planung von FAA eingesetzt. Eine Publikation (peer reviewed) ist in Vorbereitung.



Abbildung 11: Ethohydraulische Versuchsrinne (rechts) und Hälterungsbereich für die Fische (Mitte) (Quelle: BAW)

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Der Versuch „Passierbarkeit von FAA-Einstiegen“ wurde 2018/2019 durchgeführt und befindet sich in der Auswertung.
- Der Versuch „Effekte von Sohlrauheit in FAA-Einstiegen“ läuft aktuell sowie im Frühjahr 2021, mit anschließender Auswertung.
- Der Versuch „Zeitabhängige Strömungsprozesse in FAA-Einstiegen“ wird derzeit für 2021 vorbereitet.

Potenziell weitere Versuche werden aktuell zwischen BAW und BfG besprochen.

### Publikationen zum Thema

SCHÜTZ, C. & M. HENNING (2019): Ableitung von Bemessungsstandards anhand von verhaltensbiologischen und hydraulischen Untersuchungen. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Standardisierung von Fischaufstiegsanlagen – Notwendigkeit, Möglichkeiten und Grenzen. 6. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen am 6./7. Juni 2018 in Koblenz. – Veranstaltungen 1/2019, Koblenz, S. 50–53

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2015–12/2023
<b>Auftraggeber</b>	BMVI
<b>Projektpartner</b>	Bundesanstalt für Wasserbau, Referat W1
<b>Projekt-Nr.</b>	M39630404133

### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Martina Heynen  
E-Mail: [heynen@bafg.de](mailto:heynen@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5066  
Referat U4 – Tierökologie

## 2.1.5 Wanderkorridore von Fischen in stauregulierten Bundeswasserstraßen

**Wanderkorridore von Fischen in stauregulierten Bundeswasserstraßen – Wodurch werden sie charakterisiert, wie kann man sie anhand abiotischer Faktoren identifizieren?**

**Wie orientieren sich Fische bei der Wanderung, wenn sie an einem Querbauwerk ankommen? Wir nutzen Fischtelemetrie in Verbindung mit hydraulischen Modellen, um das herauszufinden.**



Abbildung 12: Operatives Einsetzen eines Telemetriesenders in einen narkotisierten Fisch (links), Rücksetzen des besenderten Fisches in den Main (rechts)

In großen Flüssen sind die Einstiege in eine Fischaufstiegsanlage (FAA) verglichen zur Flussbreite sehr klein. Trotzdem sollen sie von aufwandernden Fischen gefunden werden. Wir gehen davon aus, dass die Tiere nicht zufällig aufwärts schwimmen, sondern sich primär an hydraulischen und morphologischen Faktoren orientieren. Allerdings gibt es nur sehr ungenaue Vorstellungen, welche Faktoren die Navigation von Fischen während der Wanderung in welcher Weise beeinflussen. Kennt man diese Größen, kann man FAA-Einstiege optimieren und damit die Auffindbarkeit sicherstellen.

### Veranlassung

Als wichtiger Faktor für die Auswahl des Schwimmweges von Fischen bei der Wanderung gilt die Fließgeschwindigkeit zusammen mit der Schwimmfähigkeit des Fisches. Weitere potenziell

geeignete Faktoren sind Fließrichtung, Turbulenzen, Bathymetrie oder Strömungsgradienten. Bislang gibt es nur wenige konkrete Erkenntnisse darüber, wie diese Faktoren in der Natur das Schwimmverhalten beeinflussen. Dies gilt insbesondere für die komplexen Bedingungen an Wehr- und Kraftwerksstandorten der Bundeswasserstraßen

Um folgende Fragen beantworten zu können, verfolgen wir die Wanderung von Fischen zwei- und dreidimensional telemetrisch und analysieren die Wanderwege anhand hydraulischer Eigenschaften:

- Welche Bewegungsmuster zeigen Fische im stauregulierten Fluss und ändert sich das, wenn sie im Unterwasser einer Wehr- und Kraftwerksanlage eintreffen?
- Welche abiotischen, vor allem hydraulischen Bedingungen beeinflussen die Bewegungsmuster der Fische?
- Gibt es in diesem Zusammenhang Schlüsselfaktoren?

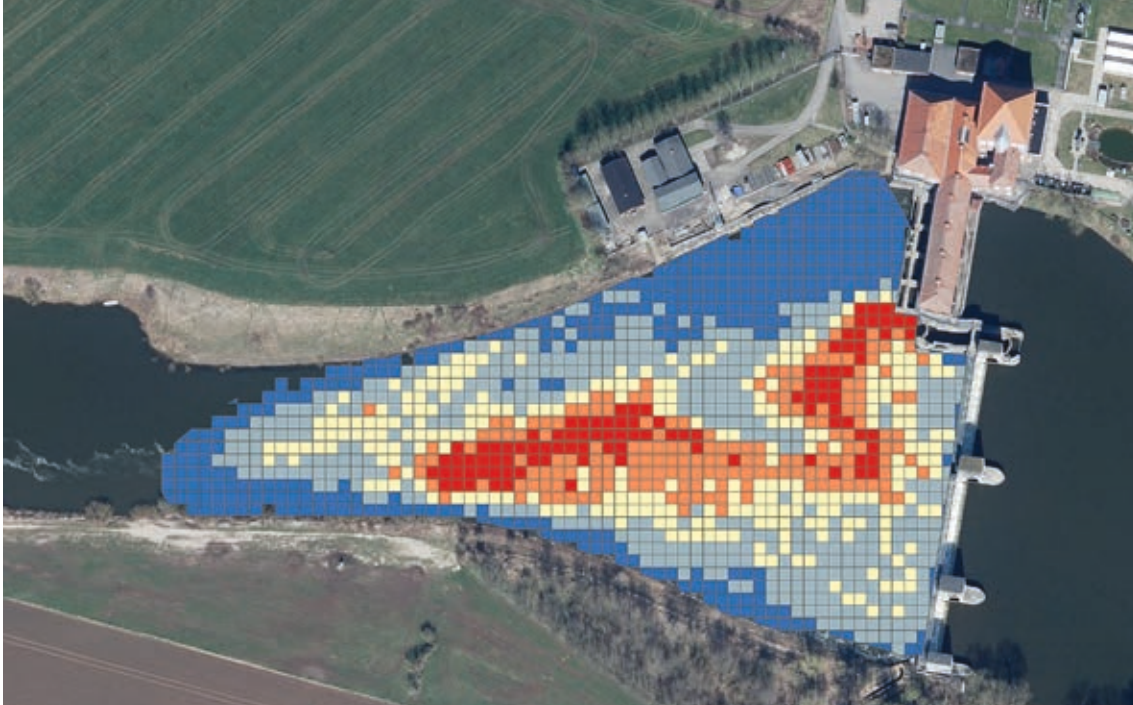


Abbildung 13: Beispiel für die Verteilung detektierte Fische im Unterwasser des Querbauwerks Dörverden/Weser (hohe Fischanzahl rot, geringe Fischanzahl blau). Hintergrund: Geobasisdaten: © GeoBasis-DE/BKG (2020)

## Ziele

Wanderkorridore von Fischen in stauregulierten Bundeswasserstraßen sollen erfasst und hinsichtlich des Einflusses abiotischer Faktoren analysiert werden. Daraus werden Navigationsregeln wandernder Fische identifiziert. Anhand dieser Navigationsregeln können Prognosetools für Anforderungen an die Auffindbarkeit von FAA abgeleitet werden.

Dafür notwendig sind umfangreiche telemetrische Fischuntersuchungen an zwei Standorten über mehrere Jahre (Durchführung: BfG) sowie hoch aufgelöste 3DHN-Modelle der Standorte (Durchführung: BAW).

Die Untersuchungen und Analysen werden jeweils vor und nach dem Bau einer FAA durchgeführt.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Die Feldarbeiten vor dem Bau der FAA sind an beiden Standorten abgeschlossen (2014–2018, Eddersheim/Main und Dörverden/Weser).
- Das 3DHN-Modell für Eddersheim ist fertiggestellt, für Dörverden in Bearbeitung.
- 2019–2021 werden die Daten ausgewertet.
- 2021–2022 werden die Ergebnisse zusammengeführt und veröffentlicht.
- Nach Fertigstellung des FAA-Baus in Eddersheim und Dörverden beginnt die zweite Feldkampagne (geplant: 2027/2028), die Auswertung erfolgt analog zur ersten Kampagne.

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2012–12/2030
<b>Auftraggeber</b>	BMVI
<b>Projektpartner</b>	Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Referat W1
<b>Projekt-Nr.</b>	M39630404110

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Arne Rüter  
 E-Mail: rueter@bafg.de  
 Tel.: +49(0)261 1306 5244  
 Referat U4 – Tierökologie

## 2.1.6 Feststoff- und partikulärer Schadstofftransport in Nordseeästuaren als wichtiger Faktor einer nachhaltigen Unterhaltungsstrategie

Die deutschen Nordseeästuare sind bedeutende Bundeswasserstraßen und müssen zur Aufrechterhaltung der Schifffahrt regelmäßig unterhalten werden. Bei dieser Unterhaltung spielt die Schadstoffbelastung der Sedimente eine wichtige Rolle. Sie erschweren deren Umgang (z.B. Unterbringung im Gewässer) und können das Erfüllen geltender EU-Richtlinien verhindern bzw. verzögern.



Abbildung 14: Hopperbagger in der Tideelbe

Die Belastung von Schwebstoffen und schwebstoffbürtigen Sedimenten in Ästuaren mit anthropogenen Schadstoffen stellt einerseits eine Gefahr für die aquatische Flora und Fauna dar und kann andererseits zu Einschränkungen sowie ggf. zu erheblichen Kosten bei der Nutzung und Unterhaltung der Gewässer führen. Die Feinsedimente (Korngrößenfraktionen  $< 63 \mu\text{m}$ ), die aufgrund ihrer sedimentologischen Eigenschaften Schadstoffe akkumulieren, stellen ein besonderes Risiko für das Sediment- und Baggergutmanagement der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) dar. Um den Feststoff- und Schadstofftransport in seiner zeitlichen und räumlichen Dynamik besser zu verstehen und darauf basierend die WSV in ihrem Verwaltungshandeln unterstützen zu können, sind die unterschiedlichen Einflüsse von Tidedynamik, Oberwasserabhängigkeit, Remobilisierung und Erosion zu untersuchen und zu bewerten.

### Veranlassung

Mit dem derzeit vorhandenen Verständnis des Feststoff- und partikulären Schadstofftransportes in den Ästuaren sind Aussagen zu maßnahmenbedingten Auswirkungen eines Baggergut- und Sedimentmanagements und von Maßnahmen zur Umsetzung der EU-Richtlinien auf den Feststoffhaushalt und die Sedimentqualität noch mit großen Unsicherheiten behaftet. Vor allem bedarf es der Weiterentwicklung von Instrumenten und Methoden zur Ermittlung von kombinierten Bilanzen des Feinsedimenthaushaltes und der Schadstofffrachten. Insbesondere die Kenntnisse zum Ausmaß der Auswirkungen von Veränderungen der Randbedingungen auf die Schadstoffgehalte sowie die Remobilisierung von Schadstoffen sind unzureichend. Die Ergebnisse des Projektes sollen die methodische Grundlage für ein systembezogenes Monito-

ring darstellen, mit dem Bilanzen der Transporte von Feststoffen und den daran gebundenen Schadstoffen abgeschätzt und künftige Entwicklungen besser bewertet werden können. Methodischer Schwerpunkt des Projektes ist die integrierende Analyse von Naturmessdaten und Ergebnissen aus numerischen sowie statistischen Modellen.

## Ziele

- Vertieftes Verständnis von Transportmengen, -wegen und -zeiten feinkörniger Sedimente (d.h. die Fraktion  $< 63 \mu\text{m}$  schwebstoffbürtiger Sedimente sowie Schwebstoffe) und daran gebundener Schadstoffe in den Nordseeästuaren
- Berücksichtigung des Einflusses der Unterbringung von Baggergut auf die Transporte und Stoffbilanzen für das Verständnis des Systems der Ästuare
- Vertiefte Kenntnisse der Transporte sollen zu einer verbesserten Abschätzung feststoffgebundener Schadstoffeinträge in die Nordsee beitragen.
- Unterstützung eines Konzeptes für ein systembezogenes Monitoring
- Verbesserte Prognose und Bewertung der Auswirkungen der Unterbringung feinkörniger Baggergutmengen

## Ergebnisse

- Abschätzung zu gerichtetem Transport von Schadstofffrachten nach Unterbringung von Baggergut unter verschiedenen Abflussbedingungen
- Erweitertes Systemverständnis
- Handlungsempfehlungen für die WSV innerhalb der Erstellung von Gutachten

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Das Projekt ist beendet.

**Projektlaufzeit** 01/2015–09/2019  
**Auftraggeber** BMVI  
**Projekt-Nr.** M39620104010

### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Carmen Kleisinger  
E-Mail: kleisinger@bafg.de  
Tel.: +49(0)261 1306 5137  
Referat G1 – Grundsatzfragen der qualitativen Gewässerkunde



## 2.1.7 Rauch – Luftschadstoffimmissionen der Binnenschifffahrt

**Bestimmung der gas- und partikelförmigen binnenschifffahrtsbedingten Luftschadstoffbelastungen an deutschen Bundeswasserstraßen**

**Durch In-situ- und Fernerkundungsmessungen sowie Ausbreitungsmodellierungen sollen Fragestellungen zum Beitrag der Binnenschifffahrt zur Immissionsbelastung auf kleinräumiger Skala beantwortet werden.**

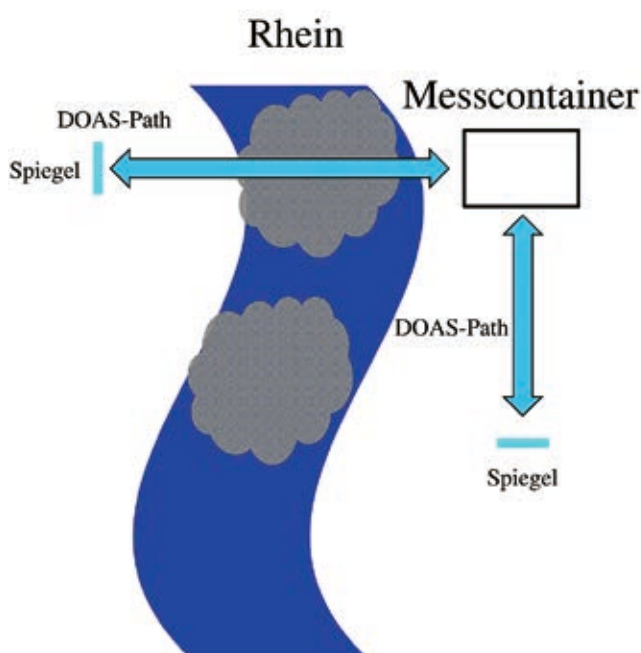


Abbildung 15: Geplanter Messaufbau an einer Bundeswasserstraße

Um effektive Maßnahmen zur Minderung der Luftschadstoffbelastung ergreifen zu können, muss geklärt werden, wie signifikant Beiträge einzelner Schiffe zur Luftschadstoffbelastung sind. Mit Blick auf verkehrsbedingte Luftschadstoffbelastungen werden oft Emissionsfaktoren miteinander verglichen; bei Güterverkehren teilweise unter Berücksichtigung der transportierten Tonnen. Dies beantwortet jedoch nicht die Frage, inwieweit ein Verkehrsträger zur Luftschadstoffbelastung beiträgt und ggf. an einzelnen Orten die Einhaltung der Luftschadstoffgrenzwerte erschwert. Zur ortsspezifischen Quantifizierung des Beitrags der Schifffahrt müssen – ebenso wie für andere Verkehrsträger – vorhandene Wissenslücken geschlossen werden.

### Veranlassung

Die negativen Auswirkungen von Luftschadstoffbelastungen, hervorgerufen durch dieselbetriebene Fahrzeuge in deutschen Innenstädten, bedingen einen anhaltenden gesellschaftlichen Diskurs. Bisher nur ansatzweise beleuchtet wurden die Emissionen von Binnenschiffen an deutschen Bundeswasserstraßen und deren Auswirkungen auf die in direkter Nähe der Wasserstraßen lebende Bevölkerung. Noch fehlen stichhaltige Aussagen über die qualitative und quantitative Zusammensetzung der gas- und partikelförmigen Immissionen durch die Binnenschifffahrt in Ballungszentren. Da sich zumindest der zum Antrieb von Binnenschiffen verwendete Diesel nicht von dem des Straßenverkehrs unterscheidet, gilt es zu klären, ob unterschiedliche Mechanismen der Kraftstoffverbrennung und der Abgasnachbehandlung bei den Verkehrsträgern zu verschiedenen Charakteristika sowohl bei partikulären, als auch gasförmigen Immissionen führt. Darüber hinaus ist unklar, ob und inwieweit Menschen uferseitig einer schifffahrtsbedingten Luftschadstoffbelastung ausgesetzt sind.

### Ziele

Schiffsbürtige Luftschadstoffbelastungen sollen durch Fernerkundung und In-situ-Messungen zuerst von solchen anderer Verkehrsträger (Straßen-, Schienen- und Flugverkehr) unterschieden werden. Dazu sind Ansätze zu entwickeln, die es ermöglichen, die Beiträge der Binnenschifffahrt von den Beiträgen anderer Luftschadstoffquellen immissionsseitig voneinander abzugrenzen. Zum einen werden die notwendige Messtechnik etabliert und erste Daten erhoben, um schifffahrtsbedingte Luftschadstoffbelastungen von anderen

Emissionsquellen zu unterscheiden. Dazu sollen verschiedene gasförmige und partikuläre Luftschadstoffe bzw. entsprechende Parameter an einer Bundeswasserstraße analysiert werden. Zum anderen sollen mikroskalige 3D-Ausbreitungsmo- dellierungen durchgeführt werden, um die Frage zu beantworten, inwieweit Menschen uferseitig den Schiffsabgasen in verschiedenen Entfernungen ausgesetzt sind.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Die Durchführung des Projektes soll in drei Teilen erfolgen:

- Teil 1: Messung von Gas- und Partikelkonzentrationen in Schiffsabgasfahnen
- Teil 2: Mikroskalige 3D-Ausbreitungsmodellierung von Schiffsabgasfahnen
- Teil 3: Abschließende Bewertung und Kommunikation der Ergebnisse gegenüber fachrelevanten Institutionen, Behörden und wissenschaftliche Einrichtungen

An den Teilen 1 und 2 wird parallel gearbeitet werden, ehe die Teilergebnisse in Teil 3 zusammengeführt werden.

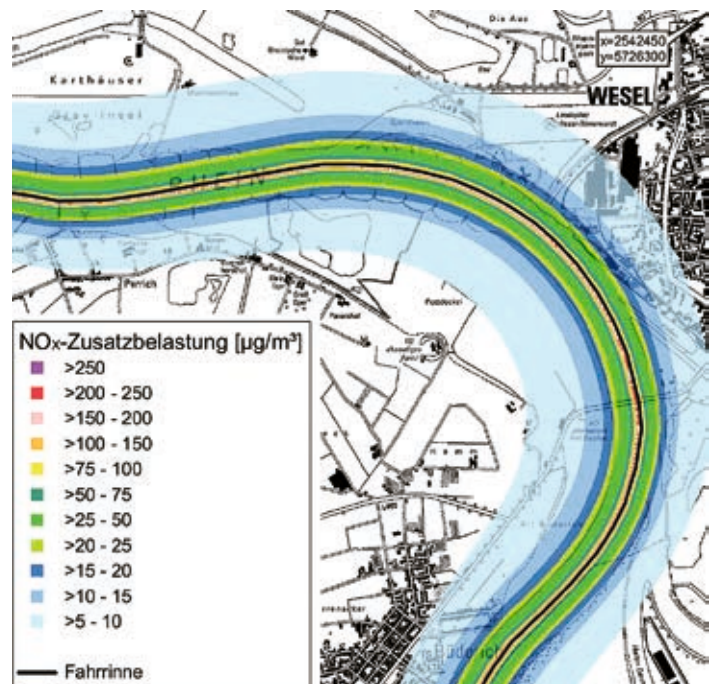


Abbildung 16: Modellierung der schiffahrtsbedingten Stickoxidbelastung am Niederrhein (NITZSCHE et al. 2015)

### Publikationen zum Thema

NITZSCHE, E., A. MOLDENHAUER, I. DÜRING (2015): Berechnungen der Luftschadstoffimmissionen von Binnenschiffen an Schifffahrtswegen Abschnitt Mittelrhein bei Wesel – Kurzbericht. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde

**Projektlaufzeit** 01/2020 – 12/2023  
**Auftraggeber** BMVI  
**Projekt-Nr.** M39620404012

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Alex Zavarsky  
 E-Mail: zavarsky@bafg.de  
 Tel.: +49(0)261 1306 5934  
 Referat G4 – Radiologie und Gewässermonitoring

## 2.1.8 Sozio-Hydrologie 2050 – Modellansätze zur Bestimmung anthropogener und natürlicher Wasserdargebotsänderungen in den Einzugsgebieten der Bundeswasserstraßen

Der Mensch verändert den natürlichen Wasserhaushalt durch Bewirtschaftungsmaßnahmen und der Wasserhaushalt gibt die Rahmenbedingungen für die Leistungsfähigkeit der Wirtschaft. Die Projekte „Wasserwirtschaft 2050“ und „Sozio-Hydrologie 2050“ untersuchen systematisch diese Wechselbeziehung.

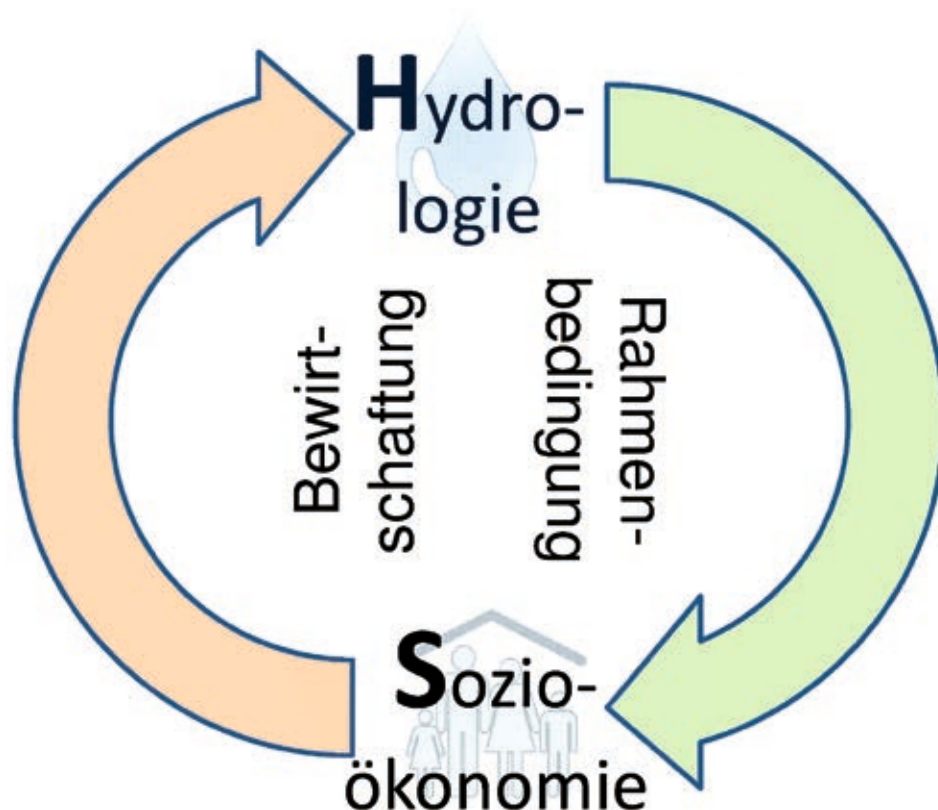


Abbildung 17: System „Mensch – Wasser“

Der Mensch greift seit jeher durch Maßnahmen in den natürlichen Wasserhaushalt ein. Umgekehrt ist der Wasserhaushalt, insbesondere die Wasserverfügbarkeit eine wesentliche Rahmenbedingung für das Handeln des Menschen. Die Sozio-Hydrologie ist ein junges Forschungsfeld, das diese komplexen und teilweise nur schwer messbaren Wechselwirkungen zwischen dem Menschen und dem Wasserkreislauf in den Fokus nimmt.

Die BfG engagiert sich hier mit dem Projekt „Sozio-Hydrologie 2050“, welches das Vorläuferprojekt „Wasserwirtschaft 2050“ fortführt. Ziel ist es, Datengrundlagen und Modellansätze zu entwickeln, mit denen der Faktor „Mensch“ besser als bisher in Analysen des Systems „Wasserhaushalt Mitteleuropa“ und somit in der gewässerkundlichen Beratung der BfG berücksichtigt werden kann.

## Veranlassung

Die gesellschaftlichen, wirtschaftlichen, rechtlichen und sozialen Rahmenbedingungen in Mitteleuropa ändern sich ständig. Damit einher gehen unterschiedliche Nutzungsansprüche an die Ressource „Wasser“. Auch die Verfügbarkeit von Wasser ändert sich, nicht zuletzt aufgrund des Wandels hydrometeorologischer Rahmenbedingungen im Kontext „Klimawandel“. Während die Auswirkungen des Klimawandels systematisch bereits seit vielen Jahren in der BfG untersucht werden, viele grundlegende Wirkungszusammenhänge als relativ gesichert gelten können und in brauchbare Modellansätze überführt sind, sind die Einflüsse des sozio-ökonomischen Wandels nur teilweise systematisch erschlossen. Klassische wasserwirtschaftliche Aspekte wie zum Beispiel Talsperrensteuerungen und einige Wassernutzungen sind in diesem Kontext noch relativ gut fassbar und mitunter auch mit Daten belegt. Wie aber wirken sich politische Paradigmenwechsel oder Aspekte wie „Bildung“ und „Kooperation“ auf die Nutzung von Wasser aus? Was können wir aus vergangenen Entwicklungen lernen? Wie kann das Verhalten der Gesellschaft in ein Wasserhaushaltsmodell implementiert werden?

Mit den Projekten „Wasserwirtschaft 2050“ und „Sozio-Hydrologie 2050“ erschließt sich die BfG Daten und bewertet Methoden, mit denen vergangene, aber auch denkbare zukünftige sozio-ökonomische Entwicklungen in Mitteleuropa gemeinsam mit hydrometeorologisch-hydrologischen Entwicklungen integriert betrachtet werden können.

## Ziele

Ziel des Projektes ist es, sowohl die Auswirkungen des sozio-ökonomischen Wandels auf die Wasserressourcen als auch die Bedeutung der Verfügbarkeit von Wasserressourcen für sozio-ökonomische Entwicklungen quantifizieren und bewerten zu können. Im Einzelnen werden:

- verfügbare Daten zur Wassernutzung und zu möglichen „Treibern“ der Wassernutzung für den Zeitraum 1950 bis 2030 akquiriert und strukturiert
- vorliegende Wasserhaushaltsmodelle hinsichtlich der Wasserbewirtschaftung weiterentwickelt

- statistische und konzeptionelle Modellansätze entwickelt, mit denen Wasserbedarfe und wasserwirtschaftliche Entscheidungen in Abhängigkeit von hydrologisch-hydrometeorologischen und sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen nachvollzogen werden können
- Möglichkeiten evaluiert, die Ökosystemleistung „Bereitstellung von Wasserressourcen“ in umfassende Bewertungsverfahren integrieren zu können (z.B. über eine monetäre Bewertung)

## Ergebnisse

- Datenbank öffentlicher und nicht öffentlicher Entnahme- und Rückleitungsmengen seit 1951 basierend auf den amtlichen statistischen Daten sowie weiterer sektoraler Wasserbewirtschaftungsdaten
- Aufbau und erste Anwendung von multiplen linearen Regressionsmodellen zur Schließung von räumlichen und zeitlichen Erhebungslücken zur Ableitung von Wassernutzungsszenarien aus makroökonomischen, demographischen und Klimaszenarien. In einer vorläufigen Version liegen nun Wassernutzungsdaten der Periode 1950–2030 flächendeckend für die Einzugsgebiete von Rhein, Elbe, Weser, Ems und oberer Donau auf unterschiedlichen räumlichen (NUTS0 bis NUTS3) und zeitlichen Ebenen (bis hin zu Tageswerten) vor.
- Aufbau und erste Anwendung konzeptioneller sozio-hydrologischer Modelle für ausgewählte Fallstudien: Landwirtschaft (Beispiel Nordostniedersachsen), Binnenschifffahrt (Beispiel Rhein), Wasserversorgung (München) und Hochwasserschutz (Rhein). Jedes Modell besteht aus einer Vielzahl von Differenzialgleichungen, mithilfe derer die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen prozessrelevanten Größen beschrieben werden (inklusive solcher, die üblicherweise nur schwer fassbar sind: Gedächtnis/Bildung, Konflikte/Kooperation, politische Rahmenbedingungen etc.).
- Erweiterung des Wasserhaushaltsmodells LARSIM-ME hinsichtlich ausgewählter Wasserbewirtschaftungsaspekte (Tagebaubewirtschaftung Lausitz, Überleitung Donau-Rhein)

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Die vorliegenden Modellansätze werden evaluiert, optimiert und wenn möglich kombiniert, um zu einem nachhaltig nutzbaren Verfahren zur Erzeugung kohärenter, flächendeckender, sektoral und regional gegliederter Daten zur Interaktion „Mensch-Wasser“ zu kommen.
- Das Verfahren wird testweise eingesetzt, um vergangene und zukünftige Auswirkungen des sozio-ökonomischen Wandels auf die Wasserressourcen sowie einer veränderlichen Wasserressourcenverfügbarkeit auf sozio-ökonomische Entwicklungen abzuleiten.
- Weiterhin wird eine Anwendung im Kontext der Bewertung von Ökosystemleistung (hier: Ressourcenbereitstellung) oder der Mediation (hier: sozio-hydrologische Modelle) angestrebt.

### Publikationen zum Thema

KRAHE, P., E. NILSON, M. KNOCH, A.-D. EBNER VON ESCHENBACH (2016): Modeling human-water-systems: towards a comprehensive and spatially distributed assessment of co-evolutions for river basins in Central Europe. Proc. IAHS, 373, 119–123, 2016. DOI:10.5194/piahs-373-119-2016

MAUS, C., K. MEYERHOLZ, A.-D. EBNER VON ESCHENBACH, E. NILSON, T. RECKNAGEL (2018): Anthropogene Einflüsse auf den Wasserhaushalt – Möglichkeiten und Grenzen der modelltechnischen Implementierung. Vortrag LARSIM-Anwenderworkshop, am 14.03.2018  
[http://www.larsim.de/fileadmin/files/Anwendertreffen/2018/10\\_Maus\\_Meyerholz\\_Anthropogene\\_Einfluesse\\_Wasserhaushalt.pdf](http://www.larsim.de/fileadmin/files/Anwendertreffen/2018/10_Maus_Meyerholz_Anthropogene_Einfluesse_Wasserhaushalt.pdf)

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2015–12/2021
<b>Auftraggeber</b>	BMVI
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610204062 (mit „Wasserwirtschaft 2050“ als Vorgängerprojekt M39610204036)

### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Anna-Dorothea Ebner von Eschenbach  
E-Mail: [EbnerVonEschenbach@bafg.de](mailto:EbnerVonEschenbach@bafg.de)  
Tel. +49(0)261 1306 5187  
Referat M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

## 2.1.9 Seamless Prediction II – Skalenübergreifende Wasserstandsvorhersagen und -prognosen für die Bundeswasserstraßen

Das Projekt Seamless Prediction II baut auf den Arbeiten des Vorgängerprojektes Seamless Prediction auf, um die Mittel- und Langfristvorhersagen zu verbessern und neue Produkte für Mitteleuropa zu entwickeln.

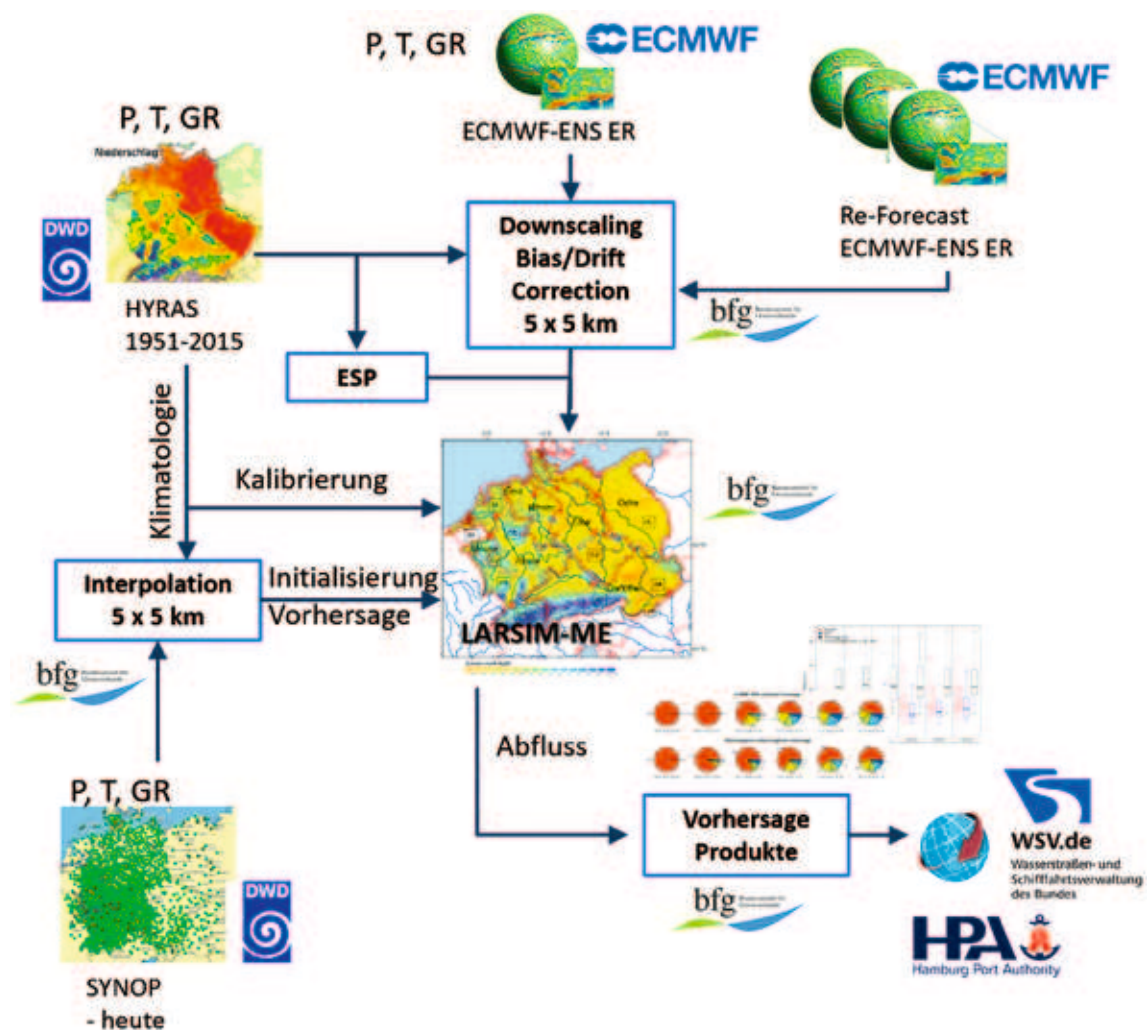


Abbildung 18: Workflow der 6-Wochen-Vorhersage („Monatsvorhersage“)

Im Rahmen des FuE-Vorhabens „Seamless Prediction“ (2012–2014) wurden der Stand des Wissens hinsichtlich Quantifizierung und Reduktion von Vorhersageunsicherheiten auf den unterschiedlichen verkehrswasserwirtschaftlich relevanten Skalen wissenschaftlich aufgearbeitet und zahlreiche Methoden zielgerichtet erweitert,

um diese in bestehenden sowie neuen prototypischen Vorhersagesystemen der BfG nutzbar zu machen. Im Zuge dieses Folgeprojekts sollen hier entwickelte Methoden konsolidiert und mit Fokus auf den operationellen Einsatz erweitert werden.

## Veranlassung

Insbesondere die im Projekt Seamless Prediction im Jahr 2014 erarbeiteten Methoden konnten nicht mehr hinsichtlich eines Echtzeit-Einsatzes optimiert (Rechenzeit, Robustheit) und in die operationellen Systeme überführt werden. Hinzu kam, dass in der Zwischenzeit neue wissenschaftliche Erkenntnisse, eigene Erfahrungen aus dem operationellen Betrieb und erste Rückmeldungen von Nutzern fachliche Anpassungen erforderten, sowohl in Bezug auf die Vorhersageprodukte als auch auf die zugrundeliegende Methodik. Die zugleich angestrebte Generalisierung ermöglichte zudem die Übertragung auf sämtliche Wasserstraßen bzw. Vorhersagesysteme der BfG. Der Schwerpunkt lag hierbei auf den Aspekten längerfristiger Vorhersagen, da in diesen Bereichen der stärkste Nutzerbedarf und zugleich das größte Verbesserungspotenzial für die verkehrsbezogene Wasserstandsvorhersage an den deutschen Wasserstraßen bestand.

## Ziele

- Weiterentwicklung der bereits entwickelten Methoden für die statistische Prä- und Postprozessierung von Ensemblevorhersagen in Meteorologie und Hydrologie
- Weiterentwicklung statistischer und hydrologischer Methoden für die mittelfristige bis saisonale Vorhersage von Abflüssen und Wasserständen an Bundeswasserstraßen
- Überführung entwickelter Methoden in das operationelle Vorhersagesystem der BfG
- Konzeption und Erweiterung des Vorhersagesystems der BfG um zusätzliche hydrologische Modelle und Flussgebiete

## Ergebnisse

Im Projekt Seamless Prediction II wurden die grundlegenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die im Projekt IMPREX weiterentwickelte und im Dezember 2019 operationalisierte 10-Tage-Vorhersage für den Rhein durchgeführt. Des Weiteren wurde eine 6-Wochen-Vorhersage aufgebaut, die den Nutzern seit November 2018 am Rhein und seit März 2019 an Elbe und Donau präoperationell zur Verfügung gestellt wird. Bei dieser Vorhersage sind weitere Schritte zur Optimierung notwendig und in den kommenden Jahren geplant.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Seamless Prediction II endete 2019. Die im Rahmen des Projektes entwickelte 6-Wochen-Vorhersage wird den Nutzern im Rahmen des FuE-Projektes OptiVor weiterhin präoperationell zur Verfügung gestellt und mit dem Ziel der Operationalisierung weiterentwickelt:

- Entwicklung von Methoden zur operationellen Assimilation innovativer Echtzeitdatenprodukte
- Verbesserung der hydrologischen Modellkomponente durch verbesserte Parametrisierung und Prozessbeschreibung
- Verbesserung der statistischen Prä- und Postprozessierungsmethoden
- Nutzung von Methoden des maschinellen Lernens für die Vorhersage

### Publikationen zum Thema

- ALVARADO-MONTERO, R., D. SCHWANENBERG, P. KRAHE, P. HELMKE & B. KLEIN (2017): Multi-parametric variational data assimilation for hydrological forecasting. *Advances in Water Resources* 110(Supplement C), 182-192, DOI: 10.1016/j.advwatres.2017.09.026
- FRIELINGSDDORF, B., B. KLEIN & D. MEISSNER (2020): Entwicklung von prototypischen Vorhersageprodukten im Rahmen von Seamless Prediction II und IMPREX. Bericht BfG-2026, Koblenz, DOI: 10.5675/BfG-2026
- KLEIN, B., D. MEISSNER, H.-U. KOBIALKA & P. REGGIANI (2016): Predictive Uncertainty Estimation of Hydrological Multi-Model Ensembles Using Pair-Copula Construction. *Water* 8(4), 125, DOI:10.3390/w8040125
- KLEIN, B., D. MEISSNER, S. HEMRI & D. LISNIAK (2015): Ermittlung der prädiktiven Unsicherheit von hydrologischen Ensemblevorhersagen. Bericht BfG-1853, Koblenz, DOI: 10.5675/BfG-1853
- MEISSNER, D., B. KLEIN, D. LISNIAK, I. LINGEMANN & R. PINZINGER (2015): Quantifizierung und Reduktion von Unsicherheiten der Kurz-, Mittel- und Langfristvorhersagen der BfG – Synthese der entwickelten Methoden und erzielten Ergebnisse im Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Seamless Prediction I“ (2012–2014). Bericht BfG-1874, Koblenz, DOI: 10.5675/BfG-1853

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2015–12/2019 (Unterbrechung von 08/2016 bis 06/2018, Verlängerung 2018 und 2019)
<b>Fördermittelgeber</b>	BMVI
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610204043

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Bastian Klein  
E-Mail: klein@bafg.de  
Tel.: +49(0)261 1306 5256  
Referat M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen



## 2.1.10 OptiVor – Echtzeit-Optimierung hydrologischer Vorhersagemodelle und vorhersagebasierter Entscheidungen für die Bundeswasserstraßen

OptiVor unterstützt die Weiterentwicklung der operationellen hydrologischen Vorhersagesysteme des Bundes durch Optimierung der Vorhersagemodelle und deren umfangreicher Verknüpfungen mit Echtzeitdaten.



Abbildung 19: Logo des BMVI-finanzierten FuE-Vorhabens OptiVor

Die BfG entwickelt, pflegt und betreibt hydrologische Vorhersagesysteme für die Binnenwasserstraßen. Vorhersagen sind grundsätzlich mit Unsicherheiten behaftet, die durch Ensemble- und Datenassimilationstechniken präziser erfasst und gemindert werden können. So wurden in den letzten Jahren u.a. probabilistische Vorhersagen zur Quantifizierung der Unsicherheiten erfolgreich in den operationellen Einsatz gebracht. Der Fokus von OptiVor liegt auf einer weiteren Verbesserung der operationellen hydrologischen Vorhersagesysteme und -modelle sowie der auf ihnen basierenden (längerfristigen) Produkte.

### Veranlassung

Hydrologische (Extrem-)Ereignisse und daraus erwachsende Nutzeranforderungen sowie die rasant zunehmende Menge in Echtzeit verfügbarer Erdbeobachtungsdaten erfordern Innovationen in der Vorhersage. Neben einer stetigen Verbesserung der Güte werden insbesondere verlängerte Prognosehorizonte unter Berücksichtigung der Unsicherheiten gefordert.

Da neben den meteorologischen Vorhersagen insbesondere die Zustände des hydrologischen Systems (z.B. Schnee, Bodenfeuchte) zum Vorhersagezeitpunkt eine wichtige Rolle für die Vorhersagbarkeit spielen, werden in OptiVor Methoden der Assimilation (z.B. Ensemble-Kalman-Filter) multipler Datensätze (z.B. DWD-SNOW4-Daten, EUMETSAT H-SAF-Satellitenprodukte etc.) und für diesen Zweck verbesserte Modellbeschreibungen der Prognosewerkzeuge entwickelt. OptiVor greift zudem steigende Anforderungen an die vorausschauende Steuerung komplexer wasserwirtschaftlicher Systeme auf. Durch den Einsatz modellbasierter, prädiktiver Regler soll es gelingen, optimierte Betriebsvorschläge unter Berücksichtigung (unsicherer) Vorhersagen abzuleiten.

### Ziele

- Erweiterung der Prozessbeschreibungen in den hydrologischen Vorhersagemodellen
- Operationelle Assimilation innovativer Echtzeitdatenprodukte (u.a. aus dem Bereich der Fernerkundung)
- Automatisierte Erstellung längerfristiger Vorhersagen als prognostische Information für die Wasserstraßennutzung sowie das Wasserstraßenmanagement (Fallstudien: Sedimentmanagement der Tideelbe durch Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV), Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg Port Authority)
- Bereitstellung von optimierten Betriebsvorschlägen für ausgewählte Managementaufgaben der WSV (Fallstudien: Bewirtschaftung der Edertalsperre, Entwässerung des Nord-Ostsee-Kanals (NOK))

# Ausblick auf die nächsten Jahre

Im FuE-Projekt OptiVor

- werden neue Vorhersageprodukte für die Binnenwasserstraßen (erweiterte Vorhersageparameter, verlängerte Vorhersagezeiträume) entwickelt und im Praxistest präoperationell bereitgestellt.
- wird eine Methode zur Assimilation von Echtzeitdaten (Abfluss, Seewasserstände, Schneemengen etc.) in das präoperationelle Vorhersagesystem der BfG implementiert.
- werden modellgestützte Optimierungsverfahren weiterentwickelt (Bewirtschaftung Edertalsperre) und als Demonstrator auf weitere Gebiete/Managementaufgaben der WSV übertragen (Entwässerung NOK).

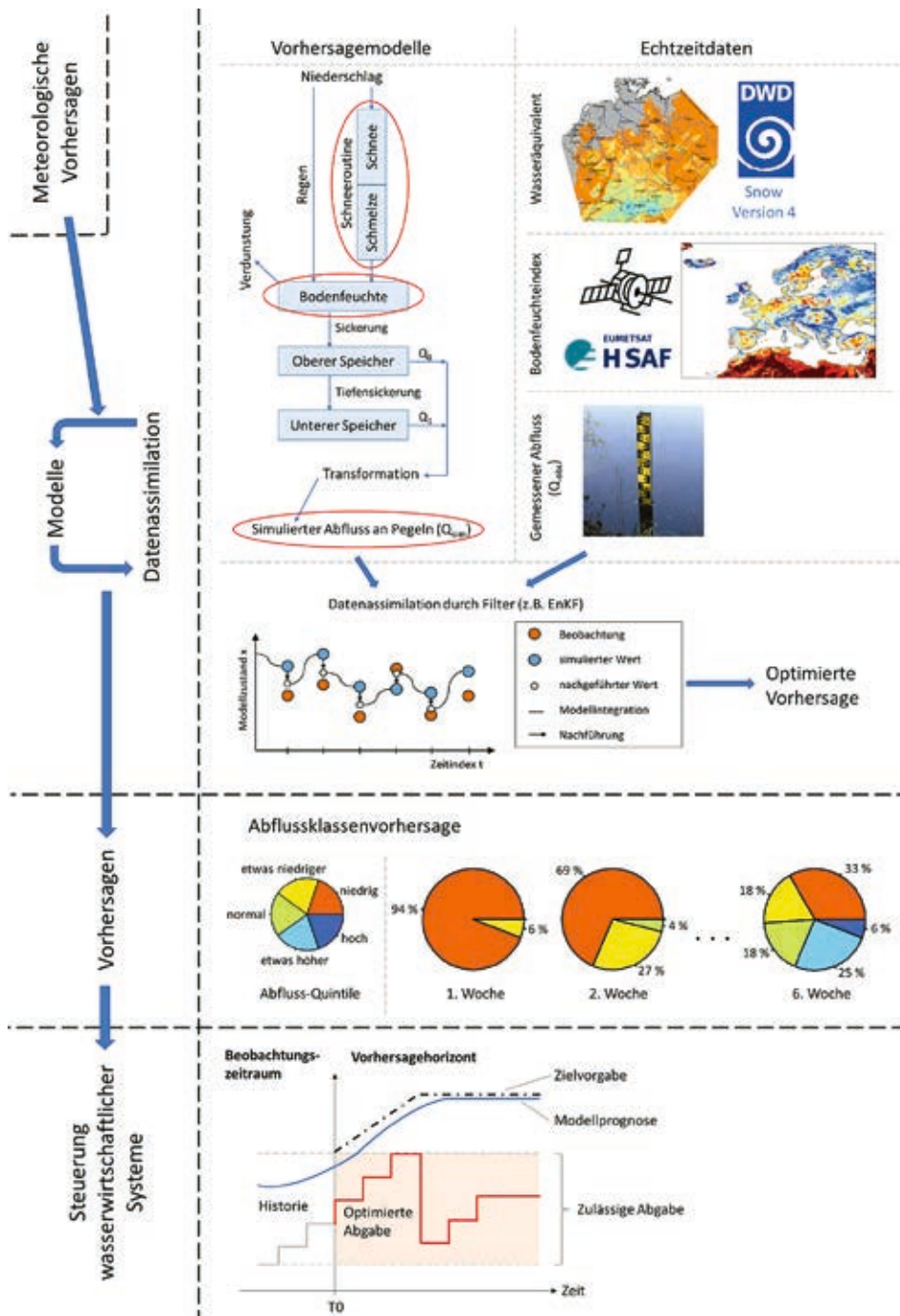


Abbildung 20: Schematische Darstellung der Schwerpunktthemen des FuE-Projekts OptiVor

### Publikationen zum Thema

ALVARADO-MONTERO, R., D. SCHWANENBERG, P. KRAHE, P. HELMKE & B. KLEIN (2017): Multi-parametric variational data assimilation for hydrological forecasting. *Advances in Water Resources* 110(Supplement C), 182-192

KLEIN, B., D. MEISSNER, H.-U. KOBIALKA & P. REGGIANI (2016): Predictive Uncertainty Estimation of Hydrological Multi-Model Ensembles Using Pair-Copula Construction. *Water* 216, 8(4), 125; DOI:10.3390/w8040125.

KLEIN, B. & D. MEISSNER (2019): Semi-operational forecasting system for Rhine, Danube and Elbe to support improved transport cost planning. Deliverable 9.4, IMPREX – Improving Predictions of Hydrological Extremes – Grant Agreement Number 641811, <https://www.imprex.eu/system/files/generated/files/resource/deliverable9-4-imprex-v1-0.pdf>

MEISSNER, D. & B. KLEIN (2016): Probabilistic shipping forecast. In: Duan, Q., Pappenberger, F., Thielen, J., Wood, A., Cloke, H. and J. C. Schaake (Hrsg.): *Handbook of Hydrometeorological Ensemble Forecasting*. Springer-Verlag GmbH, Heidelberg. 978-3-642-39926-8, DOI: 10.1007/978-3-642-40457-3\_58-1.

MEISSNER, D., B. KLEIN & M. IONITA (2017): Development of a monthly to seasonal forecast framework tailored to inland waterway transport in Central Europe. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 2017, 1-31, <https://doi.org/10.5194/hess-2017-293>

**Projektlaufzeit** 01/2020 – 12/2022  
**Auftraggeber** BMVI  
**Projekt-Nr.** M39610204064

### Ansprechpartner der BfG

Dennis Meißner

E-Mail: [meissner@bafg.de](mailto:meissner@bafg.de)

Tel.: +49(0)261 1306 5183

Referat M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

## 2.2 BMVI-finanzierte verkehrsträger- übergreifende Forschung – Expertennetzwerk

### 2.2.1 Klimawandel und Extreme – Verbesserung der Wasserhaushaltsmodellierung

Die Methoden zur Simulation klimawandelbedingt veränderter hydrologischer Wirkungszusammenhänge wurden vertieft validiert und weiter verbessert. Die Entwicklungen betreffen vor allem ein neues, mitteleuropaweites Wasserhaushaltsmodell (LARSIM-ME).

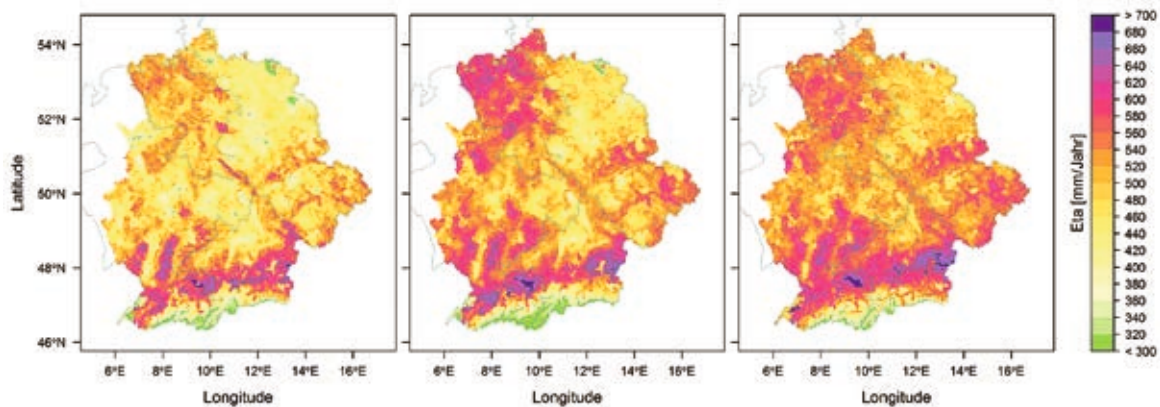


Abbildung 21: Exemplarischer Beitrag zur Unsicherheitsbewertung hydrologischer Klimawirkungsmodelle: Vergleichende Analyse unterschiedlicher Verfahren der Verdunstungsberechnung im Zeitraum 1961–1990 mit dem mitteleuropaweiten Wasserhaushaltsmodell LARSIM-ME

Mit dem Klimawandel verändern sich Wasser- und Stoffhaushalt sowie die Hydrodynamik im Bereich der Bundeswasserstraßen. Die möglichen Konsequenzen für die Robustheit der Wasserstraße hinsichtlich (1) der Verkehrsfunktion, (2) der Wasserbeschaffenheit und (3) der Sohlbeschaffenheit stehen im Fokus der BfG-Arbeiten im BMVI-Expertennetzwerk. Der Abfluss der als Wasserstraßen genutzten Fließgewässer ist dabei eine entscheidende Größe. Bestehende Unsicherheiten in seiner Modellierung müssen bekannt gemacht und wenn möglich beseitigt werden.

#### Veranlassung

Die BfG führt seit mehreren Jahrzehnten Forschungsprojekte durch, um die Auswirkungen des Klimawandels auf die großen als Wasserstraßen genutzten Ströme Deutschlands abzuschätzen. Übergeordnetes Ziel sind hydrologische Kennwerte bis in das Jahr 2100, die die Berücksichtigung des Klimawandels in der Praxis der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, aber auch in der Wasserwirtschaft generell, möglich machen. Damit werden Grundlagen für dauerhafte Klimaberatungsdienste geschaffen.

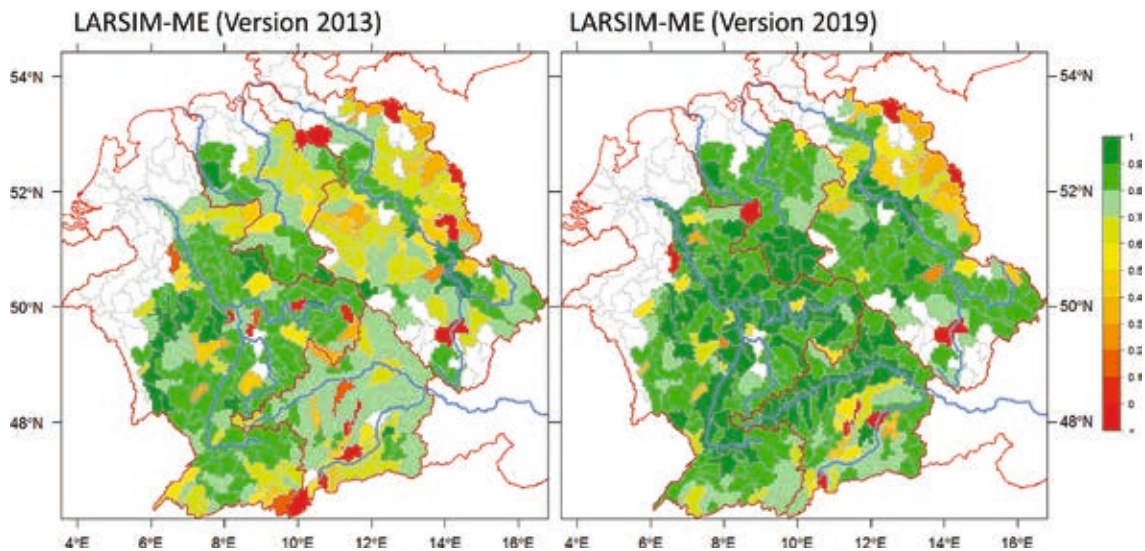


Abbildung 22: Ergebnis der Modellverbesserungen im Rahmen des Projektes: Vergleich der Güte von LARSIM-ME vor (links) und nach (rechts) verschiedenen Optimierungen anhand der Kling-Gupta-Effizienz (KGE); Zeitraum 1979–2004

Diese Grundlagen sind umso brauchbarer, je mehr über ihre Belastbarkeit bekannt ist. Unsicherheitsbetrachtungen bezogen sich bislang vor allem auf die Klimamodelle. Im Projekt wurden nun auch Unsicherheiten der Wasserhaushaltsmodelle im „Klimawandelmodus“ gezielt untersucht und teilweise ausgeräumt. Die Simulation extremer, besonders schadbringender Ereignisse ist dabei eine besondere Herausforderung.

## Ziele

Das übergeordnete Ziel ist eine vertiefte Unsicherheitsbetrachtung und verbesserte Wasserhaushalts- bzw. Niederschlags-Abflusssimulation unter dem Einfluss des Klimawandels. Zu diesem Zweck wurden folgende Aspekte bzw. Defizite analysiert bzw. optimiert:

- **Niederschlag:** Bei Simulationen mit beobachteten meteorologischen Eingangsdaten beeinträchtigen Niederschlagsmessfehler die Gesamtfülle sowie den Jahresgang mittlerer monatlicher Abflüsse. Ein entsprechendes Korrekturverfahren wird in die Simulationsumgebung integriert.
- **Verdunstung:** Es gibt verschiedene Verfahren zur Verdunstungsberechnung. Die Klimasensitivität von drei Verfahren (Oudin, Penman-Wendling, Penman-Monteith) wird verglichen.
- **Schnee:** Schnee-Massentransporte und Schnee-Regen-Gemische werden im Modell abgebildet.

- **Abflusskomponenten:** Die simulierten Werte des Basisabflusses, des Interflows und des Direktabflusses werden anhand beobachtungsbasierter Daten validiert und die Modellparameter ggf. optimiert.
- **Wellenablauf:** Die Überlagerungscharakteristik von simulierten Hochwasserwellen und -scheiden aus Teileinzugsgebieten wird überprüft und ggf. verbessert.
- **Prozessauflösung:** In stark reliefierten Gebieten wird die Modellauflösung erhöht, um z.B. temperaturgetriebene Prozesse (z.B. Schneemassenauf- und -abbau) besser abbilden zu können.

## Ergebnisse

Die Modellgüte von LARSIM-ME konnte in der ersten Phase des Expertennetzwerkes bereits erheblich verbessert werden. Bereiche mit deutlichen Abweichungen von Modell und Beobachtung sind überwiegend stark anthropogen geprägt, d.h. der Wasserhaushalt folgt nur noch teilweise den natürlichen (von LARSIM-ME) simulierten Gesetzmäßigkeiten des Wasserhaushalts.

Darüber liefern die Einzelergebnisse der verschiedenen Arbeitspakete (s. Ziele) viele relevante Einsichten. Beispielsweise können nun hydrologisch korrigierte und Niederschlagsdaten generiert werden, der gewählte Verdunstungsansatz (Penman-Monteith) kann auch vor dem Hintergrund der Klimasensitivität als am besten geeignet betrachtet werden. Weitere Informationen finden sich im unten genannten Bericht.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Weitere Entwicklungen, die in Phase 2 des Expertennetzwerkes und weiteren FuE-Projekten (z.B. Sozio-Hydrologie 2050) vorgesehen sind, betreffen Verbesserungen im Bereich Hochwasser/Starkregen sowie Wasserbewirtschaftung. Die Verarbeitung kurzer und kleinräumiger Starkniederschläge und die Abschätzung daraus resultierender Gefahren von Sturzfluten stellen besondere Herausforderungen für Niederschlags-Abflussmodelle dar. Das vorliegende Modell LARSIM-ME verfügt in diesem Zusammenhang über spezielle Optionen, die erprobt und mit weiteren Verfahren zur Bestimmung von Abflussbeiwerten verglichen und ggf. verknüpft werden. Die Arbeiten im Bereich Wasserbewirtschaftung werden im Projekt Sozio-Hydro 2050 fortgesetzt.

### Publikationen zum Thema

NILSON, E., B. ASTOR, L. BERGMANN, H. FISCHER, C. FLEISCHER, G. HAUNERT, M. HELMS, G. HILLEBRAND, S. HÖPP, A. KIKILLUS, M. LABADZ, M. MANNFELD, C. RAZAFIMAHARO, R. PATZWAHL, C. RASQUIN, M. RAUTHE, A. RIEDEL, M. SCHRÖDER, D. SCHULZ, R. SEIFFERT, H. STACHEL, B. WACHLER, N. WINKEL (2020): Beiträge zu einer verkehrsträgerübergreifenden Klimawirkungsanalyse: Wasserstraßenspezifische Wirkungszusammenhänge – Schlussbericht des Schwerpunktthemas Schiffbarkeit und Wasserbeschaffenheit (SP-106) im Themenfeld 1 des BMVI-Expertennetzwerkes. 195 S. DOI: 10.5675/ExpNNE2020.2020.07

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2016–12/2025
<b>Auftraggeber</b>	BMVI-Expertennetzwerk ( <a href="http://www.bmvi-expertennetzwerk.de">www.bmvi-expertennetzwerk.de</a> )
<b>Projektpartner</b>	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Bundesanstalt für Straßenwesen Bundesanstalt für Wasserbau Deutscher Wetterdienst Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610204045

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Enno Nilson  
E-Mail: [nilson@bafg.de](mailto:nilson@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5325  
Referat M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

## 2.2.2 Robuste Wasserstraßen – Fließtiefe

Gegenstand des Projekts ist die Untersuchung langfristiger morphologischer Entwicklungen unter dem Einfluss von Unterhaltungsstrategien und klimatischen Veränderungen.

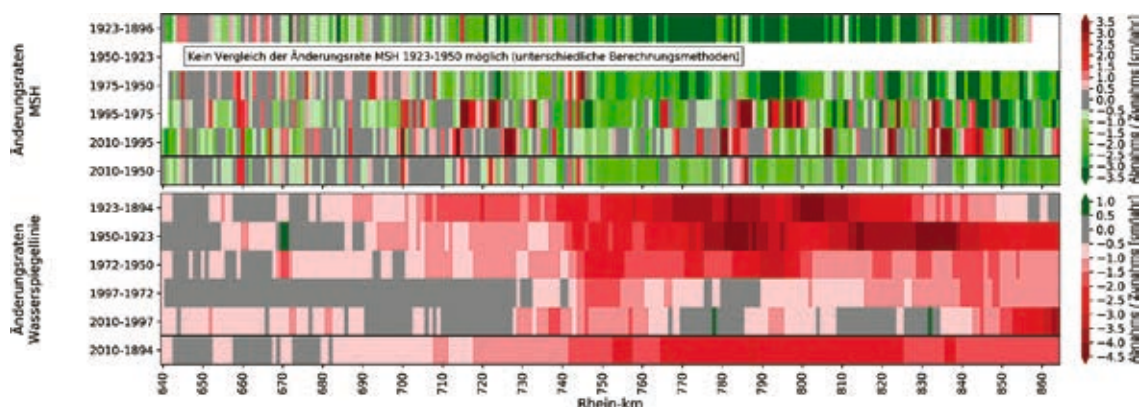


Abbildung 23: Darstellung der über einen Bereich von 1 km gemittelten Änderungsraten der mittleren Sohlhöhenlage (MSH) sowie der Wasserspiegellinie, Bereich Niederrhein bei MNQ und für fünf Epochen seit 1896

Die Morphologie der Bundeswasserstraßen Rhein und Elbe ist stark durch anthropogene Eingriffe in der Vergangenheit geprägt worden. In vielen Bereichen führten diese zu einer anhaltenden Sohl- bzw. Wasserspiegelsenkung. Daraus ergeben sich sowohl Herausforderungen für Unterhaltung und Betrieb als auch negative ökologische Auswirkungen. Gegenstand des FuE-Projekts im Rahmen des Expertennetzwerks ist die Weiterentwicklung von Methoden zur Analyse der historischen Entwicklung von Sohlhöhen und Fließtiefen, des Einflusses von Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen auf diese Entwicklung und zur Abschätzung der möglichen Auswirkungen klimatischer Veränderungen.

### Veranlassung

Die Fließtiefe, als gemeinsamer gewässerkundlicher Kernparameter von Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung und BfG für Bundeswasserstraßen, ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Die Fließtiefe berechnet sich aus dem Abstand zwischen der mittleren Sohlhöhenlage und der Wasserspiegellage. Die Auswirkungen baulicher Eingriffe auf einen Fluss lassen sich häufig erst nach Jahrzehnten abschätzen, zumal diese nicht unbedingt linear verlaufen und sich bei unterschiedlichen Abflusszuständen anders ver-

halten. Wenn die langfristige Fließtiefenentwicklung den baulichen Eingriffen gegenübergestellt wird, so lässt sich daraus großskalig die morphologische Reaktion des Fließgewässers ableiten. In verschiedenen Archiven wurden daher historische Datenquellen für den gesamten Niederrhein recherchiert und digitalisiert. Kenntnisse über die Auswirkungen vergangener Anpassungsstrategien stellen eine wichtige Grundlage für die Entwicklung zukünftiger Strategien dar. Basierend auf den bereits bestehenden Ergebnissen sollen nun weitere Analysen mit Schwerpunkt Rhein und Elbe folgen. Methodisch werden dabei sowohl statistische Verfahren zur Auswertung plausibilisierter historischer Daten eingesetzt als auch großskalige 1D-Modellierungen für ausgewählte Flussabschnitte durchgeführt. Im Fokus steht zum einen die Analyse der Sensitivität bezüglich der Wahl der Unterhaltungsstrategie, zum anderen wird der Einfluss des Klimawandels im Rahmen von Projektionsrechnungen untersucht.

### Ziele

- Quantifizierung des Einflusses von Ausbau- und Unterhaltungsstrategien sowie langfristiger klimatischer Veränderungen auf die Entwicklung der Fließtiefe

## Ergebnisse

Die Untersuchung der historischen Fließtiefen für die Flussbereiche Mittel- und Niederrhein sind bereits abgeschlossen. Auf der Grundlage von Recherche und Digitalisierung von Datenquellen wurden hierzu fünf bzw. sechs Epochen innerhalb der letzten 120 Jahre definiert, für welche die Entwicklung von Fließtiefe, mittlerer Sohlhöhe und Wasserspiegellinie berechnet wurden. In den Ergebnissen ist besonders deutlich die Abnahme von Sohlhöhe und Wasserspiegellage bei MNQ zwischen 1896 und 1972 ab Rhein-km 740 zu erkennen. Es traten dabei Abnahmeraten von bis zu 4 cm/Jahr auf. Bedingt durch die Anpassungsmaßnahme Sedimentmanagement konnte seit den 1970er Jahren eine deutliche Reduktion der Abnahmeraten erreicht werden.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Durchführung von Modellrechnungen unter Berücksichtigung der langfristigen morphologischen Auswirkungen der Unterhaltungsstrategie
- Untersuchungen zur sedimentologisch-morphologischen Entwicklung ausgewählter Streckenabschnitte des Niederrheins
- Untersuchungen zur Dynamik natürlich vorkommenden wie zugegebenen Sediments (Geschiebezugaben)

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2016–12/2025
<b>Auftraggeber</b>	BMVI-Expertennetzwerk ( <a href="http://www.bmvi-expertennetzwerk.de">www.bmvi-expertennetzwerk.de</a> )
<b>Projektpartner</b>	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Bundesanstalt für Straßenwesen Bundesanstalt für Wasserbau Deutscher Wetterdienst Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610304077

### Ansprechpartner der BfG

Julius Reich  
E-Mail: [reich@bafg.de](mailto:reich@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5425  
Referat M3 – Gewässermorphologie, Sedimentdynamik und -management



## 2.2.3 Veränderung der Sedimenteinträge am Beispiel Binnenelbe

Spezifische Sedimenteinträge pro Einzugsgebiet

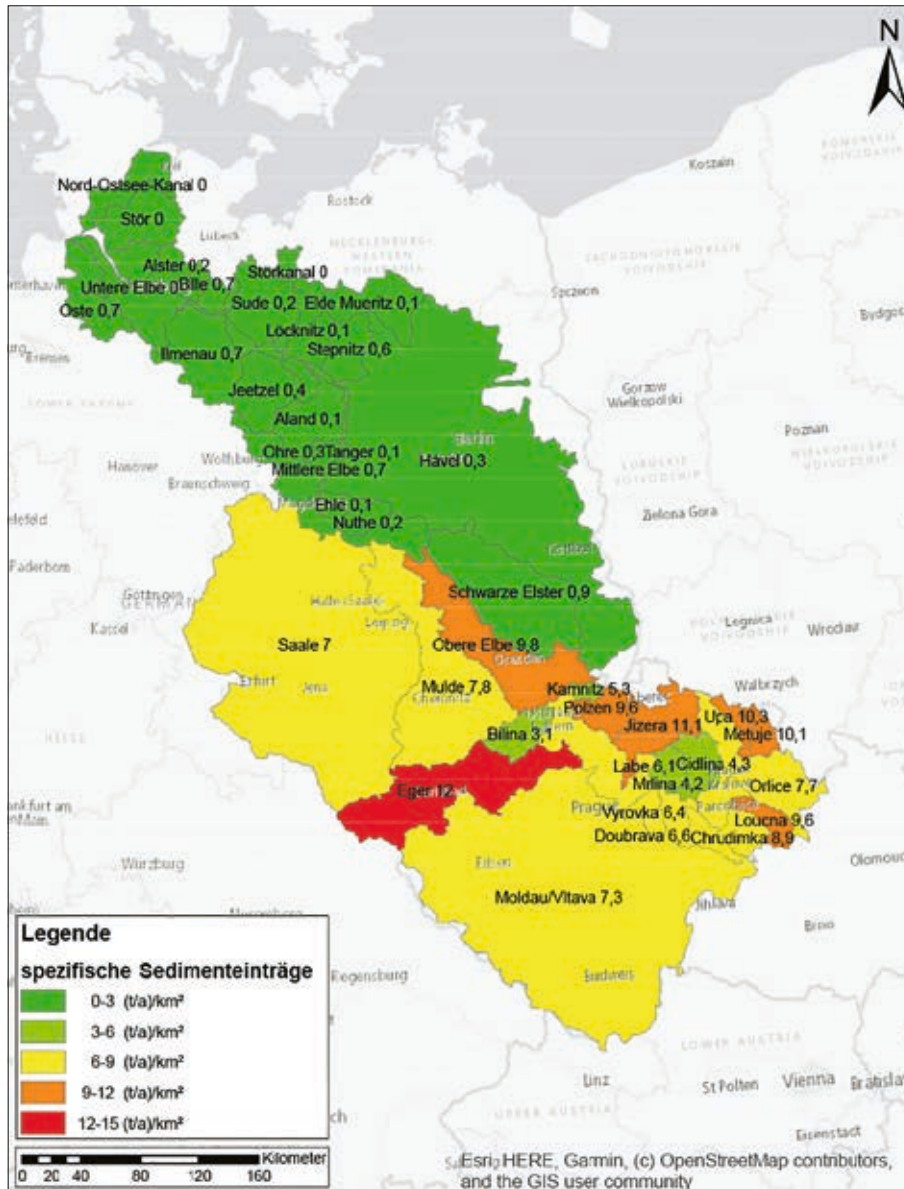


Abbildung 24: Spezifische mittlere jährliche Sedimenteinträge pro Teileinzugsgebiet der Elbe für das Landnutzungsszenario CORINE Land Cover 2012

Der Feinsedimenthaushalt der Bundeswasserstraßen ist stark von den eingetragenen Sedimentmengen abhängig, da nur ein geringer Anteil der Feinsedimente im Gewässer dem Gewässerbett entstammt. Änderungen der Sedimenteinträge ins Gewässer können sich signifikant auf die zu bewirtschaftenden Sedimentmengen, z.B. auf Bag-

germengen von Häfen oder Stauräumen, auswirken. Auch Einflüsse auf die Sedimentqualität (z.B. Verdünnungseffekte oder Einträge von partikelgebundenen Schadstoffen) sind zu erwarten, was neben den ökologischen Konsequenzen auch einen erheblichen Kostenfaktor im Sedimentmanagement mit sich bringt.

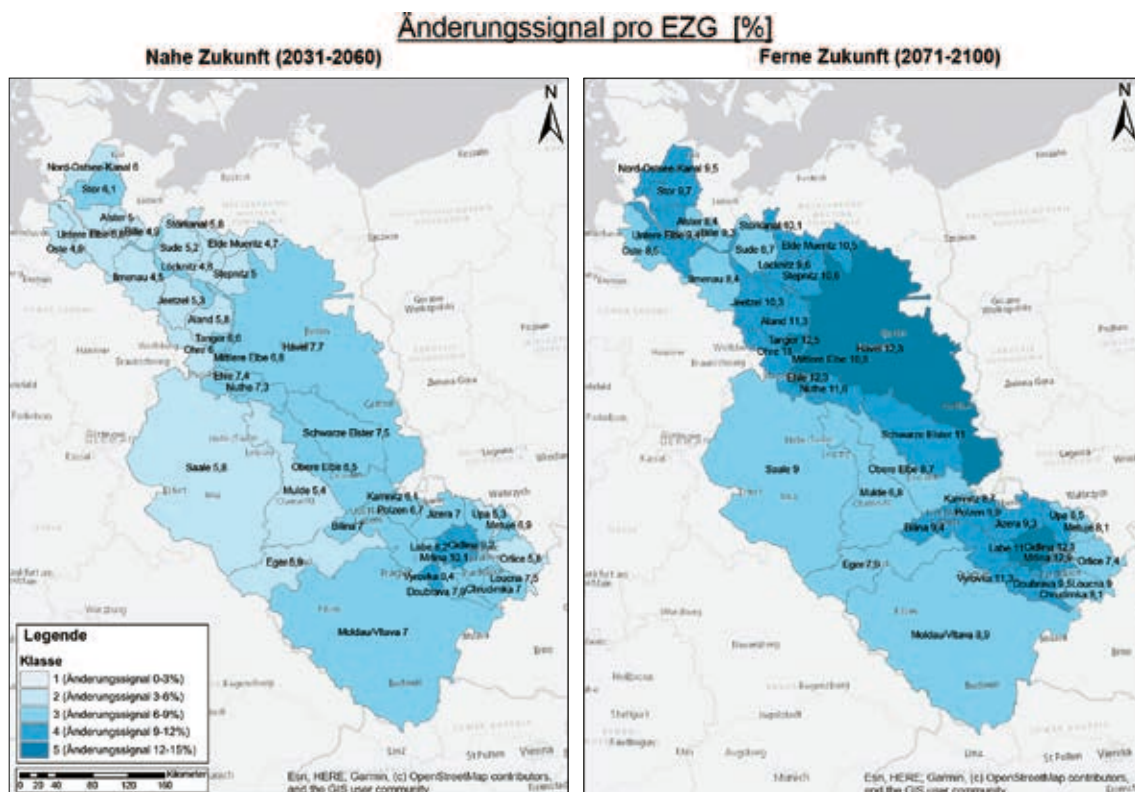


Abbildung 25: Mittleres Änderungssignal des R-Faktors für das 50. Perzentil des Weiter-wie-bisher-Szenarios (RCP 8.5), aggregiert auf Teileinzugsgebiete der Elbe

## Veranlassung

Deshalb soll der Sedimenteintrag von den Hängen ins Gerinne für die Elbe und ihre Nebenflüsse sowie zukünftige Veränderungen der Feinsedimenteinträge und deren Auswirkungen auf das Sedimentmanagement abgeschätzt werden. Da nur ein Bruchteil des an den Hängen erodierten Oberbodens in die Gerinne gelangt, ist eine alleinige Modellierung der Bodenerosion nicht ausreichend. Es bedarf vielmehr eines Modellansatzes, der den Sedimenttransport und die -akkumulation vom Quellgebiet in die Gerinne berücksichtigt. Bezüglich des Sediment-Routings wird ein weiterer Fokus auf die Transportprozesse im Fließgewässer selbst sowie im unmittelbaren Gewässerumfeld gelegt. Hier werden Sedimentablagerung und -remobilisierung wesentlich durch ausufernde Abflussereignisse gesteuert. Die entsprechenden Prozesse werden in erweiterten Modellansätzen abgebildet. Der Einfluss von Klimawandel und Landnutzungsänderungen wird in Szenarienstudien untersucht.

## Ziele

- Quantifizierung des Einflusses des Klimawandels auf die Bodenerosion
- Einfluss der Landnutzungsänderung auf Bodenerosion und Feinsedimenteintrag ins Gewässernetz
- Abschätzung des Frachtrückhalts von Schwebstoffen auf den Vorländern bei Hochwasser
- Abschätzung des binnenseitigen Feinsedimenteintrags ins Ästuar im langjährigen Mittel
- Entwicklung der Methodik und beispielhafte Anwendung auf das Gebiet der Binnenelbe

## Ergebnisse

- Hauptliefergebiete für Feinsedimente in der Binnenelbe sind Ackerflächen in Mittelgebirgslagen.
- Die Regenerosivität nimmt im Elbeeinzugsgebiet für das Weiter-wie-bisher-Szenario (RCP 8.5) in der Zukunft eher zu als ab. Im Mittel übers Einzugsgebiet liegt die Zunahme für die ferne Zukunft bei ca. +10 %.

- Der projizierte Anstieg der Regenerosivität schlägt sich in einem Anstieg der mittleren Jahresfrachten der Schwebstoffe nieder.
- Damit steigen auch die Ablagerungsmengen auf überfluteten Vorländern und in Stillwasserbereichen wie Häfen oder Altarmen.
- Die binnenseitig ins Ästuar eingetragenen Feinsedimentfrachten nehmen im Weiterwieser-Szenario um ca. +5 bis +15 % zu.
- Unter Annahme des Klimaschutzszenarios (RCP 2.6) ergeben sich geringe bis keine Änderungen.
- Änderungen der Ackerflächenanteile in der Größenordnung der in den letzten 100 Jahren im Elbeinzugsgebiet beobachteten Änderungen führen zu einem geringfügigen Rückgang der Feinsedimenteinträge im Gewässernetz (rund -5 % für die ferne Zukunft).

## Ausblick auf die nächsten Jahre

In der ersten Phase des BMVI-Expertenetzwerks (2016–2019) wurden im Projekt vor allem großräumige und langjährig mittlere Werte betrachtet. In der zweiten Phase ab 2020 rücken kleinere räumliche und zeitliche Skalen stärker in den Fokus. Dazu werden modellgestützte Prozessstudien zum Sedimenteintrag in die Wasserstraße infolge von Starkregenereignissen und Sturzfluten durchgeführt (Methodik-Entwicklung und exemplarische Anwendung in Fallstudien). Für den späteren Transfer auf andere Gebiete und Skalen werden Skaleneffekte genauer untersucht. Die Analysen liefern Beiträge für die Klimawirkungsanalyse in der Wirkungskette Starkregen – Sturzfluten – Verkehrsinfrastruktur als Grundlagen für integrierende Arbeitspakete im Rahmen des Schwerpunktthemas „Klimawandel und Extreme“ des Themenfelds 1 des BVMI-Expertenetzwerks.

### Publikationen zum Thema

NILSON, E., B. ASTOR, L. BERGMANN, H. FISCHER, C. FLEISCHER, G. HAUNERT, M. HELMS, G. HILLEBRAND, S. HÖPP, A. KIKILLUS, M. LABADZ, M. MANNFELD, C. RAZAFIMAHARO, R. PATZWahl, C. RASQUIN, M. RAUTHE, A. RIEDEL, M. SCHRÖDER, D. SCHULZ, R. SEIFFERT, H. STACHEL, B. WACHLER, N. WINKEL (2020): Beiträge zu einer verkehrsträgerübergreifenden Klimawirkungsanalyse: Wasserstraßenspezifische Wirkungszusammenhänge – Schlussbericht des Schwerpunktthemas Schiffbarkeit und Wasserbeschaffenheit (SP-106) im Themenfeld 1 des BMVI-Expertenetzwerks. 195 S. DOI: 10.5675/ExpNNE2020.2020.07

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2016–12/2025
<b>Auftraggeber</b>	BMVI-Expertenetzwerk ( <a href="http://www.bmvi-expertennetzwerk.de">www.bmvi-expertennetzwerk.de</a> )
<b>Projektpartner</b>	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Bundesanstalt für Straßenwesen Bundesanstalt für Wasserbau Deutscher Wetterdienst Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610304075

### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Gudrun Hillebrand  
E-Mail: [hillebrand@bafg.de](mailto:hillebrand@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5425  
Referat M3 – Gewässermorphologie, Sedimentdynamik und -management

## 2.2.4 Ökologische Vernetzung zur Förderung der Biodiversität und der strukturellen Lebensraumvielfalt

**Straße, Schiene, Wasserstraße: Der Verkehr trennt und vernetzt Lebensräume. Was kann verkehrsträgerübergreifend zur besseren Vernetzung von Lebensräumen und zur Förderung der Biodiversität beitragen?**



Abbildung 26: Straße, Schiene, Wasserstraße und ihre Verkehrsnebenflächen (Böschungen, Ufer, Begleitgrün) (LandMark GmbH 2006)

Verkehrsnebenflächen bedecken schätzungsweise mindestens 3 % der Landfläche Deutschlands. Durch ihre Vernetztheit und den geringen Nutzungsdruck bergen sie ein entsprechendes Potenzial zum Erhalt und zur Förderung der Biodiversität. Von Interesse ist hierbei die Wirkung des Zusammenspiels der Nebenflächen von Straßen, Schienen und Wasserstraßen auf Biodiversität und Lebensraumvernetzung. Aus dieser verkehrsträgerübergreifenden Perspektive heraus sollen geeignete biodiversitätsfördernde Maßnahmen entwickelt werden, die parallel an den Verkehrswegen angewandt werden können.

### Veranlassung

Biodiversität spielt im Handeln der Verkehrsverwaltungen eine wichtige Rolle, sei es durch

- ihre gesellschaftliche Vorbildfunktion
- gesetzliche Vorschriften bei der Bewirtschaftung von Bundesliegenschaften
- die Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt und der Convention on Biological Diversity
- die Unterstützung der Bundesprogramme „Blaues Band Deutschland“, „Wiedervernetzung“, „Biologische Vielfalt“ oder „Insektenschutz“

Die Verkehrsträger haben unabhängig voneinander Leitfäden zum Management von Biodiversitätskomponenten implementiert. Die Kommunikation

und Planung über Verkehrsträger hinweg werden bisher aber wenig praktiziert.

Zusammen mit dem Schwerpunktthema „Neobiota“ des BMVI-Expertennetzwerks, der Bundesanstalt für Straßenwesen und dem Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt wurden Biodiversitätsparameter nach einem einheitlichen Probeschema in zwei ca. 20.000 ha großen Beispielräumen erfasst. Wir analysierten Aspekte der Lebensraumfunktion und -vernetzung. In verkehrsträgerspezifischen Unterhaltungsleitfäden wurden biodiversitätsfördernde Maßnahmen identifiziert.

## Ziele

In der ersten Phase des BMVI-Expertennetzwerkes wurden folgende Ziele anvisiert:

- Erfassung der ökologischen Wertigkeit von Verkehrsnebenflächen in repräsentativen Beispielräumen unterschiedlicher Verkehrs- und Landschaftsstruktur
- Ableitung allgemeingültiger Aussagen aus Ergebnissen der Beispielräume
- Entwicklung eines Managementkonzepts zur verkehrsträgerübergreifenden Vernetzung mit dem Ziel der Förderung der Biodiversität und strukturellen Lebensraumvielfalt von Verkehrsnebenflächen



## Ergebnisse

Die Analyse der bisher erhobenen Biodiversitätsdaten zeigt, dass Verkehrsnebenflächen an Straßen, Schienen und Wasserstraßen Übereinstimmungen in der Lebensraumausstattung und der Artenzusammensetzung bei Pflanzen und Tieren besitzen. Nahe am Verkehrsweg ist die Anzahl vorkommender Lebensräume und damit die strukturelle Lebensraumvielfalt höher als in der umgebenden „Normallandschaft“, auch die ökologische Wertigkeit der Verkehrsnebenflächen übertrifft die der Umgebung. Somit besteht ein grundsätzliches Potenzial für die verkehrsträgerübergreifende Vernetzung zur Förderung von Biodiversität. Der Vergleich der bei den Verkehrsträgern vorliegenden Leitfäden zur Unterhaltung dieser Flächen zeigt, dass es eine Fülle geeigneter Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität gibt, die verkehrsträgerübergreifend angewandt werden können.



Abbildung 27: Verkehrsträgerübergreifende Biodiversitätsförderung kann Synergien bei der Unterhaltung erzeugen (Fotos: Baader Konzept)

## Ausblick auf die nächsten Jahre

In der zweiten Projektphase des BMVI-Expertennetzwerks werden in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern in der BfG folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Erweiterung der Kenntnisse zur Wirkung der Verkehrsträger auf Biodiversität und Lebensraumvernetzung durch die Bearbeitung zweier weiterer Beispielräume
- Weiterentwicklung und Erweiterung des Managementkonzepts, „Handbuch Biodiversitätsmanagement“
- Nutzung der Fernerkundung zur Unterstützung des Biodiversitätsmanagements
- Durchführung nutzerangepasster Veranstaltungen

### Publikationen zum Thema

BARTELS, P., D. ESSER, M. LEIBLAIN-WILD, A. SUNDERMEIER (2020): Ökologische Vernetzung zur Förderung der Biodiversität und der strukturellen Lebensraumvielfalt (SPT 201). – In: BMVI-Expertennetzwerk: Verkehr und Infrastruktur umweltgerecht gestalten. Ergebnisbericht des Themenfeldes 2 im BMVI-Expertennetzwerk für die Forschungsphase 2016–2019, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Berlin: S. 16-34

Bundesanstalt für Gewässerkunde (2019): Das Potenzial von Verkehrsnebenflächen zur Förderung der Biodiversität und ihre Rolle bei der Ausbreitung gebietsfremder Arten - Untersuchungsraum Aschaffenburg. Auftraggeber: BMVI-Expertennetzwerk. Aufgestellt durch: Baader Konzept. DOI: 10.5675/BfG-2000

ESSER, D. S., K. O. NAGEL, P. BARTELS, M. LEIBLAIN-WILD, A. SUNDERMEIER (2018): Ecological permeability along and across traffic routes in an intermodal transport environment. IENE 2018 International Conference, Abstract book, ISBN 978-91-639-8714-4

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2016 – 12/2019
<b>Auftraggeber</b>	BMVI-Expertennetzwerk ( <a href="http://www.bmvi-expertennetzwerk.de">www.bmvi-expertennetzwerk.de</a> )
<b>Projektpartner</b>	Bundesanstalt für Straßenwesen Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt
<b>Projekt-Nr.</b>	M39630404021

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Andreas Sundermeier  
E-Mail: [sundermeier@bafg.de](mailto:sundermeier@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5151  
Referat U3 – Vegetationskunde, Landschaftspflege

## 2.2.5 Entwicklung praxisorientierter und präventiver Strategien zur Kontrolle und Minimierung der Beeinträchtigung durch Neobiota

Nutria, Schwarzmaulgrundel, Drüsiges Springkraut... Neu bei uns. Tiere und Pflanzen aus fernen Ländern. Wie verbreiten sie sich? Wo etablieren sie sich? Wie beeinträchtigen sie unsere heimische Umwelt?



Abbildung 28: Nutria (*Myocastor coypus*, oben), Schwarzmaulgrundel (*Neogobius melanostomus*, unten), Drüsiges Springkraut (*Impatiens glandulifera*, rechts) (Fotos: Schöll, BfG; Zabrocki, BSH; Buscher, BfG)

Neobiota sind gebietsfremde Arten, die unter Mitwirkung des Menschen in Gegenden eingebracht werden, die sie aus eigener Kraft nicht erreichen. Hierbei spielen die Verkehrsträger und -wege aufgrund ihrer Verbindungsfunktion eine entscheidende Rolle und tragen zur Einbringung, Ausbreitung und Etablierung von Neobiota bei. Neobiota-Arten, die Probleme verursachen, zählen zu den „invasiven Arten“. Ihre Ausbreitung gilt als eine der größten Gefahren für die einheimische Biodiversität. Zudem verursachen einige dieser Arten wirtschaftliche Schäden und beeinträchtigen die menschliche Gesundheit.

### Veranlassung

Der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur führt zu erhöhten Belastungen der heimischen Ökosysteme durch Neobiota (z.B. über Ladungsverluste, Ballastwasser, Schiffsbewuchs). Die Mechanis-

men, die zu einer erfolgreichen Ansiedlung von Neobiota führen, sind bis heute nicht abschließend verstanden. Der Einfluss von invasiven Arten auf die ursprünglichen Lebensgemeinschaften ist nur schwer zu quantifizieren. Auch fehlen bedarfsgerechte Managementpläne, um den Eintrag von Neobiota zu minimieren und die Ausbreitung bereits eingebürgerter Arten zu kontrollieren. Forschungsbedarf besteht hinsichtlich

- der Dokumentation von invasiven Arten und deren Ausbreitungsdynamik
- der Ermittlung der Pfade, über die Neobiota verbreitet werden
- des Beitrags, den die Unterhaltung an Verkehrswegen zur Verbreitung und Etablierung von Neobiota leistet
- der Entwicklung von Maßnahmen zur Kontrolle bereits eingebürgerter Arten
- der Entwicklung von Instrumenten zur Bilanzierung betriebswirtschaftlicher Kosten von Maßnahmen

## Ziele

Im Rahmen der ersten Phase des BMVI-Experten-netzwerks wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Schwerpunktthema „Biodiversität“ folgende Ziele im Schwerpunktthema „Neobiota“ verfolgt:

- Identifizierung der für die Verkehrsträger relevanten Artengruppen und Pfade der Einfuhr und Ausbreitung
- Bereitstellung verkehrsübergreifender Managementoptionen zur Minimierung der Auswirkungen bereits eingeschleppter Arten
- Entwicklung eines Konzepts zur rechtzeitigen Erkennung sowie präventiven Minimierung des Eintags von invasiven Neobiota durch verschiedene Verkehrsträger

## Ergebnisse

Im terrestrischen Bereich bestätigen die Ergebnisse, dass invasive bzw. potenziell invasive Arten auch entlang der Verkehrsträger regelmäßig

vorkommen. Die terrestrischen „Hauptproblemar-ten“ für alle drei Verkehrsträger sind die Herku-lesstaude und der Japanische Staudenknöterich. Im aquatischen Bereich der Wasserstraßen sind die Arten Schiffsbohrwurm, Signalkrebs, Was-serpest und Bisamratte problematisch. Bei der Untersuchung des Bioaufwuchses von Berufs-schiffen wurden viele bekannte und in Bundes-wasserstraßen weit verbreitete Neobiota vorge-funden, z.B. Quagga-Dreikantmuschel (*Dreissena rostriformis bugensis*), Süßwasser-Röhrenkrebs (*Chelicorophium curvispinum*). Binnenschiffe und Schifffahrtskanäle spielen daher eine wich-tige Rolle bei der Verbreitung invasiver Arten, lange Liegezeiten und ein unzureichendes Bio-fouling-Management verstärken das Risiko der Verbreitung der Arten. Auch die Untersuchung zur Verwendung von Ballastwasser im Binnen-bereich ergab, dass ein Großteil der Binnenschiffe Ballastwasser im Alltagsbetrieb nutzt. Orte, an denen Ballastwasserabgabe stattfindet, stellen somit potenzielle Hotspots des Eintrages von Neobiota dar.



Abbildung 29: Häufige an Motorgüterschiffen und Sportbooten lebende Neobiota – die Quagga-Dreikantmuschel (*Dreissena rostriformis bugensis*) (Foto: Behring, BfG)



## Ausblick auf die nächsten Jahre

In der nächsten Projektphase werden in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern in der BfG folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Untersuchungen des Hamburger Hafens zur Rolle von Häfen bei der Einfuhr und Verbreitung von terrestrischen invasiven Arten
- Erweiterung der Kenntnisse zur Wirkung der Verkehrsträger auf Neobiota und Lebensraumvernetzung durch die Bearbeitung zweier weiterer Beispielräume
- Erprobung von genetischen und indikativen Methoden zur Bestimmung und Früherkennung von ausgewählten Arten und Organismengruppen in Häfen und potenziellen Vektoren (Ballastwasser, Schiffsbewuchs)

### Publikationen zum Thema

- BARTELS, P., K. BROEG, D. ESSER, N. HEIBECK, M. LEIBLEIN-WILD, A. SUNDERMEIER, M. ZABROCKI (2020): Entwicklung praxisorientierter und präventiver Strategien zur Kontrolle und Minimierung der Beeinträchtigung durch Neobiota (SPT 202). – In: BMVI-Expertennetzwerk: Verkehr und Infrastruktur umweltgerecht gestalten. Ergebnisbericht des Themenfeldes 2 im BMVI-Expertennetzwerk für die Forschungsphase 2016–2019, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Berlin: S. 34–48
- SCHWARTZ, N. & F. SCHÖLL (2018): Blinde Passagiere auf Binnenschiffen. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL). Ergebnisse der Jahrestagung 2017 (Cottbus), S. 424–433, Hardeggen 2018
- SCHÖLL, F. & N. HEIBECK (2019): Erster Nachweis des Polychaeten *Laonome xeprovala* (Bick & Bastrop 2018) (Polychaeta) aus der Mosel sowie dem Stichkanal Hildesheim. *Lauterbornia* 86, 1-3

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2016–12/2019
<b>Auftraggeber</b>	BMVI-Expertennetzwerk ( <a href="http://www.bmvi-expertennetzwerk.de">www.bmvi-expertennetzwerk.de</a> )
<b>Projektpartner</b>	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Bundesanstalt für Straßenwesen Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt
<b>Projekt-Nr.</b>	M39630404022

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Sebastian Flues  
E-Mail: [flues@bafg.de](mailto:flues@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5482  
Referat U4 – Tierökologie

## 2.2.6 Modellanalyse Schadstoffimmissionen – Auswirkungen des Verkehrs auf die Luftqualität in drei Ballungsräumen, Teilprojekt Binnenschifffahrt

Im Rahmen einer übergeordneten, verkehrsträgerübergreifenden Untersuchung von Luftschadstoffemissionen und -immissionen müssen Wissenslücken im Bereich der Binnenschifffahrt geschlossen werden.



Abbildung 30: Sichtbare Abgase eines Binnenschiffes sagen wenig über ihren Beitrag zur Gesamtluftschadstoffbelastung aus.

Der multimodale Transport von Personen und Gütern ist ein zentraler Aspekt in Bezug auf wirtschaftliches Wachstum, Wohlstand und Lebensqualität in Deutschland, führt aber insbesondere in Ballungsgebieten teilweise zu einer Überschreitung von Luftschadstoffgrenzwerten. Eine zentrale Frage ist dabei, in welchem Maße die einzelnen Verkehrsträger Straße, Schiene, Luftverkehr und Wasserstraße zur Gesamtluftschadstoffbelastung beitragen. Insbesondere im Bereich des Verkehrsträgers Wasserstraße gibt es keine einheitliche Datengrundlage, die für die Emissions- und Immissionsberechnung genutzt werden kann.

### Veranlassung

In den letzten Jahren sind die mit der Mobilität verbundenen Luftschadstoffbelastungen verstärkt in den Fokus des gesellschaftlichen Bewusstseins gerückt. Damit effiziente verkehrsträgerspezifische und auch verkehrsträgerübergreifende Minderungsmaßnahmen entwickelt werden können, müssen jedoch die Einzelbeiträge der Verkehrsträger zur Luftschadstoffbelastung bekannt sein. Die dafür

notwendige Quantifizierung der Binnenschifffahrt für den Vergleich mit den Verkehrsträgern Straße, Schiene und Luftverkehr ist ein Teilprojekt im Rahmen des Gesamtprojekts unter Federführung der Bundesanstalt für Straßenwesen. Gerade im Bereich der Binnenschifffahrt ist die Datenlage für verschiedene Gebiete sehr heterogen, so sind zum Beispiel Schiffszahlen für frei fließende Gewässer nur auf sehr großräumigen Abschnitten bekannt. Auch für weitere Faktoren, die die Emission stark beeinflussen, wie die gefahrene Geschwindigkeit, gibt es nahezu keine Erkenntnisse. Daher müssen diese Lücken zunächst geschlossen werden, damit anschließend ein verkehrsträgerübergreifender Vergleich erfolgen kann.

### Ziele

Das übergeordnete Ziel ist es, die Emissionen und Immissionen aller Verkehrsträger möglichst in gleicher Qualität zu ermitteln. Dazu muss als Teilziel zunächst die Datengrundlage im Bereich Binnenschifffahrt auf einer ähnlich guten Qualität, wie sie bereits teilweise für andere Verkehrsträger vorliegt, geschaffen werden.

## Ergebnisse

- Zur Ermittlung des Binnenschiffsverkehrs in zwei von drei exemplarischen Untersuchungsgebieten des von der Bundesanstalt für Straßenwesen ausgeschriebenen Projektes (Großräume Duisburg und Frankfurt) wurden vorhandene Daten recherchiert und ausgewertet. Als wesentliche Datenquellen wurden Schleusendaten, TraVis-Daten, Verkehrsberichte der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung sowie Güterverkehrsstatistiken von DESTATIS verwendet.
- Die Datenquellen wurden hinsichtlich Güterschifffahrt, Fahrgastschifffahrt, Sportbooten und Fähren ausgewertet. Die Güterschifffahrt hat dabei in einem Großteil der untersuchten Gebiete den zahlenmäßig stärksten Beitrag an der Binnenschifffahrt.
- Bestehende Kenntnislücken und Unsicherheiten bei der Quantifizierung des Schiffsverkehrs wurden identifiziert und Ansätze entwickelt, um diese in zukünftigen Projekten über AIS-Daten schließen zu können.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

In der Phase 2 des BMVI-Expertenetzwerkes werden die bisherigen Untersuchungen vertieft und erweitert. Für die Schifffahrt gilt es

- die Datengrundlage zur Berechnung der schifffahrtsbedingten Emissionen zu erweitern (Nutzung von AIS-Daten)
- die Methodik zur Berechnung der schifffahrtsbedingten Emissionen und Immissionen zu verbessern
- die bestehenden Unsicherheiten bei der Modellierung der Emissionen und Immissionen zu quantifizieren

Anschließend sollen Erfolg versprechende verkehrsträgerübergreifende Maßnahmen zur Reduzierung von Luftschadstoffemissionen im gesamten Verkehrssektor erarbeitet werden.

### Publikationen zum Thema

NITZSCHE, E., A. MOLDENHAUER, I. DÜRING (2015): Berechnungen der Luftschadstoffimmissionen von Binnenschiffen an Schifffahrtswegen Abschnitt Mittelrhein bei Wesel – Kurzbericht. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde

### Projektlaufzeit

01/2016–12/2019

### Auftraggeber

BMVI-Expertenetzwerk ([www.bmvi-expertennetzwerk.de](http://www.bmvi-expertennetzwerk.de))

### Projektpartner

Bundesamt für Güterverkehr  
Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie  
Bundesanstalt für Straßenwesen  
Bundesanstalt für Wasserbau  
Deutscher Wetterdienst  
Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim  
Eisenbahn-Bundesamt

### Projekt-Nr.

M39610104044

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Patrick Wagner

E-Mail: [patrick.wagner@bafg.de](mailto:patrick.wagner@bafg.de)

Tel.: +49(0)261 1306 5366

Referat M1 – Hydrometrie und Gewässerkundliche Begutachtung

## 2.2.7 Bilanzierung und Bewertung der Umweltauswirkungen verkehrsbedingter Abriebe (Schwerpunkt Reifenabrieb)

Abriebe von Autoreifen werden in den Boden am Straßenrand, aber auch in Gewässer und in die Luft eingetragen. Dort stellen sie ein bisher nicht quantifiziertes Risiko für die menschliche Gesundheit und die Umwelt dar.

Der Abrieb von Autoreifen gilt als eine der Hauptquellen für den Eintrag von kleinen Kunststoffpartikeln (Mikroplastik) in Gewässer. In einer Studie der Weltnaturschutzunion wird der Anteil des Reifenabriebs an der Belastung der Weltmeere durch primäres und durch Abriebe erzeugtes Mikroplastik auf ca. ein Drittel geschätzt. Durch das vorliegende Projekt sollten diese Aussagen für Deutschland geprüft werden. Ebenso sollte ein Beitrag zur Aufklärung des potenziellen Risikos, das durch die Umwelteinträge des Reifenabriebs für die menschliche Gesundheit sowie für Arten und Lebensgemeinschaften besteht, geleistet werden.

### Veranlassung

Durch verbesserte Antriebstechnik und zunehmende E-Mobilität sinken die Abgasemissionen. Das wachsende Verkehrsaufkommen führt jedoch zu einem Anstieg der Emissionen verkehrsbedingter Abriebe. Insbesondere vom Reifenabrieb sind neben der Luft auch andere Umweltkompartimente betroffen: Modellierungsstudien deuten auf einen starken Eintrag von Reifenabrieb in Gewässer hin. Entsprechende Informationen für Deutschland fehlten bisher, insbesondere auch im Hinblick auf die Behandlung von Straßenabflüssen vor Einleitung in Gewässer. Kenntnislücken bestehen auch zur Einschätzung des human- und ökotoxikologischen Risikos.

Im Rahmen des Projektes wird das derzeitige Wissen zu Reifenabrieb in einer umfassenden Literaturschau aggregiert. Die Emissionen des Reifenabriebs im deutschen Straßennetz und ihre Verteilung in der Umwelt werden berechnet. Mit chemisch-analytischen Methoden (GC/MS) und biologischen Testverfahren werden die Kenntnisse über ihre ökotoxische Wirkung insbesondere bzgl. hormonähnlicher Wirkungen erweitert.



Abbildung 31: Der Abfluss einer Innerortsstraße als Eintragspfad des Reifenabriebs in die aquatische Umwelt (Quelle: imago/ecomedia/Robert Fishmann)

### Ziele

- Darstellung der bisher bekannten human- und ökotoxikologischen Wirkungen im Hinblick auf die Notwendigkeit von Minderungsmaßnahmen
- Darstellung der bisherigen Erkenntnisse zu Transportprozessen und Verteilung von Reifenabrieb in Umweltkompartimenten
- Berechnung der Verteilung von Reifenabrieb auf Umweltkompartimente und technische Kompartimente in Deutschland unter Einbeziehung vorhandener Minderungsmaßnahmen der Straßenentwässerung
- Vergleichende ökotoxikologische Charakterisierung von Reifenmaterial zur Aufklärung möglicher unerwünschter biologischer Wirkungen von Reifenabrieb in Gewässern

### Ergebnisse

In der Literatur wurde Reifenabrieb in verschiedenen Umweltkompartimenten in sehr unterschiedlichen Konzentrationen gefunden. Hohe Anforderungen an die Analytik beeinträchtigen derzeit noch die Durchführung von Feldstudien. Etwa 5–10 Massenprozent des Reifenabriebs



Abbildung 32: Abriebe aus dem Straßenverkehr in einer repräsentativen Abflussprobe einer Autobahn (90.000 Kfz/24h) (Sicht von unten auf die Probeflasche) (Quelle: Bundesanstalt für Straßenwesen)

werden in die Luft emittiert, der Hauptanteil wird hingegen in terrestrische und aquatische Kompartimente eingetragen. Im deutschen Straßennetz entstehen jährlich 75,2 bis 98,4 kt an nicht luftgetragenen Reifenabrieb. Der größte Anteil davon (65,4–75,3 kt/a) gelangt in den straßennahen Boden, etwa 8,7–19,8 kt/a werden in Oberflächengewässer eingetragen.

Die Charakterisierung von Reifenextrakten und wässrigen Eluaten mit biologischen Testverfahren zeigt, dass östrogene Potenziale von Reifen unterschiedlicher Hersteller und verschiedene

Reifentypen derselben Hersteller um den Faktor 30 variieren, mit einem Maximalwert von 150 ng/l und einem Minimalwert von weniger als 5 ng/l Östradioläquivalenten.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Die Untersuchungen zu verkehrsbedingten Abrieben werden im Rahmen des BMVI-Expertennetzwerks in zwei neuen Projekten fortgesetzt:

- Entwicklung geeigneter chemisch-analytischer Nachweisverfahren für Abriebe der Verkehrsträger in der (marinen) Umwelt (Federführung Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie)
- Größenspezifische und räumliche Verteilung von verkehrsträgerbedingten Abrieben und partikulären Emissionen (Federführung: Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt; externe Vergabe)

### Publikationen zum Thema

BAENSCH-BALTRUSCHAT, B., B. KOCHER, F. STOCK, G. REIFFERSCHIED (2020): Tyre and road wear particles (TRWP) – A review of generation, properties, emissions, human health risk, ecotoxicity, and fate in the environment. *Science of The Total Environment*. Volume 733, 1 September 2020, 137823. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137823>

BAENSCH-BALTRUSCHAT, B., B. KOCHER, C. KOCHLEUS, F. STOCK, G. REIFFERSCHIED (2021): Tyre and road wear particles - a calculation of generation, transport and release to water and soil with special regard to German roads, *Science of The Total Environment*. Volume 752, 15 January 2021, 141939. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141939>

KATHMANN, W., P. SCHWEYEN, B. KOCHER, T. TERNES, G. REIFFERSCHIED, S. BUCHINGER: Potential adverse biological effects of tire wear particles, in Vorbereitung.

KATHMANN, W., E. CLAUS, G. REIFFERSCHIED, S. BUCHINGER (2017): Ecotoxicological Risk Assessment of Traffic-related Non-exhaust Emissions, Poster, 27. Jahrestagung der SETAC Europe 7.-11. Mai 2017, Brüssel

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2016–12/2019
<b>Auftraggeber</b>	BMVI-Expertennetzwerk ( <a href="http://www.bmvi-expertennetzwerk.de">www.bmvi-expertennetzwerk.de</a> )
<b>Projektpartner</b>	Bundesanstalt für Straßenwesen
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610104044/M39620304027

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Georg Reifferscheid  
E-Mail: [reifferscheid@bafg.de](mailto:reifferscheid@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5176  
Referat G3 – Biochemie und Ökotoxikologie

## 2.2.8 Bau- und bauwerksbedingte Emissionen – Immission in Wasser, Boden und Luft

Baustoffe enthalten eine Vielzahl an Substanzen, die durch äußere Einflüsse in die Umwelt emittieren können. Im Expertennetzwerk werden sie verkehrsträgerübergreifend untersucht und bewertet.



Abbildung 33: Schadensfall an einer Straßenbrücke am Datteln-Hamm-Kanal mit abgängiger blauer Polyurethandekbeschichtung

Bauwerke wie z.B. Brücken, Schleusentore oder Offshore-Windenergieanlagen sind betriebsbedingt starken mechanischen, thermischen, chemischen und biologischen Beanspruchungen ausgesetzt. Die verwendeten Baustoffe unterliegen dabei unterschiedlichsten Witterungseinflüssen. Dies gilt für alle Verkehrsträger (Straße, Schiene, Wasserstraße und Luft). Die dadurch ausgelösten Verwitterungsprozesse können neben einer verminderten Beständigkeit auch zu einer verstärkten Freisetzung von anorganischen und organischen (Schad-)Stoffen sowie zur Bildung von neuen Stoffen, sogenannten Transformationsprodukten, führen.

### Veranlassung

Die EU-Bauprodukteverordnung (EU-BauPVO) fordert, dass die aus den Bauprodukten herzustellenden Bauwerke die am Verwendungsort geltenden Anforderungen an Hygiene, Gesundheit

und Umweltschutz erfüllen. Dies betrifft u.a. die Freisetzung umweltgefährdender Stoffe in Grundwasser, Meeresgewässer, Oberflächengewässer oder Boden (BWR 3).

Für dieses Projekt wurden exemplarisch Korrosionsschutzsysteme für Stahlkonstruktionen untersucht. Alle Verkehrsträger verwenden hier größtenteils Produkte auf Basis von Epoxidharzen oder Stoffe aus der Klasse der Polyurethane, sodass die jeweiligen Fragestellungen übertragbar sind.

### Ziele

Im Rahmen des BMVI-Expertennetzwerks werden Umweltbelastungen durch Verkehr und Baustoffe identifiziert, modelliert und bewertet, um effiziente verkehrsträgerübergreifende Maßnahmen zu erarbeiten und so eine reduzierte Umweltbelastung bei steigenden Mobilitätsansprüchen zu gewährleisten.

## Ergebnisse

Die Forschungsergebnisse des BMVI-Experten-netzwerks zeigen, dass aus Korrosionsschutz-beschichtungen unter ungünstigen Bedingungen umweltgefährdende Stoffe wie z.B. *tert*-Butylphenol oder auch Blei und Zink freigesetzt werden können.

Zudem ist bekannt, dass sich Korrosionsschutz-beschichtungen von Stahlkonstruktionen (z.B. Brücken) in Einzelfällen vorzeitig ablösen können und unter hohen Kosten saniert werden müssen, insofern bei der Bauausführung die üblichen Anforderungen der Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING 4-3) nicht eingehalten werden. Die finale Deckbeschichtung (in der Regel sind es Mehrschichtsysteme) wird teilweise erst vor Ort nach Fertigstellung des Bauwerks aufgetragen. Bis dahin sind die darunter liegenden Lack-schichten (Epoxide) der Witterung ausgesetzt. Die Untersuchungen zeigen, dass witterungsbedingte

chemische Veränderungen der Epoxidbeschich-tungen nicht nur zu einer möglichen Freisetzung von umweltgefährdenden Stoffen, sondern auch zu einer verminderten Haftung der später aufgetra-genen Deckbeschichtung führen können.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Die hier dargestellten und zukünftige Ergebnisse zur Umweltverträglichkeit von Baumaterialien sollen Eingang finden in eine webbasierte Recher-cheplattform zu Baustoffen/Bauprodukten. Diese wird zurzeit entwickelt und soll als Werkzeug zur Auswahl umweltverträglicher und langlebiger Baustoffe/Bauprodukte in Bauvorhaben dienen. Parallel hierzu werden die Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit auf weitere Baumaterialien, wie Beton und Geokunststoffe, erweitert, um zukünftig verkehrsträgerübergreifend für alle rele-vanten Baustoffe des Infrastrukturbaus Aussagen über mögliche Umwelteinflüsse treffen zu können.

### Publikationen zum Thema

BRAND, S., L. VEITH, R. BAIER, C. DIETRICH, M. J. SCHMID, T. A. TERNES (2020): New methodical approaches for the investigation of weathered epoxy resins used for corrosion protection of steel constructions. J Hazard Mater. 2020;395:122289. DOI:10.1016/j.jhazmat.2020.122289

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2016–12/2025
<b>Auftraggeber</b>	BMVI-Experten-netzwerk ( <a href="http://www.bmvi-expertennetzwerk.de">www.bmvi-expertennetzwerk.de</a> )
<b>Projektpartner</b>	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Bundesanstalt für Straßenwesen Bundesanstalt für Wasserbau Deutscher Wetterdienst Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620204036

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Christian Dietrich  
E-Mail: [christian.dietrich@bafg.de](mailto:christian.dietrich@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5970  
Referat G2 – Gewässerchemie

## 2.2.9 Ökotoxikologische Charakterisierung von Scrubber-Abwässern mittels einer Biotestbatterie

Zur Reduktion der Schwefeldioxid-Emission durch die Hochseeschifffahrt können Abgasreinigungsanlagen eingesetzt werden (Scrubber). Die durch die Abgaswäsche entstehenden Abwässer werden in die marine Umwelt emittiert. Durch biologische Testverfahren werden Schadstoffwirkungen, die von diesen Abwässern ausgehen können, erfasst.

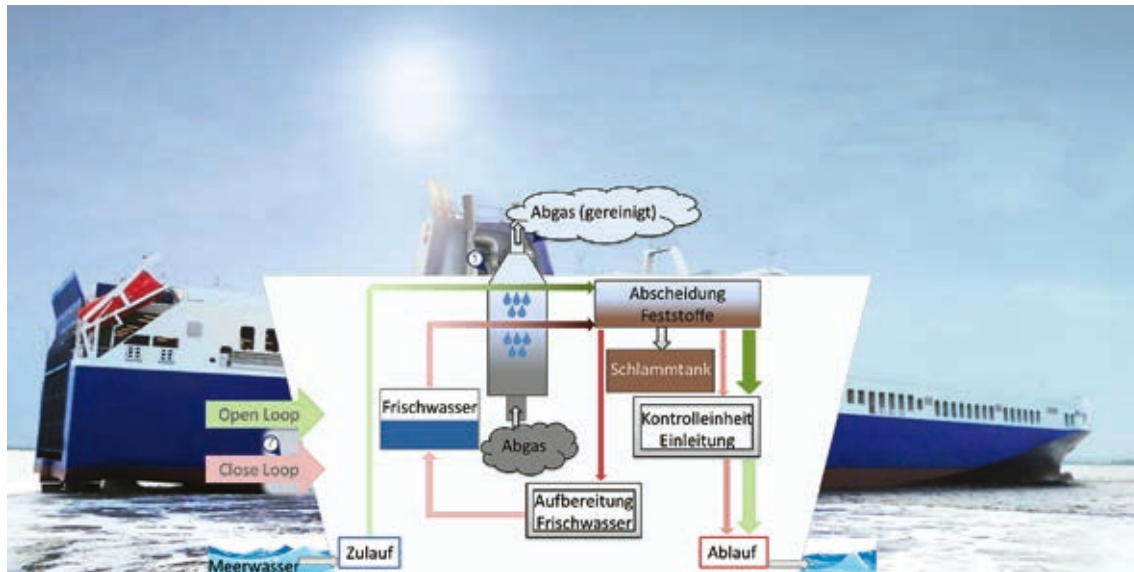


Abbildung 34: Abgasreinigungsanlage auf einer Fähre (Schema) (Bild Fähre: <https://www.egcsa.com/>)

Für die Zukunft wird eine Zunahme des internationalen Schiffsverkehrs prognostiziert. Damit steigen auch die schiffahrtsbedingten Emissionen mit möglichen negativen Auswirkungen für Mensch und Umwelt. Daher ist seit 2020 durch die Internationale Seeschifffahrtsorganisation (IMO) der Höchstgehalt von Schwefel im Schiffskraftstoff zur Verringerung der Luftverschmutzung weltweit auf 0,5 % (0,1 % in emissionskontrollierten Bereichen) begrenzt. Alternativ zur Umstellung auf schwefelarmen Kraftstoff kann eine Abgaswäsche (Scrubber) eingesetzt werden. Die durch die Abgaswäsche entstehenden Abwässer werden ins Meer emittiert, und es bestehen aufgrund von Studiendaten Bedenken hinsichtlich der Folgen dieser Emission für die Meeresumwelt. Die durch die derzeit geltende internationale Richtlinie festgelegten Qualitätskriterien (Guidelines for Exhaust Gas Cleaning Systems, IMO 2015) für die Scrubber-Abwässer werden daher als ungenügend angesehen und sollen überarbeitet werden.

### Veranlassung

Zur Einhaltung der 2020 festgelegten Schwefeldioxid-Emissionsgrenze können Seeschiffe mit Abgasreinigungsanlagen (Scrubber) ausgestattet werden. Dabei gibt es zwei Betriebsarten: Im offenen Kreislaufverfahren (open loop) wird das Abgas durch einen konstanten Strom von Meerwasser gereinigt und die Abwässer meist direkt wieder ins Meer eingeleitet. Bei einem geschlossenen Kreislaufverfahren (closed loop) wird eine zirkulierende Mischung aus Frisch- und Meerwasser mit Zusätzen verwendet. Die Abwässer werden erst nach Verdünnung und Entfernung partikulärer Bestandteile entlassen oder werden für eine Entsorgung an Land gelagert. Momentan ist die Datengrundlage unzureichend, um mögliche Umweltauswirkungen dieser Techniken fundiert abzuschätzen zu können. Daher wurden im Rahmen des Projekts Scrubber-Abwässer auf Schadstoffwirkungen in biologischen Testverfahren untersucht, um einen Beitrag



für die Entscheidung über die weitere Verwendung der Scrubber-Technologie in der Meeresschifffahrt zu liefern.

Die BfG untersuchte dabei konkret akute und subakute Wirkungen (Mutagenität, Algentoxizität, dioxinähnliche Wirkung in vitro), die durch Scrubber-Abwässer induziert werden können und wie sich diese Toxizität je nach Betriebsart eines Scrubbers (open oder closed loop) unterscheidet. Durch Probenanalysen an mehreren Stellen entlang des Reinigungsprozesses konnte auch der Frage zu möglichen technologischen Quellen von Schadstoffbelastungen nachgegangen werden. Letztendlich konnten wichtige Abschätzungen zu den ökotoxikologisch wirksamen Schadstoffemissionen unter Berücksichtigung der Abwassermenge und des Scrubber-Verfahrens erzielt werden.

## Ziele

- Bessere Charakterisierung der möglichen Schädwirkungen von Scrubber-Abwässern auf die marine Umwelt
- Betrachtung der unterschiedlichen Scrubber-Betriebsarten und deren Einfluss auf die Toxizität der Abwässer
- Ökotoxikologische Einschätzung der Reinigungseffizienz und der Behandlung der Scrubber-Abwässer in Hinblick auf eine Minderung der Schadstoffemission

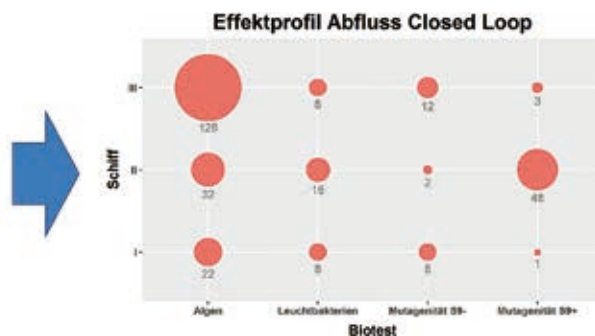


Abbildung 35: Exemplarische Ergebnisse der biologischen Testverfahren für Abwässer von Schiffen mit Scrubber im Closed-loop-Betrieb. Die Größe der Kreise im Effektprofil zeigt das Potenzial für eine Umweltschädigung an.

## Ergebnisse

Aufgrund der Ergebnisse aus den biologischen Testverfahren (marine Leuchtbakterien und Algentests sowie In-vitro-Verfahren zu dioxinähnlicher Wirkung und Mutagenität) kann von einer akut toxischen Wirkung des Abwassers für marine Bakterien und Algen unmittelbar vor der Einleitung ausgegangen werden, wenn ein Scrubber im Closed-loop-Verfahren betrieben wird. Closed-loop-Abwasserproben zeigten zudem ein mutagenes Potenzial nach Schadstoffanreicherung, welches auch durch die Behandlung des Abwassers vor der Einleitung nicht vollständig entfernt wird. Durch die Verwendung spezialisierter Teststämme sind für die mutagenen Effekte wahrscheinlich aromatische Amine und/oder Nitroarene verantwortlich. Sowohl beim Open-loop- als auch beim Closed-loop-Verfahren der Abgasbehandlung wurde eine dioxinähnliche Wirksamkeit der Abwässer festgestellt, die im Closed-loop-Betrieb deutlich höher war. Unter Berücksichtigung der abgegebenen Abwassermengen wurden durch das Open-loop-Verfahren jedoch eine annähernd 10-fach höhere Menge dioxinähnlicher Schadstoffe freigesetzt. Die Ergebnisse zeigen klar das Belastungspotenzial der Scrubber-Abwässer für die marine Umwelt. Für eine belastbare Bewertung der möglichen Umweltauswirkungen sind nun weitere Untersuchungen und Modellbetrachtungen nötig.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Das Projekt endete im Dezember 2019. Die durch die Arbeiten der BfG gewonnenen Erkenntnisse dienen jedoch als wichtige Grundlage für weiterführende ökotoxikologische Untersuchungen an Scrubber-Abwässern in einem Anschlussprojekt, an dem die BfG beteiligt ist. Dieses Projekt (Environmental Impacts of Exhaust Gas Cleaning Systems for Reduction of SOx on Ships; ImpEx) wird unter Federführung des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie durchgeführt und vom Umweltbundesamt gefördert.

### Publikationen zum Thema

KATHMANN, KASTE, KIRCHGEORG, REIFFERSCHIED, BUCHINGER (2018): Umweltrisikobewertung von Abgaswäschern. Poster zur Tagung: „Verkehr und Infrastruktur 2018 – 1. Tagung des BMVI-Expertennetzwerks“ in Berlin, 14. Juni 2018

KATHMANN, BUCHINGER, KIRCHGEORG, REIFFERSCHIED, SCHÄFFER (2018): Ökotoxikologische Risikobewertung von Washwasser aus Abgasentschwefelungsanlagen (Scrubber) in der Seeschifffahrt. Poster bei der SETAC GLB in Münster am 5. September 2018

KATHMANN, KIRCHGEORG, REIFFERSCHIED, SCHÄFFER, BUCHINGER (2019): Adverse biological effects of scrubber water discharges from ships – A comparative toxicity assessment. Poster bei der 29. Jahrestagung der SETAC-Europe, 26.–30. Mai 2019

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2016–12/2019
<b>Auftraggeber</b>	BMVI-Expertennetzwerk ( <a href="http://www.bmvi-expertennetzwerk.de">www.bmvi-expertennetzwerk.de</a> )
<b>Projektpartner</b>	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620204036

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Georg Reifferscheid  
E-Mail: [reifferscheid@bafg.de](mailto:reifferscheid@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5176  
Referat G3 – Biochemie und Ökotoxikologie

## 2.2.10 Minderungsmöglichkeiten von verkehrsbedingten Geräuschemissionen und Lärmimmissionen in Luft

Es wurden die Grundlagen zur Bewertung einer Kumulationssituation mit mehreren verkehrsbedingten Lärmquellen und für eine meteorologische Korrektur von verkehrsbedingten Immissionspegeln geschaffen.



Abbildung 36: Messung der Geräuschemission eines vorbeifahrenden Binnenschiffs

Nachhaltigkeit und Umweltschutz gewinnen im Verkehrssektor zunehmend an Bedeutung und beinhalten die Minimierung der mit dem Verkehr verbundenen Lärmbelastungen für Mensch und Umwelt. Die bereits erzielten Fortschritte beim Lärmschutz werden jedoch teilweise durch steigende Verkehrszahlen und immer dichtere Verkehrsnetze aufgehoben. Da dauerhaft einwirkender Lärm sich in verschiedener Weise negativ auf die physische und psychische Gesundheit auswirkt, sind neue und insbesondere verkehrsträgerübergreifende Lärminderungsstrategien gefragt.

### Veranlassung

Obwohl sich zahlreiche Menschen in Deutschland durch zwei oder mehr Verkehrslärmquellen belästigt fühlen, werden Lärmimmissionen in der Regel für jeden Verkehrsträger einzeln berechnet und Lärminderungsmaßnahmen für einzelne Verkehrsträger konzipiert. Verkehrsträgerübergreifende Untersuchungen werden nur in Einzelfällen vorgenommen.

Es wird jedoch grundsätzlich eine Ermittlung und Bewertung des Gesamtverkehrslärms benötigt, um die Lärmbelastungen für Betroffene effektiv mindern zu können. Da sich die Geräusche der einzelnen Verkehrsträger (Straße, Schiene, Wasserstraße und Luft) stark in ihrem zeitlichen Verlauf und ihrer spektralen Zusammensetzung unterscheiden (Abb. 36), müssen für eine Bewertung des verkehrsbedingten Gesamt-lärms zunächst neue technische Regelungen auf wissenschaftlicher Basis erarbeitet werden. Es stellt sich auch die Frage, inwieweit der Gesamtverkehrslärm durch verkehrsträgerübergreifende Lärminderungsmaßnahmen reduziert werden kann.

### Ziele

Es sind neue Potenziale zur Reduzierung von verkehrsbedingten Geräuschemissionen und Lärmimmissionen und insbesondere verkehrsträgerübergreifende Ansätze im Lärmschutz zu erschließen. Auf dem Weg zu einer einheitlichen Herangehensweise an eine Gesamtlärmproblematik müssen zunächst u.a. Konventionen zur Bewertung einer Kumulationssituation getroffen werden. So liegt ein Zwischenziel darin, ein praktikables Verfahren für eine Gesamtlärmbetrachtung zu erarbeiten. Ebenso sollen meteorologische Einflüsse, die sich in Abhängigkeit vom Frequenzspektrum der Schallquelle unterschiedlich auf die Ausbreitung von Verkehrslärm auswirken, näher untersucht werden.

### Ergebnisse

Für Situationen mit mindestens zwei Verkehrsträgern wurde ein zweistufiges Verfahren zur Lärminderung bei Kumulation entwickelt, welches alle beteiligten Verkehrslärmquellen in die

Bewertung miteinbezieht. Es wurde festgestellt, unter welchen Bedingungen ein Verkehrsträger mit Blick auf den Lärmschutz dominant einwirkt und unter welchen Bedingungen eine Lärmkumulation vorliegt, die eine verkehrsträgerübergreifende Lärminderungsstrategie erforderlich macht. In einem zweiten Schritt wird eine strukturierte Vorgehensweise inkl. geeigneter Darstellungs- und Bewertungswerkzeuge zur Maßnahmenfindung durchlaufen. Der entwickelte Leitfaden ist ein praxisnahes Werkzeug für die Gesamtlärbetrachtung, welches eine umfassende Bewertung der Situation ermöglicht.

Bezüglich der meteorologischen Einflüsse deutet sich ein nicht zu vernachlässigender Einfluss des Wetters auf die Schallausbreitung in bestimmten Situationen an. Die Ergebnisse versprechen eine neuartige Hilfestellung, um Diskrepanzen zwischen Berechnungsmodellen und tatsächlicher Lärmbelastung aufzulösen.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

In der 2. Phase des BMVI-Expertennetzwerks sollen die bisherigen Erkenntnisse vertieft und weitere offene Fragestellungen angegangen werden. Ein

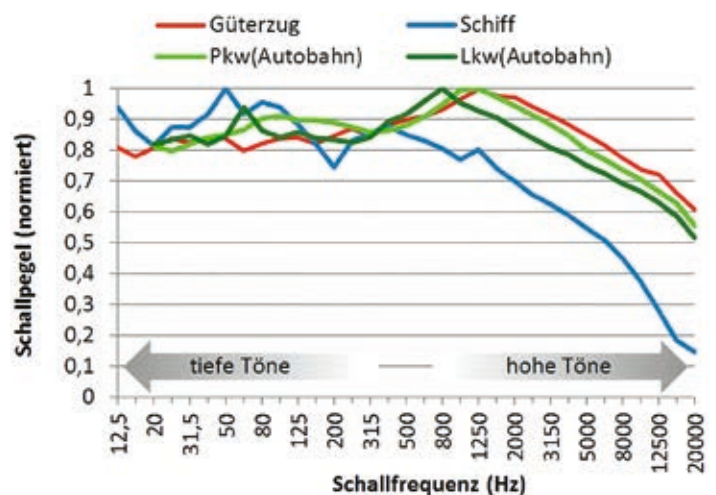


Abbildung 37: Vergleich der Anteile von tiefen und hohen Tönen an den Geräuschemissionen verschiedener Verkehrsträger

wichtiger Aspekt wird die Praxiserprobung und Weiterentwicklung der Methoden zur Gesamtlärbewertung und zur Berücksichtigung von meteorologisch bedingten Effekten sein.

Hinsichtlich der schiffsbedingten Schallemissionen bedarf es einer Überprüfung und Erweiterung der Datengrundlage durch Schallmessungen an Wasserstraßen. Dabei wird auch der tieffrequente Schallanteil bei Binnenschiffen und die damit zusammenhängende Lärmwirkung untersucht werden.

### Publikationen zum Thema

Bundesanstalt für Gewässerkunde (2003): ABSAW – Anleitung zur Berechnung der Luftschallausbreitung an Bundeswasserstraßen. BfG-1250, Stand 6/2003

### Projektlaufzeit

01/2016–12/2019

### Auftraggeber

BMVI-Expertennetzwerk ([www.bmvi-expertennetzwerk.de](http://www.bmvi-expertennetzwerk.de))

### Projektpartner

Bundesanstalt für Straßenwesen (Federführung)  
Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt  
Deutsche Flugsicherung GmbH

### Projekt-Nr.

M39610104045

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Patrick Wagner

E-Mail: [patrick.wagner@bafg.de](mailto:patrick.wagner@bafg.de)

Tel.: +49(0)261 1306 5366

Referat M1 – Hydrometrie und Gewässerkundliche Begutachtung

## 2.2.11 Effizientes ingenieurgeodätisches Monitoring der Verkehrsbauwerke

Ein ingenieurgeodätisches Bauwerksmonitoring auf der Basis neuester praxisorientierter Lösungen ist eine Grundvoraussetzung zur Gewährleistung einer zuverlässig funktionsfähigen und sicheren Verkehrsinfrastruktur.



Abbildung 38: Neue ingenieurgeodätische Systeme zum Monitoring von Verkehrsinfrastrukturbauwerken

Das Projekt wurde zur Entwicklung von Verfahren und Vorgehensweisen für die Erfassung und Beurteilung des Bestands von Verkehrsbauwerken konzipiert und bearbeitet. Gegenstand der Forschung und Entwicklung waren geodätische Problemstellungen des Bauwerksmonitorings unter Einbeziehung der Bauwerksumfelder. Die Aktivitäten sollten eine fachlich und wirtschaftlich optimierte Aufgabenerledigung erwarten lassen. Es dienten vor allem die Bedarfe zur längeren Erhaltung der Funktionstüchtigkeit, Begleitung von Instandsetzungs- und Modernisierungsmaßnahmen sowie Praxistauglichkeit als Orientierung.

### Veranlassung

Orientiert an realen Bedarfen wurden am Beispiel der Schleusenanlage Hessigheim/Neckar Monitoringlösungen und -strategien evaluiert und soweit sinnvoll weiterentwickelt. Als potenzielle Alternativen bzw. Ergänzungen zu herkömmlichen, i.d.R. punktbezogenen Techniken zur kontinuierlichen Überwachung wurden drei experimentell orientierte Teilprojekte verfolgt und zwar:

TP 1: Hochgenaue, permanente und automatisierte Erfassung von Neigungsänderungen von Bauwerken (hier Wehrpfeiler) unter Berücksichtigung der systembedingten Nennbetriebsbedingungen (langzeitliches Neigungsmonitoring)

TP 2: Erstellung hochauflösender digitaler Differenzenmodelle einer Bauwerksanlage mit unmittelbarem Bauwerksumfeld auf der Basis UAV-gestützt erfasster digitaler Bild- und Laserdaten (Höhenbewegungsmonitoring im Millimeterbereich)

TP 3: Hochgenaue und zuverlässige Erfassung räumlicher Veränderungen von Bauwerksanlagen mit erweitertem Bauwerksumfeld mittels satellitengestützter Radarinterferometrie (Höhenbewegungsmonitoring im Millimeterbereich)

## Ziele

Alle Aktivitäten verfolgten die Zielsetzung, die Verfahrenslösungen für einen potenziellen Wirkbetrieb zu optimieren. Fokussiert wurden

- TP 1: Evaluierung redundanter Messsysteme unterschiedlicher Hersteller und Genauigkeitsklassen unter Einbeziehung objekt- und messungsbeeinflussender Parameter
- TP 2: Optimierung der methodischen flächenbasierten Lösungsansätze mit dem Hauptfokus der 3D-Messdatenfusion
- TP 3: Nachweis der entsprechenden Eignung der Sentinel-1-Radardaten des europäischen Erdbeobachtungsprogramms „Copernicus“

## Ergebnisse

TP 1: Es stehen ausgewählte Neigungsmesssysteme mit zugehörigen Temperatursensoren zur Verfügung, die zuverlässig und belastbar Messdaten kontinuierlich hochgenau und -frequent webgestützt und damit ortsunabhängig bereitstellen. Fundamental sind eine bedarfsgerechte Auswahl der Systeme und deren kontinuierliche Überwachung im Betrieb. So können die Möglichkeiten nur mit zweiachsigen umschlagbaren, aber höherpreisigen Systemen ausgeschöpft werden, um Neigungsänderungen von 0,2 mm/m nachzuweisen.

TP 2: Die flächenhafte hochgenaue Erfassung von Höhenbewegungen von 1 cm/a mithilfe UAV-gestützter Kamera- und Lasersysteme ist möglich, aktuell aber noch sehr aufwendig, vor Ort und in der Auswertung. Weitere fachliche und wirtschaftliche Optimierungspotenziale sind offensichtlich.

TP 3: Die Sentinel-1-Radardaten (5 m x 20 m) sind

nicht für das hochgenaue Bauwerksmonitoring geeignet. Optimal sind Daten ab einer Auflösung  $\leq 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ .

## Ausblick auf die nächsten Jahre

TP 1: Die Überführung der FuE-Ergebnisse in den Wirkbetrieb der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung steht als BfG-Beratungsaufgabe an.

TP 2: Weiterentwicklungen zum gleichzeitigen Einsatz beider Sensoren mit einem UAV und zur Fusionierung aller Daten zu einem Nutzerprodukt werden seitens der BfG aktiv betrieben.

TP 3: Inwieweit sich u.a. Sentinel-1-Radardaten für einen großräumigen Überwachungsdienst für Verkehrsinfrastrukturobjekte nutzen lassen, ist Gegenstand des aktuell begonnenen BfG-FuE-Projektes der 2. Expertennetzwerkphase.

### Publikationen zum Thema

BROCKMANN, H., U. SÖRGEL, P. HAVEL, L. RÖPEL, M. CRAMER, P. SCHNEIDER (2020): Multisensorales ingenieurgeodätisches Bauwerks- und -umfeldmonitoring. In: TU Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydro-mechanik (Hrsg.): Interdisziplinärer Wasserbau im digitalen Wandel. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 63. S. 265–274

Geodätische Ressortforschung für sichere und zuverlässige Verkehrsinfrastrukturen, Sonderheft mit den Projektergebnissen „Effizientes ingenieurgeodätisches Monitoring der Verkehrsbauwerke“. Allgemeine Vermessungsnachrichten, Heft 3/2020, 127. Jahrgang, VDE VERLAG GMBH mit den Beiträgen:

- CRAMER, M., M. KÖLLE, N. HAALA, P. HAVEL, P.: Flächenhaftes UAV-Monitoring: das Hessigheim-Projekt. S. 107–117
- SCHNEIDER, P., U. SÖRGEL: Monitoring einer Schleuse mittels Persistent-Scatterer-Interferometrie. S. 118–124
- SCHWARZ, W., M. FEDAN: Effiziente Neigungsmessungen – ein Verfahren der permanenten Bauwerksüberwachung. S. 125–146

RÖPEL, L., K. BÖHM, H. BROCKMANN, M. FEHDI, W. SCHWARZ, D. SELINKA (2020): Effizientes ingenieurgeodätisches Monitoring der Verkehrsbauwerke, Teilprojekt 1: Neigungsmessungen, Bericht BfG-2021, Koblenz, 42 S.

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2016–12/2019
<b>Auftraggeber</b>	BMVI-Expertennetzwerk ( <a href="http://www.bmvi-expertennetzwerk.de">www.bmvi-expertennetzwerk.de</a> )
<b>Projektpartner</b>	Bundesamt für Güterverkehr Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Bundesanstalt für Straßenwesen Bundesanstalt für Wasserbau Deutscher Wetterdienst Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610504097

### Ansprechpartner der BfG

Herbert Brockmann  
E-Mail: [brockmann@bafg.de](mailto:brockmann@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5214  
Referat M5 – Geodäsie und Fernerkundung

## 2.2.12 Wassermengenbewirtschaftung von Elbe-Seitenkanal und Mittellandkanal unter Berücksichtigung erneuerbarer Energien

Je nach Flächenverfügbarkeit können 14 % oder 99 % der an der Verkehrsinfrastruktur von Wasser- und Landstraße erzeugten Sonnenenergie zur Reduzierung der Pumpkosten zur Bewirtschaftung der Wasserstraßen genutzt werden.

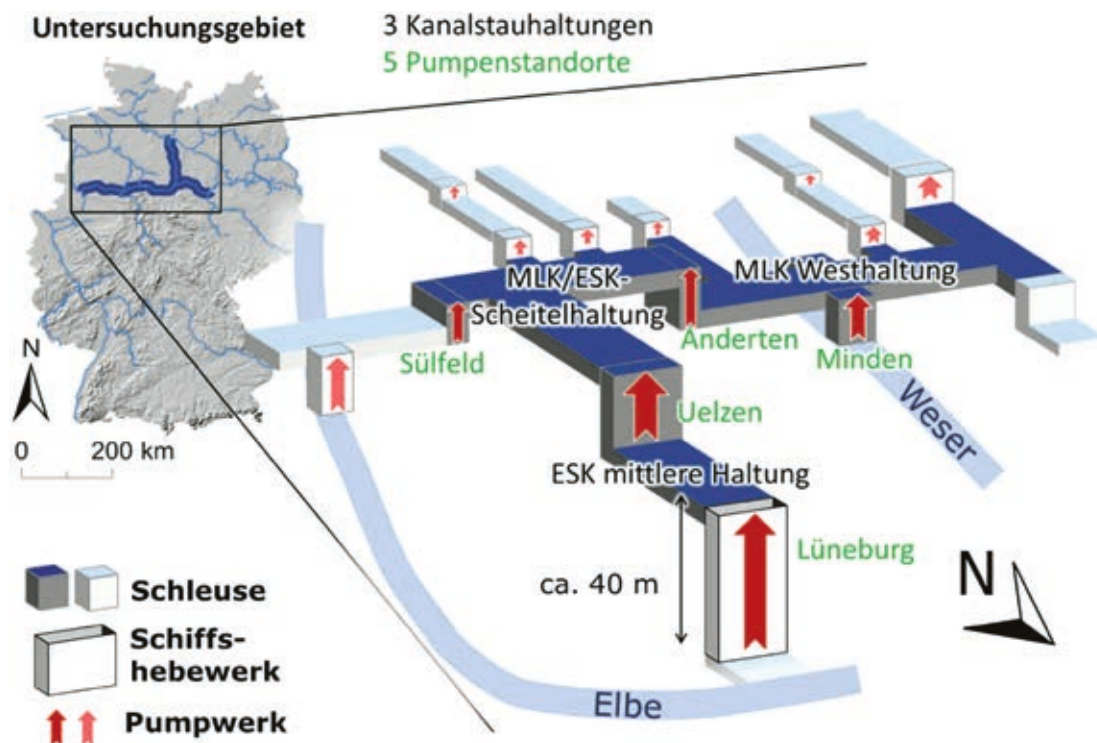


Abbildung 39: Systemskizze des Untersuchungsgebietes: Elbe-Seitenkanal (ESK) und Mittellandkanal (MLK)

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich im Klimaschutzplan 2050, der die Ziele des Pariser Abkommens konkretisiert, verpflichtet, die Treibhausgasemissionen, die in 2014 902 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente betragen und damit zu dem Zeitpunkt einer Reduktion von ca. 30 % im Vergleich zu 1990 entsprachen, bis 2030 auf 543–562 Mio. t und somit um 55–56 % gegenüber 1990 zu vermindern.

Mit dem Betrieb der Verkehrsinfrastruktur und dem Verkehr ist das Ressort des BMVI hierbei in den Handlungsfeldern Energiewirtschaft, Gebäude und Verkehr beteiligt. Die Ziele für 2030 sehen Einsparungen um mindestens 61 % (Energiewirtschaft), 40 % (Verkehr) und 66 % (Gebäude) vor.

### Veranlassung

Die Verkehrsinfrastruktur der Wasserstraße kann ihren Beitrag hierzu leisten, indem sie sich das Ziel setzt, zukünftig energieeffizienter zu werden, verstärkt erneuerbare Energien (EE, hier exemplarisch untersucht anhand der Photovoltaik-Technologie) regional erzeugt und nutzt, um hierdurch Stromkosten zu reduzieren. Hier setzen die Arbeiten der BfG an.

Die Kanalstauhaltungen stellen ein System aus Wasserkörpern verschiedener Höhenlagen dar, die durch Absperrbauwerke wie Schleusenanlagen und Pumpwerke miteinander verbunden sind. Ihre Bewirtschaftung erfolgt prioritär entsprechend der



Anforderungen der Schifffahrt, gleichwohl werden auch die Interessen anderer Nutzer der Wasserstraße berücksichtigt. Bei einem nicht ausreichenden Wasserangebot in den Kanalhaltungen zur Einhaltung eines Zielwasserstandes ist es erforderlich, Wasser aus oberhalb liegender Haltung im Freigefälle beizuführen oder kostenbindend aus unterhalb liegender Haltung zu pumpen.

Ziel der Untersuchungen ist es, das Potenzial fluktuierend verfügbarer Sonnenenergie abzuschätzen, um die Pumpkosten zur Bewirtschaftung der Kanäle zu reduzieren. Pilotgebiet sind der Elbe-Seitenkanal und der Mittellandkanal.

## Ziele

- Analyse des Energieverbrauchs für den Betrieb der Wasserstraßen
  - Zusammenstellung von deutschlandweiten Daten zum Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge und zur Wärmebereitstellung für die Gebäude der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)
  - Analyse des Stromverbrauchs von Pumpwerken zur Wasserbewirtschaftung für das Untersuchungsgebiet am Elbe-Seitenkanal und Mittellandkanal
- Identifikation möglicher Potenziale zur Erzeugung erneuerbarer Energien an der Wasserstraßeninfrastruktur
- Untersuchung der Nutzbarkeit des an der Infrastruktur verschiedener Verkehrsträger erzeugten Stroms für Pumpwerke zur Wasserbewirtschaftung

## Ergebnisse

- Der Energiebedarf wurde für Kanalpumpwerke, die Fahrzeugflotte und die Wärmeversorgung der Gebäude aufgezeigt und für die Kanalpumpwerke umfangreich ausgewertet. Der Strombedarf der Pumpwerke an MLK und ESK weist in der Summe einen typischen saisonalen Verlauf mit einem Maximum in den Sommermonaten auf, der jedoch nicht bei jedem Pumpwerk gleich stark ausgeprägt ist.
- Unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Sonnenenergie erfolgte eine Model-

lierung des Pumpenbetriebs zur Wasserbewirtschaftung der Kanäle. Die Ergebnisse zeigen, dass bei der Stromerzeugung auf Gebäudedächern von WSV-Außenbezirken und Autobahnmeistereien in der Umgebung des Kanals 14 % des Strombedarfs der Pumpwerke gedeckt werden können. Dabei wird nahezu der gesamte erzeugte Strom ausgenutzt. Werden zusätzlich Lärmschutzeinrichtungen an umliegenden Straßen genutzt, wird das 80-fache der benötigten Strommenge erzeugt. Es können damit 99 % des Bedarfs gedeckt werden.

- Es wurde zusätzlich eine Pumpensteuerungsstrategie entwickelt, die die Menge des verfügbaren EE-Stroms berücksichtigt. Diese kann im Vergleich zur aktuell angewendeten Pumpensteuerung den genutzten Anteil des EE-Stroms nur geringfügig um maximal 4 % erhöhen.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Weiterer Forschungsbedarf

- Systematische Erfassung des Strombedarfs. Neben den Pumpwerken sollten alle Stromnutzer in der WSV erfasst und in die Rechnung mit einbezogen werden.
- Ergänzung des Stromerzeugungsportfolios. Neben der Erzeugung von erneuerbarem Strom durch Photovoltaikanlagen könnten auch Windkraftanlagen verwendet werden.
- Weiterentwicklung der energieorientierten Steuerstrategie. Berücksichtigung von (wenn verfügbar) vorhandenen Speichern oder Erarbeitung einer saisonal Pumpstrategie.
- Ausweitung der Untersuchungen auf ganz Deutschland. Die für das Gebiet am MLK und ESK durchgeführten Untersuchungen zur Eigennutzung von EE-Strom sollten auf alle Bundeswasserstraßen ausgeweitet werden.

### Publikationen zum Thema

AUERBACH, M., A.-D. EBNER VON ESCHENBACH, D. EICHLER, F. GERSDORF, F. KASPAR, D. MAJEWSKI, D. NIERMANN, B. SCHIMA, P. STREEK (2020): Einsatzpotenziale erneuerbarer Energien für Verkehr und Infrastruktur verstärkt erschließen. Ergebnisbericht des Themenfeldes 5 im BMVI-Expertennetzwerk für die Förderphase 2016–2019

SCHIMA, B. & A.-D. EBNER VON ESCHENBACH: Wassermengenbewirtschaftung von Elbe-Seitenkanal und Mittel-landkanal unter Berücksichtigung erneuerbarer Energien. BfG-Bericht in Finalisierung

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2016–12/2019
<b>Auftraggeber</b>	BMVI-Expertennetzwerk ( <a href="http://www.bmvi-expertennetzwerk.de">www.bmvi-expertennetzwerk.de</a> )
<b>Projektpartner</b>	Eisenbahnbundesamt Bundesanstalt für Straßenwesen Deutscher Wetterdienst
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610204055

### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Anna-Dorothea Ebner von Eschenbach

E-Mail: [EbnerVonEschenbach@bafg.de](mailto:EbnerVonEschenbach@bafg.de)

Tel.: +49(0)261 1306 5187

Referat M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

## 2.3 Drittmittel-finanzierte Gewässerforschung

### 2.3.1 Ceroxid-Partikel zur Verhinderung von Biofouling

**Ceroxid-Partikel als funktionelle Haloperoxidase-Analoga zur Verhinderung von Biofouling**  
Bei der Bildung von Biofilmen kommunizieren Mikroorganismen über „Quorum Sensing“. Zusammen mit der Universität Mainz wird versucht, diese Kommunikation gezielt zu unterbrechen, um Biofouling zu verhindern.



Abbildung 40: Biofouling am Bootsrumf (Quelle: BSH, [https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Schifffahrt/Umwelt\\_und\\_Schifffahrt/Biofouling/biofouling\\_node.html](https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Schifffahrt/Umwelt_und_Schifffahrt/Biofouling/biofouling_node.html))

Die unerwünschte Ansiedlung von Organismen (Biofouling) auf Schiffsrümpfen ist eine zentrale Herausforderung der Schifffahrt. Zur Vermeidung werden in der Regel Schutzanstriche mit giftigen Bioziden verwendet. Manche Algen schützen sich gegen Fouling, indem sie die Kommunikation von Bakterien, das sog. „Quorum Sensing“, stören. Die Algen wandeln die Signalmoleküle der Bakterien mittels Wasserstoffperoxid und Halogeniden aus dem Wasser enzymatisch zu halogenierten Produkten um. Ziel ist es, diese Strategie der Algen durch biozidfreie Beschichtungen aus Ceroxid-Nanopartikeln nachzuahmen.

#### Veranlassung

In vorherigen Arbeiten der Universität Mainz wurde gezeigt, dass Vanadiumpentoxid-Nanopartikel ( $V_2O_5$ ) die Bildung von Hypohalogeniden aus Wasserstoffperoxid und Halogeniden katalysieren und so als hochwirksamer Enzymersatz fungieren können. In Feldtests wurde der Bewuchs bei entsprechend beschichteten Oberflächen erfolgreich gehemmt, allerdings kam es zur Auslaugung von wasserlöslichen und für Wasserorganismen giftigen Polyvanadaten.

Als mögliche Alternative zeigten in Wasser praktisch unlösliche Ceroxid-Nanopartikel eine hohe Aktivität. Bislang ist allerdings ungeklärt, ob und in welchem Maße „Quorum Sensing“-Signalmoleküle hierdurch abgebaut oder halogeniert werden, und ob sich dadurch ein ausreichender Schutz vor Biofouling realisieren lässt.

In Labor- und Feldversuchen sollen daher Halogenierungsreaktionen von Signalmolekülen nachgestellt bzw. verfolgt und dabei entstehende Halogenierungsprodukte untersucht werden.

## Ziele

- Aufklärung der Reaktionsmechanismen und Abbauwege
- Kenntnis über die praktischen Einsatzmöglichkeiten und Limitierungen von Ceroxid-Nanopartikeln zur Verhinderung von Biofouling
- Verbesserung des Grundlagenverständnisses zur langfristigen Entwicklung biozidfreier und nachhaltiger Antifoulingstrategien

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Durchführung von Untersuchungen zur Wirksamkeit von Ceroxid-Nanopartikeln gegen verschiedene Signalmoleküle
- Identifikation und Charakterisierung der Halogenierungsprodukte und möglicher weiterer Transformationsprodukte
- Untersuchung des Ablaufs der Halogenierungsreaktionen unter realistischen Bedingungen
- Untersuchung der Konzentration, Stabilität und antibakteriellen Wirkung der Halogenierungsprodukte in Oberflächengewässern

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2018–12/2022
<b>Fördermittelgeber</b>	Deutsche Forschungsgemeinschaft
<b>Projektpartner</b>	Prof. Dr. Wolfgang Tremel, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Fachbereich Chemie, Pharmazie und Geowissenschaften, Institut für Anorganische Chemie und Analytische Chemie
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620204058

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Christian Dietrich  
E-Mail: christian.dietrich@bafg.de  
Tel.: +49(0)261 1306 5970  
Referat G2 – Gewässerchemie

## 2.3.2 Porengehaltvariabilität Flusssedimente – Die räumliche Variabilität des Porengehalts in fluvialen Sedimenten

Der Porengehalt der Flusssohle (Porosität) hat einen direkten Einfluss auf die ökologische, morphologische und geologische Wirkung eines Flusssystems. Trotzdem ist bisher nur wenig über die natürliche Variabilität der Sedimentporosität bekannt.

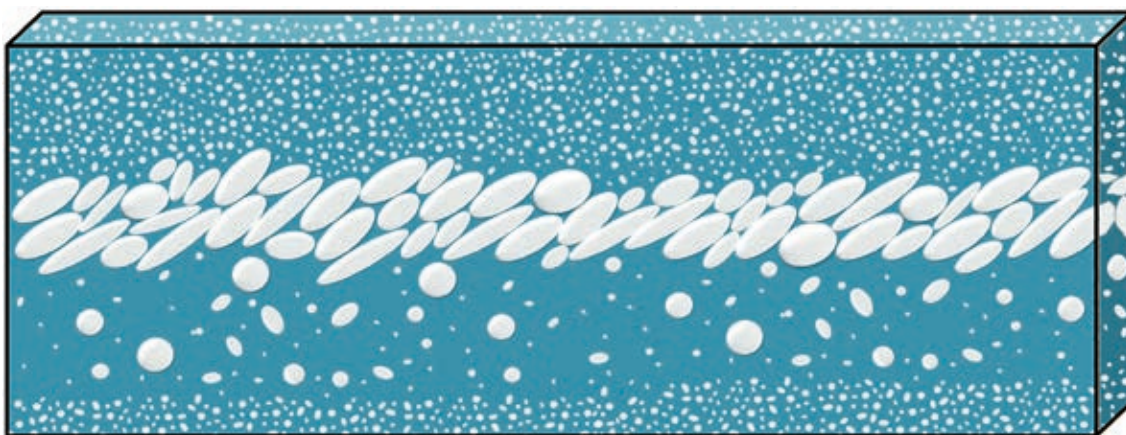


Abbildung 41: Flusssedimentablagerung mit verschiedenen Sedimentschichten und Schuppenbildung. (Quelle Frings, aus: Projektantrag "Spatial Variations in River Bed Porosity – Stratification and Ibrication")

Die Sedimentporosität ist eine der wichtigsten strukturellen Eigenschaften eines Flussbettes. Sie hat Einfluss auf Änderungen des Flussbettniveaus, Strömungsprozesse in den Porenzwischenräumen, die Einleitung von Sedimentbewegungen und die Energiedissipation. Eine Fehleinschätzung der Porosität führt zu systematischen Fehlern in ökologischen, morphologischen, geologischen und geotechnischen Studien. Der wirtschaftliche Verlust für die Gesellschaft kann erheblich sein.

### Veranlassung

Während die wesentlichen Faktoren, die die Porosität von Böden beeinflussen, bereits gut bekannt sind, wurde der Bestimmung der maßgeblichen Faktoren für die Porosität von fluvialen Sand-Kies-Gemischen bisher nur wenig Beachtung geschenkt. Auf der Basis von Studien in den Materialwissenschaften und der Pharmazie/Chemie ist davon auszugehen, dass die Porosität von fluvialen Sand-Kies-Gemischen von den Sedimenteigenschaften (insbesondere Korngröße und Kornform) und den Ablagerungsbedin-

gungen (z.B. hydraulischer Gradient, Abscheiderate) abhängt. In der Vergangenheit wurde nur die Auswirkung der Korngröße auf die Flusssedimentporosität detailliert quantifiziert. Die Auswirkungen der Kornform auf die Porosität fanden aufgrund der Komplexität, die durch die willkürlichen Formen natürlicher Partikel verursacht wird, nur wenig Beachtung. Dazu sollen in diesem Projekt die Korngröße gemeinsam mit der Kornform und der Porosität von natürlichen fluvialen Sedimenten im Rahmen von Laborexperimenten untersucht werden. Die daraus resultierenden Ergebnisse werden daraufhin mit einem physikalischen Packmodell analysiert und die Porosität vorhergesagt.

### Ziele

Ziel des Projekts ist es, die räumliche Variation der Porosität und deren Ursache in fluvialen Kies-Sand Mischungen zu quantifizieren. Hierfür werden umfangreiche Experimente und Messungen in der BfG-eigenen Versuchshalle, der Natur und am Computer durchgeführt. Dabei kommen neben innovativen

Messmethoden, wie z.B. Röntgen-CT und hochauflösender Fotogrammetrie auch numerische Hochleistungssimulationen zum Einsatz. Das aus dem Projekt gewonnene grundlegende Verständnis und die verbesserte Vorhersage der räumlichen Variationen der Porosität, werden neben der fluvialen Wissenschaft auch anderen Wissenschaftsbereichen, der Gesellschaft und der Wirtschaft zugutekommen.



Abbildung 42: Imbrikation: Ablagerung abgeflachter oder scheibenförmiger Körner (Kiese) im Flussbett (Foto: Frings)

## Ergebnisse

- Genaue Bestimmung der In-situ-Porosität von fluvialen Sand-Kies-Gemischen
- Entwicklung einer neuen Methode (hochauflösende Fotogrammetrie), die die Messung der Porosität in Feldstudien maßgeblich beschleunigt
- Erstellung computergestützter Packungssimulationen, bei denen mithilfe der NSGD-Methode (Non-Smooth Granular Dynamics) die zufällige dichte Packung kugelförmiger Partikel mit verschiedenen Partikelgrößenverteilungen und zwei Arten von Ablagerungsbedingungen simuliert werden können

- Beitrag zur Charakterisierung des Sedimentbudgets des Rheins (als erster Fluss weltweit)
- Beitrag zur synoptischen Studie u.a. Netto-Sedimentation des Rheins in stromaufwärts gelegenen Bereichen (durch den Bodensee) und Nettoerosion in stromabwärts gelegenen Bereichen (entgegengesetzt des Trends anderer großer Flusssysteme)

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Fortführung der jahrzehntelangen kooperativen Forschung zur Porosität der Flusssohle mit der RWTH Aachen in einer Projektphase zur Imbrikation

### Publikationen zum Thema

FRINGS, R. M., G. HILLEBRAND, N. GEHRES, K. BANHOLD, S. SCHRIEVER, T. HOFFMANN (2019): From source to mouth: Basin-scale morphodynamics of the Rhine River, *Earth-Science Reviews*.  
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.04.002>

TABESH, M., T. HOFFMANN, S. VOLLMER, H. SCHÜTTRUMPF, R. M. FRINGS (2019): In-situ measurement of river-bed sediment porosity using Structure-from-Motion image analysis. *Geomorphology*.  
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.04.011>

SCHRUFF, T., R. LIANG, U. RÜDE, H. SCHÜTTRUMPF, R. M. FRINGS (2018): Generation of dense granular deposits for porosity analysis: assessment and application of large-scale non-smooth granular dynamics. *Computational Particle Mechanics* 5(1), pp. 59–70, <https://doi.org/10.1007/s40571-016-0153-0>

<b>Projektlaufzeit</b>	04/2017–03/2020
<b>Fördermittelgeber</b>	Deutsche Forschungsgemeinschaft
<b>Projektpartner</b>	RWTH Aachen
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610304088

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Stefan Vollmer  
 E-Mail: [vollmer@bafg.de](mailto:vollmer@bafg.de)  
 Tel.: +49(0)261 1306 5481  
 Referat M3 – Gewässermorphologie, Sedimentdynamik und -management

## 2.3.3 IMPREX – IMproving PRedictions and management of hydrological EXtremes

Ziel von IMPREX war die zeitskalenübergreifende Steigerung der Güte von Kurzfrist-, Mittel- und Langfristvorhersagen sowie der Zuverlässigkeit von Klimaprojektionen mit dem Fokus auf Extremereignisse.

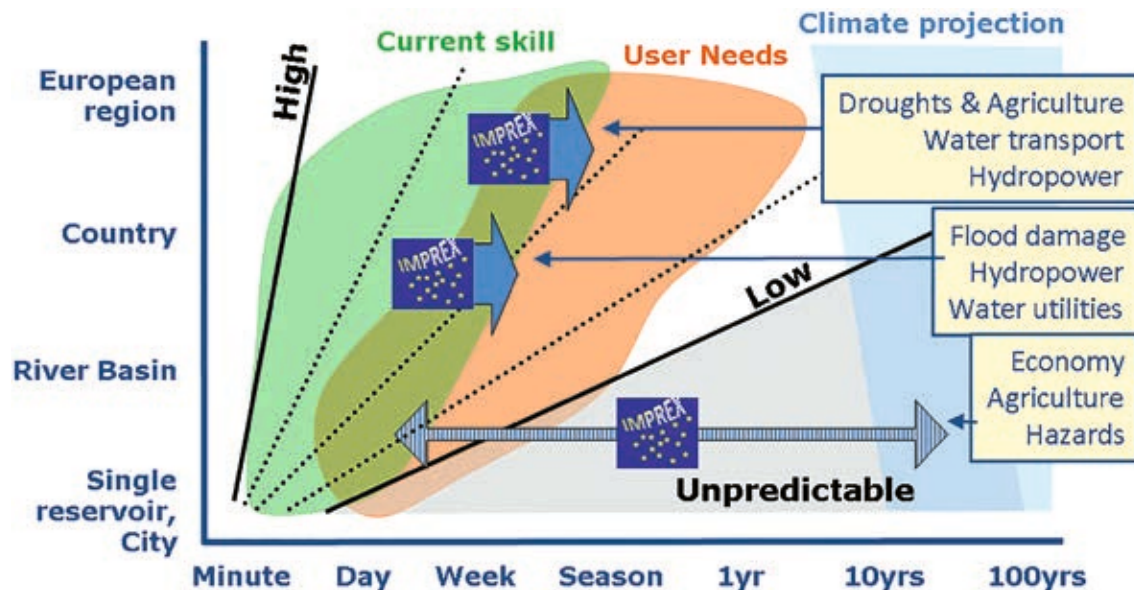


Abbildung 43: Vorhersagbarkeit von Wetter- und Klimamodellen für unterschiedliche Skalen und Nutzerbedürfnisse (VAN DEN HURK et al. 2016)

Trotz der Entwicklungen und Verbesserungen in den letzten Jahren besteht immer noch eine Diskrepanz zwischen der Vorhersagegüte auf unterschiedlichen Skalen und den Nutzeranforderungen (Abbildung 43). Daher wurden im Rahmen von IMPREX Ansätze entwickelt, um die Güte und insbesondere die Nutzbarkeit von Vorhersagen und Klimaprojektionen zu steigern, indem gezielt aktuell eingesetzte Modellsysteme optimiert und erweitert wurden. Ein besonderer Fokus lag auf der Durchführung zahlreicher Fallstudien, um regions- und sektorübergreifend Mehrwert und Robustheit der Vorhersagen zu bewerten.

### Veranlassung

Der Wasserstraßentransport und Unternehmen, die von diesem abhängen, sind Sektoren die besonders anfällig für (extreme) Niedrigwasser-

ereignisse sind, da die verfügbare Transportkapazität der Bundeswasserstraßen in diesen Zeiten stark vermindert ist. Um die Verletzlichkeit der vom Wassertransport abhängigen Sektoren bei längerfristigen Niedrigwasserperioden nachhaltig zu reduzieren, sind Vorhersagen mit einem längeren Vorhersagezeitraum, der über mehrere Tage hinausgeht, erforderlich. Einen wesentlichen Beitrag liefern längerfristige Vorhersagen bei der Optimierung der Logistik- und Produktionsprozesse u.a. durch die Planung kompletter Transportumläufe, Vermeidung von Niedrigwasserzuschlägen, Planung multi- und synchro-modaler Transportketten, Transportkapazitätsplanung, Produktionsplanung und Lagerkapazitätsplanung. Um diesem hohen Bedarf Rechnung zu tragen, wurden im Rahmen von IMPREX längerfristige Vorhersageprodukte für den Wasserstraßentransport entwickelt.

## Ziele

Ziel der BfG im Rahmen von IMPREX war die Verbesserung der Vorhersagbarkeit hydrologischer Extreme und die Nutzung verbesserter Vorhersagen und Vorhersagemodelle für die Erstellung konkreter neuer Produkte mit verlängertem Vorhersagehorizont für den Wasserstraßentransport in enger Abstimmung mit den Nutzern. Neben der reinen Verbesserung der Güte („Skill“) der Vorhersage, wurde im Rahmen des Projektes auch die Verbesserung des Werts („Value“) der Vorhersage für den Nutzer untersucht. Neben Produkten auf der Vorhersageskala (bis 6 Monate) wurden im Rahmen von IMPREX die Nutzbarkeit verbesserter Klima- und Abflussprojektionen für den Wasserstraßentransport untersucht.

- Entwicklung der 10-Tage-Wasserstandsvorhersage für den Rhein und Veröffentlichung der Vorhersage (bis November 2020 präoperationell, danach operationell) (D9.4)
- Entwicklung der prototypischen 6-Wochen-Vorhersage und 6-Monate-Vorhersage für Rhein, Elbe und Donau. Präoperationelle Bereitstellung der 6-Wochen-Vorhersage an die Nutzer seit November 2018 (D9.4)
- Demonstration des potenziellen wirtschaftlichen Nutzens von verbesserten Vorhersagen für den Wasserstraßentransport (D9.3)
- Verbesserung der Vorhersagbarkeit hydrologischer Extreme (D4.2; D4.3; MEISSNER et al. 2017)
- Untersuchung des Einflusses der internen Klimamodell-Variabilität und Bias-Korrektur-Verfahren auf das Änderungssignal von schiffahrtsrelevanten Kennwerten (D4.4)

## Ergebnisse

Gelieferte Produkte (siehe „Deliverables“ unter [www.imprex.eu](http://www.imprex.eu)):

- Detaillierte Abfrage des Nutzerbedarfs und Analyse der Verwundbarkeit des Wasserstraßentransports gegenüber Extremereignissen (D9.1; FRIELINGSDORF et al. 2020)
- Entwicklung eines Frameworks zur Verifikation von verkehrsbezogenen Vorhersagen (D9.2)

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Das Projekt IMPREX endete im Jahr 2019. Die im Rahmen des Projektes entwickelte 10-Tage-Vorhersage (Abbildung 44) wird seit Dezember 2019 für sieben Rheinpegel operationell bereitgestellt (<https://www.elwis.de/DE/Service/10-Tages-Wasserstandsvorhersage-Rhein/Rheinpegel-page.html>).

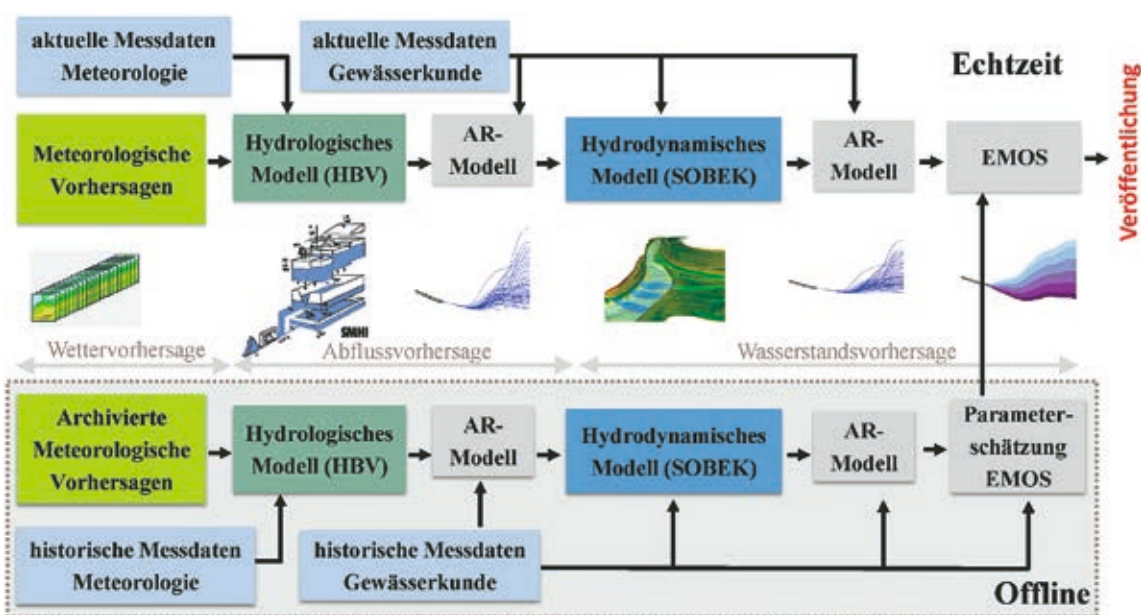


Abbildung 44: Workflow der im Rahmen von IMPREX entwickelten 10-Tage-Wasserstandsvorhersage für den Rhein



Im Rahmen von FuE-Projekten, wie z.B. OptiVor werden die entwickelten Vorhersagesysteme weiterentwickelt:

- Entwicklung von Methoden zur operationellen Assimilation innovativer Echtzeitdatenprodukte
- Verbesserung der hydrologischen Modellkomponente durch verbesserte Parametrisierung und Prozessbeschreibung
- Verbesserung der statistischen Prä- und Postprozessierungsmethoden
- Nutzung von Methoden des maschinellen Lernens für die Vorhersage

### Publikationen zum Thema

FRIELINGSDORF, B., B. KLEIN & D. MEISSNER (2020): Entwicklung von prototypischen Vorhersageprodukten im Rahmen von Seamless Prediction II und IMPREX. Bericht BfG-2026, Koblenz, DOI: 10.5675/BfG-2026

KLEIN, B. & D. MEISSNER (2019): Potential economic benefit of better forecasts for inland waterway transport. Deliverable 9.3, IMPREX – Improving Predictions of Hydrological Extremes – Grant Agreement Number 641811, <https://imprex.eu/system/files/generated/files/resource/d9-3-potecobenefit-navigation-v1-0.pdf>

KLEIN, B. & D. MEISSNER (2019): Semi-operational forecasting system for Rhine, Danube and Elbe to support improved transport cost planning. Deliverable 9.4, IMPREX – Improving Predictions of Hydrological Extremes – Grant Agreement Number 641811, <https://imprex.eu/system/files/generated/files/resource/deliverable9-4-imprex-v1-0.pdf>

MEISSNER, D., B. KLEIN & M. IONITA (2017): Development of a monthly to seasonal forecast framework tailored to inland waterway transport in Central Europe. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 2017, 1-31, <https://doi.org/10.5194/hess-2017-293>

VAN DEN HURK, B. J. J. M., L. M. BOUWER, C. BUONTEMPO, R. DÖSCHER, E. ERCIN, C. HANANEL, J. E. HUNINK, E. KJELLSTRÖM, B. KLEIN, M. MANEZ, F. PAPPENBERGER, L. POUGET, M.-H. RAMOS, P. J. WARD, A. H. WEERTS & J. B. WIJNGAARD (2016): Improving predictions and management of hydrological extremes through climate services: [www.imprex.eu](http://www.imprex.eu). *Climate Services 1(Supplement C)*, 6-11

<b>Projektlaufzeit</b>	10/2015–09/2019
<b>Fördermittelgeber</b>	European Union Horizon 2020 Framework Programme (Grant agreement n° 641811)
<b>Projektpartner</b>	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut adelphi gGmbH Arctik – Environmental Communication Barcelona Supercomputing Centre Centro Internazionale in Monitoraggio Ambientale European Centre for Medium-Range Weather Forecasts FutureWater Deutsches Geoforschungszentrum Helmholtz-Zentrum Geesthacht – Zentrum für Material- und Küsten- forschung GmbH HKV Consultants Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture UK MetOffice Politecnico di Milano Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung Deltares VU University Amsterdam Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut Technical University of Crete University of Reading Universitat Politècnica de Valencia
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610204048

#### **Ansprechpartner der BfG**

Dr. Bastian Klein

E-Mail: [klein@bafg.de](mailto:klein@bafg.de)

Tel.: +49(0)261 1306 5256

Referat M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

## 2.3.4 Biogeomorphic feedbacks and their role for sediment erosion and connectivity along a climatic gradient in Chile

Die Wechselwirkung zwischen geomorphologischen Prozessen und der Vegetation in vier Einzugsgebieten entlang des klimatischen Gradienten der Chilenischen Küstenkordillere stehen im Fokus des Projektes.



Abbildung 45: Einfluss der Topographie auf die Vegetationsverbreitung in semiariden Gebieten in Chile (Quelle: Hoffmann, BfG)

Das BfG-Projekt zu den biogeomorphologischen Feedbacks ist in das interdisziplinäre, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Schwerpunktprogramm „EARTHSHAPE“ eingebunden und hat vor allem das Ziel, die Interaktion zwischen Sedimenttransport und Vegetation auf der Einzugsgebietsskala zu untersuchen. In der ersten Phase des Projektes stand die quartäre Entwicklung der vier Einzugsgebiete im Vordergrund. In der zweiten Projektphase werden die rezenten Wechselwirkungen untersucht und der Feststofftransport in Abhängigkeit von der Vegetation modelliert.

### Veranlassung

Die Entwicklung der Erdoberfläche wird durch die physikalische und chemische Verwitterung, die Erosion, den Sedimenttransport und die Sedimentablagerung gesteuert. All diese Prozesse werden maßgeblich von der Vegetation beeinflusst. Zudem steuern diese Prozesse die Vegetationsdynamik und -verbreitung. Umweltveränderungen führen zur

Anpassung der Vegetation und der geomorphologischen Prozesse mit unterschiedlicher Geschwindigkeit, wodurch es zu einem Ungleichgewicht, oder auch transienten Zustand, des komplexen Zusammenspiels zwischen Vegetation und Geomorphologie kommt. In dem Projekt soll die komplexe Interaktion zwischen Vegetation und Geomorphologie durch gekoppelte ökologisch-geomorphologische Analysen erfasst werden. Neben der Erfassung der Vegetation in den Untersuchungsgebieten wird ihr Einfluss auf die Bodeneigenschaften ermittelt, sowie deren Effekt auf die Bodenerosion und den Sedimenttransport modelliert.

### Ziele

Ziel des Projektes ist es, ein konzeptionelles und mechanistisches Verständnis der biogeomorphologischen Interaktionen in den vier Flussgebieten des Schwerpunktprogramms zu erhalten. Die Gebiete umfassen den kompletten Klimagradienten von ariden, weitgehend vegetationslosen Bedingungen im Norden bis zu humiden, komplett bewaldeten Bedingungen im Süden. Die angestrebte Erfassung der Sedimentbilanzen in den vier Gebieten soll ein verbessertes Verständnis zu Sedimenteintrag und Sedimenttransport in Flussgebieten und damit wichtige Erkenntnisse für das Sedimentmanagement liefern.

### Ausblick auf die nächsten Jahre

- Zwei bis drei Geländekampagnen zur Erfassung der Vegetationsverbreitung, bodenphysikalischer Eigenschaften und der Detektion der Veränderung der Bodenoberfläche basierend auf Drohnenbefliegungen

- Erstellung von Vegetations- und Bodenkarten für die vier Einzugsgebiete des Schwerpunktprogrammes als Grundlage für die Erosions- und Sedimenttransportmodellierung
- Kalibration und Anwendung des Erosionsmodells Erosion 3D in den vier Einzugsgebieten
- Szenarienmodellierung zum Einfluss veränderter Vegetationsmuster auf die Erosion und den Sedimenttransport

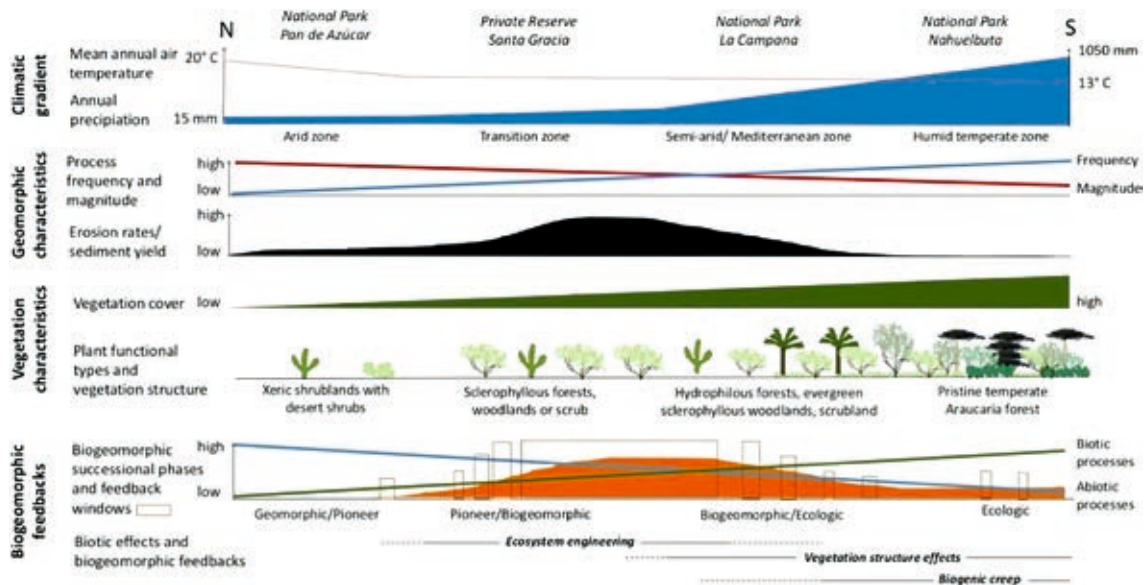


Abbildung 46: Konzept zur Veränderung der biogeomorphologischen Feedbacks entlang des Klimagradienten der Chilenischen Küstenkordillere, inkl. der Einzugsgebiete des Schwerpunktprogramms (Quelle: Hoffmann, BfG)

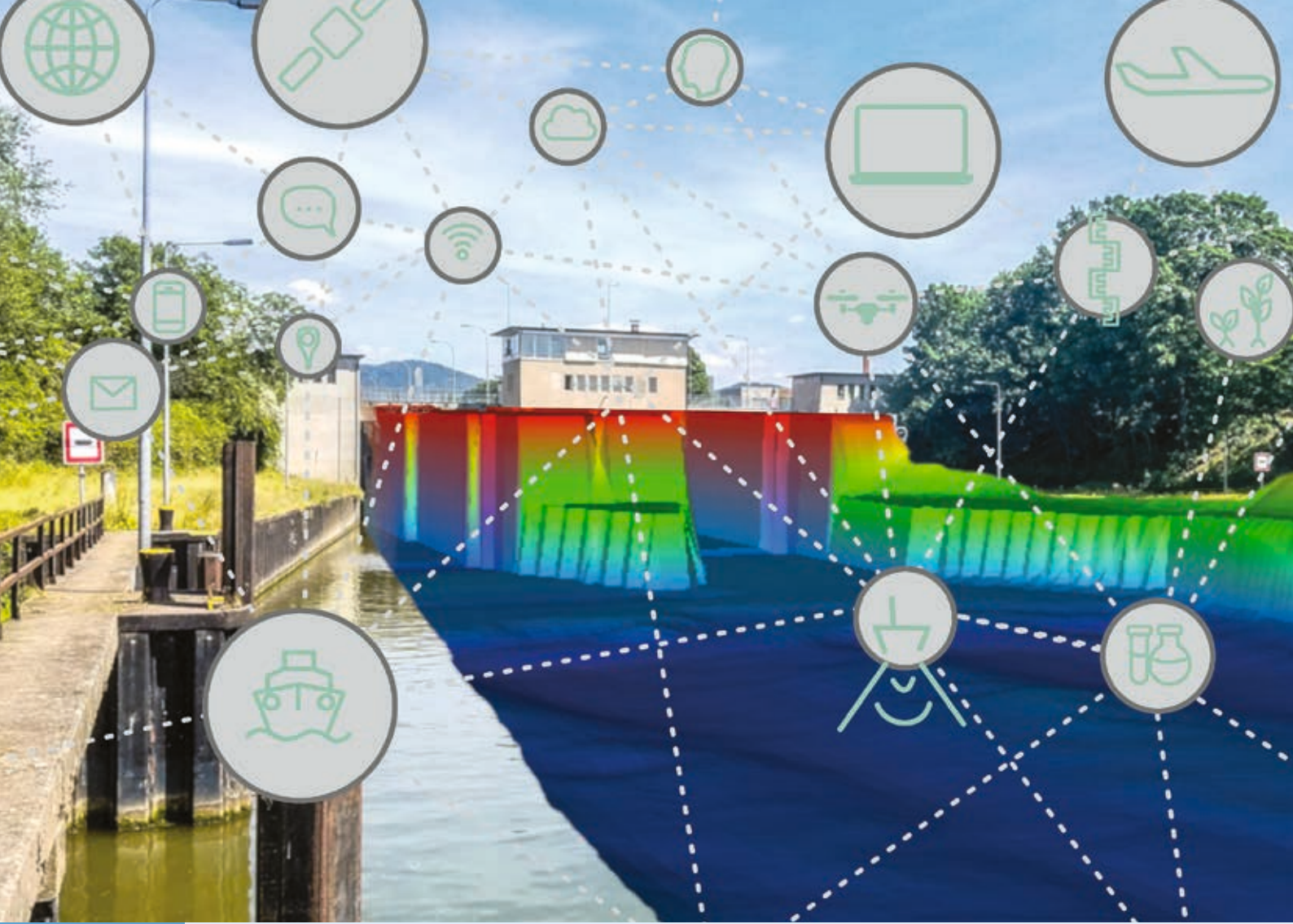
### Publikationen zum Thema

TERWEH, S., T. HOFFMANN, L. SCHROTT (submitted): Biotic effects on river sediment dynamics mediated through grain size distribution in the Chilean Coastal Cordillera. *Geomorphology*

**Projektlaufzeit** 08/2019–07/2022  
**Fördermittelgeber** Deutsche Forschungsgemeinschaft  
**Projektpartner** Jana Eichel (Universität Utrecht, Niederlande)  
 Lothar Schrott (Universität Bonn)  
 Sebastian Schmidlein (Karlsruher Institut für Technologie)  
 Felipe Aburto (Universidad de Concepcion, Chile)  
**Projekt-Nr.** M39610304093

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Thomas Hoffmann  
 E-Mail: [Thomas.Hoffmann@bafg.de](mailto:Thomas.Hoffmann@bafg.de)  
 Tel.: +49(0)261 1306 5592  
 Referat M3 – Gewässermorphologie, Sedimentdynamik und -management



## 3 Digitale Infrastruktur

Abbildung 47: Digitales Abbild einer Schleuse (mit 3D-Informationen des Bauwerks, des Gewässerbodens und der Topographie), als Grundlage eines Bundeswasserstraßen-Zwillings mit exemplarischen Sensoren und Applikationen. (ARTZ, T., H. BROCKMANN, H. HAMPE, D. WILLERSINN: „Wasserstraßen digital gespiegelt“, Binnenschifffahrt, 07/2020)

Die digitale Infrastruktur bildet das Rückgrat der digitalen Transformation der Gesellschaft. Dabei sind der Internetzugang und das „mobil sein“ jedes Einzelnen die zentrale Motivation. Versorgungssicherheit durch Breitbandausbau bzw. Glasfasernetze stehen daher im Mittelpunkt der digitalen Infrastruktur und führen zu vielfältigen digitalen Anwendungen. Damit bieten sich auch für hydrologische Managementaufgaben und die Schifffahrt neue Möglichkeiten. Dies führt zu neuen Anforderungen an die digitale und teilweise virtuelle Wasserstraßeninfrastruktur.

Die digitale Abbildung der Wasserstraßen bildet das Fundament dieser Transformation. Digitalisierung und Big Data Analysis führen unmittelbar dazu, Prozesse weitestgehend automatisiert ablaufen zu lassen. Hier leistet die BfG Forschungs- und

Entwicklungsbeiträge, um die Basisdaten einer digitalisierten Infrastruktur zeitgemäß zu erfassen und bereitzustellen. Im Vordergrund stehen dabei derzeit die Nutzung unbemannter Messsysteme in der Luft und auf dem Wasser zur Erfassung aktueller Daten in anforderungsgerechter raumzeitlicher Auflösung sowie die Erprobung innovativer Messsensoriken, um eine höhere Zuverlässigkeit der Produkte zu erreichen. Die interdisziplinäre Integration von hydrologischen und topographischen (Mess-, Auswerte- und Modellierungs-) Prozessen mit z.B. ökologischen Anforderungen stellt einen fundamentalen Baustein zur erfolgreichen Realisierung digitaler Anwendungen dar. Die notwendigen FuE-Maßnahmen wurden zunächst für die Modellwelten aufgenommen.

## 3.1 BMVI-finanzierte Forschung für Wasserstraßen

### 3.1.1 WaMUT – Messsystemanalyse und modellbasierte Sensorfusion für das hydrographische Wasserwechselzonenmonitoring mittels unbemannter Trägersysteme

Es werden Mess- und Auswerteprozesse für konsistente, qualitätsgesicherte Geobasisdaten der Wasserwechselzonen und Flachwasserbereiche konzipiert. Dabei werden unbemannte Messplattformen eingesetzt.



Abbildung 48: Das Projekt WaMUT strebt die algorithmische Kombination von Punktwolken unbemannter Messsysteme an.

Die Wasserwechselzonen stellen hohe Anforderungen an das Messkonzept. Daher sind klassische Messverfahren (Airborne Laserscanning (ALS), -bathymetrie (ALB) und schiffsgebundene Echolotmessungen) zur Erstellung eines Digitalen Geländemodells des Wasserlaufs (DGM-W) im Bereich der Wasserwechselzonen in der Regel nicht geeignet. Insbesondere bestehen Einschränkungen aufgrund koordinativer, technischer und sicherheitsrelevanter Aspekte sowie des ggf. erforderlichen Ad-hoc-Einsatzes. Daher können Datenlücken innerhalb dieser Bereiche zurzeit meist nur durch Interpolation geschlossen werden.

#### Veranlassung

Der vorgenannte Sachverhalt zeigt signifikante Nutzungseinschränkungen an, da belastbare geodätische Daten z.B. für Zwecke der Habitatmodellierung, für Messungen von Wellen- oder Sedimentations-/Erosionsprozessen für hydrodynamische Modelle und die Beurteilung der Wirksamkeit wasserbaulicher Maßnahmen fehlen.

Im Gegensatz zu den o.g. Messverfahren zur bathymetrischen und topographischen Erfassung sind unbemannte Sensorplattformen – in der Luft (unmanned aerial vehicle, UAV), und auf dem Wasser (unmanned surface vessel, USV) – vermehrt im Fokus. Diese Messsysteme werden in WaMUT validiert. Damit im Projekt die Basis für ein integriertes und möglichst automatisiertes Auswertekonzept gelegt werden kann, sind intensive Forschungstätigkeiten zur algorithmischen Fusion der Messergebnisse auf Grundlage innovativer Repräsentationen der Bathymetrie/Topographie notwendig. Hierbei sollen insbesondere die Nutzungsmöglichkeiten der Methoden der theoretischen Geodäsie erforscht und adaptiert werden.

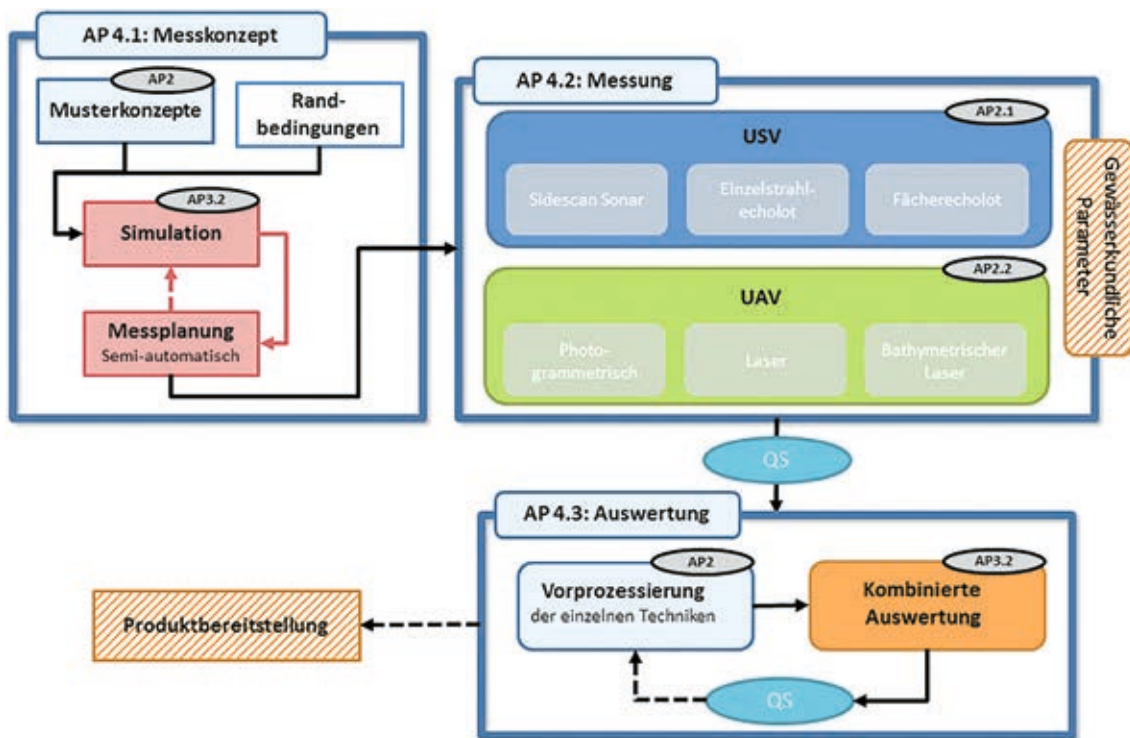


Abbildung 49: Konzeptionelle Struktur des Projektes WaMUT

## Ziele

- Konsistente, qualitätsgesicherte Erfassung und Modellierung von Geobasisdaten der Wasserwechselzonen und Flachwasserbereiche der Bundeswasserstraßen zur Qualitätssteigerung – insbesondere kleinräumiger DGM-W, um auch in diesen Bereichen belastbare Geobasisdaten erfassen zu können
- Etablierung neuer Analyseverfahren für die Hydrographie und Geotopographie
- Entwicklung praxisreifer Mess- und Auswertekonzepte für den UAV- und USV-Einsatz zur Überführung in den Wirkbetrieb der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Konkrete Vorhaben/Maßnahmen im Projekt, ggf. angestrebte Meilensteine
- Erprobungskampagnen für ausgewählte UAV- und USV-Messsysteme in Abstimmung mit potenziellen Nutzern
- Entwicklung eines optimierten Konzepts zur DGM-W-Erstellung
- Algorithmenentwicklung und Konzepterarbeitung zum kombinierten Einsatz von unbemannten Trägersystemen in Wasserwechselzonen
- Erstellung qualitätsgesicherter Daten für die Erprobungsgebiete zur Nutzung und Evaluierung durch potenzielle Nutzer
- Entwicklung eines Monitoringprogramms für Wasserwechselzonen und Flachwasserbereiche zur Nutzung in der WSV

**Projektlaufzeit** 01/2019–12/2021  
**Auftraggeber** BMVI  
**Projekt-Nr.** M39610504120

### Ansprechpartner der BfG

Dr.-Ing. Thomas Artz  
 E-Mail: artz@bafg.de  
 Tel.: +49(0)261 1306 5985  
 Referat M5 – Geodäsie und Fernerkundung



## 3.1.2 RiverCloud – Entwicklung eines autonomen und vernetzten UAV/USV-Tandemsystems für die Erfassung und Bereitstellung von hochaufgelösten Daten für das Management von Wasserstraßen

Für die Anwendung wird ein autonomes Tandemsystem aus unbemanntem Wasser- (USV) und Luftfahrzeug (UAV) entwickelt, um aus Luft- und Bootsperspektive hochaufgelöste Daten zu erfassen und integriert bereitzustellen.



Abbildung 50: Gekoppeltes UAV/USV-Tandemsystem für die Wasserstraße (Quelle: RWTH Aachen)

Wasserstraßen ermöglichen nationalen und internationalen Warenaustausch. Durch die zunehmende Urbanisierung und die damit einhergehende Überlastung des Straßenraumes stehen Wasserstraßen vor vielfältigen Herausforderungen der Zukunft. Beispielsweise müssen die Unterhaltung und der Ausbau im Einklang mit der EU-Wasserrahmenrichtlinie und der EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie erfolgen, um die Umsetzungsprozesse sicher, zukunftsgerichtet und effizient zu gestalten. Weiterhin wird ein digitaler Bauwerksbestand zur Erledigung künftiger digitalisierter Managementaufgaben gebraucht.

### Veranlassung

Die verschiedenen Aufgabenanforderungen von ökologischer Gewässerentwicklung, Gewässerunterhaltung und -monitoring bis hin zur steigenden Mobilität und klimabedingten Abflussvariabilität verlangen unterschiedliche Datenanforderungen. Hier ermöglicht die Digitalisierung einen Informationszugang und messtechnische Verfahrensweisen, die den Ausgleich vielfältiger, teilweise widersprüchlicher Interessen vereinfacht. RiverCloud erleichtert wesentlich ein integrales, konsistentes und effektives Monitoring und Management der Wasserstraßen und berücksichtigt Anforderungen seitens des Verkehrsträgers und des Ökosystems. Im Projektkonsortium übernimmt bzw. beteiligt sich die BfG bei folgenden Arbeiten:

- Aufbau der Trägerplattformen und Anforderungsanalyse zu Datenerfassung und -aufbereitung
- Datenerfassung und -aufbereitung
- Erarbeitung eines Anwendungskonzepts
- Bereitstellung der Daten in der mCloud-Infrastruktur, Verwertung und Transfer der erarbeiteten Techniken und Konzepte

### Ziele

- Entwicklung eines autonomen UAV/USV-Tandemsystems zur konsistenten Datenerfassung
- verbesserte Georeferenzierung durch Fusion der Mess- und Sensorsysteme (Global Navigation Satellite System (GNSS) und Inertialmess-einheit (IMU) und Visuelle Odometrie) des Tandemsystems durch Verwendung stochastischer Filter

- validierte Workflows sowie GIS- und BIM-basierte Auswerterroutinen zur holistischen Datenauswertung mit existierenden Datenbeständen
- exemplarische Anwendungen im Aufgabenbereich der BfG und Bundesanstalt für Wasserbau
- dauerhaft bereitgestellte Ergebnisdaten in der mCloud und weiteren Datenportalen zur Sekundärnutzung

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Festlegen der Untersuchungsgebiete an Rhein, Lahn u.a.
- Anforderungsanalyse zu Datenerfassung und -aufbereitung



Abbildung 51: Verschiedene Nutzungen verlangen unterschiedliche Datenanforderungen wie am Mittelrhein (Quelle: Schäfer, Sweco Koblenz GmbH)

### Publikationen zum Thema

KRUG VON NIDDA, A., B. MEYER, D. RÖSCH, S. WIENHAUS, J. ONIGKEIT, S. KOFALK (2019): Vernetzungs- und Transfervorhaben ReWaMnet – Abschlussbericht. Bericht BfG-2002, Koblenz, 39 S. DOI: 10.5675/BfG-2002, <https://doi.org/10.5675/BfG-2002>

ADLER, M., U. NICODEMUS, M. GEBHARDT, R. BERTRAM (2008): 5. ADCP Anwendertreffen zur Qualitätssicherung von Abflussdaten vom 11.–13. September 2007 in Koblenz. Bericht BfG-1586, [https://www.bafg.de/DE/05\\_Wissen/02\\_Veranst/2007/10-09-07\\_bericht.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bafg.de/DE/05_Wissen/02_Veranst/2007/10-09-07_bericht.pdf?__blob=publicationFile)

ARTZ, T., A. SCHEIDER, M. BREITENFELD, T. BRÜGGEMANN, H. WIRTH (2016): Improved positioning of surveying vessels on inland waterways with HydrOs. Hydrographische Nachrichten, Vol. 105, S. 34–38, Deutsche Hydrographische Gesellschaft e.V.

#### Projektlaufzeit

06/2020–05/2023

#### Auftraggeber

BMVI

#### Fördermittelgeber

Forschungsinitiative mFUND des BMVI

#### Projektpartner

Geodätisches Institut und Lehrstuhl für Bauinformatik & Geoinformationssysteme, RWTH Aachen, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Blankenbach (Projektkoordination)  
 Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen e.V.  
 IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr  
 SEBA Hydrometrie GmbH & Co. KG  
 Orthodrone GmbH  
 Bundesanstalt für Wasserbau

#### Projekt-Nr.

M39630304088



### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Maike Heuner

E-Mail: [heuner@bafg.de](mailto:heuner@bafg.de)

Tel.: +49(0)261 1306 5960

Referat U3 – Vegetationskunde, Landschaftspflege

### 3.1.3 GeoWAM – Neue Geodaten zur Verbesserung des Wassermanagements tidebeeinflusster Küstenbereiche

In GeoWAM werden radargestützte Methoden zur hochauflösenden Erfassung und Ableitung von gewässerrelevanten Geobasisdatenprodukten in tidebeeinflussten Bereichen der deutschen Nordseeküste entwickelt.



Abbildung 52: Ableitung von Digitalen Geländemodellen mittels flugzeuggestützter Radarinterferometrie

Für das Wassermanagement der tidebeeinflussten Bereiche der deutschen Nordsee werden u.a. zur Bearbeitung wasserbaulicher, wasserwirtschaftlicher, gewässerkundlicher und ökologischer Fragestellungen aktuelle, hochauflösende und genaue Geodaten der Gewässer benötigt, insbesondere in Form von digitalen Gelände- und Oberflächenmodellen.

Neueste Entwicklungen im Bereich der flugzeuggestützten Radarinterferometrie (InSAR) versprechen fachliche, ökonomische und gesellschaftliche Vorteile sowie Wetterunabhängigkeit gegenüber herkömmlichen Technologien wie der Erfassung mittels Airborne Laserscanning (ALS).

#### Veranlassung

Anlässlich der wasserstands- und wetterbedingten geringen Zeitfenster zur Erfassung der digitalen Geländedaten der trockenfallenden Watt- und Vorlandflächen kam es bislang teilweise dazu, dass benötigte Messdaten nicht zeitgerecht erhoben werden konnten. Aufgrund der Wetterunabhängigkeit und der bis zu fünffach höheren Flächenerfassungsleistung im Vergleich zur herkömmlichen ALS-Technik sollen im Projekt GeoWAM die auf der InSAR-Technik basierende Datenerfassung, nutzerorientierte Datenaufbereitung und Produktweiterentwicklungen anhand bereits existierender und neuer Methoden und Techniken (weiter-) entwickelt werden. Dies soll neue und verbesserte Datenzugänge und optimierte datenbezogene Anwendungen bei den Endnutzern ermöglichen. Als Bflegungsgebiete wurden zwei Gebiete an der niedersächsischen Küste ausgewählt: Tidebecken Otzumer Balje und Medemrinne/Tideelbe.

#### Ziele

- Optimierte und praxisreife flugzeuggestützte Erfassung von InSAR-Daten sowie deren Analyse und Aufbereitung zu verbesserten gewässerrelevanten Geobasisdatenprodukten
- Darauf basierende Optimierung themen- und geodatenpezifischer Fragestellungen wie z.B. das Monitoring von Vegetationseinheiten oder morphologische Langzeit- und Klimaänderungsanalysen
- Entwicklung allgemeingültiger fachlicher und ökonomischer Umsetzungsstrategien und Übertragbarkeitsanalysen auf Fragestellungen zur Nutzung der neuen Datenprodukte
- Webgestützte Bereitstellung aller zur Verfügung zu stellenden Ergebnisse

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Veröffentlichung aller qualitätsgesicherten Datenprodukte der flugzeuggestützten InSAR-Befliegungskampagnen vom Juni 2019 und Juni 2020
- Durchführung einer weiteren Befliegungskampagne voraussichtlich März/April 2021, Veröffentlichung der daraus abgeleiteten qualitätsgesicherten Datenprodukte
- Belastbare Aussagen zur Praxisreife der flugzeuggestützten InSAR-Technik zur Erfassung und Aufbereitung von gewässerrelevanten Geobasisdatenprodukten
- ggf. Überführung der InSAR-Technik und der entsprechenden Nutzerprodukte in den Wirkbetrieb
- Erarbeitung von Leitfäden und Produktstandards

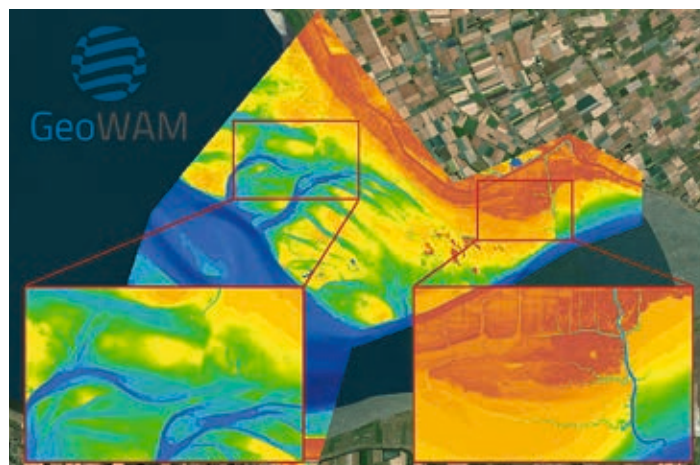


Abbildung 53: InSAR-gestütztes hochauflösendes DGM-W im Bereich Medemrinne/Tideelbe (Hintergrundkarte: ArcGIS World Imagery Base-map)

### Publikationen zum Thema

BROCKMANN, H., A. HAASE, L. SCHUMANN (2014): Evaluierung der flugzeuggestützten interferometrischen Radartechnik zur Erfassung trockenfallender Watt- und Küstenvorlandflächen (InSAR-WattVor). Bericht BfG-1821

#### Projektlaufzeit

11/2018 – 10/2021

#### Auftraggeber

BMVI

#### Fördermittelgeber

Forschungsinitiative mFUND des BMVI

#### Projektpartner

disy Informationssysteme GmbH

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme

Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung

Universität Stuttgart, Institut für Photogrammetrie

#### Projekt-Nr.

M39610504124



### Ansprechpartner der BfG

Patrick Havel

E-Mail: [havel@bafg.de](mailto:havel@bafg.de)

Tel.: +49(0)261 1306 5232

Referat M5 – Geodäsie und Fernerkundung

## 3.1.4 MUG-Modell 1.0 – Integration von Wasser- und Stoffflussmodellen

**Beiträge zur Integration von Wasser- und Stoffflussmodellen auf Einzugsgebietsebene, Version 1.0**  
 Das Projekt MUG-Modell leistet einen Beitrag zur technischen und fachlichen Integration der in der BfG betriebenen Modelle.



Abbildung 54: Zentrale Begriffe im Kontext des Projektes MUG-Modell. (Erstellt unter Verwendung von BfG (2018): QSim – das Gewässergütemodell der BfG, DOI: 10.5675/BfG\_QSim)

Die BfG erarbeitet in ihren Fachabteilungen M, U und G (daher der Projektname MUG) umfangreiche Daten zum aktuellen und möglichen zukünftigen Zustand der Gewässer in Deutschland. Modelle sind hierbei oft gewählte Werkzeuge, mit denen bestehende Daten- und Verständnislücken geschlossen und bisher unbeobachtete Rahmenbedingungen (z.B. Klimaszenarien und andere Stressoren) in ihrer Wirkung auf die Gewässer analysiert werden können. Innerhalb der BfG werden verschiedene Modellierungssoftwarepakete eingesetzt, deren Entwicklung bislang unabhängig voneinander erfolgte und die bisher in einer informellen Modell- und Verfahrenskette sequenziell abgearbeitet werden. Hier setzt das Projekt an und unternimmt Schritte um zu einem besser integrierten gemeinsamen „MUG-Modell“ zu kommen.

### Veranlassung

Aufgrund der bislang in den Fachabteilungen der BfG weitgehend unabhängig voneinander betriebenen Modellentwicklung zeigt die bisher verfügbare Verfahrenskette in mehreren Bereichen vermeid-

bare Defizite. Arbeitsabläufe sind wenig standardisiert und damit teilweise umständlicher und langsamer, als sie sein könnten. Die den Modellen zugrundeliegenden systembeschreibenden Daten könnten einheitlicher sein. Unterschiede in Validierungsschemata, Metadaten, Dokumentationen und Auswertungen sind teilweise vermeidbar und könnten zu einem einheitlicheren Produktportfolio der BfG beitragen.

Das Projekt MUG-Modell erprobt Möglichkeiten einer nachhaltigen Verbesserung abteilungsübergreifender Modellstudien. Dabei werden in der aktuellen Phase bestehende Modelle in den Fokus genommen, die bereits oft im Zusammenhang eingesetzt wurden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf einem Wasserhaushaltsmodell und einem Feststoffmodell (LARSIM-ME, SOBEK), einem Wassergütemodell (QSim) und einem Schadstoffmodell (neue Komponente in QSim). Neben der Optimierung der bestehenden Modellkomponenten wird auf Basis einer Literaturstudie auch die Machbarkeit und Notwendigkeit einer „tiefen“ technischen Integration analysiert, die mit der Neuentwicklung eines gemeinsamen Modellsystems verbunden wäre.

### Ziele

Konkrete Projektziele sind die Erarbeitung und prototypische Umsetzung von technischen und organisatorischen Schritten, um:

- Datengrundlagen zu dokumentieren und wenn möglich zu vereinheitlichen
- Datenflüsse durch Standardisierung und Automatisierung durchgängiger und performanter zu gestalten
- die Qualitätssicherung und die Ergebnispräsentation zu vereinheitlichen

Damit werden wichtige Beiträge zur Erreichung übergeordneter Ziele der BfG geleistet. Hierzu

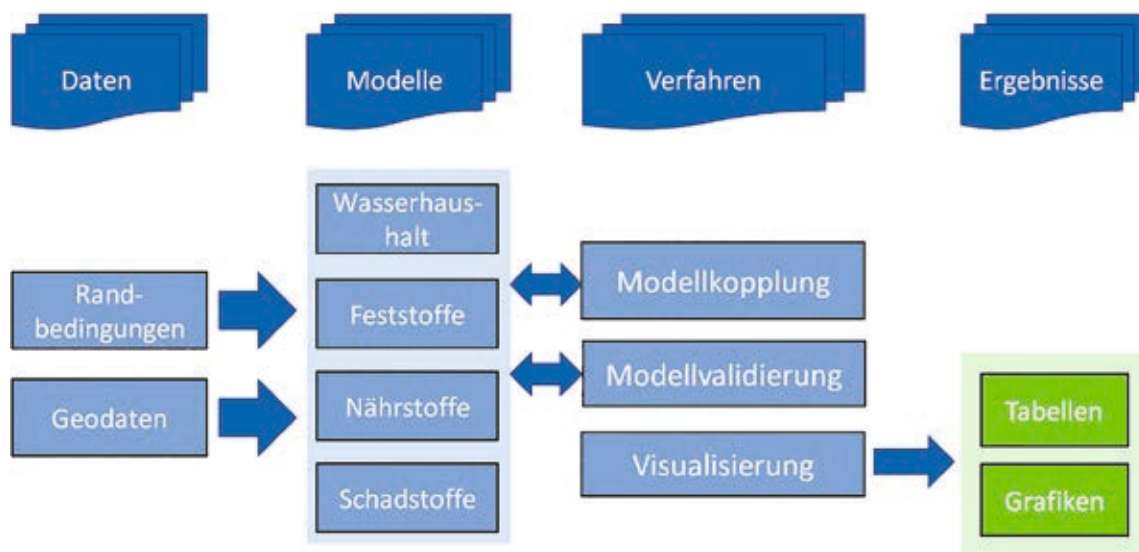


Abbildung 55: Ablaufschema und betrachtete Verfahren im MUG-Projekt

gehören die Erhöhung von Effizienz und Transparenz von Arbeitsabläufen sowie die nachhaltige Verbesserung der „Modellwelt“ der BfG.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Die Inventur der in den Modellen verwendeten Datengrundlagen gehört zu den ersten Schritten, die angegangen werden. Die bestehenden Arbeitsabläufe werden auf Redundanzen sowie auf Optimierungsmöglichkeiten bei der Generierung der Daten überprüft. Zu nennen sind hier z.B. systembeschreibende Daten wie Landnutzung, Bodendaten, Höhenmodelle sowie meteorologische Daten.

Im Weiteren soll es ermöglicht werden, für definierte, wiederkehrende Anwendungsfälle (z.B. Ad-hoc-Analysen von Extremereignissen) gekoppelte Modellläufe mit Modellen aus den beteiligten Fachbereichen (teil)automatisiert durchzuführen. Hierfür wird ein Framework entwickelt, das die gleichen Randbedingungen für alle verwendeten Modelle aufbereitet und die gewünschten Ergebnisse einheitlich aufbereitet.

Als letzter Baustein wird eine Machbarkeitsstudie zu einer „tiefen Modellintegration“ erarbeitet. Hiermit wären ggf. ein vollständiger Wechsel der Modellplattformen und eine weitgehende Neuimplementierung verbunden. Vor- und Nachteile eines solchen Schrittes werden gegeneinander abgewogen.

**Projektlaufzeit** 01/2020–12/2022  
**Auftraggeber** BMVI  
**Projekt-Nr.** M39610204063

### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Gudrun Hillebrand  
 E-Mail: hillebrand@bafg.de  
 Tel.: +49(0)261 1306 5425  
 Referat M3 – Gewässermorphologie, Sedimentdynamik und -management

## 3.1.5 mDRONES4rivers – Moderne Sensorik und luftgestützte Fernerkundung für vegetationskundliche und hydromorphologische Anwendung an Wasserstraßen

Wie können Drohnen genutzt werden, um Vegetation und Strukturen an den Ufern der Bundeswasserstraßen zu detektieren? Wie können wir mit diesen Daten den Erfolg von Renaturierungsmaßnahmen beurteilen?



Abbildung 56: Kombinierte Datenerfassung für das Monitoring von Vegetation und Strukturen an Wasserstraßen (Quellen: BfG, HS Koblenz, JB Hyperspectral Devices GmbH)

Für das Management von Bundeswasserstraßen sind Daten zur Vegetation und Hydromorphologie essenziell. Für oft schwer zugängliche Gebiete können hochauflösende, flächige Daten mit Geländearbeit oder Flugzeugeinsätzen kaum oder mit unverhältnismäßigem Aufwand gewonnen werden. Hier eröffnen Drohnen und bemannte Traghubschrauber (Gyrokopter) neue Perspektiven und moderne Sensoren bieten innovative, für Bundeswasserstraßen bisher kaum genutzte Möglichkeiten zur Datengewinnung.

### Veranlassung

Ziel des Projektes ist eine Erarbeitung verbesserter, anwendungsorientierter Fernerkundungsverfahren, die skalenübergreifend, multispektrale und multi-

temporale Fernerkundung sowie In-situ-Verfahren miteinander kombinieren. Drohnen und ihre Sensorik unterlaufen aktuell eine rasante technologische Entwicklung und bieten ein weitgehend ungenutztes Potenzial. Erstmals wird ein Portfolio aus fernerkundlichen Verfahren für konkrete vegetationskundliche und hydromorphologische Anforderungen in der Praxis vorbereitet: Drohnen- und Gyrokopterdaten sollen mit Messungen am Boden kombiniert und validierte Produkte für die Projektgebiete Knoblochsau, Laubenheim, Niederwerth, Nonnenwerth und Emmericher Ward bereitgestellt werden. Innovativ ist u.a., dass synergetisch für beide Anwendungen (teil-)automatisierte, auf andere Gebiete übertragbare Verfahren erforscht werden, die eine Reduzierung zeitintensiver Geländeerhebungen bei gleichzeitig größeren und flächenhaft erfassten Arealen ermöglichen.

### Ziele

- Standardisierung und Optimierung der Befliegungsdatenerfassung an Bundeswasserstraßen mittels unbemannter Flugsysteme (UAV) (GEO-COPTIX GmbH) und Gyrokopter (HS Koblenz)
- Flugzeitraumplanung und Korrektur der Befliegungsdaten durch mobile Feldspektrometermessungen (JB Hyperspectral Devices GmbH)
- Erarbeitung von Anforderungen an die hydromorphologische und vegetationskundliche Kartierung und Erfassung von In-situ-Daten (BfG)
- Entwicklung eines Study Designs und Verfahrens für die effiziente Datenerfassung und validierte Klassifizierung von relevanten Vegetationstypen und -arten sowie Oberflächentypen und -strukturen

## Ergebnisse

- Study Design v1.0
- Georeferenzierung der Befliegungsdaten
- Datensatz Befliegungsdaten, Feldspektrometermessungen und In-situ-Daten 2019
- Erste Klassifikationsergebnisse

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Saisonale Datenerfassung in den Projektgebieten, Dokumentation von Wandel nach Umbaumaßnahmen
- Weiterentwicklung Arbeitsablauf und Klassifikationsverfahren basierend auf erweiterter Datengrundlage, Protokollierung der Anforderungen an die Datenerfassung und der Auswertungen im Study Design
- Entwicklung Produktportfolio, Datenveröffentlichung: multispektrale Befliegungsdaten von UAV und Gyrokooper, Digitale Oberflächenmodelle, Indizes, Klassifizierungen

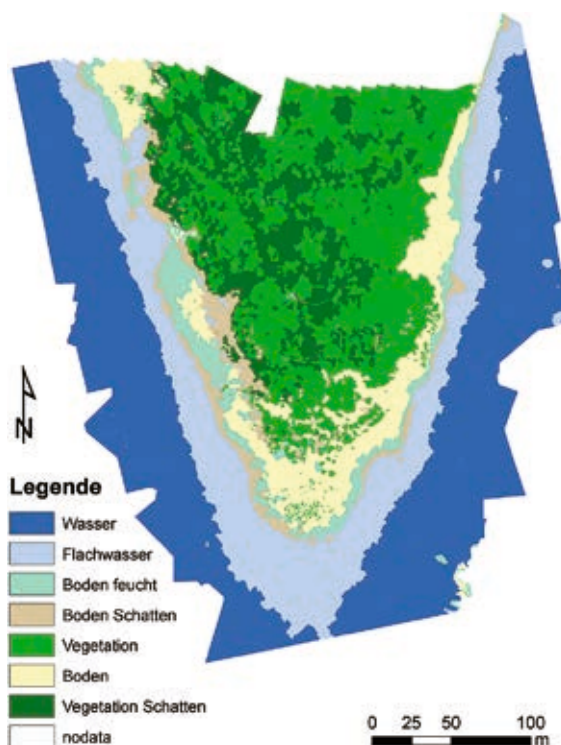


Abbildung 57: Vorläufiges Ergebnis einer Basisklassifikation für die Südspitze Niederwerth (Quelle: BfG)

- Verfahren zu Georeferenzierung und Atmosphärenkorrektur der Befliegungsdaten
- Phänologische Flugzeitraumplanung und Bandauswahl

### Publikationen zum Thema

FRICKE, K., B. BASCHEK, M. ASGARI, J. BONGARTZ, A. BURKART, F. DZUNIC, M. HEUNER, A. JENAL, C. KNEER, T. MÖLTER, P. NÄTHE, I. QUICK, G. ROCK, E. ROMMEL, U. SCHRÖDER, I. WEBER, S. WICK (2019): Modern sensors and airborne remote sensing for the mapping of vegetation and hydromorphology along Federal waterways in Germany. AGU Fall Meeting 9.–13.12.2019, San Francisco, CA, USA, DOI:10.1002/essoar.10502051.1

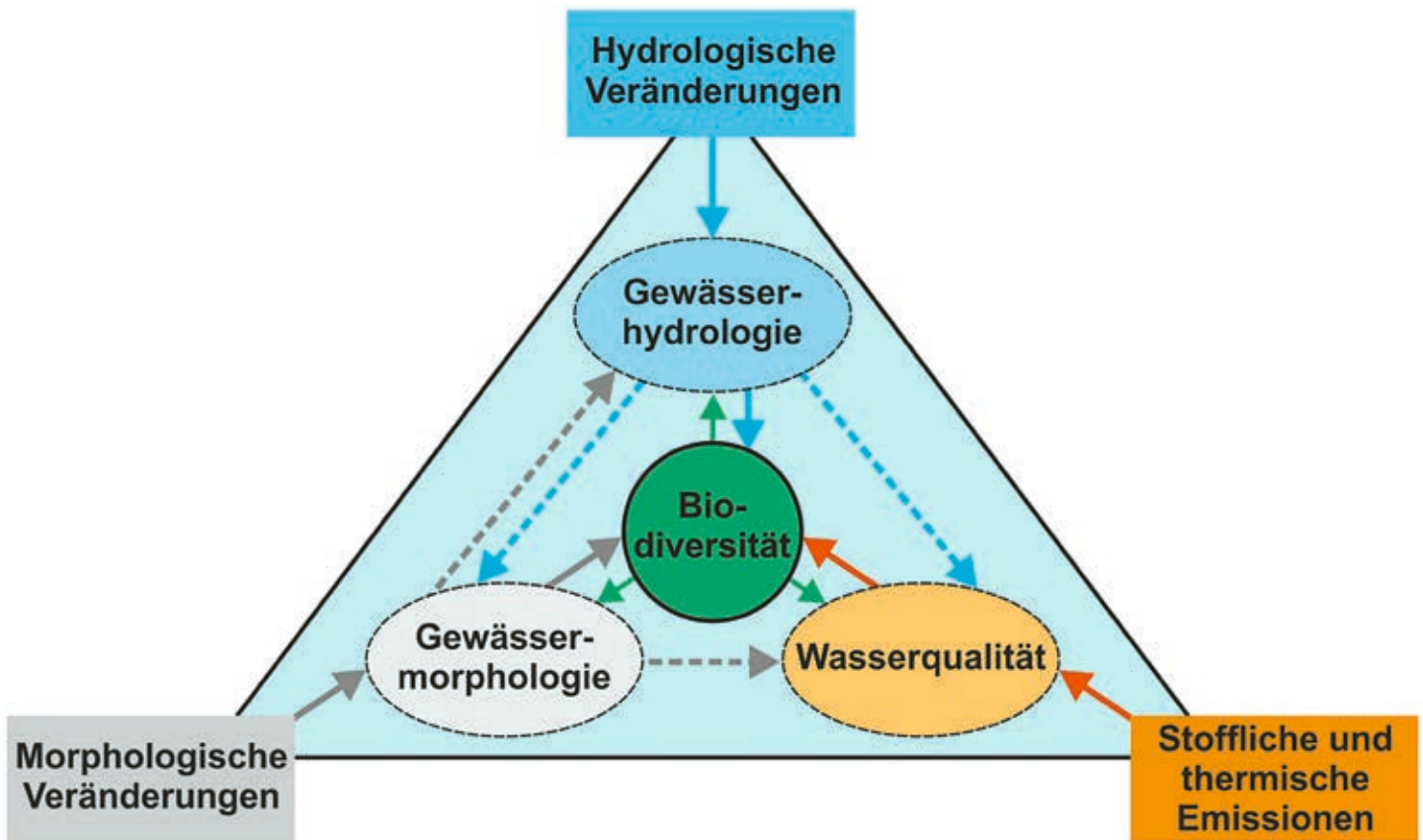
<b>Projektlaufzeit</b>	11/2019–10/2021
<b>Auftraggeber</b>	BMVI
<b>Fördermittelgeber</b>	Forschungsinitiative mFUND des BMVI
<b>Projektpartner</b>	Hochschule Koblenz, Anwendungszentrum für Maschinelles Lernen und Sensortechnologie GEOOPTIX GmbH JB Hyperspectral Devices GmbH
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610404035



### Ansprechpartner der BfG

Dr. Björn Baschek  
E-Mail: [baschek@bafg.de](mailto:baschek@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5395  
Referat M5 – Geodäsie und Fernerkundung





## 4 Ökosysteme und Biodiversität

Abbildung 58: Natürliche und anthropogene Steuerungsgrößen der Biodiversität. (Aus: HALLE, M. (2008): Ökologische Effektivität hydromorphologischer Maßnahmen an Fließgewässern, UBA-Texte 21/08, ISSN 1862-4804, vereinfacht)

Binnen- und Küstengewässer mit ihren 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 chemischer, physikalischer, klimatischer und biologischer Stressoren besonders häufig manifestieren. Der dramatische Rückgang der Biodiversität in diesen Ökosystemen betrifft nicht nur alle Ebenen der biologischen Vielfalt, sondern er beeinträchtigt auch die Lebensqualität für die Menschen. Vor diesem Hintergrund wird die BfG in künftigen Forschungsprojekten den Zustand und die Entwicklung der Biodiversität in Gewässern und ihren Auen dokumentieren, ein mechanistisches Verständnis der Einflüsse von Steuerungsfaktoren und insbesondere anthropogener Belastungen erlangen, Prognosen für künftige Entwicklungen der Biodiversität ableiten und Konzepte, Strategien sowie Maßnahmen für ein nachhaltiges Biodiversitätsmanagement in Deutschland und zur Erreichung nationaler, europäischer und globaler Biodiversitätsziele entwickeln.

Um diese Ziele zu erreichen, werden aktuell zahlreiche Projekte in verschiedenen Fachdisziplinen durchgeführt, die sich z.B. mit neuen Methoden zum biologischen Monitoring (eDNA), mit der Gütemodellierung, den Nahrungsnetzen und dem Sedimenthaushalt in Flüssen und Ästuaren sowie der lateralen Konnektivität zwischen Fluss und Aue beschäftigen. In der Umweltchemie werden Einträge, Ausbreitung und Umwandlung von Schadstoffen in verschiedenen Gewässerkompartimenten mit neuen methodischen Ansätzen wie der Non-Target-Analytik aber auch bioanalytisch erfasst und Konzepte und Verfahren zur ökotoxikologischen Bewertung der Gewässerqualität entwickelt. Daneben werden beispielsweise auch Projekte zum Monitoring und zur biologischen Wirkung von Mikroplastik durchgeführt. Künftig sollen die schon vorhandene interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Fachrichtungen verstärkt werden, um ein integratives Verständnis der Wirkung multipler Stressoren auf unsere aquatischen Ökosysteme zu entwickeln.

## 4.1 BMVI-finanzierte Forschung für Wasserstraßen

### 4.1.1 ElBiota – Laterale Konnektivität und Biodiversität der Elbauen

**Einfluss struktureller und funktionaler Fluss-Aue-Konnektivität auf die Biodiversität von Auen der Elbe unter Berücksichtigung der Wirkung auf und von Schadstoffen**

**Reagiert die Tier- und Pflanzenwelt auf die durch Tiefenerosion bedingte Entkoppelung von Fluss und Aue? Und lassen sich Auswirkungen auf die Mobilität und Ablagerung partikulär gebundener Schadstoffe nachweisen? Im Forschungsprojekt ElBiota werden diese Fragen am Beispiel der Elbe untersucht, wo es neben stark entkoppelten Abschnitten auch noch naturnahe, gut angebundene gibt.**

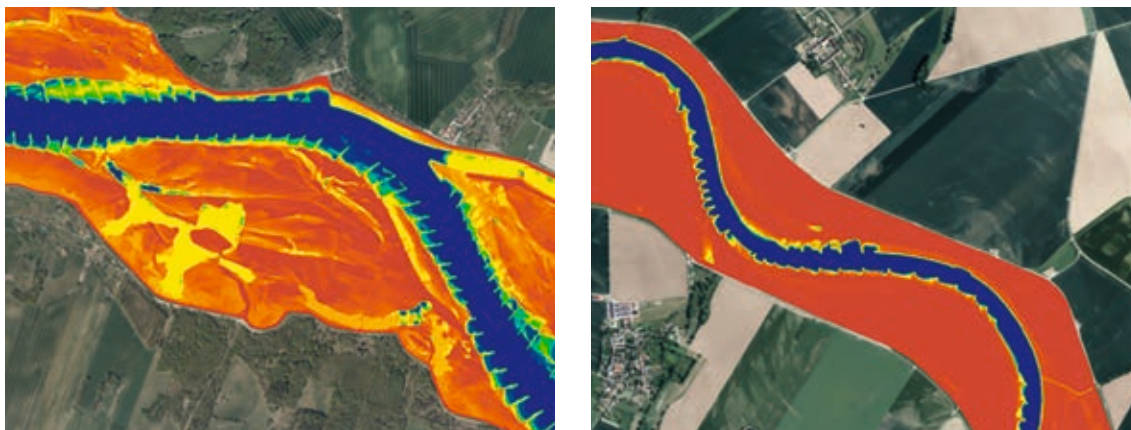


Abbildung 59: Überflutungsdauern in einem relativ gut (links: Schönberg am Deich) und einem schlecht (rechts: Elsning) angebundenen Abschnitt der Elbaue. Die Überflutungsdauern sind berechnet mittels des R-Pakets hydfflood und erstrecken sich über einen Gradienten von 0 bis 365 Tagen/Jahr mit einer Farbskala von braun über grün und gelb nach blau zunehmend (im Hintergrund digitale Orthofotos © GeoBasis-DE / BKG (2020)).

Intakte Auen weisen eine gute und häufige Anbindung an den Fluss auf. Sie bieten einer artenreichen, autotypischen Tier- und Pflanzenwelt ausreichend Lebensraum. Im Bereich der sogenannten Erosionsstrecke der Elbe zwischen Torgau und der Saalemündung ist dies jedoch nicht mehr der Fall. Hier tritt die Elbe nur noch selten über die Ufer, da sich die Gewässersohle über die letzten 150 Jahre sehr stark eingetieft hat. Im Projekt ElBiota wird die Tier- und Pflanzenbesiedlung sowie die Verteilung und Konzentration partikulärer Schadstoffe von Bereichen an der Erosionsstrecke mit solchen an der unteren Mittel- und Unterelbe verglichen, wo noch eine naturnahe Überflutungs- und Anbindungssituation herrscht.

#### Veranlassung

Die Wiederherstellung der lateralen Konnektivität von Fluss und Aue ist heute Ziel vieler Gewässerrenaturierungsprojekte. Es fehlt jedoch das Wissen darüber, welche Auswirkung eine mangelnde bzw. die Wiederherstellung der Anbindung der Aue an den Fluss auf die Tiere und Pflanzen hat. Auch die Auswirkungen auf die Belastung durch partikuläre Schadstoffe, die mit dem Fluss transportiert werden, sind unklar.

Durch den Vergleich der Tier- und Pflanzenbesiedlung und der Schadstoffsituation in vier Gebieten entlang der Elbe sollen Antworten gefunden werden. Zwei der Untersuchungsgebiete befinden



Abbildung 60: Linke Elbseite bei Dömitz (Elbe-Km 505,7) mit an die Elbe angebundenem Altarm

sich an der Erosionsstrecke und sind weitgehend von der Elbe entkoppelt. Zwei weitere Gebiete im Bereich der unteren Mittel-elbe weisen eine noch relativ gute Verbindung von Aue und Fluss auf. In allen Gebieten werden repräsentative Erfassungen der Vegetation, Laufkäfer, Mollusken und Schadstoffe durchgeführt. Für alle gibt es zudem hydraulische Informationen aus 2D-Hydraulikmodellen, die eine Berechnung der Konnektivität erlauben. Die gewonnenen biotischen und abiotischen Daten werden in eine Korrelationsanalyse einfließen, die statistische Zusammenhänge und Muster aufzeigt, welche zur Beratung und Optimierung der Renaturierungsplanung dienen sollen.

## Ziele

- Quantifizierung und dadurch bessere Bewertung der Auswirkungen unterschiedlicher Fluss-Auen-Konnektivität auf die Biodiversität typischer Auenarten sowie der Muster und Intensität der Schadstoffdeposition in Auen
- Entwicklung von Habitatmodellen für ausgewählte Tier- und Pflanzengruppen zur Vorhersage der Auswirkungen von Änderungen der Fluss-Auen-Konnektivität
- Entwicklung von Modellen für ausgewählte partikuläre Schadstoffe zur Vorhersage der Auswirkungen von Änderungen der Fluss-Auen-Konnektivität

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Zwei Erfassungskampagnen 2020 und 2021 werden die notwendige Datengrundlage für die geplanten Analysen und Modellentwicklungen liefern, die bis zum Projektabschluss (April 2022) vorliegen werden.

### Publikationen zum Thema

- MOSNER, E., A. WEBER, M. CARAMBIA, E. NILSON, U. SCHMITZ, B. ZELLE, T. DONATH, T., P. HORCHLER (2015): Climate change and floodplain vegetation – Future prospects for riparian habitat availability along the Rhine River. *Ecological Engineering*, 82, 493–511. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.05.013>
- OCHS, K., G. EGGER, A. WEBER, T. FERREIRA, J. E. HOUSEHOLDER, M. SCHNEIDER (2020): The potential natural vegetation of large river floodplains – From dynamic to static equilibrium. *Journal of Hydro-Environment Research*, 30, 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.jher.2020.01.005>
- HÜBNER, G. & D. SCHWANDT (2016): Ereignisbezogener Schadstofftransport im Elbegebiet. *KW Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 9 (1), 33–38.

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2019–04/2022
<b>Auftraggeber</b>	BMVI
<b>Projektpartner</b>	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH Universität Duisburg-Essen
<b>Projekt-Nr.</b>	M39630304065

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Peter Horchler  
E-Mail: [horchler@bafg.de](mailto:horchler@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5936  
Referat U3 – Vegetationskunde, Landschaftspflege

## 4.1.2 BEconnect – Flussufer und ihre Bedeutung für die Biodiversität und den Habitatverbund zwischen aquatischen und terrestrischen Lebensräumen

Im FuE-Projekt BEconnect (Biodiversity and ecological connectivity of river-bank habitats) werden verschiedene Uferausprägungen im Hinblick auf ihre Eigenschaften zur Habitatbereitstellung und -verbindung für ufertypische Organismengruppen im lateralen Gradienten vom Fluss über die Ufer bis in die Aue hinein untersucht. Dabei wird das ökologische Potenzial von ingenieurbioökologischen Ufersicherungen, wie beispielsweise Weidenpflanzungen, im Vergleich zu gesicherten sowie nicht gesicherten Uferabschnitten vertieft betrachtet.

BEconnect steht zudem mit den FuE-Projekten ElBiota und Uferfunk in einem übergeordneten Gesamtkonzept zur integrativen Gewässerentwicklung. Durch die Verknüpfung dieser drei Projekte werden eine umfassende und übertragbare Wissensbasis für die Herausforderungen einer zukunftsweisenden integrierten Gewässerentwicklung (z.B. im Rahmen des wasserwirtschaftlichen Ausbaus) gelegt und konkrete und praxistaugliche Lösungswege aufgezeigt.



Abbildung 61: Uferabschnitt an der Weser der Kategorie „Auwaldrelikt“ mit unregelmäßiger Uferlinie und Tierbauten (Bisam, Nutria), 13.04.2017 (Foto: Knopp, Planungsbüro WWK)

Laterale Konnektivität wird als die Interaktion zwischen Fließgewässerabschnitten und ihren angrenzenden Ufer- und Auen-Lebensräumen verstanden. Für die biologische Besiedelung an Flussuferräumen ist dabei die Vernetzung von aquatischen und terrestrischen Habitaten von besonderer funktionaler Bedeutung. Bei der Ausprägung ufertypischer Habitatstrukturen ist an Wasserstraßen das komplexe Zusammenspiel biotischer und abiotischer Faktoren

von besonderer Bedeutung. Zur Stärkung der Schifffahrt in Deutschland wurde in der Vergangenheit der Gewässerausbau forciert. Der resultierende Verlust von natürlicher Uferdynamik sowie ökologisch intakten, ufertypischen Habitatstrukturen trug wesentlich zur Abnahme von Biodiversität in diesen Lebensräumen bei. Die steigende anthropogene Nutzung von Gewässerebenen schränkt den lateralen Austausch zwischen Fluss, Ufer und Aue stark ein.



Abbildung 62: Ufervegetation im Jahresvergleich 2017/2018: Uferabschnitt ohne Uferbefestigung an der Aller bei Eille (Aller-km 67,25 – 67,35, rechtes Ufer) (Fotos: Grundmann, Planungsbüro biota)

## Veranlassung

Die bisherigen Erkenntnisse zur ökologischen Wirkungsweise von Ufersicherungen wurden hauptsächlich an bestehenden und der im FuE-Vorhaben eingerichteten Versuchsstrecke am Rhein gewonnen. Es fehlt eine umfassendere Betrachtung der Ufer an Bundeswasserstraßen als ökologisch wirksames Bindeglied zwischen aquatischen und terrestrischen Lebensräumen. Ziel ist es, diese ökosystemare Wasser-Ufer-Land-Konnektivität als Gradmesser für die Natürlichkeit und die Biodiversität des Gewässer-Aue-Systems zu entwickeln und aus diesen wissenschaftlichen Erkenntnissen letztendlich Arbeitshilfen für den Erhalt und die Förderung einer vielfältigen und standorttypischen Fauna und Flora abzuleiten.

Das geplante Projekt ist in einer modularen Struktur aufgebaut. Dabei gehen in die beiden Module M1 „Vegetation“ und M2 „Fauna“ Informationen aus den BfG-internen Kooperationen zu den Themen Hydrodynamik, Morphologie, Ökosystemleistungen (Querschnittsmodul) sowie zum Projekt ElbBiota ein. Die Module M1 und M2 münden unter separater und fachübergreifender Einbeziehung der Ergebnisse aus dem Querschnittsmodul in die integrative Synthese.

## Ziele

Bei der ökologischen Weiterentwicklung von Bundeswasserstraßen und Auen spielen die Ufer eine besondere Rolle. Die dort auf engstem Raum vorhandenen ökologisch wirksamen Strukturen schaffen eine funktionale Verbindung zwischen

aquatischen und terrestrischen Lebensräumen an Fließgewässern (ökosystemare Wasser-Ufer-Land-Konnektivität).

Ziel des Projektes ist es, das ökologische Potenzial verschiedener, für Bundeswasserstraßen typischer Uferstrukturen darzustellen und zu bewerten. Hierzu werden Biodiversitätsparameter und Nahrungsnetzcharakteristika (aquatisch) in einem Gradienten von relativ naturnahen Ufern über ingenieurbioökologische Ufersicherungen bis hin zu technischen Ufersicherungen (Schüttsteindeckwerke) betrachtet. Aus den Ergebnissen sollen Empfehlungen für die wasserwirtschaftliche Unterhaltung und die ökologische Aufwertung von Ufern in Haupt- und Nebenstrecken – auch im Hinblick eines möglichen wasserwirtschaftlichen Ausbaus – entwickelt werden.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Im Laufe der Projektbearbeitung wird ein modularer Aufbau verschiedener Arbeitspakete abgearbeitet und in die projektbegleitende Arbeitsgruppe gespiegelt.

In 2020 werden bereits erfasste Daten aus den Jahren 2017 und 2018 an Main, Weser und Aller statistisch ausgewertet sowie Vergaben für die Erfassung von Daten zu aquatischen Nahrungsnetzen in 2021 vorbereitet.

In 2021 werden erste Veröffentlichungen vorbereitet und Vergabearbeiten begleitet.

Die Präsentation von Projektergebnissen ist BfG-intern und auf nationalen und internationalen Veranstaltungen in der ersten Jahreshälfte 2023 geplant.

### Publikationen zum Thema

BAW, BfG (2020): Versuchsstrecke mit technisch-biologischen Ufersicherungen Rhein-km 440,6–441,6, rechtes Ufer. Abschlussbericht der Monitoringphase 2012–2017. Bericht BfG-1677

SCHMITT, K., M. SCHÄFFER, J. H. E. KOOP, L. SYMMANK (2018): River bank stabilisation by bioengineering: Potentials for ecological diversity. *Journal of Applied Water Engineering and Research*.  
DOI: 10.1080/23249676.2018.1466735

<b>Projektlaufzeit</b>	06/2020–06/2023
<b>Auftraggeber</b>	BMVI
<b>Projektpartner</b>	Technische Universität Berlin, Ökologisches Institut Universität Koblenz-Landau, Institut für Integrierte Naturwissenschaften, Abteilung Biologie Universität Duisburg-Essen, Abteilung aquatische Ökologie Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH, Department Naturschutzforschung
<b>Projekt-Nr.</b>	M39630304076

### Ansprechpartnerin der BfG

Kathrin Schmitt  
E-Mail: [kathrin.schmitt@bafg.de](mailto:kathrin.schmitt@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5962  
Referat U3 – Vegetationskunde, Landschaftspflege

## 4.1.3 BIO-eDNA – Molekulare Taxonomie und Ökologie

**Molekularbiologische Methoden zur Erfassung der Biodiversität und ökologischen Bewertung von Bundeswasserstraßen sowie zur Detektion von Neobiota und schwer auffindbaren Arten**  
**DNA-basierte Methoden ermöglichen die schnelle Erfassung der Biodiversität in Fließgewässern sowie die Identifizierung aquatischer Organismen, die Auskunft über den ökologischen Zustand der Flüsse geben können.**



Abbildung 63: Umwelt-DNA in Gewässern zur taxonomischen Analyse

Die Analyse von Umwelt-DNA (eDNA) ist ein wissenschaftlich gut begründetes Verfahren zur taxonomischen Analyse wichtiger biologischer Qualitätselemente (BQEs) wie Fische, Makrozoobenthos und Phytobenthos. International wird die Methode daher bereits für ausgewählte BQEs in die Gewässerbewertung gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie eingeführt. Darüber hinaus bieten die DNA-basierten Methoden die schnelle und gezielte Erfassung von gebietsfremden Arten (Neobiota) sowie seltener Taxa, die naturschutzfachlich von Bedeutung sind.

### Veranlassung

Biologische Bewertungsverfahren für Bundeswasserstraßen sind kostspielig und verlangen eine hohe taxonomische Kompetenz, die mehr und mehr ver-

loren geht. Neue molekularbiologische Methoden können die klassischen morphotaxonomischen Verfahren sinnvoll ergänzen und in Teilbereichen zukünftig auch ersetzen. Für das biologische Monitoring in der behördlichen Praxis sowie die praktische Anwendung in der ökologischen Gewässerbewertung von großen Flüssen bedarf es einer Standardisierung und Validierung der neuen molekularbiologischen Verfahren. Dafür muss u.a. geprüft werden, inwieweit DNA-basierte Daten in das bestehende Gewässerbewertungssystem integriert bzw. ob neue Indikatoren abgeleitet werden können, die vergleichbare Ergebnisse in der Ermittlung der Biodiversität und in der Bewertung des ökologischen Zustands der Bundeswasserstraßen ergeben wie die klassischen Verfahren. Dies wird am Beispiel des Phytoplanktons, Phytobenthos, Makrozoobenthos und der Fische durchgeführt.



## Ziele

- Etablierung neuer molekularbiologischer Verfahren (z.B. eDNA-Untersuchungen und Metabarcoding) im Rahmen des Gewässermanagements
- Taxonomische Untersuchung aquatischer Lebensgemeinschaften sowie ihrer biologischen Eigenschaften mit molekularbiologischen Methoden
- Transfer der Ergebnisse zu Anwendbarkeit und Limitationen molekularbiologischer Verfahren in der Fließgewässerbewertung in die wirtschaftliche Praxis

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Aufbau eines Labors für molekulare Taxonomie und Ökologie
- Vergleich von klassisch, morphotaxonomisch erhobenen Daten mit DNA-basierten Bestimmungsmethoden in Bezug auf Biodiversität und Beurteilung des ökologischen Gewässerzustands
- Teilnahme an koordinierten Probenahmekampagnen und Ringtests innerhalb interdisziplinär vernetzter Kooperationen

<b>Projektlaufzeit</b>	09/2020–08/2023
<b>Auftraggeber</b>	BMVI
<b>Projekt-Nr.</b>	M39630204048

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Sascha Krenek  
E-Mail: [krenek@bafg.de](mailto:krenek@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5331  
Referat U2 – Mikrobielle Ökologie

## 4.1.4 NESTOR – Etablierung der Nematoden als Bioindikatoren zur Bewertung des ökologischen Zustands von Gewässern

Fadenwürmer (Nematoda) sind wahrscheinlich nach den Insekten die artenreichste Tiergruppe auf der Erde. Auch daher bieten sie Möglichkeiten, wie auch Herausforderungen, zur Risikobewertung von schadstoffbelasteten Sedimenten.



Abbildung 64: Räuberischer Nematode der Gattung *Mononchus* (Foto: Universität Bielefeld, Tierökologie)

Die ökotoxikologische Bewertung von Sedimenten ist ein wichtiger Bestandteil der retrospektiven Risikobewertung von Chemikalien in aquatischen Ökosystemen. Sedimente bzw. die darin lebenden Organismen übernehmen Funktionen, die auch für das gesamte aquatische Ökosystem wichtig sind (z.B. hinsichtlich Artenvielfalt, Biomasse-Produktion, Stoffkreisläufen, Schadstoffabbau). Gleichzeitig sind insbesondere Feinsedimente häufig Hotspots chemischer Belastung, die neben anderen Umweltfaktoren diese Organismen beeinträchtigen können und somit auch den ökologischen Zustand der Gewässer. Daher sind Werkzeuge notwendig, um das Schadstoffrisiko bewerten zu können.

### Veranlassung

Meiobenthische Organismen sind insbesondere in Feinsedimenten dominanter als Makroinvertebraten. Jedoch waren bisher zu wenige meiobent-

hosbasierte Bewertungsmethoden (z.B. Indizes) vorhanden, um schadstoffinduzierte Änderungen in diesen Lebensgemeinschaften zu detektieren. Durch die Entwicklung und Validierung des NemaSPEAR[%]-Index im Rahmen verschiedener FuE-Projekte der BfG wurde es möglich, eine der arten- und individuenreichsten Organismengruppen, die Nematoden, zu berücksichtigen. Mit dem aktuellen Projekt soll die Etablierung der Nematoden als Bioindikatoren weiter vertieft und um neue Schwerpunkte ergänzt werden. Drei Teilprojekte beschäftigen sich (1) mit der Anwendung des NemaSPEAR[%]-Index mittels DNA-basierter Analyse der Nematoden (Barcoding und Metabarcoding), (2) dem Einfluss chemischer Belastung auf die Verbreitung von Nematodenarten in Gewässern im Vergleich zu anderen abiotischen Einflussgrößen bzw. Verbreitungsmechanismen anhand von Metacommunity-Analysen und (3) dem Vergleich des NemaSPEAR[%]-Index mit bestehenden Routinemethoden basierend auf Makroinvertebraten.

## Ziele

- Ausbau und Optimierung molekularer Charakterisierung von Nematoden im Hinblick auf eine nicht morphologische Analyse (Barcoding und Metabarcoding), um insbesondere die Anwendung des NemaSPEAR[%]-Index zu erleichtern
- Anwendung statistischer Metacommunity-Auswertung von Nematodendaten zum Ausbau der Kenntnis über Umweltfaktoren, die Vorkommen und Verbreitung beeinflussen, um Umweltstressoren und -faktoren (z.B. Schadstoffe, Hydromorphologie) besser trennen zu können
- Vergleich von Makrobenthos- und Meiobenthosgemeinschaften hinsichtlich ihres Potenzials zur Indikation chemischer Belastung in Sedimenten und wie sie sich in der Bewertung ergänzen können

## Ergebnisse

- Die Genauigkeit und Standardisierung von molekularen Analysen konnte für die Anwendbarkeit in der Analyse von Nematodengemeinschaften evaluiert werden. Sequenzdatenbanken wurden ausgebaut (insbesondere relevante NemaSPEAR[%]-Arten) sowie Methoden optimiert und erfolgreich auf natürliche Proben zur Bewertung angewandt.
- Standortkonnektivität kann einen bedeutenden Einfluss auf die Zusammensetzung von Nematodengemeinschaften haben, jedoch haben Umweltfaktoren einen größeren Anteil (z.B. Stickstoff, organische Schadstoffe).
- Die parallele Anwendung verschiedener Indizes (basierend auf Meiofauna und Makrofauna) zeigte deren Potenzial, sich in der Standortbewertung ergänzen zu können, wobei nur der NemaSPEAR[%]-Index den chemischen Belastungsgradienten im Sediment abbilden konnte.

### Publikationen zum Thema

- SCHENK, J., S. HÖSS, M. BRINKE, N. KLEINBÖLTING, H. BRÜCHNER-HÜTTEMANN, W. TRAUNSPURGER (2020): Nematodes as bioindicators of polluted sediments using metabarcoding and microscopic taxonomy. *Environment International* 143, 105922
- BRÜCHNER-HÜTTEMANN, H., S. HÖSS, C. PTATSHECK, M. BRINKE, J. SCHENK, W. TRAUNSPURGER (accepted): Added value of the NemaSPEAR[%]-index to routinely used macrofauna-based indices for assessing the quality of freshwater sediments. *Ecological Indicators*
- GANSFORT, B. & W. TRAUNSPURGER (2019): Environmental factors and river network position allow prediction of benthic community assemblies: A model of nematode metacommunities. *Scientific reports* 9, 14716
- HÖSS, S., P. HEININGER, E. CLAUS, C. MÖHLENKAMP, M. BRINKE, W. TRAUNSPURGER (2017): Validating the NemaSPEAR[%]-index for assessing sediment quality regarding chemical-induced effects on benthic communities in rivers. *Ecological Indicators* 73, 52–60
- HEININGER, P., S. HÖSS, E. CLAUS, J. PELZER, W. TRAUNSPURGER (2007): Nematode communities in contaminated river sediments. *Environmental Pollution* 146, 64–76

<b>Projektlaufzeit</b>	07/2016–05/2020
<b>Auftraggeber</b>	BMVI
<b>Projektpartner</b>	Universität Bielefeld, Tierökologie
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620304017

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Marvin Brinke  
E-Mail: [brinke@bafg.de](mailto:brinke@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5966  
Referat G3 – Biochemie und Ökotoxikologie

## 4.1.5 MONDE 1 – Die chemische Monitoring-Station der Zukunft

Das chemische Gewässermonitoring ist ein integraler Bestandteil der Überwachung und nachhaltigen Nutzung unserer Flüsse (z.B. zur Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat).

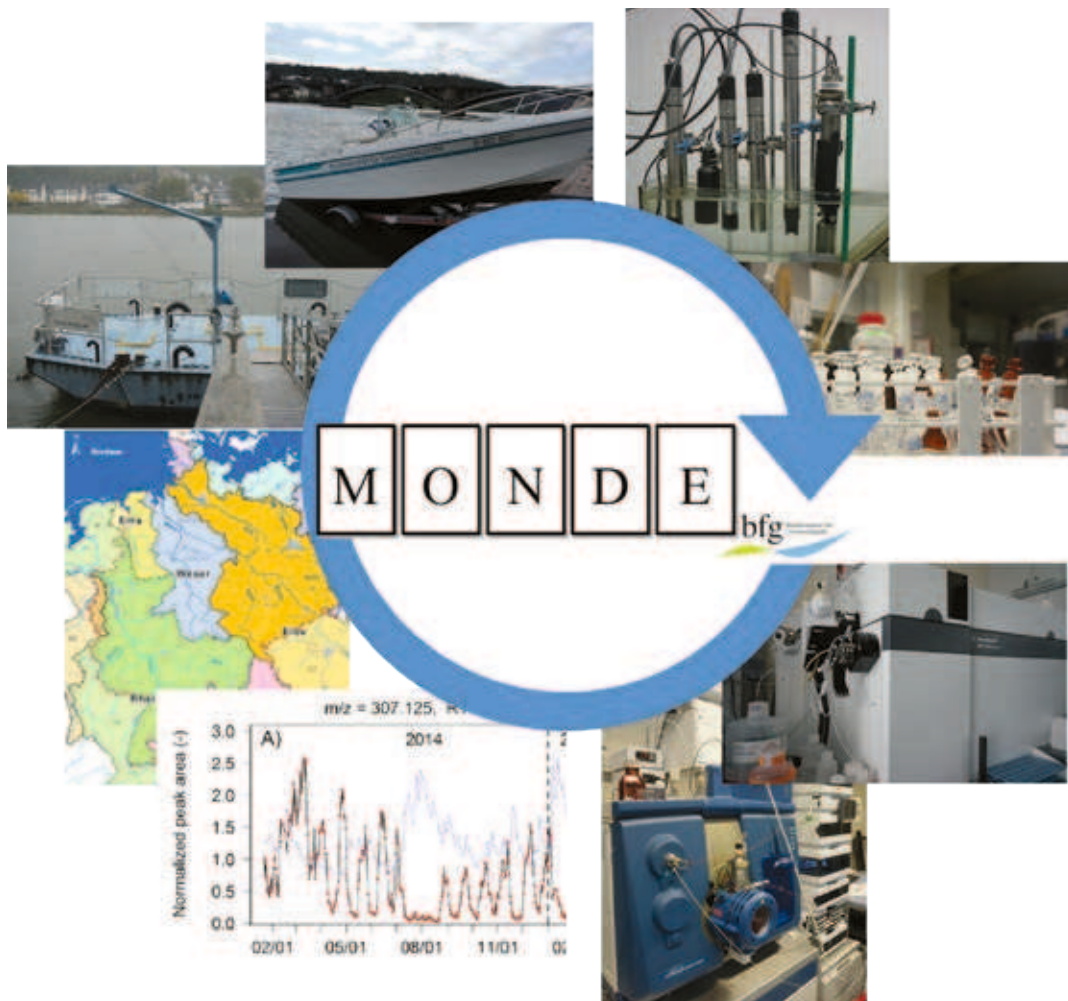


Abbildung 65: Monitoring umfasst Probenahme und Analytik mit Bewertung und Bereitstellung von Messergebnissen.

Aktuell werden gewässerchemische Parameter zum Teil kontinuierlich, jedoch meist diskontinuierlich überwacht und mittels Laborverfahren erfasst.

Über die zeitlich entkoppelte Erfassung hinaus prüft MONDE 1, welche weiteren Möglichkeiten des zeitnahen chemischen Monitorings bestehen und welche Verfahren zukünftig eine Rolle spielen werden.

### Veranlassung

Das überwachungsorientierte chemische Gewässermonitoring lässt in der Regel wenig Raum für Forschung und Entwicklung. Dabei ist ein forschungsorientiertes Monitoring und die zeitnahe Erfassung des Gewässerzustandes mit adäquater zeitlicher und räumlicher Auflösung die Voraussetzung für die Bestimmung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen, um daraus Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes abzu-

leiten und angemessen reagieren zu können. Eine weitere Herausforderung ist die steigende Menge menschengemachter Stoffe in den Gewässern. Das Projekt MONDE 1 hat als Initialprojekt zur Aufgabe, die Grundlagen für zukünftige Entwicklungen im Monitoring zu schaffen und grundlegende Infrastrukturkomponenten bereitzustellen.

## Ziele

- Verbesserung des gewässerchemischen Monitorings mittels Online-/Inline-/Atline-Verfahren
- Ausbau des zeitlich hochaufgelösten Monitorings zur zeitnahen Beschreibung des Gewässerzustandes mittels Anwendung neuer messtechnischer Entwicklungen unter realen Bedingungen
- Erfassung unbekannter chemischer Spezies

- Beantwortung von Fragen zur Vergleichbarkeit von Daten erzeugt durch unterschiedliche Verfahren
- Signalverarbeitung und Validierung sowie Mustererkennung und -bewertung mit dem Ziel einer annähernden Echtzeit-Bewertung und Bewertung des Gewässerzustands
- Steigerung der Robustheit und Effizienz durch Automatisierung

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Aufbau einer BfG-eigenen experimentellen Station
- Unterstützung verschiedener Organisationen im Bereich des Monitorings
- Bereitstellung von Informationen für die Öffentlichkeit zum Thema chemisches Gewässermonitoring

**Projektlaufzeit** 05/2019–04/2023  
**Auftraggeber** BMVI  
**Projekt-Nr.** M39620404010

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Julia Arndt  
E-Mail: [arndt@bafg.de](mailto:arndt@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5049  
Referat G4 – Radiologie und Gewässermonitoring

## 4.1.6 Stoffeinträge in die deutschen Küstengewässer (Ostsee)

Metall-, Metalloid- und Nährstoff-Belastungen in den Sedimenten der deutschen Ostseeküste stellen Probleme bei der Verbringung von Baggergut dar und erfordern die Entwicklung von Methoden zur Abschätzung der Freisetzungen in die Wasserphase.

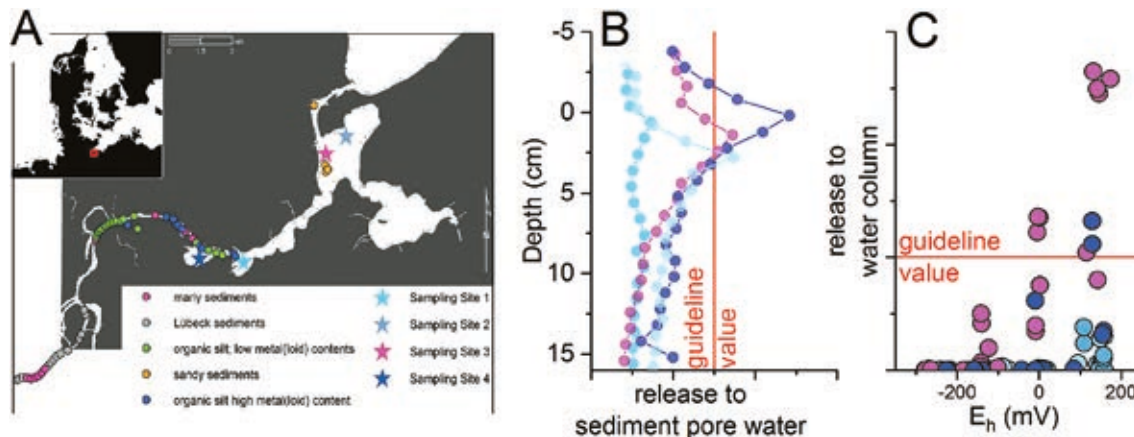


Abbildung 66: Klassifizierung der Sedimente des Untersuchungsgebiets (A), Arsen-Freisetzung ins Sediment-Porenwasser (B) und Cadmium-Freisetzung in die Wasserphase bei Sedimentsuspension in Abhängigkeit des Redoxpotenzials (C)

Mobilität, Toxizität und Bioverfügbarkeit vieler Metalle und Metalloide hängen wesentlich von ihrer Spezierung und Fraktionierung ab. Eine realistische Abschätzung der Umweltauswirkungen von Maßnahmen der Gewässerunterhaltung erfordert daher die Entwicklung von Bewertungsansätzen, die die Bindungsform von Metallen und Metalloiden berücksichtigen und den Auswirkungen möglicher Änderungen der Umweltparameter Rechnung tragen.

### Veranlassung

Das Trave-Ästuar bildet die Zufahrt zu einem der wichtigsten Seehäfen an der deutschen Ostseeküste. Eine fortlaufende Unterhaltung des Fahrwassers ist aus verkehrlichen Gründen erforderlich. Zugleich besitzen weite Teile der Trave-Ufer große Bedeutung für den europäischen Vogelzug und besitzen entsprechenden Schutzstatus. In diesem ökologisch sensiblen Untersuchungsgebiet bereiten Sedimente mit erhöhten Metall-, Metalloid- und Nährstoffgehalten Probleme bei der Unterbringung

von Baggergut. Eine bestehende Diskrepanz zwischen der Überschreitung bestehender Richtwerte und Ergebnissen ökotoxikologischer Untersuchungen geben den Anlass, Methoden zur Sedimentbewertung unter Berücksichtigung von Aspekten wie Fraktionierung, Spezierung und (Bio-)Verfügbarkeit zu entwickeln.

### Ziele

Entwicklung von Methoden zur Abschätzung der potenziellen Freisetzung von Metallen, Metalloiden und Nährstoffen aus Sedimenten.

### Ergebnisse

- Es wurden Methoden zur Untersuchung und Bewertung von Sedimenten auf Grundlage des Sediment-Porenwassers sowie der potenziellen Freisetzung von Metallen, Metalloiden und Nährstoffen im Falle der Sedimentresuspension entwickelt.

- Die Sediment-Porenwasseruntersuchungen zeigen, dass benthische Organismen erhöhten Metall- und Metalloid-Konzentrationen ausgesetzt sind. Jedoch zeigen die Ergebnisse keine höhere Toxizität von belasteten Sedimenten des Untersuchungsraums im Vergleich zu unbelasteten Referenzsedimenten.
- Die Abschätzung der potenziellen Freisetzung von Metallen und Metalloiden im Falle der Sedimentresuspension ergab, dass pro Tonne suspendierten Sediments nur mit der Freisetzung eines Bruchteils der durchschnittlichen Tagesfracht der Trave zu rechnen ist.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Das Projekt ist abgeschlossen.

### Publikationen zum Thema

- SCHROEDER, H., L. DUESTER, A. L. FABRICIUS, D. ECKER, V. BREITUNG, T. A. TERNES (2020): Sediment water (interface) mobility of metal(loid)s and nutrients under undisturbed conditions and during resuspension. *J Hazard Mater*, 394, 122543
- SCHROEDER, H., A. L. FABRICIUS, D. ECKER, T. A. TERNES, L. DUESTER (2017): Metal(loid) speciation and size fractionation in sediment pore water depth profiles examined with a new meso profiling system. *Chemosphere*, 179, 185–193
- SCHROEDER, H., A. L. FABRICIUS, D. ECKER, T. A. TERNES, L. DUESTER (2019): Impact of mechanical disturbance and acidification on the metal(loid) and C, P, S mobility at the sediment water interface examined using a fractionation meso profiling ICP-QQQ-MS approach. *Sci Total Environ*, 651, (Pt 2), 2130–2138

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2015–09/2019
<b>Auftraggeber</b>	BMVI
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620104011

### Ansprechpartner der BfG

Henning Schröder  
 E-Mail: [henning.schroeder@bafg.de](mailto:henning.schroeder@bafg.de)  
 Tel.: +49(0)261 1306 5523  
 Referat G4 – Radiologie und Gewässermonitoring

## 4.1.7 Uferfunk – Die Interaktion zwischen Vegetation und Boden an gezeitengeprägten naturnahen Ufern

Im Projekt Uferfunk wird das Wechselspiel zwischen Boden, Phytobenthos, Vegetation und Hydrodynamik an naturnahen Ufern der Tideelbe betrachtet und untersucht, wie dieses den Boden in seiner Struktur langfristig stabilisiert.



Abbildung 67: Übergang zwischen Watt und einem mit Röhricht bewachsenen Ufer an der Tideelbe  
(Foto: Schmidt-Wygasch)

Natürliche Ufer existierten nicht, wären sie nicht widerstandsfähig gegenüber hydrodynamischem Stress wie Wellenschlag, gezeitenbedingten Wasserstandschwankungen oder Strömungen. Pflanzenbewuchs an der Oberfläche dämpft Wellenschlag und Strömung, unterirdische Wurzeln und Rhizome geben dem Boden Halt, abgestorbene Pflanzenteile werden biochemisch umgesetzt und „verkleben“ den Boden. Die Tidemarschen haben sich an die schnelle Dynamik der Gezeiten angepasst und sind dennoch sehr empfindlich. Welche Prozesse im Einzelnen zur Stabilität natürlicher Ufer beitragen, ist bislang kaum erforscht.

### Veranlassung

Es ist bekannt, dass Pflanzen tidebeeinflusste Böden stabilisieren. Die unterschiedliche Artenzusammensetzungen und die Ausprägung von Pflanzenmerkmalen werden nachweislich stark von der Hydrodynamik und den Überflutungen gesteuert. Wir fragen uns, ob die Pflanzenmerkmale wiederum wesentlich zur Widerstandsfähigkeit des Bodens gegen Erosion beitragen. In der Bodenentwicklung leisten Biogele und Phytobenthos einen wesentlichen Beitrag zur Bodenstabilisierung

und Pflanzenansiedlung durch den bodenbildenden Prozess der Aggregatbildung. Wir möchten belegen, dass Biogele auch die Bodengenese von tidebeeinflussten Böden und die Ansiedlung höherer Vegetation an den Ufern der Tideelbe fördern. Des Weiteren möchten wir herausfinden, welche Bodenprozesse durch den Tidezyklus variieren und welche Bodenprozesse sich zur nachhaltigen Bodenbildung verstetigen. Um diese Fragen zu beantworten, finden zum einen In-situ-Messungen der prozesssteuernden Einflussfaktoren an erodierenden und sedimentierenden Ufern der Tideelbe statt, zum anderen werden physikalische Modellversuche zur Rolle des Phytobenthos durchgeführt.

### Ziele

- Identifizierung und Beschreibung der wichtigsten Prozesse zwischen gezeitenbeeinflussten Böden, Biogelen, Vegetation und Hydrodynamik
- Quantifizierung der damit gekoppelten Funktionen und ihre Darstellung in Ökosystemleistungen
- Ableitung von Bemessungskriterien für naturnahe Ufer



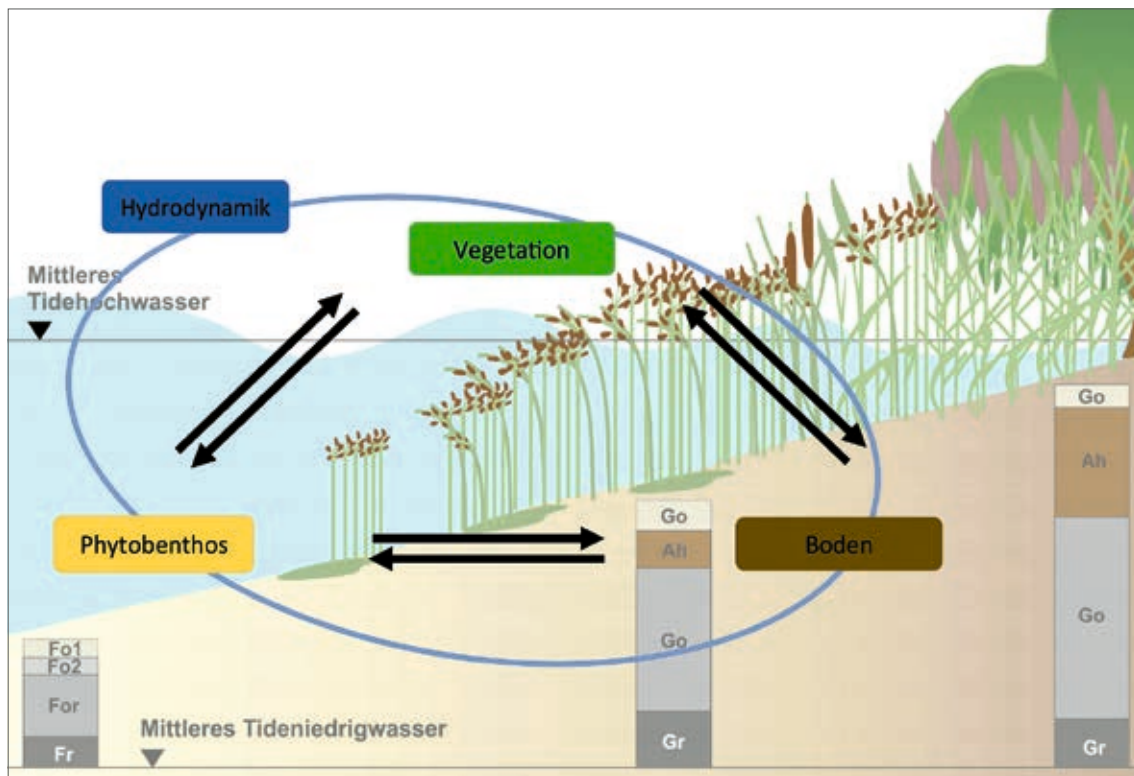


Abbildung 68: Die zu untersuchenden Faktoren und Wechselwirkungen am gezeitengeprägten naturnahen Ufer

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Nach Abstimmung des detaillierten Untersuchungsdesigns mit allen Kooperationspartnern werden im Herbst 2020 in Absprache mit der unteren Naturschutzbehörde die ersten boden- und vegetationskundlichen sowie hydrodynamischen

Messungen und Probenahmen an der Tideelbe erfolgen. Das Royal Netherlands Institute for Sea Research wird ab Sommer 2020 Experimente in Tidebecken und bewegten Mesokosmen durchführen.

Ein Stakeholder-Workshop zur Vorstellung des Projekts ist im Frühjahr 2021 in Hamburg geplant.

### Publikationen zum Thema

SCHMIDT-WYGASCH, C. & M. HEUNER (2018): Die Ufer der Tideelbe im Wechselspiel von Mensch und Umwelt. Vegetation, Boden und deren Ökosystemleistungen. Bericht BfG-1970. Ergebnisse der BfG-Forschungsprojekte ElbService und tibass sowie Zwischenergebnisse des Makrophytenmonitorings der Beweissicherung Tideelbe. DOI: 10.5675/BfG\_Tideelbe\_ElbService\_tibass, Koblenz, 53 S.

<b>Projektlaufzeit</b>	7/2019–06/2022
<b>Auftraggeber</b>	BMVI
<b>Projektpartner</b>	Universität Kiel, Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde Universität Hannover, Institut für Bodenkunde Royal Netherlands Institute for Sea Research, Estuarine & Delta Systems
<b>Projekt-Nr.</b>	M39630304077

### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Maike Heuner  
E-Mail: heuner@bafg.de  
Tel.: +49(0)261 1306 5960  
Referat U3 – Vegetationskunde, Landschaftspflege

## 4.1.8 DyNaMo – Dynamics of Nature and Morphology – Die Ursache-Wirkungsbeziehungen des Röhrichtwachstums an Bundeswasserstraßen

In DyNaMo werden die Wachstumsbedingungen und -unterschiede von Schilf und Rohr-Glanzgras an Mittel- und Tideelbe verglichen. Ebenso wird das Röhrichtwachstum auf hydromorphodynamischen Watten ins Visier genommen.



Abbildung 69: Experiment an der Universität Hamburg mit kontrastierenden Bedingungen in Hydrologie, Bodenart und Salinität, links: Juni, rechts: August

Vegetation im Wechsel zwischen Land und Wasser reagiert fortwährend auf die hydro- und morphodynamischen Prozesse wie Überflutung, mechanische Belastungen durch Strömung und Wellen sowie auf das Erodieren und Sedimentieren verschiedener Bodenarten, was einhergeht mit Veränderungen der Geländehöhen und den Nährstoff- und Salzgehalten. An fluvialen und tidebeeinflussten Bundeswasserstraßen sind Röhrichte als Wechselwasserzeiger bekannt. Zum Beispiel sind *Phragmites australis* (Gewöhnliches Schilf) und *Phalaris arundinacea* (Rohr-Glanzgras) ökosystemtypische Pflanzenarten, die häufig flächendeckend vorkommen.

### Veranlassung

- Die potenziellen Röhrichtlebensräume wurden des Öfteren schon quantifiziert beschrieben. Wie genau sich jedoch Standorteigenschaften auf das Röhrichtwachstum auswirken, ist noch Gegenstand der Forschung. Dieses Wissen wird für die ökologische Gewässer- und Uferentwicklung benötigt.
- Schilf wächst eher an langsam fließenden Gewässerabschnitten, während Rohr-Glanzgras stärkeren Strömungen standhält. Ab wann sich die Strömung negativ auf das Wachstum von Rohr-Glanzgras auswirkt, welche Art überflutungstoleranter ist und wie die Arten auf verschiedene Bodenarten reagieren, ist wenig bekannt. Mittels Überflutungsexperimenten wird der Einfluss von pluvialem und tidalem Elberegime, schlickigen und sandigen Bodenarten und von brackischem und limnischem Wasser auf das Pflanzenwachstum getestet.
- Im Tidebereich ist auch *Bolboschoenus maritimus* (Meer-Strandsimse) flächendeckend an der Vegetationskante anzutreffen. Hier werden auf acht Transekten entlang der Tideelbe Erosions- und Sedimentationsraten im 14-tägigen Rhythmus über ein Jahr gemessen und mit dem Röhrichtwachstum in Beziehung gesetzt, um herauszufinden, wie sich die Erosions- und Sedimentationsprozesse aufgrund des Bewuchses unterscheiden.



Abbildung 70: Erodierende Vegetationskante in Krautsand an der Tideelbe mit Messsonden (Foto: Dahlkamp)

## Ziele

- Quantifizieren der Ursache-Wirkungsbeziehungen der Einflussfaktoren Hydrologie, Bodenart und Salinität auf Etablierung, Wachstum und Ausbreitung der Röhrichtarten *P. arundinacea* und *P. australis*

- Schaffung einer robusten Datengrundlage für prozessbasierte Wachstumsmodelle von Makrophyten durch Messung räumlich-zeitlicher Dynamik der Topographie und des Pflanzenwachstums im Jahresverlauf in Abhängigkeit erklärender Variablen

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Regelmäßige Messung der Sediment- und Hydrodynamik sowie der Vegetationshöhe und -dichte entlang von acht Transekten an der Tideelbe für das Jahr 2020
- Datenauswertung des Experiments und Veröffentlichung ihrer Ergebnisse

### Publikationen zum Thema

SCHMIDT-WYGASCH, C. & M. HEUNER (2018): Die Ufer der Tideelbe im Wechselspiel von Mensch und Umwelt. Vegetation, Boden und deren Ökosystemleistungen. Bericht BfG-1970. Ergebnisse der BfG-Forschungsprojekte ElbService und tibass sowie Zwischenergebnisse des Makrophytenmonitorings der Beweissicherung Tideelbe. DOI: 10.5675/BfG\_Tideelbe\_ElbService\_tibass, Koblenz, 53 S.

SCHRÖDER, U., E. FUCHS, M. HEUNER, C. SCHMIDT-WYGASCH, A. TERWEI (2018): 1. Zwischenbericht „Makrophytenmonitoring“. Einfluss des schifferzeugten Wellenschlages auf emerse Makrophyten der Tideelbe am Beispiel dreier exponierter Standorte, Ist-Zustand 2015. Untersuchungen im Rahmen des Planfeststellungsbeschlusses zur Fahrrinnenanpassung im Auftrag des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes Hamburg. 60 S. + Anhang: DOI: 10.5675/BfG-1945

### Projektlaufzeit

8/2018–12/2021

### Auftraggeber

BMVI

### Projektpartner

Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie, Landschaftsökologie und Umweltsystemanalyse  
 Universität Hamburg, Institut für Pflanzenwissenschaften und Mikrobiologie, Angewandte Pflanzenökologie  
 TU Hamburg Harburg, Institut für Biomechanik  
 WSA Hamburg, Abz. Glückstadt

### Projekt-Nr.

M39630304073

### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Maike Heuner

E-Mail: heuner@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5960

Referat U3 – Vegetationskunde, Landschaftspflege

## 4.1.9 OGIMo – Oberflächen-Grundwasser-Interaktion entlang der Mosel

**Interaktionen zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser entlang von Bundeswasserstraßen am Beispiel der Mosel – Prozessverständnis und Tracertechniken**  
**Vom Oberflächenwasser zum Grundwasser und zurück: Bedeutung der Interaktion beider Bereiche für den Stofftransport im Maßstab von Bundeswasserstraßen**



Abbildung 71: Stauhaltung Detzem, Mosel

Die hydraulischen Randbedingungen an einem Gewässer können durch anthropogene Bauwerke nachhaltig verändert werden. Dadurch beeinflusst werden auch die Interaktion zwischen Oberflächenwasser (OW) und Grundwasser (GW) und die daran beteiligten Stofftransportprozesse. Um diese Prozesse im Gewässer besser beschreiben zu können (qualitativ und quantitativ), sollen neben bereits etablierten Tracern neuartige Inhaltsstoffe auf ihre Eignung als Marker untersucht werden. Die Ergebnisse dienen als Basis für OW-GW-Wechselwirkungsmodelle und ermöglichen ein erweitertes Prozessverständnis für Bundeswasserstraßen. Ein daraufhin zu erstellendes konzeptionelles Modell ermöglicht die Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse und leistet einen Beitrag zur Erreichung eines guten Gewässerzustands.

### Veranlassung

- OW-GW-Interaktion ist räumlich und zeitlich sehr variabel und hauptsächlich von geomorphologischen, geologischen (damit auch chemischen) und hydrogeologischen Eigenschaften des Flussbettes und der Umgebung abhängig.
- Durch Infiltration (OW ins GW) oder Exfiltration (GW ins OW) können Stoffe in die jeweilig andere Zone transportiert und modifiziert werden.
- Der großräumige Eintrag von Stoffen (z.B. aus der Landwirtschaft) über das Grundwasser sowie Eingriffe in morphologische Strukturen (Rückbau von Wehren, Renaturierungen) können zu nachhaltigen Veränderungen der Wasserqualität von Bundeswasserstraßen

führen. Daher sind Untersuchungen der OW-GW-Interaktion in großräumigen limnischen Systemen zwingend notwendig, gerade auch im Hinblick auf Arbeiten der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes im Rahmen von Beweissicherungsmaßnahmen.

- Innovative Forschungsansätze ermöglichen Erkenntnisse über die hydrologischen und biogeochemischen Bedingungen in der Übergangszone OW/GW, sodass die Transportprozesse von anthropogen eingetragenen Stoffen und die Auswirkungen von wasserbaulichen Strukturen (z.B. Staustufen) bezüglich ihres Einflusses auf die Gewässerökologie, die Wasserqualität und die Wasserwirtschaft besser beurteilt werden können.

## Ziele

- Neue Erkenntnisse zur Eignung von Radionukliden und anthropogenen Spurenstoffen wie Arzneistoffe oder Pestizide als Marker zur Beschreibung der Interaktionen von OW und GW
- Vertieftes Wissen über die Wechselwirkungen zwischen OW und GW hinsichtlich des hierbei

stattfindenden Stofftransports und Aufschluss über die Herkunft, Transportpfade und den Abbau von anthropogenen Spurenstoffen im System OW-GW

- Entwicklung eines konzeptionellen Modells als Instrument zur Vorhersage der Beeinflussung von Interaktionen von OW und GW infolge von wasserbaulichen Eingriffen sowie zur Abschätzung der damit verbundenen Umweltauswirkungen

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Es sind Schiffsbefahrungen zur hochaufgelösten Tracermessung an der Mosel geplant. Mit den Ergebnissen sollen Zonen erhöhter OW-GW-Interaktion ausgewiesen werden. In weiteren Schritten sollen detaillierte Messungen zum Stofftransport an ausgewählten Detailstandorten durchgeführt werden. Säulenversuche komplettieren die Ergebnisse aus dem Feld und ermöglichen die Untersuchung von anthropogen eingebrachten Substanzen im Hinblick auf ihr Transportverhalten sowie deren Eignung als Tracer für die Beschreibung von OW-GW-Wechselwirkungsprozessen.

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2020–12/2022
<b>Auftraggeber</b>	BMVI
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620104024

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Dirk Radny

E-Mail: [radny@bafg.de](mailto:radny@bafg.de)

Tel.: +49(0)261 1306 5092

Referat G1 – Grundsatzfragen der qualitativen Gewässerkunde

## 4.1.10 Mehrdimensionale Modellierung von Gewässergüte und Nahrungsnetzen in Ästuaren – Grundlagen und Werkzeuge für ein Gewässermanagement

Durch die Kopplung von Modellen zur Gewässergüte und zum Nahrungsnetz in Ästuaren soll der Fortpflanzungserfolg der Fischart Finte in Abhängigkeit von Gewässergüte und Nahrungsangebot ermittelt werden.

Die ökologische Modellierung ist ein wertvolles Instrument zur Analyse von Gewässerzuständen und Managementmaßnahmen. Durch die Kopplung von Modellen zur Gewässergüte und zum Nahrungsnetz in Ästuaren kann ein Instrument geschaffen werden, das eine konsistente Betrachtung der Gewässergüte und der Primärproduktion (Phytoplankton) bis hin zu den nächst höheren Gliedern der pelagischen Nahrungskette, dem Zooplankton und den Fischlarven, ermöglicht.

### Veranlassung

Das Vorkommen und die Reproduktion der FFH-Art Finte (*Alosa fallax*) spielen eine entscheidende Rolle in der ökologischen Bewertung der Ästuare von Elbe und Weser sowie bei der Einschätzung der Umweltverträglichkeit von Maßnahmen. Diese Art laicht im gezeitenbeeinflussten Süßwasserabschnitt der Ästuare. Die Larven und Jungfische sind dort u.a. von dem Vorkommen ihrer Nahrungsgrundlage, dem Zooplankton (Crustaceen und Rotatorien) abhängig und der Fortpflanzungserfolg ist umso größer, je besser Ort und Zeit der Fortpflanzung mit dem Maximum des Nahrungsangebots übereinstimmen (Match/Mismatch-Hypothese). Daher wird im Projekt der Zusammenhang zwischen dem Zooplankton als Nahrungsgrundlage und dem Reproduktionserfolg der Finte untersucht. Dieses Projekt schließt eine erhebliche Lücke bei der Verknüpfung von numerischen Modellen mit fachspezifischen Untersuchungen. Der Bedarf an wissenschaftlichen Grundlagen bezüglich der Wechselwirkungen zwischen abiotischen Faktoren (Abfluss, Wassertemperatur, Sauerstoff, Nährstoffe) und biologischen Größen (Phyto- und

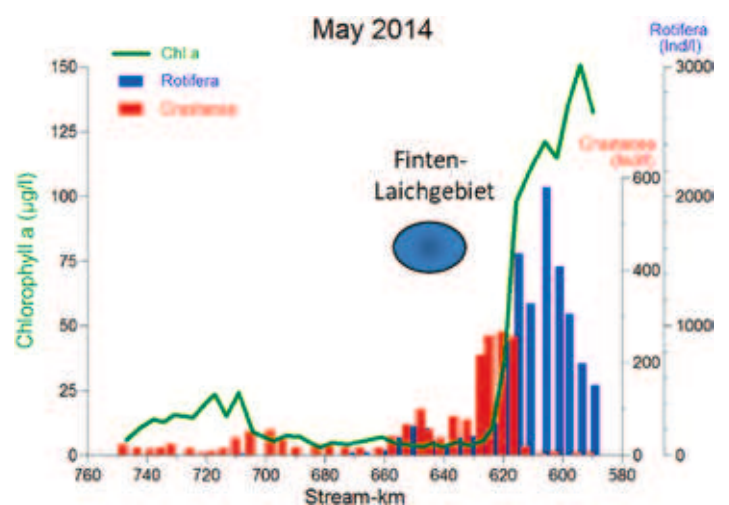


Abbildung 72: Die Reproduktion der Finte hängt von der räumlich und zeitlich variierenden Nahrungsgrundlage (Zooplankton) ab. Längsverteilung der Abundanzen der Großgruppen Rotifera und Crustacea in der Tidelbe im Mai 2014 sowie Lage des Fintenlaichgebiets

Zooplankton, Jungfischpopulation der Finte) ist besonders groß bei der Entwicklung nachhaltiger Bewirtschaftungskonzepte für extrem stark genutzte Ästuare, in denen eine sehr starke Verknüpfung und Rückkopplungen von hydrodynamischen, morphologischen und ökologischen Prozessen stattfinden. Für diese Aufgaben sind numerische Gewässergütemodelle und daran gekoppelte Nahrungsnetzmodelle notwendige Instrumente, die die BfG aufbaut, an die Verhältnisse in Bundeswasserstraßen anpasst, um sie dann für Aufgaben der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung nutzen zu können.

## Ziele

- Simulation der Gewässergüte der Ästuare von Elbe und Weser
- Kombination von Gewässergüte- und Nahrungsnetzmodellierung
- Simulation des Fortpflanzungserfolgs der Finte in der Tideelbe
- Praktische Nutzbarkeit des Modells zur Bewertung von Managementmaßnahmen

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Aufarbeitung der Messdaten bezüglich des Zooplanktons und der Finte
- Entwicklungsarbeiten zur Kopplung von Gewässergütemodellierung und Habitatmodellierung für Fintenlarven
- Integration von Nahrungsnetzmodellen (EcoSim), inkl. der Finte, in die ökologische Modellierung
- Vergleich von Mess- und Modellwerten des Zooplanktons in Elbe und Weser

### Publikationen zum Thema

HEIN, B., C. VIERGUTZ, J. WYRWA, V. KIRCHESCH, A. SCHÖL (2016): Impacts of climate change on the Water Quality of the Elbe Estuary (Germany). *Journal of Applied Water Engineering and Research*, DOI: 10.1080/23249676.2016.1209438

HEIN, B., J. WYRWA, C. VIERGUTZ, A. SCHÖL (2014): Projektionen für den Sauerstoffhaushalt des Elbe-Ästuars – Folgen für die Sedimentbewirtschaftung und das ökologische Potenzial. Schlussbericht KLIWAS-Projekt 3.08. DOI:10.5675/Kliwas\_42/2014\_3.08, 2014

SCHÖL, A., B. HEIN, J. WYRWA, V. KIRCHESCH (2014): Modelling Water Quality in the Elbe and its Estuary – Large Scale and Long Term Applications with Focus on the Oxygen Budget of the Estuary. *Die Küste*, 81, 203–232

SANDERS, T., A. SCHÖL, K. DÄHNKE (2017): Hot Spots of Nitrification in the Elbe Estuary and their Impact on Nitrate Regeneration. *Estuaries and Coasts*. DOI: 10.1007/s12237-017-0264-8

WYRWA, J. (2003): Turbulenzmodellierung für stabil dichtegeschichtete Strömungen bei der Simulation des Transports von kohäsiven Sedimenten in Ästuaren. Diss. TU-Berlin

**Projektlaufzeit** 01/2020–12/2022  
**Auftraggeber** BMVI  
**Projekt-Nr.** M39630204049

### Ansprechpartnerin der BfG

Nele Wendländer  
E-Mail: wendlaender@bafg.de  
Tel.: +49(0)261 1306 5189  
Referat U2 – Mikrobielle Ökologie

## 4.1.11 Non-Target-Analyse Sedimente – Aufbau einer Non-Target-Analysenmethode zur Identifizierung neuartiger Schadstoffe in Sedimenten

Neue Non-Target-Methoden erlauben die Analyse einer großen Bandbreite neuartiger Verbindungen und die Identifizierung bisher unbekannter Schadstoffe, die an Sedimenten und Schwebstoffen sorbieren.

Neben den klassischen Analysenmethoden zur Quantifizierung ausgewählter organischer Schadstoffe haben sich in den letzten Jahren neuartige Messverfahren auf der Basis der hochauflösenden Massenspektrometrie durchgesetzt. Mit diesen sogenannten Non-Target-Verfahren können auch bisher unbekannte Schadstoffe detektiert und identifiziert werden. Dadurch ist es möglich, stoffliche Belastungen von Gewässern viel umfassender als bisher zu erfassen und retrospektiv das Vorkommen und die Verteilung bis dato unbekannter Schadstoffe zu analysieren.

### Veranlassung

Bisher fokussierte sich die Non-Target-Analytik zumeist auf die Untersuchung von Wasserproben. Die Verfahren sind aber grundsätzlich auch geeignet, bisher unbekannte partikelgebundene Schadstoffe, die zukünftig u.a. für die stoffliche Bewertung von Unterhaltungs- und Ausbaumaßnahmen an Bundeswasserstraßen relevant werden könnten, frühzeitig zu erkennen. Allerdings ist insbesondere in Sedimentextrakten eine Vielzahl von Substanzen natürlichen Ursprungs enthalten, sodass die Entwicklung innovativer Analyse- und Auswertestrategien zur Substanzpriorisierung einen essenziellen Schritt für die erfolgreiche Identifizierung neuer partikelgebundener Schadstoffe darstellt. In diesem Projekt werden deshalb insbesondere Stoffe priorisiert und identifiziert, die nicht flächendeckend vorkommen, sondern spezifisch (z.B. aus bestimmten Industrieanwendungen) eingetragen werden und/oder bestimmte Eigenschaften aufweisen, die charakteristisch für bestimmte Gruppen anthropogener Schadstoffe sind.



Abbildung 73: Sedimentationskasten für die Schwebstoffprobenahme, Massenspektrometer für die Analyse sowie Chromatogramm und Massenspektrum einer identifizierten Substanz

### Ziele

- Entwicklung und Anwendung von Auswertestrategien zur Priorisierung bisher unbekannter Schadstoffe mit lokal spezifischen Eintragsquellen
- Entwicklung und Anwendung von Analyse- und Auswertestrategien zur Priorisierung vorwiegend partikelgebundener permanent positiv geladener Substanzen
- Sukzessive Identifizierung der priorisierten Substanzen, anhand ihrer Masse, Retentionszeit und Fragmentierungsspektrum
- Aufbau einer Stoffdatenbank zur Erfassung neuartiger organischer Schadstoffe



## Ergebnisse

Eine neu entwickelte Strategie zur Priorisierung lokal spezifisch eingetragener Schadstoffe wurde am Beispiel eines Flusseinzugsgebiets erprobt. Dabei wurden sechs neue Substanzen identifiziert, für die bisher keine Monitoringdaten vorlagen. Zudem wurden Algorithmen für die Auswertung der Non-Target-Daten von Sediment- und Schwebstoffextrakten angepasst und weiterentwickelt. Ein weiterer Fokus lag auf der Entwicklung und Erprobung einer neuen Methode, mit der permanent positiv geladene Substanzen in Sediment- und Schwebstoffextrakten durch eine spezifische Probenvorbereitung und komplementäre Messungen mit deuterierten und nicht deuterierten Laufmitteln priorisiert werden. Zu diesen Substanzen gehören beispielsweise quartäre Ammonium- und Phosphoniumverbindungen, die teilweise toxische Eigenschaften aufweisen und stark an Partikeln binden. Darüber hinaus wurden durch diese Priorisierung auch zahlreiche weitere neue Substanzen detektiert und teilweise bereits identifiziert.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Identifizierung weiterer neuartiger Verbindungen
- Überführung der massenspektrometrischen Daten von neu identifizierten Substanzen in eine Stoffdatenbank, die zukünftig die direkte Identifizierung dieser Substanzen in anderen Proben ermöglicht
- Restrospektive Auswertung bestehender Non-Target-Daten hinsichtlich des Vorkommens der neu identifizierten Substanzen
- Ableitung von Möglichkeiten zur Anwendung der Non-Target-Verfahren für die Untersuchung der Auswirkung von Unterhaltungs- und Ausbaumaßnahmen sowie der Wirksamkeit von Sedimentmanagementmaßnahmen

### Publikationen zum Thema

JEWELL, K. S., U. KUNKEL, B. EHLIG, F. THRON, M. P. SCHLÜSENER, C. DIETRICH, A. WICK, T. A. TERNES (2019): Comparing mass, retention time and MS2 spectra as criteria for the automated screening of small molecules in aqueous environmental samples analyzed by LC-QToF-MS/MS, Rapid Communications in Mass Spectrometry, 34: e8541

KÖPPE, T., K. S. JEWELL, C. DIETRICH, A. WICK, T. A. TERNES (2020): Application of a non-target workflow for the identification of specific contaminants using the example of the Nidda river basin, Water Research, 178

Projektlaufzeit	11/2016–06/2020
Auftraggeber	BMVI
Projekt-Nr.	M39620204046

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Georg Dierkes  
E-Mail: dierkes@bafg.de  
Tel.: +49(0)261 1306 5007  
Referat G2 – Gewässerchemie

## 4.1.12 Mikro- und Makroplastik in Bundeswasserstraßen

### Mikro- und Makroplastik in Bundeswasserstraßen – Beschreibung von Zustand, Transportmechanismen, ökologischen Risiken und Managementoptionen

In dem Projekt geht es um eine Zustandsbeschreibung, eine Bilanzierung und Modellierung des Eintrags und des Verbleibs von Mikro- und Makroplastik in den Bundeswasserstraßen sowie das Aufzeigen ökologischer Risiken und Managementoptionen.

Seit den 1950er Jahren steigt die Produktionsmenge von synthetischen Polymeren exponentiell an. Während 1950 weltweit ca. 1,7 Mio. Tonnen Plastik produziert wurden, waren es 2015 bereits 322 Mio. Tonnen. Schätzungen zufolge wird sich die Plastikproduktion bis 2050 weltweit verzehnfachen, mit entsprechend steigenden Einträgen in die Umwelt u.a. durch unsachgemäße Entsorgung („Littering“). Das primäre und sekundäre Plastik gelangt über verschiedene Wege (Industrie, Abwasserbehandlung, direkter Eintrag von Makroplastik) in die Flüsse und dann in die Ozeane. Zwischen 70–95 % des marinen Plastiks stammen global gesehen aus landbasierten Quellen.

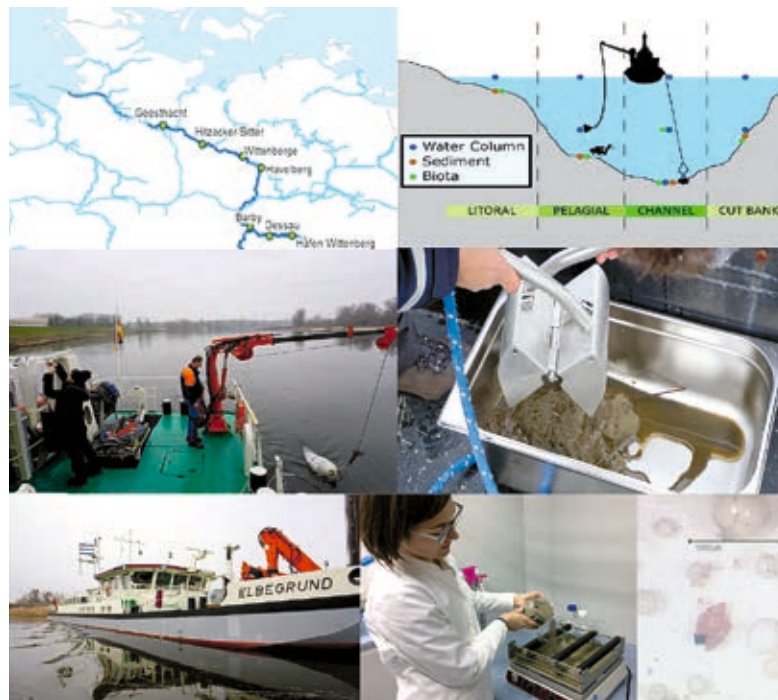


Abbildung 74: Untersuchung von Mikro- und Makroplastik an der Elbe

### Veranlassung

Die Zusammensetzung von Plastikpartikeln in Gewässern ist in vieler Hinsicht heterogen, beispielsweise in Bezug auf ihre Herkunft und chemische Zusammensetzung, aber auch die Partikeleigenschaften, die den Transportprozess wesentlich bestimmen. Ursprung, Herkunft und Umsatz von Mikro- und Makroplastik in Bundeswasserstraßen und in deren Einzugsgebiet sind ungenügend untersucht. Die qualitative und quantitative Zusammensetzung und räumliche Verteilung von Plastik in Sedimenten sind noch nicht geklärt.

Standards für die Probenahme, -aufbereitung, Monitoringkonzepte sowie Managementstrategien und Überprüfung der durchgeführten Maßnahmen fehlen. Zudem gibt es bisher nur wenige Studien mit wenigen Daten, die nicht ausreichend sind für ein detailliertes Monitoring. Für Auswirkungsprognosen, beispielsweise im Hinblick auf Managementoptionen, sind validierte Modelle allerdings unverzichtbar. Auch sind langfristige Auswirkungen der Plastikbelastung auf die Fließgewässerökologie, die Nahrungsnetze, Lebensgemeinschaften, Neozoenverbreitung und auf die Biodiversität unklar.

## Ziele

- Zustandsbeschreibung, Bilanzieren des Eintrags und des Verbleibs von Mikro- und Makroplastik in Bundeswasserstraßen
- Modellierung von Plastik in Bundeswasserstraßen
- Aufzeigen von ökologischen Risiken und Managementoptionen
- Untersuchung der Aufnahme und Auswirkungen von Mikro- und Makroplastik auf eine naturnahe Makrozoobenthosgesellschaft in schwimmenden mobilen Fließbrinnen (Mesokosmen)
- Identifizierung von Standardisierungsnotwendigkeiten und -optionen in Abhängigkeit der zu erwartenden Monitoring-Aufgaben und regulatorischen Überwachung, bessere Zusammenarbeit Binnenbereich/Küstenbereich.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Detailliertes Monitoring an der Elbe, um Quellen und Senken zu identifizieren
- Modellierung von bestimmten Flussabschnitten, um den Eintrag und den Verbleib von Mikro- und Makroplastik besser zu verstehen
- Untersuchung der Effekte von Fasern auf Organismen
- Untersuchung der Aufnahme und Auswirkungen von Mikro- und Makroplastik auf Makrozoobenthos in Mesokosmen
- Untersuchungen zur Etablierung von Mikroplastik in unterschiedlichen trophischen Ebenen des Nahrungsnetzes in Bundeswasserstraßen
- Untersuchungen zum Einfluss von Mikroplastik auf die „Gesundheit“ der Tiere in Bundeswasserstraßen

### Publikationen zum Thema

EHLERS, S. M., W. MANZ, J. H. E. KOOP (2019): Microplastics of different characteristics are incorporated into the larval cases of the freshwater caddisfly *Lepidostoma basale*. *Aquatic Biology* 28: 67–77

EHLERS, S. M., T. AL NAJJAR, T. TAUPP, J. H. E. KOOP (2020): PVC and PET microplastics in caddisfly (*Lepidostoma basale*) cases reduce case stability. *Environmental Science and Pollution Research*

SCHERER, C., R. WOLF, J. VÖLKER, F. STOCK, N. BRENNHOLT, G. REIFFERSCHIED, M. WAGNER (2019): Toxicity of microplastics and natural particles in the fresh-water dipteran *Chironomus riparius*: Same same but different? *Science of The Total Environment* 711: 134604

STOCK, F., C. KOCHLEUS, B. BÄNSCH-BALTRUSCHAT, N. BRENNHOLT, G. REIFFERSCHIED (2019): Sampling techniques and preparation methods for microplastic analyses in the aquatic environment – a review. *Trends in Analytical Chemistry* 113: 84–92

**Projektlaufzeit** 01/2019–12/2021  
**Auftraggeber** BMVI  
**Projekt-Nr.** M39620304028

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Georg Reifferscheid  
E-Mail: reifferscheid@bafg.de  
Tel.: +49(0)261 1306 5176  
Referat G3 – Biochemie und Ökotoxikologie

## 4.1.13 URSACHEN – Unsicherheiten bei der Bestimmung raumzeitlich variabler Stofffrachten in Fließgewässern

Das Projekt URSACHEN untersucht die raumzeitliche Variabilität gelöster und suspendierter Stoffe in Flüssen und leitet daraus methodische Implikationen zur Unsicherheitsbestimmung von Stofffrachten ab.



Abbildung 75: Links: Messstationen mit Sensoren, rechts: Schwebstoffe bei Passau (Quelle: franke182 – stock.adobe.com) und Messschiff Walter Türk (Foto: Schuth)

Messdaten zu Wasserqualität und Schwebstoffinventar sind durch Unsicherheiten häufig unbekannter Größenordnung charakterisiert, die auf die raumzeitliche Variabilität der Stoffströme im Zusammenspiel mit der Repräsentativität der Probenahme (Dauer, räumliche Verteilung, Messintervall) zurückzuführen sind. Daraus ergeben sich große Unsicherheiten bei der Berechnung von Stofffrachten, die für das Monitoring von Flusssystemen eine erhebliche Herausforderung darstellen.

### Veranlassung

Der Transport gelöster und suspendierter Stoffe in Flüssen ist erheblichen zeitlichen und räumlichen Schwankungen unterworfen. Zudem werden Stoffkonzentrationen in der Regel nur als Punktmessungen an einzelnen Stationen und in bestimmten

Zeitintervallen erhoben. Dies führt zu Unsicherheiten in der Frachtberechnung.

Das Projekt URSACHEN wird diese Unsicherheiten durch räumlich und zeitlich hochauflösende Messungen genauer bestimmen.

Dazu werden an drei Standorten am Rhein Probenahmekampagnen im Flussquerschnitt durchgeführt, bei denen räumliche Unterschiede in der Schwebstoffkonzentration und der chemischen Zusammensetzung bei unterschiedlichen Wasserständen untersucht werden.

Zusätzlich erfolgt die Einrichtung einer kontinuierlichen Überwachung mit Sensoren. Diese Daten werden zusammen mit bestehenden deutschen und globalen Datensätzen analysiert, um zu ermitteln, wie unterschiedliche Probenahmeintervalle zu signifikanten Unterschieden in der Stofffrachtberechnung führen.

### Ziele

- Erfassung und Analyse der raumzeitlichen Variabilität von Schwebstoffkonzentration und chemischer Zusammensetzung an drei Standorten im Rhein
- Entwicklung von Labormethoden zur gleichzeitigen Bestimmung von ca. 60 Mengen- und Spurenelementen in Gesamtwasserproben
- Analyse von Schwebstoff-Abflussverhältnissen in globalen Datensätzen und ihrer Implikationen für die Unsicherheiten in Stofffrachtberechnungen
- Entwicklung eines Tools zur Bestimmung von Unsicherheitsbereichen in Stofffrachtberechnungen
- Entwicklung eines „Best-Practice“-Berichts für eine verbesserte (Kosten/Nutzen-optimierte) Überwachung von Stofffrachten

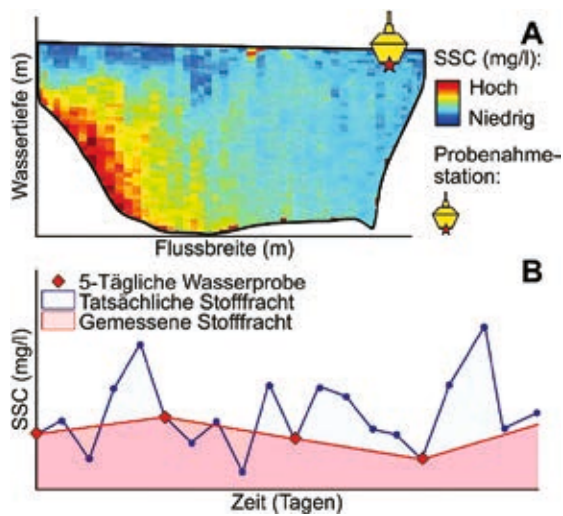


Abbildung 76: Räumliche (A) und zeitliche (B) Limitierung in der Probenahme vs. Variabilität in der Stoffkonzentration (SSC)

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Durchführung von Messkampagnen und Installation von Sensoren an drei Standorten am Rhein (und ggf. weiterer Bundeswasserstraßen, z.B. Elbe, Donau)
- Entwicklung von Labormethoden zur Bestimmung von ca. 60 Mengen- und Spurenelementen in Gesamtwasserproben
- Analyse und Auswertung von Daten aus vorhandener Literatur und bestehenden Datensätzen
- Durchführung eines Workshops mit nationalen und internationalen Stakeholdern

**Projektlaufzeit** 09/2019–08/2022  
**Auftraggeber** BMVI  
**Projekt-Nr.** M39600204122

### Ansprechpartnerin der BfG

Renee van Dongen  
 E-Mail: vandongen@bafg.de  
 Tel.: +49(0)261 1306 5881  
 ICWRGC – Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel

## 4.2 Drittmittel-finanzierte Gewässerforschung

### 4.2.1 Sedimentmanagement der Lahn im EU-LIFE-Projekt LiLa – Living Lahn

Entwicklung eines Sedimentmanagementkonzeptes für die Lahn und Monitoring der Auswirkungen von im Projekt laufenden Revitalisierungsmaßnahmen auf die Sedimentqualität. Die ökologische Aufwertung anthropogen überprägter Flüsse und ihre zukünftige Nutzung sind Herausforderungen bei der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Aufgrund der Schlüsselfunktion von Sedimenten im Naturhaushalt eines Flusssystemes kommt dem Sedimentmanagement eine besondere Bedeutung zu.



Abbildung 77: Die Lahn als Forschungsobjekt für die Untersuchung des Einflusses von Sedimenten auf die Gewässerqualität

Ein Ziel des Projekts ist die Revitalisierung des stark anthropogen überprägten Flusssystemes Lahn. Dabei integriert das Projekt naturschutzfachliche, regulatorische und gesellschaftspolitische Fragestellungen. Im BfG-Teilprojekt soll auf Basis eines Sedimentkatasters zur Erfassung des Ist-Zustandes ein Sedimentmanagementkonzept erstellt werden und ein, die im Gesamtprojekt geplanten

Maßnahmen begleitendes, Sedimentmonitoring durchgeführt werden. Grundlegend ist die Fragestellung, wie Sedimente in die Evaluierung des ökologischen und chemischen Zustandes limnischer Ökosysteme einbezogen werden können und ob dies zur Erreichung der WRRL-Umweltziele genutzt werden kann.

## Veranlassung

Durch Remobilisierung von Feinsedimenten, z.B. durch Baumaßnahmen, können sedimentgebundene Schadstoffe gelöst werden. Dies kann zu negativen Effekten für den chemischen und ökologischen Zustand des Gewässers führen. Um besonders kontaminierte Stellen zu identifizieren und geeignete Maßnahmen zur Minimierung der Auswirkungen zu ergreifen, ist die Charakterisierung, Bewertung und Beobachtung der Sedimente vor, während und nach der Maßnahme unabdingbar.

Die aktuelle Datenbasis der Schadstoffbelastung von Sedimenten im Untersuchungsgebiet der Lahn ist nicht ausreichend, um die Sedimentqualität zu bewerten. Als Ausgangspunkt für die Sedimentqualitätsbewertung wird daher ein Sedimentkataster erstellt. Die Bewertung der Sedimentqualität erfolgt auf Basis chemischer Analysen (nach Richtlinie 2008/105/EG & 2013/39/EU des Europäischen Parlaments und des Rates) und ökotoxikologischer Tests (nach Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland, HABAB 2017). Im Sedimentmonitoring soll die zentrale Fragestellung beantwortet werden, wie sich die geplanten Revitalisierungsmaßnahmen zur ökologischen Aufwertung der Lahn auf die Sedimentqualität und das Remobilisierungspotenzial auswirken.

## Ziele

- Bereitstellung eines Sedimentkatasters zur Beschreibung des Ist-Zustandes der Sedimentqualität der Lahn und Veröffentlichung in der Datenbank SedIS
- Erarbeitung eines Sedimentmanagementkonzepts zur Bewertung der Sedimentqualität der Lahn sowie eine Umweltrisikobewertung und eine Handlungsanweisung zum Umgang mit Sedimenten bei zukünftigen Maßnahmen
- Durchführung eines Sedimentmonitorings zur Überwachung der Einflüsse von Revitalisierungsmaßnahmen auf die Sedimentqualität
- Beantwortung der Fragestellung, wie Sedimente in die Evaluierung des ökologischen und chemischen Zustandes limnischer Ökosysteme einbezogen werden können und ob dies zur Erreichung der WRRL-Umweltziele genutzt werden kann

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Weitere Erhebung und Analyse von Monitoringdaten
- Multivariate Analyse der Sedimentqualitätsdaten
- Durchführung eines internationalen Symposiums zum Umgang mit (belasteten) Sedimenten
- Bereitstellung des Sedimentkatasters

### Publikationen zum Thema

- BRINKE, A., D. SPIRA, U. FEILER (2019): Sedimentqualität – Ein Teilaspekt aus dem integrierten EU-LIFE-Projekt „LiLa – Living Lahn“, Wasser und Abfall, 06, 13–17
- BRINKE, A., D. SPIRA, G. REIFFERSCHIED, U. FEILER (2019): Assessing the status quo of the sediment quality in the Lahn River, SedNet Conference 2019, Dubrovnik, Croatia  
(<https://sednet.org/events/sednet-conference-2019/sednet-conference-2019-poster-presentations>)
- BRINKE, A. & U. FEILER (2018): „Lebendige Lahn“ – Ein Fluss als Projektgebiet; Jahresbericht BfG 2016-2017, S. 60
- LIFE14 IPE/DE/022 Living Lahn – Interim Report (2018)
- EU-LIFE-Projekt LiLa – Living Lahn – one river, many interests. Projektflyer 2017  
([www.lila-livinglahn.de/fileadmin/files/lila/public/Flyer/Projektflyer\\_Fachpublikum\\_LiLa\\_DE\\_final.pdf](http://www.lila-livinglahn.de/fileadmin/files/lila/public/Flyer/Projektflyer_Fachpublikum_LiLa_DE_final.pdf))

<b>Projektlaufzeit</b>	12/2015–11/2025
<b>Fördermittelgeber</b>	EU-Umweltförderprogramm LIFE (IP – integrated projects)
<b>Projektpartner</b>	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Koordination) Regierungspräsidium Gießen Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland Pfalz Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, Rheinland-Pfalz Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mosel-Saar-Lahn
<b>Projekt-Nr.</b>	M39630204045

### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Ute Feiler  
E-Mail: [feiler@bafg.de](mailto:feiler@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5356  
Referat G3 – Biochemie und Ökotoxikologie



## 4.2.2 Sedimentprojekte Nebengewässer Elbe

**Sedimentdurchgängigkeit im Elbe-Einzugsgebiet und Förderung eines ausgeglichenen Sedimenthaushalts & Erfassung und Bewertung quantitativer und hydromorphologischer Aspekte beispielhafter Nebengewässer im Elbe-Einzugsgebiet**

**Sedimentdefizit Elbe: Welchen Beitrag zur weiteren Reduzierung können die Nebengewässer leisten, inwiefern kann dazu eine quantitative Erfassung erfolgen, welche Daten sind dazu notwendig und verfügbar?**

Ausgehend von den Handlungsempfehlungen im Rahmen des 2013 veröffentlichten Sedimentmanagementkonzepts (SeMK) der FGG Elbe wurden bereits verschiedene Indikatoren für die Quantität und Hydromorphologie der Elbe sowie Unterläufe ausgewählter Nebengewässer mit dem Verfahren Valmorph der BfG bearbeitet. Das Verfahren zur Erfassung, Berechnung und Bewertung hydromorphologischer Zustände ermöglicht klassifizierbare Aussagen über Veränderungen im Fluss-, Ufer- und Auenbereich, erfordert aber auch eine gute Datengrundlage, die im Bereich der Bundeswasserstraßen gegeben ist.

### Veranlassung

Im ersten Kurzbericht zur Umsetzung des SeMK der Elbe wurde bereits dargestellt, dass bei der Erstellung des SeMK und der anschließenden Umsetzung noch Kenntnisse zu den quantitativen Verhältnissen der weiteren Nebengewässer der Elbe und der entsprechenden Erfassung und Beurteilung der Hydromorphologie inklusive der Sedimentdurchgängigkeit fehlten. Zur Behebung dieser Wissensdefizite sowie für die weitere Konkretisierung der existierenden Grundlagen wurde durch eine Projektgruppe ein Fragenkatalog zur Initiierung umfangreicher Recherchen erarbeitet. In diesem Zusammenhang ist die Prüfung der Eignung von quantitativen und hydromorphologischen Daten zur Anwendung des Verfahrens Valmorph für die entsprechenden Nebengewässer hervorzuheben. Damit wird die Anschlussfähigkeit und Kompatibilität der Auswertung zum SeMK in den FGG-Elbe-Sedimentprojekten gewährleistet. Der Fragenkatalog sowie die einhergehenden Recherche- und Grundlagenarbeiten werden im Rahmen eines Kooperationsvertrages der FGG Elbe mit der BfG als konzeptionelle Analyse bearbeitet.



Abbildung 78: Mulde mit Kiesbank und Prallhang bei Dessau (Sachsen-Anhalt) (Foto: Kathöfer, BfG 2019)

### Ziele

- Recherche zur Datenverfügbarkeit für ausgewählte Nebengewässer der Elbe (Jeetze, Stepenitz, Ehle, Mulde, Schwarze Elster, Lachsbach und Kirnitzsch), Bearbeitung und Aufbereitung von (Archiv-)Daten und Informationen sowie deren Bereitstellung (z.B. Geoinformationsplattform, Literaturdatenbank)
- Fachliche Auswertung und Erstellung eines Berichts bzw. beantworteten Fragenkatalogs, der neben den Ergebnissen auch Inhalte zu allgemeinen Definitionen, Methodik und der Datenverarbeitung enthält
- Abstimmung und Koordination der Ergebnisse zwischen den beteiligten Fachbehörden

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Fortführung der Arbeiten zum Sedimentmanagementkonzept für die Elbe (FGG Elbe 2013)
- Optimierung des Sedimentinputs in die Elbe mit aus den Ergebnissen erzielten Maßnahmenableitungen
- Erarbeitung und Begleitung wissenschaftlich fundierter Grundlagen für die daraus abzuleitende Gewässerentwicklungsplanung hydromorphologischer Maßnahmen, auch an den Nebengewässern einer Bundeswasserstraße in Zusammenarbeit mit den Bundesländern und der FGG Elbe
- Aufarbeitung von Ergebnissen als Grundlage für weitere Projekte und als wichtige Basis für zusätzliche Projektgebiete und Bundeswasserstraßen



Abbildung 79: Ehle bei Lostau (Sachsen-Anhalt) an der Elbe (Foto: Kathöfer, BfG 2019).

### Publikationen zum Thema

HEININGER, P., K. BLONDIK, T. GABRIEL, P. KASIMIR, I. KELLER, A. NETZBAND, P. PFEIFFER, I. QUICK, K. RICKERT-NIEBUHR, S. ROHDE, F. SCHULZ, D. SCHWANDT, R. SCHWARTZ, D. STEFFEN, I. TOBIAN, S. VOLLMER, D. VON SEGGERN, C. WENZEL, R. WILKE, M. WOLF: FGG Elbe (2013): Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe – Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele. Magdeburg

QUICK, I., F. KÖNIG, Y. BAULIG, C. BORGSMÜLLER, S. SCHRIEVER (2017): Das hydromorphologische Erfassungs- und Bewertungsverfahren Valmorph 2 für schiffbare Oberflächengewässer. Bericht BfG-1910. Koblenz

QUICK, I., K.-H. JÄHRLING, S. VOLLMER, C. ANLANGER, D. FRICKE (2014): Hydromorphologische Indikatoren als Zeiger für den Status des Sedimenthaushaltes der Elbe zwischen der deutsch-tschechischen Grenze und Geesthacht. In: Fachbeiträge zum Sedimentmanagementkonzept Elbe. Schriftenreihe Mitteilungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde, 30, Koblenz. S. 75–140

VOLLMER, S., D. GRÄTZ, S. SCHRIEVER, K. KRÖTZ, F. KÖNIG, C. SVENSON, M. PROMNY, N. BUSCH, M. HATZ (2014): Sedimenttransport und Flussbettentwicklung der Elbe. KLIWAS Schriftenreihe, KLIWAS-67/2014, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

**Projektlaufzeit** 06/2019–03/2021  
**Fördermittelgeber** Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe)  
**Projekt-Nr.** M39610304090

### Ansprechpartner der BfG

Frederik Kathöfer  
E-Mail: [kathoefer@bafg.de](mailto:kathoefer@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5441  
Referat M3 – Gewässermorphologie, Sedimentdynamik und -management

## 4.2.3 PASTraMi – Eignung von Passivsammlern im Stoff-Monitoring, realistische Abbildung von Schadstoffbelastungen in Gewässern unter Einsatz von Passivsammlern

Wissenschaftler empfehlen für die Überprüfung der EU-Wasserrahmenrichtlinie künftig den Einsatz von Passivsammlern als einen wesentlichen Ansatz zur Verbesserung des Gewässermonitorings (BRACK et al. 2017).



Abbildung 80: Von der Theorie bis zur Praxis – Ermittlung von Möglichkeiten und Grenzen von Passivsammlern

Passivsammler reichern bei Exposition in der Umwelt Chemikalien an. Durch eine hohe zeitliche Auflösung können niedrige Bestimmungsgrenzen erreicht werden. In der Regel werden zeitgemittelte Konzentrationen bestimmt. Aufgrund der sehr niedrigen Bestimmungsgrenzen eignen sich Passivsammler gut für das Gewässermonitoring von Schadstoffen im Spurenbereich. Durch die zusätzliche zeitintegrierende Funktion bieten sich Passivsammler auch für die Untersuchung von Pflanzenschutzmitteln in Kleingewässern an, da diese pulsartig eingetragen werden und somit durch Stichproben nicht zuverlässig erfasst werden können.

### Veranlassung

In diversen Studien wurde bereits gezeigt, dass Passivsammler ein gutes Werkzeug darstellen, um sehr niedrige Schadstoffkonzentrationen nachzuweisen, zeitintegriert zu messen und Schadstoffquellen zu identifizieren. Vor allem im Bereich der Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe und Biozide in Kleingewässern stellen Passivsammler ein großes Potenzial dar. Kleingewässer werden bisher nicht systematisch und regelmäßig im behördlichen Monitoring untersucht, obwohl hier kurzzeitige Stoffeinträge als Folge von Drift und Run-Off typisch sind. Die zeitinte-

grierende Funktion von Passivsammlern ist daher von besonderem Interesse.

Um den Einsatz von Passivsammlern im Gewässermonitoring weiter voranzutreiben, müssen die Methoden standardisiert (BOOIJ et al. 2016) und Messunsicherheiten beschrieben bzw. reduziert werden.

## Ziele

- Ermittlung der Möglichkeiten und Grenzen von Passivsammlern
- Erfassung kurzfristiger Konzentrationsänderungen/Pulsbelastungen
- Ermittlung der Anwendungsmöglichkeiten im Kleingewässermonitoring

- Ermittlung von Einflussgrößen auf Sammelraten und Messunsicherheiten
- Wichtung der Auswirkungen bei Unsicherheiten in den Einflussgrößen

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Durchführung eines Workshops zu Eignung und Grenzen von Passivsammlern
- Erfolgskontrollen/Maßnahmenbegleitung in weiteren BfG-Projekten
- Information von Landesämtern und weiteren Einrichtungen des Monitorings zu Einsatzmöglichkeiten von Passivsammlern
- Fachaustausch mit Experten zu Möglichkeiten der Standardisierung von Passivsammlern

### Publikationen zum Thema

BOOIJ, K., C. D. ROBINSON, R. M. BURGESS, P. MAYER, A. R. ROBERTS, L. AHRENS, I. J. ALLAN, J. BRANT, L. JONES, U. R. KRAUS, M. M. LARSEN, P. LEPOM, J. PETERSEN, D. PRÖFROCK, P. ROOSE, S. SCHÄFER, F. SMEDES, C. TIXIER, K. VORKAMP, P. WHITEHOUSE (2016): Passive Sampling in Regulatory Chemical Monitoring of Nonpolar Organic Compounds in the Aquatic Environment. *Environ. Sci. Technol.*, 50: 3–17

BRACK, W., V. DULIO, M. ÅGERSTRAND, I. ALLAN, R. ALTENBURGER, M. BRINKMANN, D. BUNKE, R. M. BURGESS, I. COUSINS, B. I. ESCHER, F. J. HERNÁNDEZ, L. M. HEWITT, K. HILSCHEVOVAK, J. HOLLENDER, H. HOLLERT, R. KASE, B. KLAUER, C. LINDIM, D. L. HERRÁEZ, C. MIÉGE, J. MUNTHE, S. O'TOOLE, L. POSTHUMA, H. RÜDEL, R. B. SCHÄFER, M. SENGL, F. SMEDES, D. VAN DE MEENT, P. J. VAN DEN BRINK, J. VAN GILS, A. P. VAN WEZEL, A. D. VETHAAK, E. VERMEIRSSSEN, P. C. VON DER OHE, B. VRANA (2017): Towards the review of the European Union Water Framework management of chemical contamination in European surface water resources. *Science of the Total Environment*, 576: 720–737

**Projektlaufzeit** 11/2017–12/2020  
**Fördermittelgeber** Umweltbundesamt  
**Projekt-Nr.** M39620304026

### Ansprechpartner der BfG

Benjamin Becker  
E-Mail: Benjamin.Becker@bafg.de  
Tel.: +49(0)261 1306 5229  
Referat G3 – Biochemie und Ökotoxikologie

## 4.2.4 Non-Target-Screening (NTS) von Gewässerproben

**Methodik zur Anwendung von Non-Target-Screening mittels LC-MS/MS in der Gewässerüberwachung**

Non-Target-Screening hat sich in den letzten Jahren als Werkzeug zur Bestimmung von organischen Schadstoffen stetig weiterentwickelt. Im Rahmen dieses Projekts werden Konzepte für das Monitoring deutscher Oberflächengewässer entwickelt und getestet.

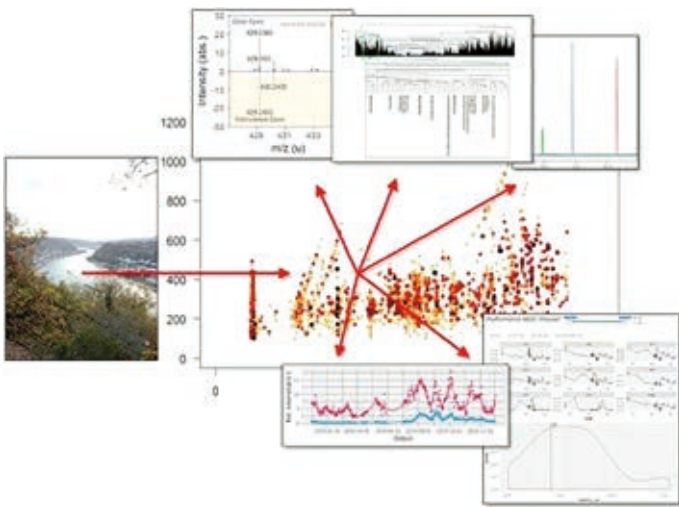


Abbildung 81: Die Analyse mittels NTS liefert umfangreiche Daten über die chemische Beschaffenheit des Gewässers

Non-Target-Screening (NTS) mithilfe hochauflösender Massenspektrometrie (HRMS) ermöglicht die Detektion tausender chemischer Substanzen in einer einzelnen Messung einer Umweltprobe. NTS hat sich in den letzten Jahren aufgrund von Verbesserungen auf dem Gebiet der Kombination von Flüssigkeitschromatographie (HPLC) und HRMS rasant entwickelt. Sie erlaubt, in Ergänzung zu den bisher üblichen „Target-basierten“ Überwachungsprogrammen für Einzelstoffe oder Stoffgruppen, umfassendere Informationen über die stoffliche Belastung einer Gewässerprobe zu erheben und diese für umweltpolitische Entscheidungen und Maßnahmen zu nutzen.

### Veranlassung

NTS kann zukünftig das Monitoring von (Schad-) Stoffen in Oberflächengewässern, Grund- und Trinkwasser deutlich erweitern und auch die

Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie ganz wesentlich unterstützen. Deshalb wird NTS in immer mehr Umweltlaboren etabliert. Der verbreitete Einsatz in der Routine der Umweltüberwachung wird jedoch durch die noch unzureichende Standardisierung der Messungen und Auswertungen der komplexen Datensätze verhindert. Dies erschwert sowohl die Methodenentwicklung als auch die Vergleichbarkeit von Ergebnissen zwischen Laboren. Zur Etablierung von standardisierten Abläufen fehlen hingegen bisher systematische Untersuchungen, um die Anforderungen an Probenahme-, Mess- und Auswertemethoden für spezifische Fragestellungen zu bestimmen. Die Ergebnisse des Projekts sollen u.a. die Einführung von NTS in die von den Bundesländern durchgeführten Messprogramme zur stofflichen Belastung der deutschen Oberflächengewässer unterstützen und dabei mittelfristig die Möglichkeiten ausweiten, neue Schadstoffe und deren Eintragsquellen zu identifizieren.

### Ziele

- Entwicklung und Erprobung verschiedener Probenahme- und Probenaufbereitungsstrategien hinsichtlich ihrer Praxistauglichkeit und Einsatzfähigkeit für das NTS und Gewässermonitoring
- Untersuchung statistischer Abweichungen von Messungen über längere Zeiträume und Ermittlung minimaler Qualitätsanforderungen für eine erfolgreiche Datenauswertung
- Entwicklung von Probenahme- und Auswertestrategien für: a) die Erkennung zeitlich begrenzter Schadstoffeinträge und Veränderungen der Gewässerbelastungen, b) die Erkennung von Eintragsquellen und c) die Identifizierung bisher nicht überwachter Stoffe

## Ergebnisse

- Untersucht wurde die Eignung verschiedener Probenahme-, Probenlagerungs- und Probenaufbereitungsmethoden für das Gewässermonitoring mittels NTS.
- Es wurde eine mehrstufige Qualitätssicherungsstrategie für NTS entwickelt. Diese basiert auf automatisch generierten Qualitätsregelkarten, der Anwendung isotope-markierter interner Standards und der Bestimmung der prozentualen Anteile von Falschpositiven und -negativen.
- Neue Analysen- und Auswertestrategien wurden etabliert und weiterentwickelt. Unter anderem wurden Skripte entwickelt: a) zur automatisierten Annotierung der Daten mit Substanzinformationen, bei einer Fehlerquote von unter 5 % und b) zur Priorisierung von unbekanntem Messsignalen für die effiziente Identifizierung neuartiger Spurenstoffe.
- Die Gesamtstrategie wurde für ein Jahr an zwei Standorten (Rhein und Elbe) erprobt. Dabei wurden über 200 Verbindungen identifiziert, wovon einige, wie z.B. Synthesevorläuferprodukte, bisher nicht in Monitoringprogrammen berücksichtigt sind.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

In dem ebenfalls vom UBA finanzierten Nachfolgeprojekt „Online-Portal *Non-Target Screening für die Umweltüberwachung der Zukunft*“ werden Werkzeuge für die übergeordnete Datenarchivierung, -analyse und den Datenaustausch für die neuen Datenmengen angepasst. Diese Tools werden Umweltdaten aus verschiedenen Bereichen zusammenbringen, einen zeitnahen Austausch von Daten ermöglichen und den Weg für erweiterte Data-Mining-Ansätze freimachen.

### Publikationen zum Thema

JEWELL, K. S., U. KUNKEL, B. EHLIG, F. THRON, M. P. SCHLÜSENER, C. DIETRICH, A. WICK, T. A. TERNES (2019): Comparing mass, retention time and MS2 spectra as criteria for the automated screening of small molecules in aqueous environmental samples analyzed by LC-QToF-MS/MS, *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 34: e8541

**Projektlaufzeit** 07/2017–07/2020  
**Fördermittelgeber** Umweltbundesamt  
**Projekt-Nr.** M39620204051

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Kevin Jewell  
E-Mail: [jewell@bafg.de](mailto:jewell@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5938  
Referat G2 – Gewässerchemie

## 4.2.5 NTS Biota – Non-Target-Analytik für Biota- und Schwebstoffproben der Umweltprobenbank

Retrospektive Untersuchung von Biota- und Schwebstoffproben der Umweltprobenbank auf unbekannte (Schad-)Stoffe mittels Non-Target-Screening-Methoden basierend auf der hochauflösenden Massenspektrometrie

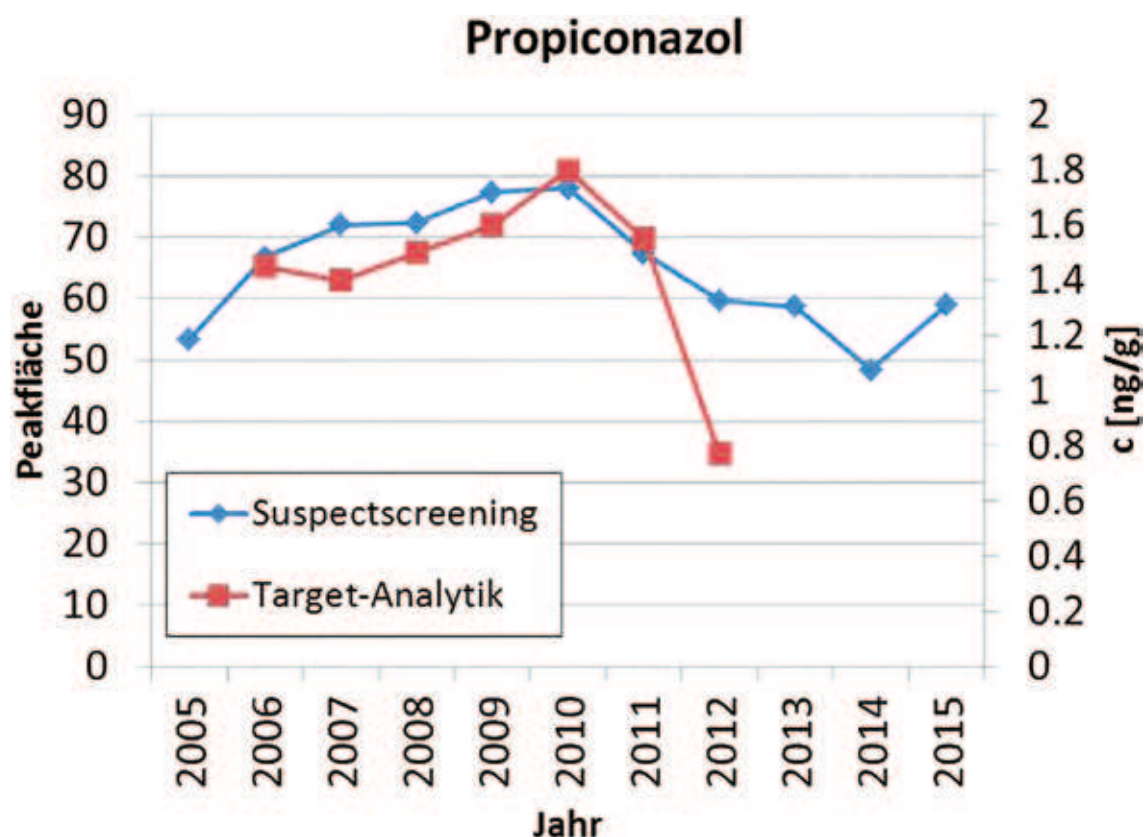


Abbildung 82: Zeitlicher Verlauf der Propiconazolkonzentration im Rheinschwebstoff mittels NTS und Target-Analytik

Die Umweltprobenbank des Bundes ist ein Archiv von Proben, mit denen die Qualität der Umwelt hinsichtlich der Belastungen mit (Schad-)Stoffen dokumentiert und bewertet werden kann. Bisher wird nur ein kleiner Teil der Stoffe, die sich tatsächlich in biologischen Geweben und an Schwebstoffpartikeln anreichern, erfasst. Mithilfe neuer Methoden des sogenannten Non-Target-Screenings (NTS) können auch bislang unbekannte (Schad-) Stoffe erkannt und deren Auftreten in biologischen Umweltproben und Schwebstoffen verfolgt werden.

### Veranlassung

NTS wird für die Analytik von Wasserproben bereits erfolgreich eingesetzt. Die Analytik von Schwebstoff- und Biotaprobe setzt allerdings eine vorangehende Extraktion und umfangreiche Probenaufbereitung voraus, ohne dass dabei Substanzen diskriminiert werden. Eine weitere große Herausforderung stellt die Unterscheidung von Stoffen anthropogenen Ursprungs von den im hohen Überschuss vorliegenden natürlichen Substanzen dar. Bisher existieren keine Auswer-

teroutinen zur Isolierung und Priorisierung von Schadstoffsignalen aus den äußerst umfangreichen und komplexen NTS-Datensätzen. Vielversprechende Ansätze stellen statistische Methoden auf Basis von Trendanalysen mit Zeit- oder Flächenbezug oder umfangreiche Analysen von unbelasteten Referenzproben zur Erfassung omnipräsenter natürlicher Bestandteile dar. Die umfangreichen Probensammlungen der Umweltprobenbank des Bundes stellen eine ideale Grundlage zur Erprobung dieser beiden Strategien dar.

## Ziele

- Entwicklung und Validierung von Probenvorbereitungs- und Analysenmethoden für das NTS von Biota- und Schwebstoffproben basierend auf GC- bzw. LC-HR-MS/MS-Messungen
- Entwicklung von Auswertalgorithmen für die große Datenmenge von NTS bei Biota- und Schwebstoffproben
- Entwicklung eines Konzepts zum Trendmonitoring von Schadstoffen in biologischen Matrices und Schwebstoffen

## Ergebnisse

Es wurde eine universelle Probenextraktions- und -vorbereitungsmethode für Schwebstoffe und Biotaprobe entwickelt. Durch den Einsatz nicht diskriminierender Aufreinigungsverfahren, wie der Größenausschlusschromatographie, wird die Erfassung einer möglichst großen Bandbreite an Stoffen gewährleistet. Die Methode wurde an ersten Schwebstoff- und Biotazeitreihen erprobt. Über existierende Quantifizierungsdaten konnte die Methode für PCBs, PAKs und ausgewählte Arzneimittel validiert werden.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Priorisierung bisher unbekannter (Schad-) Stoffe durch Trendanalysen und den Vergleich mit Referenzstandorten
- Identifizierung der priorisierten (Schad-) Stoffe
- Analyse von Schwebstoffzeitreihen und Biotazeitreihen (Brassen) für identifizierte Stoffe an unterschiedlichen Standorten
- Ableitung von Empfehlungen für die Nutzung des NTS zur Analyse von Proben der Umweltprobenbank des Bundes

**Projektlaufzeit** 01/2018–12/2020  
**Fördermittelgeber** Umweltbundesamt  
**Projekt-Nr.** M39620204055

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Georg Dierkes  
E-Mail: [dierkes@bafg.de](mailto:dierkes@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5007  
Referat G2 – Gewässerchemie



## 4.2.6 Non-Target Hessisches Ried – Studie zur chemischen Charakterisierung und Quantifizierung bisher nicht bekannter Stoffe in Wässern im Hessischen Ried

Im Wasserkreislauf gelangen anthropogene Spurenstoffe aus kommunalen und industriellen Kläranlagen über die Oberflächengewässer bis ins Grundwasser und können eine Gefährdung von Trinkwasserressourcen darstellen.

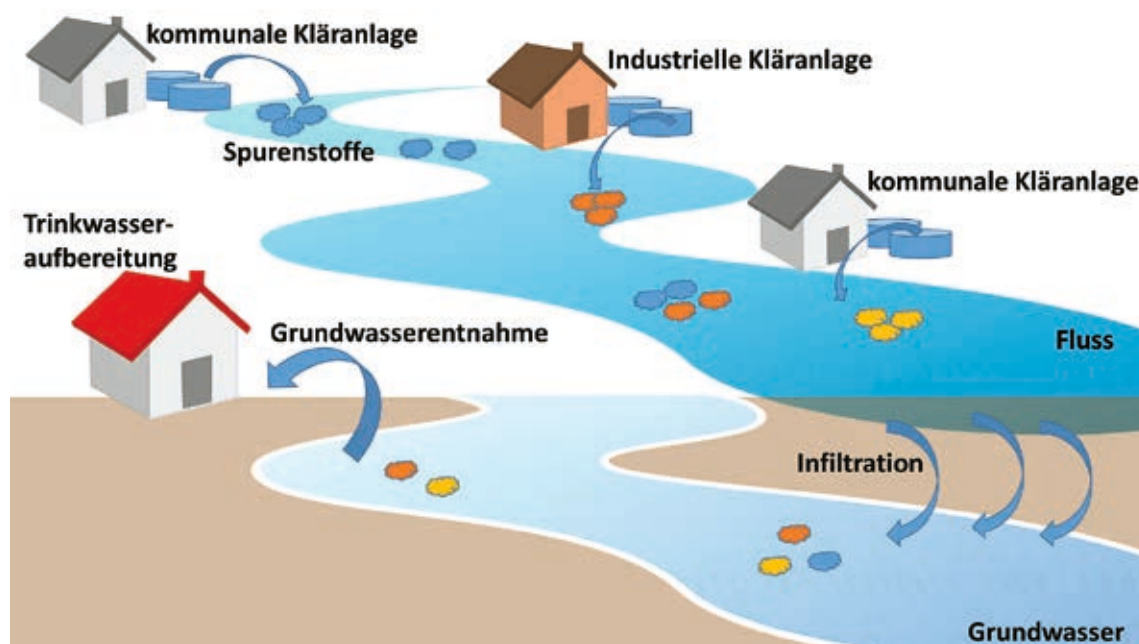


Abbildung 83: Weg der Spurenstoffe von Eintrag in den Fluss bis zur Trinkwasseraufbereitung

Abläufe von kommunalen und industriellen Kläranlagen sind die Haupteinleitungsquellen anthropogener Spurenstoffe in den Wasserkreislauf. Viele Substanzen, die über Haushalte, Industrie, Krankenhäuser etc. in das Abwasser gelangen, können in Kläranlagen kaum oder gar nicht abgebaut werden und gelangen somit über die Abläufe in die Oberflächengewässer. Von dort können die Stoffe auch ins Grundwasser gelangen und damit eine Gefahr für Trinkwasserressourcen darstellen.

### Veranlassung

Die Trinkwassergewinnung im Hessischen Ried erfolgt in erster Linie über das Grundwasser.

Allerdings befinden sich im Einzugsgebiet mit Abwasser belastete Fließgewässer. Über Infiltration dieser belasteten Fließgewässer gelangen Stoffe industriellen und kommunalen Ursprungs in das Grundwasser. Daher ist eine Beeinträchtigung der Qualität des Grundwassers nicht gänzlich auszuschließen. Aufgrund der besonderen Situation im Hessischen Ried, der dichten Ansiedlung von Trinkwassergewinnungsanlagen, kommunalen und industriellen Kläranlagen sowie der intensiven Landwirtschaft sollen die in den Oberflächengewässern und im Grundwasser vorkommenden Spurenstoffen mithilfe des Non-Target-Screenings (NTS) umfassend charakterisiert und die Haupteintragsquellen identifiziert werden.

## Ziele

- Priorisierung der in allen Matrices ubiquitär vorkommenden Substanzen
- Priorisierung von Substanzen aus industriellen Prozessen durch Trendanalysen
- Identifizierung priorisierter Substanzen und ihrer Eintragssquellen
- Bündelung aller verfügbaren Informationen über die Umweltrelevanz (u.a. Konzentrationen und Toxizität) der identifizierten Substanzen
- Vorschläge für Maßnahmen zur Verminderung der Einträge identifizierter Substanzen

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Beprobung von Abwasser, Oberflächenwasser, Grund- und Rohwasser im Hessischen Ried
- Entwicklung von Algorithmen zur Auswertung der NTS-Daten mit dem Ziel einer Priorisierung von Substanzen
- Durchführung von NTS-Analysen und -Auswertungen zur Priorisierung und Identifizierung der Substanzen
- Messungen zur Bestimmung der Konzentrationen der priorisierten Substanzen im Hessischen Ried
- Recherchen zu (Öko-)Toxizität und Möglichkeiten der Verminderung der Einträge von Substanzen

<b>Projektlaufzeit</b>	11/2018–11/2021
<b>Fördermittelgeber</b>	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620204059

### Ansprechpartnerin der BfG

Nina Hermes  
E-Mail: hermes@bafg.de  
Tel.: +49(0)261 1306 5189  
Referat G2 – Gewässerchemie

## 4.2.7 Non-Target-Screening-Datenbank – Online-Portal „Non-Target Screening für die Umweltüberwachung der Zukunft“

Non-Target-Daten der BfG und anderer Umweltlabore sollen erstmalig in einem digitalen Archiv zusammengeführt werden, um stoffliche Belastungen von Gewässern umfangreicher erfassen und überwachen zu können.

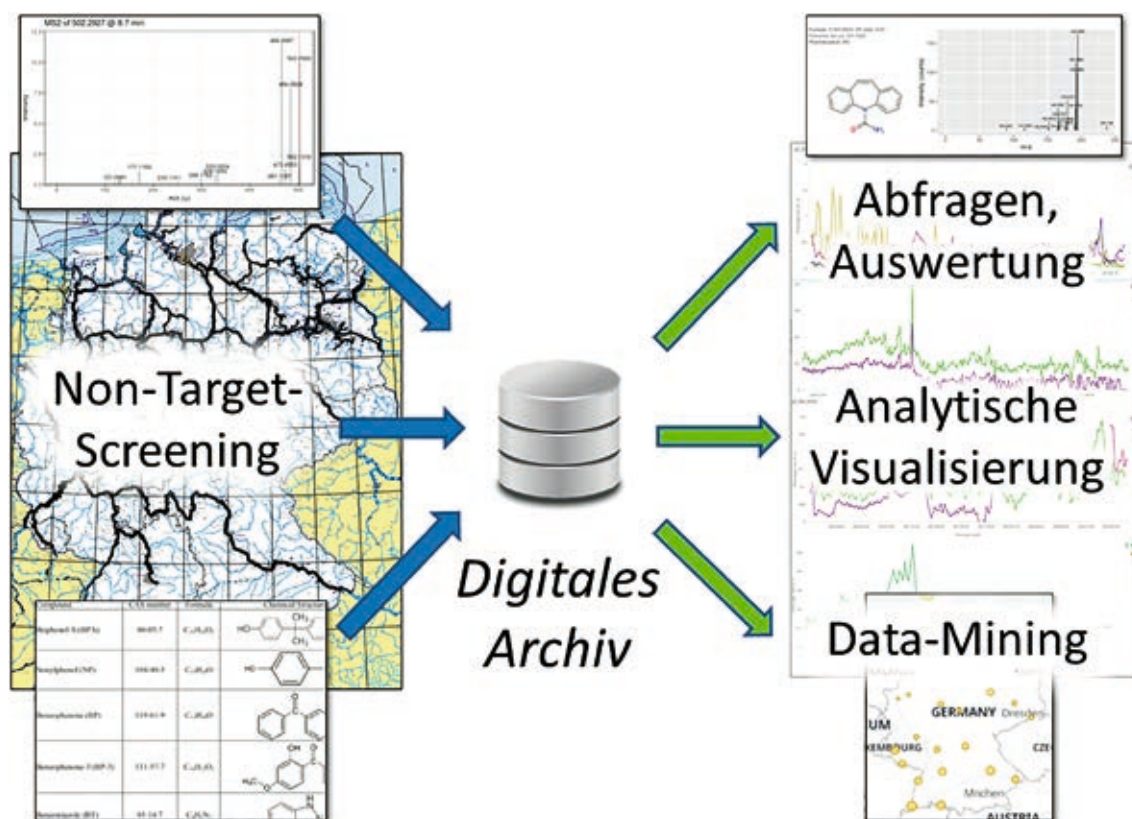


Abbildung 84: Non-Target-Screening-Daten werden in einem digitalen Archiv zusammengeführt, um diese integrativ auszuwerten (Grafik: BfG, GDWS, Wikimedia Commons: Kentolortigue)

Non-Target-Screening (NTS) ist eine moderne analytische Methodik, um eine große Anzahl von organischen Spurenstoffen und deren Transformationsprodukte in der Umwelt nachzuweisen und noch unbekannte Spurenstoffe zu identifizieren. Diverse Umweltlabore entwickeln für Gewässerproben NTS-Messmethoden und Verfahren für die Auswertung und Interpretation der Daten. Neuartige Datenbanken machen es möglich, den chemischen Zustand von Gewässern umfassender und transparenter zu erfassen. So können beispielsweise Daten über das Vorkommen unbekannter,

noch nicht identifizierter Spurenstoffe in einem Datenarchiv zusammengetragen werden, um die Identität, Umweltrelevanz und die Herkunft der Substanzen effektiver und umfangreicher als bisher zu ermitteln.

### Veranlassung

Die Verwendung der NTS-Daten für Screening-Ansätze entwickelt sich zu einer neuen, leistungsfähigen Methode zur Erkennung bisher unbe-

kannter Gewässerkontaminanten. NTS bietet die Chance, die chemische Gewässerqualität detaillierter als bisher zu untersuchen. Die Bearbeitung und Interpretation der komplexen NTS-Datensätze ist allerdings bisher sehr ressourcenintensiv und benötigt eine gute Datengrundlage. Die Entwicklung eines digitalen Portals für die Recherche und Auswertung der Messdaten mit einer Datenbankanbindung ist ein entscheidender Schritt, damit zukünftig NTS-Daten von Gewässerproben effizienter genutzt werden können. Das digitale Portal ermöglicht es beispielsweise, eine noch nicht identifizierte Substanz, die bis dato nur über ihre massenspektrometrische Signatur bekannt ist, überregional und rückblickend in einem Datenarchiv zu suchen. Mithilfe dieser Information zum Vorkommen kann auch die Identität und Herkunft der Substanz gezielt aufgeklärt werden.

## Ziele

- Grundlagen schaffen, um NTS-Daten zusammenführen und Anwendungen für die Recherche und das Management von NTS-Daten im Gewässerschutz bereitstellen zu können
- Sichere Speicherung der NTS-Daten von unterschiedlichen Laboren, unter spezieller Berücksichtigung von Nutzungsrechten

- Entwicklung von Anwendungen für die (statische) Analyse der Daten
- Insgesamt sollen NTS-Daten
  - aus unterschiedlichen Regionen vergleichend und rückblickend betrachtet werden,
  - für Data-Mining-Anwendungen genutzt werden und
  - zur Unterstützung des Datenaustauschs zwischen Laboren zur Verfügung stehen können.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Einrichtung eines Begleitkreises mit Fachleuten zur kontinuierlichen Unterstützung des Projektes
- Erarbeitung von Strategien zur Verschneidung und integrativen Auswertung von NTS-Daten verschiedener Regionen, Zeitpunkte und Matrices
- Aufbau einer Datenbank für die langfristige Datenhaltung aufbereiteter NTS-Gewässerdaten
- Aufbau einer webbasierten Anwendung für die Darstellung und Analyse gesammelter NTS-Daten

**Projektlaufzeit** 05/2020–07/2023  
**Fördermittelgeber** Umweltbundesamt  
**Projekt-Nr.** M39620204064

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Kevin Jewell  
E-Mail: [jewell@bafg.de](mailto:jewell@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5938  
Referat G2 – Gewässerchemie

## 4.2.8 Methodenentwicklung für den Nachweis von Arzneimittelmetaboliten und -transformationsprodukten in Umweltproben

**Entwicklung innovativer hochempfindlicher Methoden zur Analyse einer Vielzahl von Arzneimitteln, Körpermetaboliten und mikrobiellen Transformationsprodukten in Wasser, Sedimenten und Fischen**

Arzneimittel, die daraus im Körper gebildeten Metaboliten sowie mikrobielle Transformationsprodukte (TPs) gelangen über Kläranlagen in die Umwelt. Dort verteilen sie sich zwischen der Wasserphase und Schwebstoffen/Sedimenten und können sich in aquatischen Organismen, insbesondere in Fischen, anreichern. Welche Matrix für ein Umweltmonitoring am besten geeignet ist, hängt von den Stoffeigenschaften und der Fragestellung ab. Schwebstoffe und Fischproben wurden für andere Stoffgruppen bereits erfolgreich zur Feststellung von Belastungstrends und Erfolgskontrolle von Minimierungsmaßnahmen verwendet.

### Veranlassung

Bisher bekannte Schwellenwerte für aus Toxizitätsdaten abgeleitete Umwelteffekte sind für einige Arzneistoffe sehr niedrig und stellen die Analytik vor eine zunehmende Herausforderung. Da die Analytik von Arzneistoffen bisher auf die Wasserphase fokussiert war, fehlen ausreichend sensitive und validierte analytische Methoden für den Nachweis in Schwebstoffen und Biotaprobe. Zudem wurden bisher bei vielen Untersuchungen Metaboliten und TPs nur unzureichend berücksichtigt. Vor diesem Hintergrund wurden in diesem Vorhaben i) analytische Verfahren für den sensitiven Nachweis einer Vielzahl an Arzneimitteln, Metaboliten und TPs in Wasser, Sediment/Schwebstoff und Fischen entwickelt, validiert und verglichen, ii) das Vorkommen und die Verteilung der ausgewählten Substanzen an unterschiedlichen Standorten bestimmt, iii) in Proben aus der Umweltprobenbank Belastungstrends untersucht und iv) bisher unbekannte TPs von Steroidhormonen identifiziert.

### Ziele

- Entwicklung analytischer Methoden für den Nachweis ausgewählter Arzneistoffe, Metaboliten und TPs in Wasser-, Schwebstoff-, Sediment- und Fischproben
- Zeitreihenanalysen mit Schwebstoff- und Fischproben aus der Umweltprobenbank zur Untersuchung von Belastungstrends
- Ableitung von Empfehlungen bzgl. der Eignung unterschiedlicher Matrices für das Umweltmonitoring von Arzneistoffen
- Erste Erkenntnisse zum Vorkommen von Steroidhormonen aus der Gruppe der Glucocorticoide, Mineralocorticoide und Progestogene sowie deren Metaboliten und TPs
- Identifizierung von mikrobiellen TPs dieser Hormone

### Ergebnisse

- Vier neue Methoden zur Bestimmung von bis zu 100 Arzneimitteln, Metaboliten und TPs in Wasser, Schwebstoff, Sediment, Fischleber, -filet und -plasma wurden entwickelt.
- Viele Analyten wurden flächendeckend in Wasser- und Schwebstoffproben detektiert.
- Zeitreihenanalysen zeigten eine sehr gute Korrelation der Konzentrationen im Schwebstoff mit dem Arzneimittelverbrauch.
- Schwebstoffe erwiesen sich als prädestinierte Matrix für die Untersuchung der Belastungstrends von Arzneistoffen.
- Trendverläufe entlang des Rheins weisen neben den Einträgen aus kommunalen Kläranlagen auch auf signifikante Einträge aus der Industrie hin.

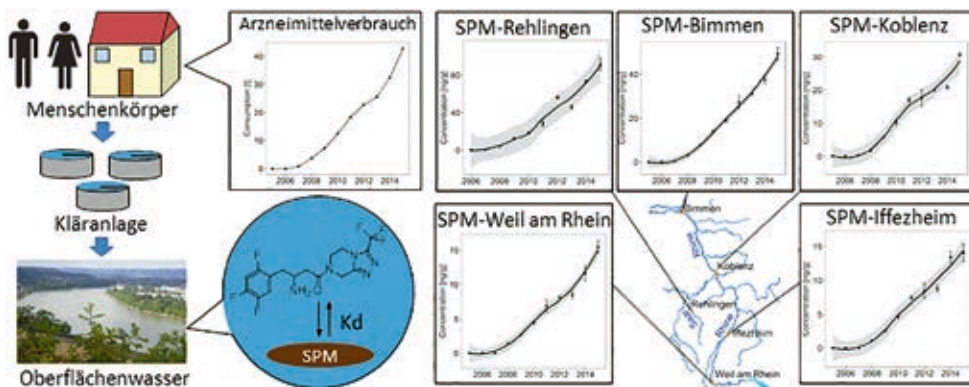


Abbildung 85: Vergleich der Entwicklung des Sitagliptin-Verbrauchs und der Konzentrationen in Schwebstoffen an verschiedenen Standorten am Rhein und an der Saar zwischen 2005 und 2015

- In Fischen ergaben sich nur wenige positive Befunde, insbesondere von Metaboliten, die vermutlich erst im Fisch gebildet werden.
- Die TPs und Abbauwege für bisher unzureichend untersuchte Steroidhormone wurden identifiziert.
- Viele dieser Hormone und einige der identifizierten TPs wurden im Kläranlagenabläufen und teilweise auch in Oberflächengewässern nachgewiesen.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Durch Zeitreihenanalysen mit Schwebstoffproben könnte zukünftig verstärkt die Entwicklung der Arzneimittelbelastungen verfolgt und die Effektivität von Maßnahmen (insbesondere die Aufrüstung von Kläranlagen) überprüft werden.
- Die teilweise erstmalig in der Umwelt nachgewiesenen hormonellen Wirkstoffe und die identifizierten TPs sollten zukünftig in Monitoringprogrammen aufgenommen werden. Da von sehr niedrigen Wirkschwellen auszugehen ist, bedürfen sie dringend einer umfassenden Risikobewertung.

### Publikationen zum Thema

BOULARD, L., G. DIERKES, T. A. TERNES (2018): Utilization of large volume zwitterionic hydrophilic interaction liquid chromatography for the analysis of polar pharmaceuticals in aqueous environmental samples: Benefits and limitations. *Journal of Chromatography A* 1535, 27–43

BOULARD, L., G. DIERKES, M. P. SCHLÜSENER, A. WICK, J. KOSCHORRECK, T. A. TERNES (2020): Spatial distribution and temporal trends of pharmaceuticals sorbed to suspended particulate matter of German rivers. *Water Research* 171, 115366

WEIZEL, A., M. P. SCHLÜSENER, G. DIERKES, T. A. TERNES (2018): Occurrence of Glucocorticoids, Mineralocorticoids, and Progestogens in Various Treated Wastewater, Rivers, and Streams. *Environmental Science & Technology* 52 (9), 5296–5307

WEIZEL, A., M. P. SCHLÜSENER, G. DIERKES, A. WICK, T. A. TERNES (2020): Analysis of the aerobic biodegradation of glucocorticoids: Elucidation of the kinetics and transformation reactions. *Water Research* 174, 115561

**Projektlaufzeit** 02/2018–04/2020  
**Fördermittelgeber** Umweltbundesamt  
**Projekt-Nr.** M39620204056

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Georg Dierkes  
 E-Mail: dierkes@bafg.de  
 Tel.: +49(0)261 1306 5007  
 Referat G2 – Gewässerchemie

## 4.2.9 AnPassa II – Kombinierte chemische und ökotoxikologische Überwachung von Schadstoffen in Gewässern

Passivsammler als neuartige Probenahmetechniken in Kombination mit Biotesten und chemischer Analytik ermöglichen ein Gewässermonitoring, das nicht nur Erkenntnisse über die stoffliche Belastung, sondern auch deren toxikologische Relevanz liefern.

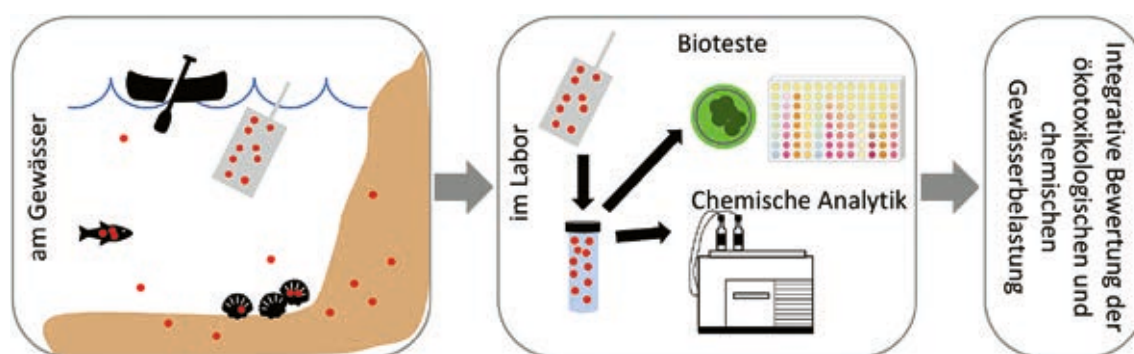


Abbildung 86: Konzeptionelle Darstellung des Projektes

Passivsammler reichern Chemikalien in einer sorbierenden Phase an, wenn sie in der Umwelt beispielsweise in einem Gewässer exponiert werden. Durch die Anreicherung der Chemikalien über die Expositionszeit können Proben generiert werden, die die stoffliche Belastung des Gewässers über die Expositionszeit der Sammler integrieren. Werden Passivsammlerextrakte anschließend im Labor in Biotesten eingesetzt, können darüber hinaus integrative Signale toxischer Effekte erzielt werden, die Informationen über die toxikologische Relevanz der Chemikalien und ihrer Mischungen in der Umwelt liefern.

### Veranlassung

Für die erfolgreiche Umsetzung der EU-Wasser-rahmenrichtlinie sind kostengünstige und innovative Methoden für die Überwachung von Schadstoffen, die Detektion von Verschmutzungen sowie die Identifikation neuer Schadstoffe erforderlich. Bei der Überwachung der Gewässer werden nur Einzelstoffe analytisch erfasst, während die toxikologische Relevanz der Schadstoffe und ihrer Mischungen in der Umwelt meist unbekannt sind.

Darüber hinaus werden in der Regel nur Stichproben untersucht, sodass Peakbelastungen beispielsweise nach Regenwasserereignissen oder Einleitungen unter Umständen nicht erfasst werden. Insbesondere in kleinen Stand- und Fließgewässern können Schadstoffkonzentrationen durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln räumlich und zeitlich stark variieren, sodass die Entnahme repräsentativer Proben schwierig ist. Konventionelle Ansätze zur Entnahme von Proben in Gewässern können folglich zu enormen Unsicherheiten bei der Bewertung der Gewässerqualität führen.

### Ziele

- Kombination der passiven Probenahme mit Biotesten für die chemische und ökotoxikologische Bewertung komplexer Mischungen von Umweltchemikalien in Gewässern
- Prüfung der Eignung des Verfahrens als Warnsystem bei Minderung der Wasserqualität

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Ermittlung geeigneter Kombinationsmöglichkeiten von Passivsammlern und Biotesten
- Prüfung der praktischen Anwendung in Feldstudien
- Entwicklung einer Strategie gegen chemische Verschmutzungen bzw. die Dokumentation der Effekte von Maßnahmenprogrammen
- Integrative Erfassung stofflicher und ökotoxikologischer Gewässerbelastungen
- Erarbeitung von Vorschlägen für die regulatorische Implementierung der Kopplungsmöglichkeiten Passivsammler/Bioteste



Abbildung 87: Typische im Projekt eingesetzte Passivsammler mit Silikonstreifen (links) und Chemcatchern (rechts)

### Publikationen zum Thema

BECKER, B., E. CLAUS, C. MÖHLENKAMP, J. BACHTIN, A. PASCHKE, S. SCHÄFER (2020): Anwendung von Passivsammlern in Überwachungsprogrammen gemäß WRRL und MSRL – Identifizierung von kontaminationschwerpunkten, Referenzstandorten und neuen Schadstoffen (AnPassa). FKZ 3713 22 230, FuE-Projekt im Rahmen des Umweltforschungsplans des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit; Umweltbundesamt (Auftraggeber), 130 S.

JAHNKE, A., P. MAYER, S. SCHÄFER, G. WITT, N. HAASE, B. I. ESCHER (2016): Strategies for transferring mixtures of organic contaminants from aquatic environments into bioassays. *Environmental Science & Technology*, 50: 5424–5431

JAHNKE, A., G. WITT, S. SCHÄFER, N. HAASE, B. I. ESCHER (2016): Combining passive sampling with toxicological characterization of complex mixture of pollutants from the aquatic environment. In: *In vitro Environmental Toxicology: Concepts, Application and Assessment*, Editors: Reifferscheid, G. and Buchinger, S., Series: *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, Springer

**Projektlaufzeit** 07/2016–2/2019  
**Fördermittelgeber** Umweltbundesamt  
**Projekt-Nr.** M39620304019

### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Sabine Schäfer  
E-Mail: Sabine.Schaefer@bafg.de  
Tel.: +49(0)261 1306 5375  
Referat G3 – Biochemie und Ökotoxikologie



## 4.2.10 Rodentizid-Rückstände in Fischen – Ursachenforschung

Erforschung der Ursachen für die nachgewiesene Gewässerbelastung mit Rodentiziden (PBT-Stoffe) und Erarbeitung von Risikominderungsmaßnahmen zum Schutz der aquatischen Umwelt. Durch die Ausbringung von Rodentiziden in der Kanalisation kann es über Kläranlagenabläufe oder Direkteinleitungen von abgeschlagenem Mischwasser bei Starkregen zu Einträgen von Antikoagulanzen in Fließgewässer kommen.

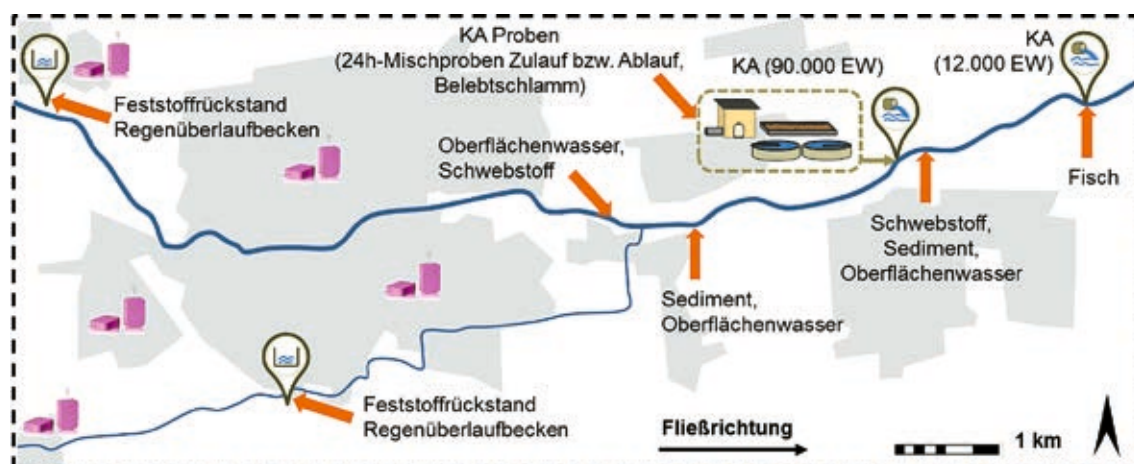


Abbildung 88: Kläranlagen- und Fließgewässer-Monitoring während der Kanalbeköderung im Stadtgebiet einer rheinland-pfälzischen Mittelstadt

Bei der Verwendung von Ratten- und Mäusebekämpfungsmitteln (Rodentiziden) mit blutgerinnungshemmenden Wirkstoffen (Antikoagulanzen) bestehen erhebliche Umweltrisiken. Analysen von Umweltproben aus dem Archiv der Umweltprobenbank hatten gezeigt, dass nicht nur terrestrische Nichtzieltiere, sondern auch Fische Rückstände von antikoagulantem Rodentiziden der zweiten Generation in ihrer Leber aufweisen. Jedoch ließen die Daten keine Rückschlüsse auf die Ursachen für die Belastung und damit auf die wesentlichen Eintragungspfade von antikoagulantem Rodentiziden in die aquatische Umwelt zu. Darüber hinaus lagen keine Monitoring-Daten vor, auf welchen Wegen antikoagulante Rodentizide in Oberflächengewässer gelangen und ob sie sich dort unter Umweltbedingungen in aquatischen Organismen wie Fischen anreichern.

### Veranlassung

Als eine potenzielle Eintragsquelle von antikoagulantem Rodentiziden in die aquatische Umwelt wurde

ihr Einsatz zur Bekämpfung von Wanderratten in der Kanalisation vermutet. Daher wurden der Eintrag und das Verhalten von acht antikoagulantem Rodentiziden und zwei antikoagulantem Arzneistoffen an zwei Standorten im Rahmen eines umfangreichen Kläranlagen- und Fließgewässer-Monitorings während der kommunalen Kanalbeköderung untersucht. An 25 weiteren Standorten verschiedener kommunaler Kläranlagen wurden zudem Gewebeprobe von Fischen aus Bioakkumulationsteichen, die ausschließlich mit gereinigtem Abwasser gespeist wurden, auf Rückstände der Antikoagulanzen untersucht.

### Ziele

Vorrangiges Ziel des Forschungsvorhabens war die experimentelle Überprüfung der Hypothese, dass die Anwendung von antikoagulantem Rodentiziden zur Rattenbekämpfung in kommunalen Entwässerungssystemen zu einem Eintrag von Antikoagulanzen in angrenzende Oberflächengewässer und damit einer Belastung von Wasserorganismen führen kann.

## Ergebnisse

Trotz der vermeintlich geringen Wirkstoffmengen von antikoagulanten Rodentiziden, die jedes Jahr in Deutschland zur chemischen Rattenbekämpfung in kommunalen Entwässerungssystemen eingesetzt werden, haben die Untersuchungen ergeben, dass

- die Beköderung von Entwässerungssystemen mit antikoagulantem Rodentiziden zu einem Eintrag dieser Stoffe in Gewässer führen kann,
- antikoagulante Rodentizide nicht vollständig bei der konventionellen Abwasserreinigung aus dem Abwasser eliminiert werden und somit in Fließgewässer gelangen,
- Fische aus den angrenzenden Fließgewässern, in die das gereinigte Abwasser eingeleitet wird, Rückstände dieser Rodentizide in der Leber aufweisen.

Zum nachhaltigen Schutz der aquatischen Umwelt ist eine konsequente Umsetzung der in den letzten Jahren rechtsverbindlich festgelegten Risikominierungsmaßnahmen sowohl bei der eigenverantwortlichen Durchführung als auch bei der Ausschreibung von Rattenbekämpfungen dringend geboten. Insbesondere gilt es, den Kontakt von (Ab-)Wasser mit dem Ködermaterial und damit Einträge der Wirkstoffe in die Umwelt zu verhindern.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Das Projekt ist abgeschlossen. Im Rahmen eines Folgevorhabens soll nun der Zusammenhang zwischen in Fischlebern gemessenen Rückstandgehalten von Antikoagulantien und eventuellen Wirkungen auf die Fischgesundheit experimentell erforscht und die Relevanz möglicher Auswirkungen auf Ebene der Population bewertet werden.

### Publikationen zum Thema

REGNERY, J., A. FRIESEN, A. GEDUHN, B. GÖCKENER, M. KOTTHOFF, P. PARRHYSIUS, E. PETERSOHN, G. REIFFERSCHIED, E. SCHMOLZ, R. S. SCHULZ, J. SCHWARZBAUER, M. BRINKE (2019): Rating the risks of anticoagulant rodenticides in the aquatic environment: a review. *Environmental Chemistry Letters* 17(1), 215–240

REGNERY, J., P. PARRHYSIUS, R. S. SCHULZ, C. MÖHLENKAMP, G. BUCHMEIER, G. REIFFERSCHIED, M., BRINKE (2019): Wastewater-borne exposure of limnic fish to anticoagulant rodenticides. *Water Research* 167, 115090

REGNERY, J., A. FRIESEN, G. KRÜGER (2020): Rattenbekämpfung im Kanal – Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage zur kommunalen Rattenbekämpfung in der Kanalisation im Jahr 2017. *Korrespondenz Abwasser, Abfall* 67(5), 358–366

REGNERY, J., R. S. SCHULZ, P. PARRHYSIUS, J. BACHTIN, M. BRINKE, S. SCHÄFER, G. REIFFERSCHIED, A. FRIESEN (2020): Heavy rainfall provokes anticoagulant rodenticides' release from baited sewer systems and outdoor surfaces into receiving streams. *Science of the Total Environment* 740, 139905

**Projektlaufzeit** 11/2016–5/2020  
**Fördermittelgeber** Umweltbundesamt  
**Projekt-Nr.** M39620304022

### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Julia Regnery  
E-Mail: regnery@bafg.de  
Tel.: +49(0)261 1306 5987  
Referat G3 – Biochemie und Ökotoxikologie

## 4.2.11 Antikoagulante Rodentizide in der aquatischen Umwelt

Erforschung der Auswirkungen von antikoagulanten Rodentiziden auf die aquatische Umwelt im Vorfeld ihrer Wiederzulassung als Biozid-Wirkstoffe in 2024

Aktuelle Studien zeigen, dass nicht nur terrestrisch lebende Tiere, sondern auch Fische Rückstände von antikoagulanten Rodentiziden (Rattengift) in ihrer Leber aufweisen.



Abbildung 89: Untersuchungen zum Eintrag und Verbleib von Rodentiziden in der aquatischen Umwelt

Bei der Verwendung von Ratten- und Mäusebekämpfungsmitteln (Rodentizide) mit blutgerinnungshemmenden Wirkstoffen (Antikoagulanzen) der zweiten Generation bestehen erhebliche Umwelt Risiken aufgrund ihrer PBT-Eigenschaften (d.h. persistent, bioakkumulierend, toxisch). Rückstände von Antikoagulanzen wurden in zahlreichen Wildtieren wie Raubvögeln und Füchsen, aber auch in Wald- und Spitzmäusen, die nicht Ziel einer Bekämpfung waren, nachgewiesen. Da Informationen zu einer möglichen Belastung aquatischer Ökosysteme mit antikoagulanten Rodentiziden fehlten, lag der Fokus

von Risikominderungsmaßnahmen bisher überwiegend auf dem Schutz terrestrischer Arten.

### Veranlassung

Aktuelle Forschungsarbeiten bestätigten, dass die Rattenbekämpfung in kommunalen Entwässerungssystemen, in ihrer derzeitigen Praxis, zu einem Eintrag von antikoagulanten Rodentiziden in Oberflächengewässer führen kann und somit zu einer Belastung der Leber dort lebender Fische

beiträgt. Da die ökotoxikologischen Folgen einer chronischen Exposition von Fischen mit diesen Substanzen bei Konzentrationen, die für Oberflächengewässer relevant sind, bisher nicht erforscht sind, soll geklärt werden, ob ein akuter Handlungsbedarf zum Schutz der aquatischen Umwelt besteht. Eine Abschätzung der Risiken für die aquatische Umwelt mithilfe der klassischen Risikocharakterisierung ist aufgrund der von der Exposition räumlich wie zeitlich entkoppelten Wirkung von PBT-Stoffen nicht möglich.

## Ziele

Ziel dieses Forschungsprojektes ist die experimentelle Untersuchung der Auswirkungen von antikoagulantem Rodentiziden auf die aquatische Umwelt, u.a.

- die Aufnahme und der Verbleib von Antikoagulantien in Fischen,
- der Zusammenhang zwischen Rückstandgehalten von Antikoagulantien in der Fischleber und potenziellen Auswirkungen auf die Fischgesundheit,
- die Relevanz möglicher Auswirkungen auf Ebene der Population,
- eine Anreicherung über die aquatische Nahrungskette in Top-Prädatoren.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Expositionsversuche zur Bestimmung möglicher schädlicher Wirkungen von antikoagulantem Rodentiziden auf die Fischgesundheit
- Risikobewertung von antikoagulantem Rodentiziden im aquatischen Ökosystem
- Erarbeitung von Risikominderungsmaßnahmen und -strategien zum Schutz der aquatischen Umwelt vor Rodentizid-Einträgen

### Publikationen zum Thema

REGNERY, J., A. FRIESEN, A. GEDUHN, B. GÖCKENER, M. KOTTHOFF, P. PARRHYSIUS, E. PETERSOHN, G. REIFFERSCHIED, E. SCHMOLZ, R. S. SCHULZ, J. SCHWARZBAUER, M. BRINKE (2019): Rating the risks of anticoagulant rodenticides in the aquatic environment: a review. *Environmental Chemistry Letters* 17(1), 215–240

REGNERY, J., P. PARRHYSIUS, R. S. SCHULZ, C. MÖHLENKAMP, G. BUCHMEIER, G. REIFFERSCHIED, M., BRINKE (2019): Wastewater-borne exposure of limnic fish to anticoagulant rodenticides. *Water Research* 167, 115090

REGNERY, J., A. FRIESEN, G. KRÜGER (2020): Rattenbekämpfung im Kanal – Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage zur kommunalen Rattenbekämpfung in der Kanalisation im Jahr 2017. *Korrespondenz Abwasser, Abfall* 67(5), 358–366

REGNERY, J., R. S. SCHULZ, P. PARRHYSIUS, J. BACHTIN, M. BRINKE, S. SCHÄFER, G. REIFFERSCHIED, A. FRIESEN (2020): Heavy rainfall provokes anticoagulant rodenticides' release from baited sewer systems and outdoor surfaces into receiving streams. *Science of the Total Environment* 740, 139905

<b>Projektlaufzeit</b>	06/2020–05/2023
<b>Fördermittelgeber</b>	Umweltbundesamt
<b>Projektpartner</b>	Bayerisches Landesamt für Umwelt
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620304030

### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Julia Regnery  
E-Mail: [regnery@bafg.de](mailto:regnery@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5987  
Referat G3 – Biochemie und Ökotoxikologie

## 4.2.12 PLASTRAT – Lösungsstrategien zur Verminderung von Einträgen von urbanem Plastik in limnische Systeme

Was setzen Kunststoffe frei? – Welche Abbauprozesse laufen bei der Alterung von Kunststoffen ab und welche (Schad-)Stoffe werden freigesetzt? Fragen, die das Forschungsprojekt PLASTRAT versucht zu ergründen.

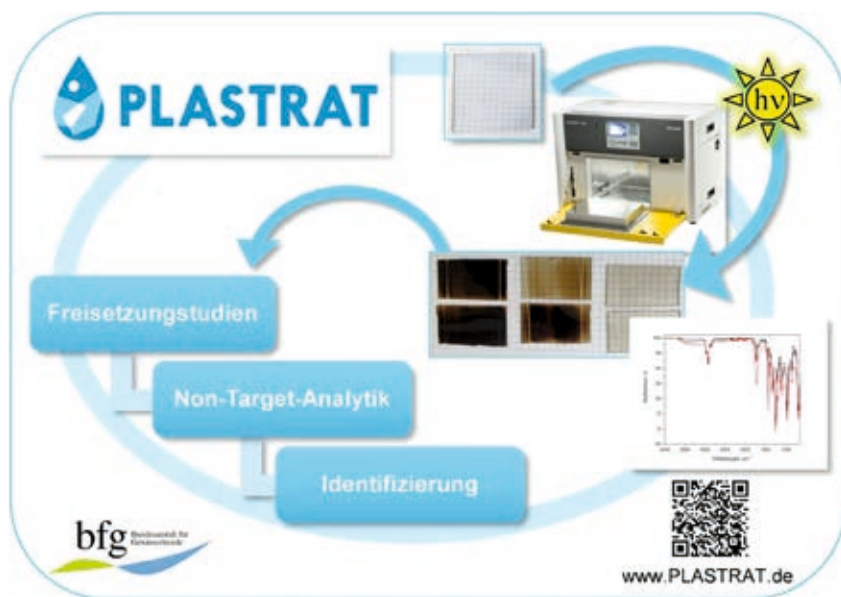


Abbildung 90: Untersuchung des Freisetzungsverhaltens von Kunststoffen nach beschleunigter künstlicher Bewitterung

Das interdisziplinäre Verbundprojekt PLASTRAT untersucht natur- und sozialwissenschaftlich die möglichen Eintragspfade von urbanem Plastik in Binnengewässer und erarbeitet Lösungsstrategien zur Verminderung von Plastik in der Umwelt. Der Weg von Plastikmüll wird gesamtheitlich vom Konsum- und Nutzungsverhalten des Verbrauchers über die Eintragspfade, Verteilung und Senke in der Umwelt bis zur physikalischen und chemischen Verwitterung des Kunststoffes betrachtet, immer unter der Berücksichtigung der human- und ökotoxikologischen Relevanz und so der Auswirkungen für Mensch und Umwelt.

### Veranlassung

Kunststoffe bestehen meist nicht nur aus einem Polymer, sondern enthalten noch weitere Inhalts-

stoffe. Dazu gehören z.B. sogenannte Additive, die die Eigenschaften und Haltbarkeit des Kunststoffes beeinflussen sollen. Diese Substanzen können aus dem Kunststoff freigesetzt werden und z.B. über den Plastikmüll in die aquatische Umwelt gelangen. Neben bekannten, toxikologisch relevanten Substanzen wie Bisphenol A oder Weichmachern aus der Gruppe der Phthalate können in Kunststoffen noch zahlreiche weitere Additive, Nebenprodukte und NIAS (non-intentionally added substances) enthalten sein, deren Identität und toxikologisches Potenzial unbekannt sind. Darüber hinaus ist auch das Verständnis der Degradationsprozesse von Kunststoffen und die

Auswirkung auf die Freisetzung der Inhaltsstoffe und Degradationsprodukte eine zentrale Fragestellung für die human- und ökotoxikologische Bewertung von Plastik in der Umwelt. Allerdings gibt es hierzu bisher nur wenige Untersuchungen.

### Ziele

- Identifizierung von unbekanntem, aus Kunststoffen freigesetzten Verbindungen
- Verständnis der Degradationsprozesse unterschiedlicher Polymere und Kunststoffe nach beschleunigter, künstlicher Taglichtbewitterung
- Freisetzungsverhalten von Degradationsprodukten aus Kunststoffen und Polymeren
- Zusammenführung der Ergebnisse der chemischen Untersuchungen mit Ergebnissen der Partner zu human- und ökotoxikologischen Effekten der aus unterschiedlich lange gealterten Kunststoffen freigesetzten Stoffe

## Ergebnisse

- Die umweltnahe, beschleunigte Bewitterung von Kunststoffen unter Einfluss von Wasser, Luft und Taglicht führte zu einer sichtlichen Alterung (Vergilbung, Schwärzung, Versprödung) des Materials. FTIR-spektroskopische Untersuchungen zeigten in Abhängigkeit der Bewittungszeit die Bildung von Oxidationsprodukten des Polymers wie beispielsweise von Alkohol- und Carbonyl-Gruppen.
- Das Freisetzungsverhalten von Kunststoffen zeigt eine starke Abhängigkeit vom Degradationszustand. So wurde in bewitterten Kunststoffproben eine vielfache Anzahl an unbekanntem Verbindungen detektiert.
- Es konnten für die unterschiedlichen Kunststoffe und deren Additive eine Vielzahl von freigesetzten Degradationsprodukten detektiert und teilweise auch bereits identifiziert werden.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

In der Zukunft möchte die BfG folgende Forschungsfragen noch vertiefend beleuchten:

- Welche Degradationsprozesse an Kunststoffen und Polymeren laufen unter Umweltbedingungen auf molekularer Ebene ab, führen zu welchen Molekülen und unter welchen Bedingungen werden diese freigesetzt?
- Was wird aus Kunststoffen innerhalb ihres Lebenszyklus und darüberhinaus und welche Verbindungen werden freigesetzt?
- Welche toxikologische Relevanz geht von aus Kunststoffen freigesetzten Verbindungen aus?
- Wie ist die bauwerksbedingte Emission aus Kunststoffen im Rahmen des Wasserbaus zu bewerten und welche Empfehlungen können daraus abgeleitet werden?

<b>Projektlaufzeit</b>	09/2017 – 02/2021
<b>Fördermittelgeber</b>	BMBF innerhalb des Forschungsschwerpunkts „Plastik in der Umwelt – Quellen, Senken, Lösungsansätze“
<b>Projektpartner</b>	Universität der Bundeswehr München aquadrat ingenieure GmbH Goethe-Universität Frankfurt inge GmbH Institut für sozial-ökologische Forschung Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH Leibniz-Institut für Ostseeforschung Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V. TU Darmstadt
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620204053

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Peter Schweyen  
E-Mail: [schweyen@bafg.de](mailto:schweyen@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5048  
Referat G2 – Gewässerchemie

## 4.2.13 MicBin – Mikroplastik in Binnengewässern

Untersuchung und Modellierung des Eintrags und Verbleibs im Donaugebiet als Grundlage für Maßnahmenplanungen

Erstmalige Bilanzierung von Mikroplastikeinträgen in ein deutsches Flusssystem als Grundlage für Gefährdungsabschätzungen und Ableitung von Minderungsmaßnahmen



Abbildung 91: Größenfraktionierte Probenahme von Mikroplastik mittels einheitlicher Filterkaskade an der Amper (Oberbayern)

Unter Mikroplastik werden unlösliche synthetische Kunststoffpartikel/Polymere in einem Größenbereich kleiner 5 mm zusammengefasst. Der Eintrag von Mikroplastik in die Umwelt ist derzeit Gegenstand weitreichender wissenschaftlicher Studien, in denen sowohl umweltrelevante Folgen abgeschätzt als auch Konzentrationen und Transportmechanismen untersucht werden.

### Veranlassung

In der jüngeren Vergangenheit wurde Mikroplastik als unerwünschte Kontamination in vielen Oberflächengewässern nachgewiesen. Über die Eintragsquellen, Verteilung und den Verbleib von Mikroplastik in Fließgewässern ist bisher wenig bekannt.

Für die Ableitung von effektiven Minderungsmaßnahmen sind jedoch genaue Kenntnisse über die Quellen, die Verteilung und Senken von Mikroplastik in Oberflächengewässern erforderlich. Im Projekt MicBin soll erstmals der Eintrag und Verbleib von Mikroplastik in Flüsse anhand eines exemplarischen Untersuchungsgebiets (Donau-Einzugsgebiet) ermittelt werden. Im Rahmen umfangreicher Messkampagnen werden wesentliche Donau-Zuflüsse beprobt und anschließend mit den sich ergänzenden massenbasierten (Pyrolyse-GC-MS) und die Teilchenzahl bestimmenden spektroskopischen Analyseverfahren (FT-IR und Raman) quantifiziert. Die hierfür benötigten Analysemethoden sowie eine der Methodik angepasste Probenaufbereitung werden entsprechend entwickelt und validiert.

## Ziele

- Entwicklung und Validierung der spektrometrischen und spektroskopischen Methoden zur Quantifizierung von Mikroplastik in Umweltproben nach entsprechender, optimierter Probenvorbereitung
- Eintragsbilanzierung von Makro-, Meso- und Mikroplastik im deutschen Donau-Einzugsgebiet durch einheitliche Probenahmekampagnen und Modellierung
- Bilanzierung von bisher unberücksichtigten Quellen und Senken, wie z.B. Eintrag von Kunststoffen durch die Landwirtschaft, atmosphärische Deposition von Mikroplastik und Degradationsprozesse von Plastik in der Umwelt
- Ableitung von Minimierungsstrategien

## Ergebnisse

Von der BfG wurde eine validierte Analyse-methode (Pyr-GC-MS) zur quantitativen Be-

stimmung der drei häufigsten Kunststoffarten (Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polystyrol (PS)) sowie eine automatisierte Probenaufbereitung zur Reduzierung von matrixbedingten Interferenzen entwickelt. Erste Ergebnisse der massenbasierten Quantifizierung mittels Pyr-GC-MS weisen auf einen Mikroplastikeintrag in die Fließgewässer im unmittelbaren Bereich der Einleitung von Kläranlagen hin. Deutlich werden hier aber auch standortspezifische Unterschiede: So konnten untersuchte Polymere (PE, PP, PS) nicht an allen Standorten oder nur teilweise nachgewiesen werden.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Durch die Bilanzierung der Mikroplastikfracht im Donau-Einzugsgebiet und den darauf basierenden Modellen können mittels Szenarienanalysen die gewonnen Erkenntnisse zur Reduktion der Mikroplastikbelastung auf der Ebene ganzer Flusseinzugsgebiete angewendet werden.

### Publikationen zum Thema

DIERKES, G., T. LAUSCHKE, S. BECHER, H. SCHUMACHER, C. FÖLDI, T. TERNES (2019): Quantification of microplastics in environmental samples via pressurized liquid extraction and pyrolysis-gas chromatography, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 411 (26): 6959–6968

<b>Projektlaufzeit</b>	10/2017 – 09/2020
<b>Fördermittelgeber</b>	Bundesministerium für Bildung und Forschung
<b>Projektpartner</b>	DVGW-Technologiezentrum Wasser Universität Osnabrück Universität Augsburg Technische Hochschule Köln Bayrisches Landesamt für Umwelt BKV GmbH
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620204054

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Georg Dierkes  
E-Mail: [dierkes@bafg.de](mailto:dierkes@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5007  
Referat G2 – Gewässerchemie



## 4.2.14 Plastikfracht im Rhein – Quantitative Erfassung, Bilanzierung und Bewertung von Mikrokunststoffen in internationalen Flussgebieten Rhein und Donau

Erstmalige systematische Erfassung der Kunststofffracht im Rhein unter Berücksichtigung der horizontalen und vertikalen Verteilung von Mikroplastik in der Wassersäule bei verschiedenen Abflusssituationen



Abbildung 92: Plastikmüll im Spülsaum des Rheins

Das Thema „Müll in Flüssen“, insbesondere Plastik- oder Kunststoffmüll, wird zunehmend auf nationaler Ebene und in den internationalen Flussgebietskommissionen diskutiert. Von Seiten des Meeresschutzes werden die Flüsse zutreffend als wichtiger Eintragungspfad gesehen. Es gibt bisher keine belastbaren Daten über die Menge des von Flüssen transportierten Mülls, weder für Makro- noch für Mikroplastik. Bisherige Untersuchungen basieren lediglich auf vereinzelt Stichproben an der Wasseroberfläche oder in Sedimenten.

### Veranlassung

Aufgrund der inhomogenen Verteilung der Makro- bzw. Mikroplastikobjekte in der Wassersäule ist für eine repräsentative Probennahme die Beprobung sehr großer Volumina erforderlich. Bisher

fehlen Verteilungsmodelle, welche die horizontale und vertikale Variabilität im Gerinnequerschnitt berücksichtigen und für die Entwicklung von Probenahme-/Monitoringkonzepten unabdingbar sind. Für die Erfassung von Makroplastik stellen bildgebende Verfahren mittels Kameras eine interessante Möglichkeit dar. Allerdings wurde diese Technik noch nicht für Fließgewässer optimiert. Die Quantifizierung von Mikroplastik kann z.B. über thermoanalytische Verfahren erfolgen. Bei diesen besteht allerdings noch ein hoher Bedarf an Optimierung und Anpassung an unterschiedliche Umweltmatrices. Am Beispiel des Rheins sollen Methoden zur Erfassung von Makro- und Mikroplastik sowie ein Monitoringskonzept entwickelt und erprobt werden. Die neu entwickelten Methoden und Verteilungsmodelle werden dann im Rahmen eines einjährigen Monitorings zur Erfassung der Mikroplastikfracht im Rhein eingesetzt.

## Ziele

- Entwicklung von Methoden zur Bestimmung von Mikroplastik im Rhein
- Entwicklung von Methoden zur Erfassung von Makroplastik im Rhein
- Bestimmung der horizontalen und vertikalen Verteilung von Mikroplastik im Rhein unter Berücksichtigung verschiedener Abflusssituationen
- Entwicklung von Probenahmetechniken für die repräsentative Beprobung von Fließgewässern
- Berechnung der Plastikfrachten

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Optimierung der Analyseverfahren für Mikroplastik
- Versuche für die Konzeptionierung einer Probenahmestrategie für Mikroplastik
- Konzeptionierung des Monitorings
- Methodenentwicklung zur Erfassung von Makroplastik
- Durchführung des Monitorings und Abschätzung der Jahresfrachten

### Publikationen zum Thema

DIERKES, G., T. LAUSCHKE, S. BECHER, H. SCHUMACHER, C. FÖLDI, T. TERNES (2019): Quantification of microplastics in environmental samples via pressurized liquid extraction and pyrolysis-gas chromatography. *Anal Bioanal Chem* 411, 6959–6968

<b>Projektlaufzeit</b>	12/2019–11/2022
<b>Fördermittelgeber</b>	Umweltbundesamt
<b>Projektpartner</b>	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620204063

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Georg Dierkes  
E-Mail: [dierkes@bafg.de](mailto:dierkes@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5007  
Referat G2 – Gewässerchemie

## 4.2.15 Effektracking organischer Mikroverunreinigungen

### Verfolgung von Effekten subterranean organischer Mikroverunreinigungen

Durch den Menschen wird eine Vielzahl von chemischen Stoffen freigesetzt, die für Mensch und Umwelt schädlich sein können. Meist ist aber nur ein geringer Anteil dieser schädlichen Stoffe bekannt. In dem Projekt werden daher Verfahren zur Erkennung unbekannter Schadstoffe entwickelt.

Durch den Menschen wird eine Vielzahl von Substanzen – beabsichtigt und unbeabsichtigt – in die Umwelt eingetragen. Eine umfassende Überwachung eingetragener Verbindungen durch eine gezielte chemische Analyse ist nicht möglich, nicht zuletzt, weil Stoffe in der Umwelt verschiedensten Umwandlungsprozessen unterliegen. Dadurch können unbekannte Umwandlungsprodukte entstehen, die sich den gängigen Messmethoden entziehen, aber durchaus nachteilige Auswirkungen auf Mensch und Umwelt haben können.

### Veranlassung

Mit der sogenannten „effektgerichteten Analytik“ sollen Substanzen, die möglicherweise schädliche Wirkungen auf Mensch und Umwelt haben, in komplexen Umweltproben wie z.B. Abwasser identifiziert werden. Grundsätzlich wird dies durch eine chemische Trennung der Probe und eine Testung der gewonnenen Fraktionen auf Schädwirkungen mit einer sich anschließenden chemischen Analytik erreicht. Vor diesem Hintergrund arbeiten die Hebrew University Jerusalem und die BfG gemeinsam an der Entwicklung neuartiger Werkzeuge zum Nachweis von Schadstoffen in der Umwelt. Die Grundidee besteht in einer direkten Kopplung von Dünnschichtchromatographie mit biologischen und chemischen Nachweismethoden. Durch die Nutzung spezifischer biologischer Verfahren z.B. zur Erkennung hormonell aktiver Substanzen werden alle Stoffe in einer Probe erkannt, die diese, in der Umwelt unerwünschte, Eigenschaft haben – dies schließt z.B. unbekannte Umwandlungsprodukte mit entsprechender biologischer Wirkung mit ein. Die so nachgewiesenen Substanzen können anschließend durch chemische Methoden identifiziert werden.

### Ziele

Es wird ein Ansatz entwickelt, die Quellen und die Verteilung von Mikroverunreinigungen – basierend auf einer Analyse biologischer Wirkungen in direkter Kopplung mit chemischen Trennverfahren – zu charakterisieren.

- Etablierung von Verfahren zur Detektion von adversen Endpunkten auf der Oberfläche von Dünnschichtplatten (z.B. östrogene, androgenegentoxische und dioxinähnliche Wirkungen).
- Entwicklung neuer Sensorstämme zur parallelen Detektion mehrerer der oben genannten Endpunkte
- Entwicklung massenspektrometrischer Verfahren zur nach-dünnschichtchromatographischen Trennung

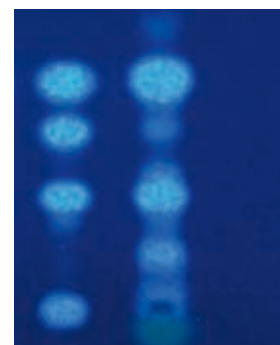


Abbildung 93: Östrogenartig wirkende Substanzen einer Abwasserprobe (rechts)

### Ergebnisse

Eine Reihe von Testverfahren der spezifischen Ökotoxikologie wurde direkt mit dünnschichtchromatographischen Methoden kombiniert und erfolgreich auf eine Vielzahl unterschiedlicher Umweltmatrizes angewendet. Beispielhaft gezeigt ist das Vorkommen von Inhibitoren der Photosynthese in Oberflächengewässern. Abbildung 94 zeigt eine dünnschichtchromatographische Auftrennung verschiedener angereicherter Oberflächenwasserproben (Nummern 1–6, siehe Schema des Flussverlaufs links) mit einem anschließenden Test auf Hemmung der Photosynthese. Die grünen Signale zeigen die Gegenwart von Schadstoffen an. Links auf der Dünnschichtplatte wurde eine Mischung

der Herbizide Terbutryn, Atrazin, Simazin und Diuron aufgetragen. Die quellennahen Proben zeigen keine oder nur eine geringe Belastung. Am Standort 3 wird eine deutliche Belastung durch den effektbasierten Test erfasst. Der Zufluss bei Standort 4 ist im Vergleich geringer belastet. Nach dem Zusammenfluss zeigen die Proben der Standorte 5 und 6 durch die Verdünnung geringere Hemmwirkungen gegenüber dem Standort 3.

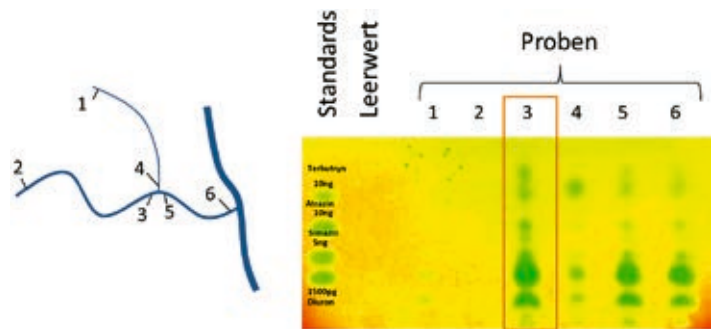


Abbildung 94: Hemmstoffe der Photosynthese in Oberflächenwasser

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Das Projekt ist abgeschlossen. Die entwickelten Verfahren werden in der BfG für Ansätze der effektbasierten Analytik, z.B. im Bereich der Bewertung von Bauprodukten, genutzt und weiterentwickelt.

### Publikationen zum Thema

- RIEGRAF, C., G. REIFFERSCHIED, S. BELKIN, L. MOSCOVICI, D. SHAKIBAI, H. HOLLERT, S. BUCHINGER (2019): Combination of yeast-based in vitro screens with high-performance thin-layer chromatography as a novel tool for the detection of hormonal and dioxin-like compounds. *Analytica Chimica Acta*, 1081: 218–230
- MÜLLER, A. K., K. LESER, D. KÄMPFER, C. RIEGRAF, S. E. CRAWFORD, K. SMITH, E. VERMEIRSEN, S. BUCHINGER, H. HOLLERT (2019): Bioavailability of estrogenic compounds from sediment in the context of flood events evaluated by passive sampling. *Water Research*, 161: 540–548
- SHAKIBAI, D., C. RIEGRAF, L. MOSCOVICI, G. REIFFERSCHIED, S. BUCHINGER, S. BELKIN (2019): Coupling High-Performance Thin-Layer Chromatography with Bacterial Genotoxicity Bioreporters. *Environmental Science & Technology*, 53(11): 6410–6419.
- MOSCOVICI, L., D. SHAKIBAI, C. RIEGRAF, S. BUCHINGER, G. REIFFERSCHIED, S. BELKIN (2018): Detection of endocrine-disrupting compounds by novel yeast biosensors. *New Biotechnology*, 44: S22–S23
- RIEGRAF, C., G. REIFFERSCHIED, B. BECKER, S. BELKIN, H. HOLLERT, U. FEILER, S. BUCHINGER (2019): Detection and Quantification of Photosystem II Inhibitors Using the Freshwater Alga *Desmodesmus subspicatus* in Combination with High-Performance Thin-Layer Chromatography. *Environmental Science & Technology*, 53(22): 13458–13467

<b>Projektlaufzeit</b>	06/2016–06/2020
<b>Fördermittelgeber</b>	Deutsch-Israelische Wassertechnologie-Kooperation
<b>Projektpartner</b>	Hebrew University Jerusalem
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620304020

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Sebastian Buchinger  
 E-Mail: buchinger@bafg.de  
 Tel.: +49(0)261 1306 5316  
 Referat G3 – Biochemie und Ökotoxikologie

## 4.2.16 TrinkWave – Planungsoptionen und Technologien der Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung in urbanen Wasserkreisläufen

In TrinkWave werden innovative Verfahrenskombinationen der Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung entwickelt und durch neue multidisziplinäre Beurteilungsansätze bewertet.

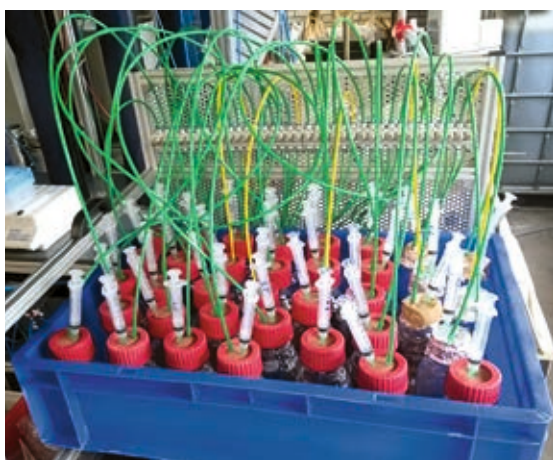


Abbildung 95: Laborversuche zur Untersuchung des Potenzials von Filtersanden zum Abbau abwasserbürtiger Spurenstoffe

Nicht zuletzt aufgrund des Klimawandels erlangt die Nutzung von gereinigtem Abwasser als Trinkwasserressource weltweit zunehmende Bedeutung. Auch in klimatisch moderaten Regionen wie Deutschland kann die Wiederverwendung von Abwasser regional eine ökonomisch und ökologisch sinnvolle Alternative darstellen. Bisher wird in Deutschland gereinigtes Abwasser nur unbeabsichtigt wiederverwendet, wenn mit Abwasser beinträchtigt Oberflächenwasser über in Ufernähe stehende Förderbrunnen gefördert und dieses sogenannte Uferfiltrat für die Trinkwassergewinnung genutzt wird.

### Veranlassung

Die Herausforderung zur Nutzung von Abwasser als Trinkwasserressource besteht darin, dass konventionell gereinigtes Abwasser noch Spurenstof-

fe, pathogene Keime und Antibiotikaresistenzen enthält, die eine potenzielle Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellen. Es stehen bereits physikalisch-chemische Verfahren zur Verfügung, mit denen diese Kontaminanten zuverlässig entfernt werden können. Allerdings ist dies mit einem sehr hohen Energie- und Kostenaufwand verbunden. In TrinkWave werden deshalb u.a. auch neue Konzepte zur Verbesserung der natürlichen Abbauprozesse während einer sequenziellen Bodenpassage mit Zwischenbelüftung weiterentwickelt. Die Implementierung der Abwasserwiederverwendung wird gegenwärtig insbesondere dadurch limitiert, dass bisher national wie international multidisziplinäre Konzepte fehlen, die eine umfassende Beurteilung der Wasserqualität und des Risikos bei einer geplanten wie ungeplanten Wasserwiederverwendung zur Trinkwasserstützung zulassen.

### Ziele

- Auswahl und Bewertung von für die Bewertung der chemischen Wasserqualität relevanten Spurenstoffen und Transformationsprodukten
- Entwicklung eines Monitorings- und Bewertungskonzept für Spurenstoffe
- Beiträge für ein multidisziplinäres Bewertungssystem für den Gesundheitsschutz
- Vergleich des Potenzials zum Abbau diverser Spurenstoffe mit der Zusammensetzung, Diversität und den genetischen Funktionen mikrobieller Gemeinschaften
- Entwicklung neuer chemischer und molekularbiologischer Leitparameter, basierend auf einem verbesserten Verständnis des mikrobiellen Abbaus neuartiger Schadstoffe

## Ergebnisse

Die BfG hat ein chemisches Bewertungskonzept für die Abwasserwiederverwendung entwickelt. Das Konzept sieht zum einen die gesundheitliche Bewertung auf der Grundlage bestehender Verordnungen und Orientierungswerte vor, zum anderen aber auch die Analyse von Indikatorstoffen für eine Bewertung der Effizienz der Verfahren zur Entfernung von Spurenstoffen. Das Entkalkungsmittel Sulfaminsäure wurde als neuer Indikatorstoff für die Bewertung der Abbaueffizienz in der Bodenpassage identifiziert. Darüber hinaus wurde der Abbau zahlreicher Spurenstoffe untersucht und mit den Ergebnissen molekularbiologischer Untersuchungen verglichen. Es hat sich gezeigt, dass die Etablierung nährstoffarmer und sauerstoffreicher Bedingungen zu einer Erhöhung des Abbaupotenzials führen, der tatsächliche Stoffumsatz aber durch die geringe Biomasse limitiert sein kann. Es

wurden zudem statistische Zusammenhänge zwischen dem Abbau und der relativen Häufigkeit von Bakterien und funktionalen Genen nachgewiesen.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Die Bewertungskonzepte sind eine vielversprechende Basis für konkrete Überlegungen zur Implementierung der Abwasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung in Deutschland. Stofflisten und weitere Aspekte können zukünftig auch eine Grundlage für parallele Überlegungen zur Nutzung von Abwasser für die landwirtschaftliche Bewässerung darstellen. Die Ergebnisse zu Zusammenhängen zwischen Spurenstoffabbau und Mikrobiozönosen bieten zudem erste Hinweise, inwieweit zukünftig bestimmte Bakterienarten und funktionelle Gene als Leitparameter für günstige Abbaubedingungen fungieren können.

### Publikationen zum Thema

FREELING, F., M. SCHEURER, A. SANDHOLZER, D. ARMBRUSTER, K. NÖDLER, M. SCHULZ, T. A. TERNES, A. WICK (2020): Under the radar – Exceptionally high environmental concentrations of the high production volume chemical sulfamic acid in the urban water cycle. *Water research* 175, 115706

<b>Projektlaufzeit</b>	09/2016–04/2020
<b>Fördermittelgeber</b>	Bundesministerium für Bildung und Forschung
<b>Projektpartner</b>	Projektkoordination: TU München (Prof. Drewes) Technische Universität Berlin Technologiezentrum Wasser Carl von Ossietzky Universität Oldenburg Umweltbundesamt Universität Bayreuth Berliner Wasserbetriebe DHI-WASY GmbH Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH COPLAN AG, HYTECON GmbH
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620204044

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Arne Wick  
E-Mail: [wick@bafg.de](mailto:wick@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5408  
Referat G2 – Gewässerchemie

## 4.2.17 Cleanwater – Eco-technological solutions to remove micro-pollutants and micro-plastic from contaminated water

Cleanwater untersucht umweltverträgliche technische Lösungen für die Spurenstoffentfernung. Der Fokus liegt dabei auf biologischen und chemisch-oxidativen Verfahren, die einen Abbau der Substanzen gewährleisten.

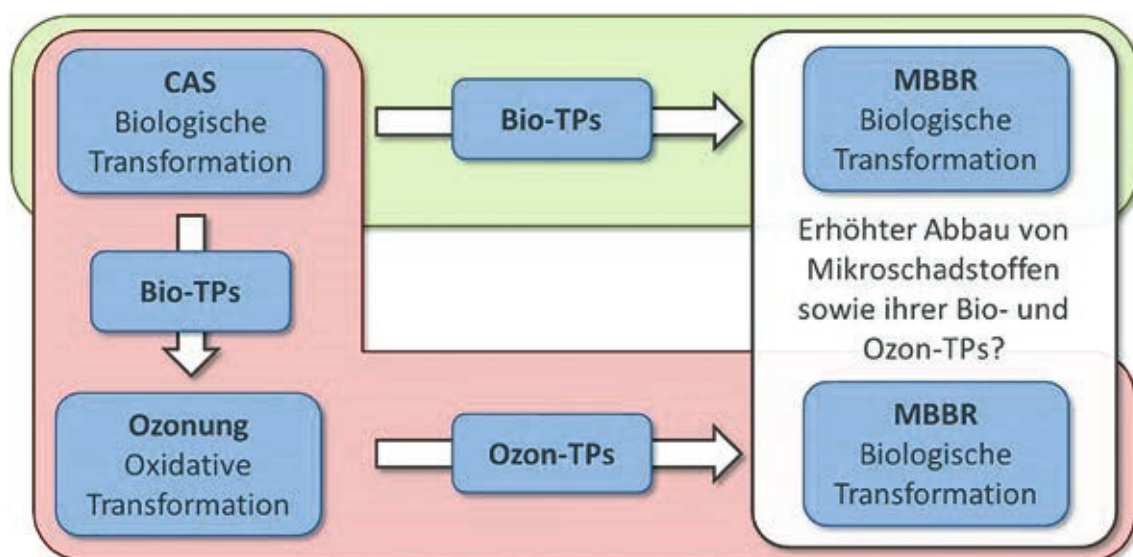


Abbildung 96: Schema der Integration von Ozonung und MBBRs in die konventionelle Abwasserbehandlung

In der Ostseeregion ist das konventionelle Belebtschlammverfahren (CAS) die am weitesten verbreitete Technik in der Abwasserbehandlung. Da dieses Verfahren viele Spurenstoffe nur unzureichend entfernt, gelangen diese durch die Einleitung des gereinigten Abwassers in die Ostsee. Daher sollten verschiedene Möglichkeiten zur Erweiterung und Optimierung der Kläranlagen erprobt werden. Der Fokus in Cleanwater lag dabei u.a. auf der Untersuchung des MBBR-Verfahrens (MBBR: moving bed bioreactor) mit Biofilmen auf Schwebekörpern als Alternative zum CAS und der Ozonung des biologisch gereinigten Abwassers für den erweiterten Abbau biologisch nicht entfernbarer Substanzen.

### Veranlassung

Die Wiederherstellung des guten Umweltstatus der Ostseeregion und die Minimierung des Eintrags von Spurenstoffen sind die übergeordneten Ziele des Projekts Cleanwater. Dazu werden umweltverträgliche technische Lösungen zur Spurenstoffentfernung untersucht. Innerhalb des Projekts beschäftigte sich die BfG intensiv mit dem MBBR-Verfahren und der Ozonung und untersuchte für zwei ausgewählte Zielsubstanzen (Sitagliptin und Fexofenadin) den Abbau und die Transformation sowie das Verhalten der Transformationsprodukte (TPs) im gesamten Behandlungszug (CAS–Ozonung–MBBR). Durch vergleichende Untersuchungen der BfG zu den Abbauebenen ausgewählter Substanzen durch suspendierten Schlamm und Träger-assoziierte Biofilme aus MBBRs sollten vertiefende Erkenntnisse zu Abbaumechanismen und Optimierungsmöglichkeiten geliefert werden.

Darüber hinaus wird mit Sitagliptin gezielt der Abbau einer Substanz aus der Gruppe der aliphatischen primären Amine in der Ozonung untersucht, da für diese Substanzgruppe die Abbaureaktionen in der Ozonung bisher unzureichend untersucht sind.

## Ziele

- Ermittlung der Abbauege und Abbaureaktionen von Fexofenadin und Sitagliptin und systematischer Vergleich zwischen Belebtschlamm aus CAS und Biofilmen aus MBBR-Systemen
- Ermittlung der Abbauege und Abbaureaktionen von Sitagliptin zur Ermittlung des Verhaltens primärer aliphatischer Amine in der Ozonung
- Etablierung und Anwendung von Non-Target-Verfahren zur Bewertung von Abwasserbehandlungsmethoden

## Ergebnisse

- Die Biomasse in den Biofilmen der Schwebekörper ist insbesondere für die enzymatische Katalyse oxidativer Transformationsreaktionen förderlich.
- In der Ozonung aliphatischer primäre Amine entstehen Nitro-Verbindungen als Haupt-TPs.
- In den einzelnen Schritten der Behandlungskaskade CAS–Ozonung–MBBR kommt es sowohl zum Abbau von Spurenstoffen als auch zur Bildung zahlreicher größtenteils unbekannter TPs.
- Im Gesamtprozess CAS–Ozonung–MBBR kommt es zur weitergehenden Eliminierung von Spurenstoffen verglichen mit dem einzelnen CAS.
- Der Stoffeintrag in Oberflächengewässer durch die Abläufe von Kläranlagen kann durch erweiterte Aufbereitungstechniken minimiert werden, allerdings muss die Bildung von TPs berücksichtigt werden.

### Publikationen zum Thema

HENNING, N., P. FALÁS, S. CASTRONOVO, K. S. JEWELL, K. BESTER, T. A. TERNES, A. WICK (2019): Biological transformation of fexofenadine and sitagliptin by carrier-attached biomass and suspended sludge from a hybrid moving bed biofilm reactor, *Water Research* 167, 115034

HERMES, N., K. S. JEWELL, P. FALÁS, H. V. LUTZE, A. WICK, T. A. TERNES (2020): Ozonation of sitagliptin: removal kinetics and elucidation of oxidative transformation products, *Environmental Science & Technology*, submitted 2020

**Projektlaufzeit** 04/2017–03/2020  
**Fördermittelgeber** Bundesministerium für Bildung und Forschung  
**Projekt-Nr.** M39620204048

### Ansprechpartnerin der BfG

Nina Hermes  
E-Mail: hermes@bafg.de  
Tel.: +49(0)261 1306 5189  
Referat G2 – Gewässerchemie



## 4.2.18 Bioanalytische Testpalette (BiTe) – Anwendung einer bioanalytischen Testpalette auf konventionell und mit erweiterten Methoden behandeltes Abwasser

Das Projekt entwickelt eine biologische Testpalette zur Überwachung konventioneller und erweiterter Abwasserbehandlungsverfahren.

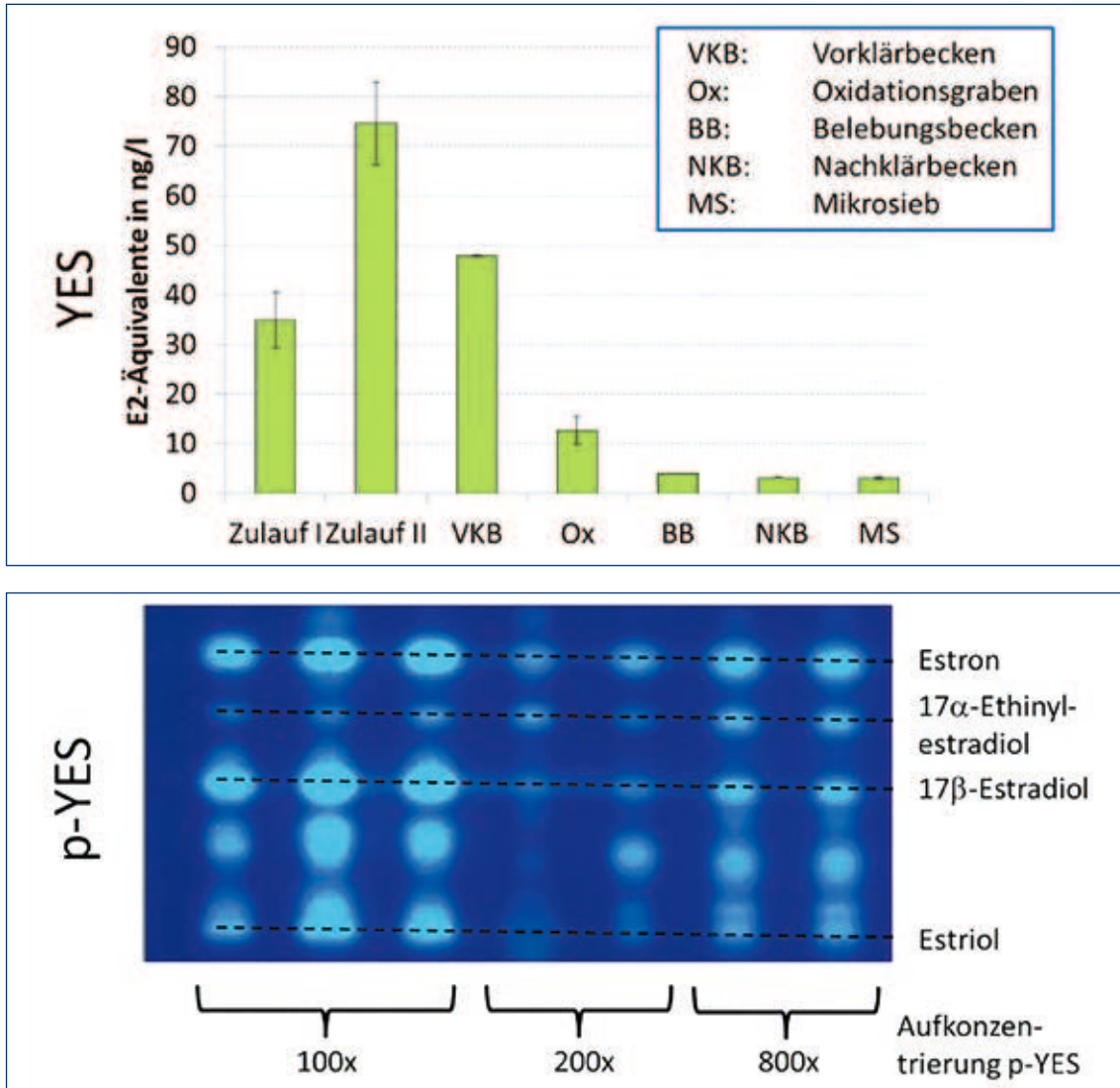


Abbildung 97: Östrogene Potenziale entlang einer konventionellen Abwasserbehandlung, die mit dem klassischen und planaren Yeast Estrogen Screen ermittelt wurden.

Anthropogene Schadstoffe, die über Abwässer in Gewässer eingeleitet werden, können trotz sehr niedriger Konzentrationen negative Auswirkungen auf Gewässer-Biozöten haben. Erst mithilfe einer erweiterten Abwasserbehandlung lässt sich

ein breites Spektrum an Substanzen zurückhalten. Die biologische Wirkung von Mikroverunreinigungen wird in Deutschland bislang routinemäßig jedoch nicht untersucht. Dazu müssen geeignete Werkzeuge entwickelt werden.

## Veranlassung

Die Errichtung und der Betrieb einer erweiterten Abwasserbehandlung sind mit deutlichen Investitionskosten und höheren Betriebskosten verbunden. Seitens der Anlagenbetreiber aber auch der behördlichen Abwasserüberwachung besteht deshalb das berechnete Interesse, den Erfolg der erweiterten Abwasserbehandlung zur Elimination von anthropogenen Spurenstoffen prüfen, beurteilen und steuern zu können. Bislang fehlen entsprechende Bewertungsansätze. Die Berücksichtigung biologischer Testverfahren ist für ein Bewertungssystem deshalb von hoher Relevanz, da sie eine integrale Erfassung der Wirkung von Stoffgemischen erlauben.

Geeignete Kombinationen von chemischen und biologischen Bewertungsparametern werden durch eine systematische Beprobung des Lehr- und Forschungsklärwerks Stuttgart durch statistische Verfahren identifiziert. Diese werden anschließend als Testpalette im Realbetrieb eingesetzt, um deren Leistungsfähigkeit für die Überwachung von Prozessmodifikationen und als Erfolgskontrolle der erweiterten Abwasserreinigung abschätzen zu können.

## Ziele

- Entwicklung einer biologischer Testpalette zur Erfolgsbewertung einer erweiterten Abwasserbehandlung und einzelner Prozessschritte
- Erfassung von endokrinen Effekten, Mutagenität, Phytotoxizität und unspezifischer Toxizität
- Erfassung von Summen- und weiteren chemischen Parametern zu Abwassercharakterisierung
- Durch eine Hauptkomponentenanalyse soll ein nicht redundanter Parametersatz identifiziert werden.
- Anwendung der Testpalette im Realbetrieb auf kommunalen, mit einer 4. Reinigungsstufe ausgestatteten Kläranlagen

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Aus der zeitlich hoch aufgelösten Probenahme an der Lehr- und Forschungskläranlage Stuttgart werden Tages- und Wochenmischproben erstellt und chemisch analytisch charakterisiert sowie mit geeigneten biologischen Testverfahren untersucht. Dies dient zur Charakterisierung der zeitlichen Fluktuationen der Abwasserbelastung. Die gesammelten Daten werden statistisch analysiert, um einen geeigneten minimalen Parametersatz zur Bewertung der Abwasserbehandlung zu identifizieren. Dieser Parametersatz wird im Anschluss zur Bewertung einer erweiterten Abwasserbehandlung eingesetzt – zunächst im Labormaßstab und anschließend im Realbetrieb.

<b>Projektlaufzeit</b>	12/2018–12/2020
<b>Fördermittelgeber</b>	Umweltbundesamt
<b>Projektpartner</b>	Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau Wassergüte- und Abfallwirtschaft
<b>Projekt-Nr.</b>	M39620304029

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Sebastian Buchinger  
E-Mail: buchinger@bafg.de  
Tel.: +49(0)261 1306 5316  
Referat G3 – Biochemie und Ökotoxikologie

## 4.2.19 Orientierende Untersuchungen zur Belastung von Abwässern mit fluororganischen Verbindungen durch die Bestimmung des adsorbierbaren organisch gebundenen Fluors (AOF)

Die große Anzahl fluororganischer Verbindungen stellt die Analytik vor große Herausforderungen. Im Projekt wird eine Methode zur summarischen Erfassung dieser Stoffe optimiert und angewendet.

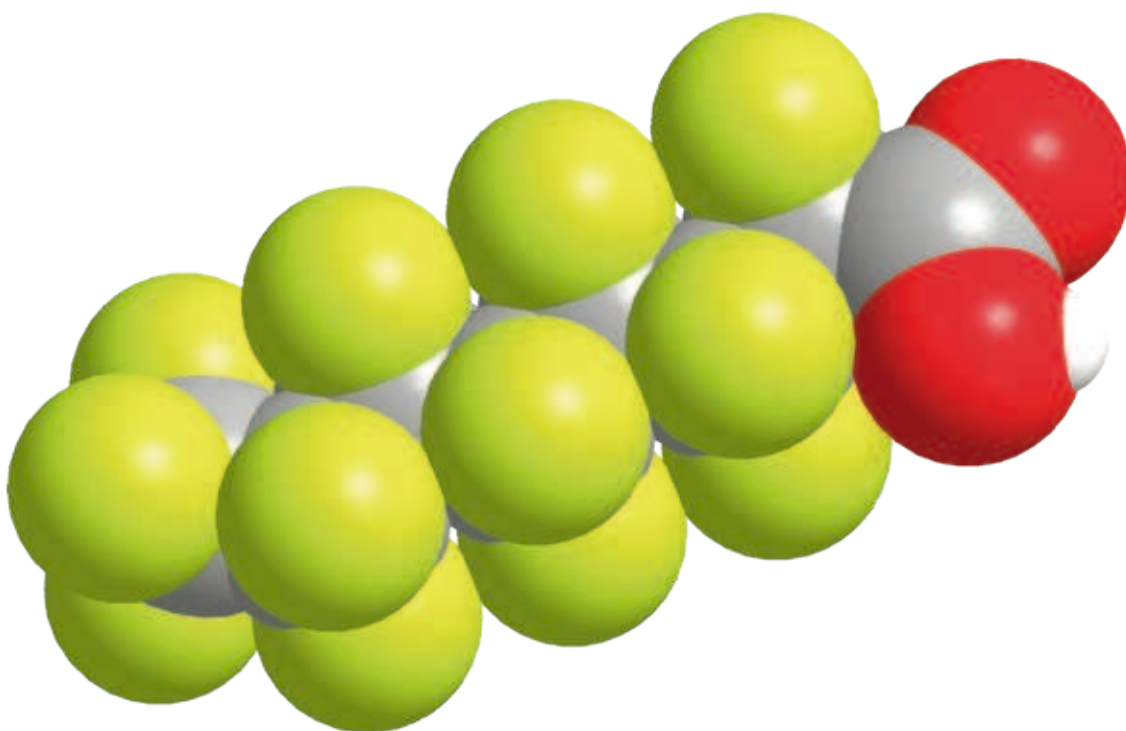


Abbildung 98: Kalottenmodell von Perfluorooctansäure (PFOA)

In den letzten Jahren ist die flächendeckende Belastung der Umwelt mit fluororganischen Verbindungen aus der Gruppe der poly- und perfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) verstärkt in den Fokus gerückt. PFAS werden vielfältig eingesetzt und gelangen insbesondere über kommunale und industrielle Kläranlagen in die Umwelt. Die Gruppe der PFAS umfasst mehr als 4.000 Verbindungen, die nicht alle einzeln erfasst werden können. Deshalb wird in dem Projekt neben ausgewählten Einzelsubstanzen auch der Summenparameter adsorbierbares organisch gebundenes Fluor (AOF) in Abwässern untersucht.

### Veranlassung

Einige PFAS sind in der Umwelt sehr stabil, reichern sich in Organismen an und wurden als reproduktionstoxisch, leberschädigend und krebs-erregend eingestuft. PFAS wurden bisher nicht nur in Abwässern und Oberflächengewässern, sondern auch in einigen Trinkwässern und im menschlichen Organismus nachgewiesen. Dennoch liegen Informationen über die Einträge aus kommunalem und industriellem Abwasser bisher nur vereinzelt vor. Aufgrund der Vielzahl an PFAS, die nur zum Teil bekannt sind, ist zudem die Bestimmung von

Einzelsubstanzen nicht geeignet, um die Gesamtbelastung von Umweltproben abbilden zu können. Derzeit befindet sich eine Summenparameter-Methode zur Bestimmung des AOF in der Normung. In dem Projekt wird die Methode weiter optimiert und die spezifische Anwendbarkeit auf industrielles und kommunales Abwasser untersucht, um einen Überblick über die PFAS-Belastung verschiedener Abwässer zu gewinnen.

## Ziele

- Etablierung einer validierten Summenparameter-Methode zur AOF-Bestimmung im Labor der BfG
- Erweiterte Kenntnisse der Anwendbarkeit der AOF-Methode bei verschiedenen Industrieabwässern
- Bundesweiter Überblick über die Gesamtbelastung von kommunalen und Industrieabwässern verschiedener Branchen mit fluororganischen Verbindungen
- Ableitung von Vorschlägen für die Überwachung der Belastung von Abwässern mit fluororganischen Verbindungen

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Optimierung und Validierung der Summenparameter-Methode AOF zur Analyse von Abwasserproben
- Entwicklung und Validierung einer ergänzenden LC-MS/MS-Methode zur Bestimmung einzelner relevanter PFAS in Abwässern und Oberflächengewässern
- Mehrmonatige Beprobung von 40 Kläranlagen zur Bestimmung von AOF und relevanten einzelnen PFAS in Abwässern unterschiedlicher Herkunft
- Vergleich der Belastungsmuster

**Projektlaufzeit** 01/2019–02/2021  
**Fördermittelgeber** Umweltbundesamt  
**Projekt-Nr.** M39620204057

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Christian Dietrich  
E-Mail: christian.dietrich@bafg.de  
Tel.: +49(0)261 1306 5970  
Referat G2 – Gewässerchemie



## 5 Globaler Wandel und Klimawandel

Abbildung 99: Der Mäuseturm bei Bingen/Rhein erfuhr im Sommer 2018 einen großen Besucherzustrom  
(Foto: Wendling, Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz)

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 weltweit ist die Gesellschaft jedoch in vielen Lebensbereichen, wie Ernährung, Gesundheit, Haushalte, Energie, Industrie und Verkehr stark von Süßwasserökosystemen abhängig. Anthropogene Einflüsse und der Klimawandel verändern den Wasserkreislauf nachhaltig und führen immer häufiger zu extremen Wetterereignissen wie Hitzewellen, Dürren oder Starkregenfällen. Globaler Wandel in Form von zunehmender Landwirtschaft, Bevölkerungswachstum, Wirtschaftswachstum und veränderten Konsumgewohnheiten mit Einfluss auf die Wasserqualität führen mit einer klimabedingten zeitlichen und räumlichen Umverteilung des Süßwasserdargebotes dazu, dass der globale Wasserverbrauch weiter ansteigen wird. In Regionen, die bereits heute unter Wasserstress stehen, wird sich die Lage weiter verschlechtern und bisher nicht betroffene Regionen werden durch den Klimawandel in Zukunft ebenfalls unter Wasserstress leiden.

Mit ihren aktuellen Projekten auf den Gebieten Globaler Wandel und Klimawandel unterstützen die BfG und das an sie angegliederte Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wan-

del (ICWRGC) die nachhaltige Entwicklung von Verkehr, Gewässerschutz und Wasserwirtschaft auf nationalem und internationalem Niveau. Hauptziel der BfG ist es dabei, Bundeswasserstraßen als wichtige Verkehrsadern wirtschaftlich und ökologisch ausgewogen zu bewirtschaften und weiterzuentwickeln. In Projekten zum Thema Klimafolgen und Anpassungsstrategien arbeitet die BfG im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel mit dem Aufbau operationeller Vorhersage-, Prognose- und Projektionswerkzeuge daran, eine effiziente Nutzung der Wasserstraßen zu gewährleisten sowie die Gewässerqualität und die Lebensräume in den Flüssen und an den Küsten zu sichern. Die erforderlichen Modelle für Wasserstand und Abfluss werden in verschiedenen Forschungsprojekten stetig verbessert. Mit Forschung zum Thema Globales Wasserressourcenmanagement setzt sich das ICWRGC für ein nachhaltiges Management von Süßwasserökosystemen weltweit ein und unterstützt das Verständnis für die Veränderungen des regionalen und globalen Wasserkreislaufs. Zu den aktuellen Forschungsschwerpunkten gehören die Themenbereiche Klimawandel und -anpassung, Wasserqualität und Sedimentdynamik sowie der Themenkomplex „Wasser-Energie-Nahrung“.

## 5.1 BMVI-finanzierte Forschung für Wasserstraßen

### 5.1.1 ElbeRegime 2100 – Änderungen des Abflussregimes im Elbegebiet im 20. und 21. Jahrhundert

Im Projekt ElbeRegime werden am Beispiel der Elbe statistische Verfahren und Modellansätze entwickelt und erprobt, mit denen anthropogene und natürliche (klimawandelbedingte) Anteile in beobachteten und simulierten Pegelzeitreihen identifiziert und separiert werden können.

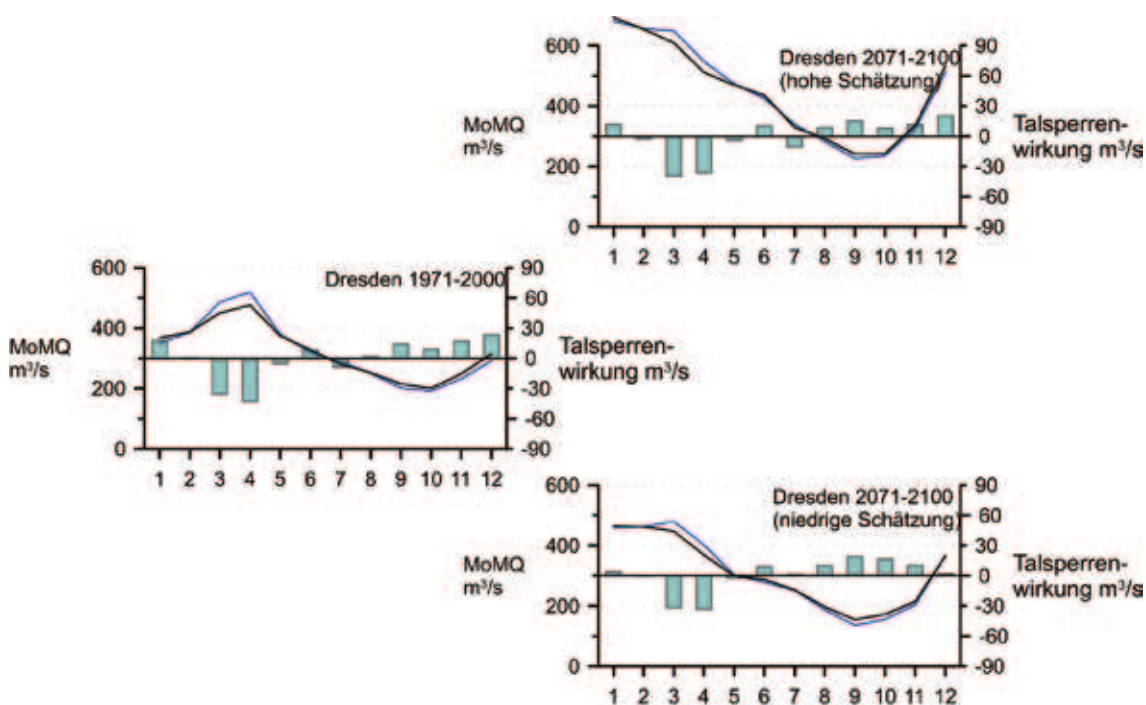


Abbildung 100: Über 30 Jahre gemittelter Monatsabfluss am Pegel Dresden. Vergleich von simulierten bewirtschafteten Abflüssen (schwarz) und teilsnaturalisierten Abflüssen (blau) in der Vergangenheit (links) und Zukunft (rechts). Die Talsperrenwirkung ist in Säulen dargestellt. Bewirtschaftungsszenario „Status 2015“. Abflusssszenarien „RCP8.5/LARSIM-ME“ (Stand 07/2019). Hohe/niedrige Schätzung entspricht dem 85. bzw. 15. Perzentil von 16 Zukunftsprojektionen des jeweiligen Monats.

Das Einzugsgebiet der Elbe stellt im Vergleich zu anderen Stromgebieten aus mehreren Gründen eine Herausforderung für das Management, das Monitoring und die Modellierung der Wasserressourcen dar. Das natürliche Wasserdargebot ist vergleichsweise gering und könnte sich in Zukunft unter den Rahmenbedingungen des Klimawandels noch weiter verknappen; der bewirtschaftete Anteil

des Wasserdargebotes ist relativ hoch ohne jedoch in Art und Umfang hinreichend genau bekannt zu sein. Ebenso ist die relative Bedeutung der Gebietsverdunstung, einer Größe, die generell kaum durch Messungen belegt und deren Berechnung mit erheblichen Unsicherheiten verbunden ist, hier höher als in anderen Gebieten.

In diesem komplexen Gebiet widmet sich die BfG mit dem Projekt ElbeRegime vor allem der Frage des relativen Einflusses von Klimawandel und Bewirtschaftung auf das Abflussgeschehen der Elbe.

## Veranlassung

Aus den Defiziten in der Informationslage resultiert ein Defizit im Systemverständnis des Wasserhaushalts im Elbe-Einzugsgebiet. So ist eine Bewertung beobachteter Änderungen des Abflussregimes und deren Attributierung zu verschiedenen Ursachen (natürlich/anthropogen) erschwert bzw. bleibt unvollständig. Das beeinträchtigt die Qualität der gewässerkundlichen Arbeit im Elbegebiet und schränkt die Interpretation simulierter zukünftiger Änderungen ein. Zudem ergibt sich eine heterogene und zum Teil zwischen unterschiedlichen gewässerkundlichen Institutionen widersprüchliche Befundlage, die letztlich als Informationsgrundlage für Entscheidungsträger unbefriedigend ist und der Einordnung bedarf. Hier ist insbesondere eine intensive Zusammenarbeit mit den tschechischen Partnern erforderlich.

## Ziele

- Schaffung eines Analyserahmens auf Basis statistischer Methoden und Einsatz von Wasserhaushaltsmodellen
- Beschreibung und Attributierung (= Identifizierung und möglichst quantifizierende Zuordnung von Ursachen) der Änderungen des Abflussregimes im 20. und beginnenden 21. Jahrhundert
- Simulation der klimawandelbedingten Änderungen des Abflussregimes im 21. Jahrhundert
- Stärkung der Kooperation mit dem Tschechischen Hydrometeorologischen Institut (CHMU) und dem Masaryk Water Research Institute (VUV) durch gemeinsame Projektarbeit

## Ergebnisse

- Evaluierung statistischer und modellgestützter Methodiken zur Attributierung von Abflussregime-Änderungen in komplexen Prozessgefügen
- Umfangreiche technische Entwicklungen im Bereich der Wasserhaushaltssimulation und statistischen Auswertung von Abflusszeitreihen
- Ertüchtigung des Wasserhaushaltsmodells LARSIM-ME hinsichtlich der berücksichtigten Wasserbewirtschaftung (insbes. Talsperren in Tschechien)
- Abstimmung eines gemeinsamen Analyserahmens mit den tschechischen Partnern (VUV, CHMU)
- Erstellung teilnaturalisierter Abflussganglinien, bzw. NQ- und HQ-Serien für relevante Pegel der Elbe für die Vergangenheit
- Erstellung teilnaturalisierter und bewirtschafteter Zukunftsprojektionen des Abflusses für relevante Pegel der Elbe

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Die Nacharbeiten am Projekt laufen trotz des offiziellen Projektendes im Jahr 2019 weiter. So wird das gemeinsame Projekt mit dem VUV erst im Jahr 2021 abgeschlossen. Darüber hinaus ist das Projekt und sein Untersuchungsansatz eng mit weiteren Forschungsaktivitäten gekoppelt (z.B. Klimafolgenforschung des BMVI-Expertennetzwerkes, Sozio-Hydrologie 2050). Der Wert der Arbeiten zeigt sich insbesondere im Gesamtkontext aller Projektarbeiten mit Elbebezug. Dieser wird in einem projektübergreifenden Bericht niedergelegt, der voraussichtlich im Jahr 2021 veröffentlicht wird.



### Publikationen zum Thema

RECKNAGEL, T., J. WILHELMI, W. WILLEMS, J.-U. BELZ, E. NILSON, P. KRAHE (2019): Der Einfluss von Langzeit-Autokorrelationen auf die Unsicherheit in der Trendanalyse hydrologischer Zeitreihen. In: Information und Organisation in der hydrologischen Forschung und Praxis. Beiträge zum Tag der Hydrologie am 28./29. März 2019 am Karlsruher Institut für Technologie. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 41.19

RECKNAGEL, T., R. KOŽIN, P. PAVLIK, J.-U. BELZ, E. NILSON, A. VIZINA (2019): Detection and attribution of hydrological regime changes in the Elbe river basin. Geophysical Research Abstracts Vol. 21, EGU2019-18933-5

<b>Projektlaufzeit</b>	01/2015–12/2020
<b>Auftraggeber</b>	BMVI
<b>Projektpartner</b>	Masaryk Water Research Institute (VUV)
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610104041

### Ansprechpartner der BfG

Jörg Belz

E-Mail: [belz@bafg.de](mailto:belz@bafg.de)

Tel.: +49(0)261 1306 5428

Referat M1 – Hydrometrie und Gewässerkundliche Begutachtung

## 5.1.2 ProWaS – Projektionsdienst für Wasserstraßen und Schifffahrt

ProWaS ist ein Pilot- und Demonstrator-Projekt eines Klima-Projektionsdienstes für Wasserstraßen und Schifffahrt. Es bereitet einen umfassenden Beratungsdienst rund um das Thema Klimawandel und Klimawirkung im Kontext der „Deutschen Anpassungsstrategie“ vor (DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“).



Abbildung 101: Prototyp der Informationsplattform „ProWaS-Online“. Sie wird im Rahmen des DAS-Basisdienstes „Klima und Wasser“ als „Fachinformationsplattform Wasser und Schifffahrt im Klimawandel“ (Arbeitstitel) bei der BfG umgesetzt.

ProWaS vereinfacht den Zugang zu Daten und Informationen über die langfristigen Auswirkungen des Klimawandels auf die Binnen- und Küstengewässer in Deutschland. Wichtige Informationen zu Wasserhaushalt, Wasserqualität und Schiffbarkeit werden auf der Grundlage der Ergebnisse des jeweils neuesten IPCC-Sachstandsberichts und verwandter Forschungsprojekte (derzeit z.B. CORDEX, REKLIES-DE, BMVI KLIWAS, BMVI-Expertennetzwerk) bereitgestellt.

Der ProWaS-Pilot umfasst mit Stand Juni 2019 die Einzugsgebiete von Rhein und Elbe sowie die Deutsche Bucht, wird aber bis Ende 2021 räumlich erweitert (ProWaS-DE).

## Veranlassung

Eine vorausschauende Planung und ein auf Resilienz ausgerichtetes Handeln müssen den Aspekt Klimawandel berücksichtigen. Das BMVI bereitet daher einen Informationsdienst für die wichtigen Aspekte „Klima und Wasser“ fachlich vor und hat erste Schritte zu dessen Etablierung im Kontext der Deutschen Anpassungsstrategie eingeleitet. ProWaS stellt als Pilot-Vorhaben technische und organisatorische Weichen und erstellt Produkt-Prototypen für die Implementierung des Dienstes.

Der Aspekt „Anpassung an den Klimawandel“ ist in den vergangenen Jahren ein zwingender Baustein politischer und unternehmerischer Entscheidungen sowie von vielen Planungsprozessen geworden. Die Daten- und Beratungsdienste werden notwendige Informationen bereitstellen, damit Entscheider und Planer Zugang zu aktuellen einheitlichen, objektiven und belastbaren Basisdaten haben, um der aktuellen Gesetzeslage, Normen und Richtlinien genügen zu können. Der Projektionsdienst „Wasserstraßen und Schifffahrt“ (ProWaS und ProWaS-DE) ist das Pilotprojekt für den umfassenden DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“.

## Ziele

Mit dem angestrebten Aufbau von Diensten will das BMVI Leistungen, die bislang einmalig als Forschungsleistung erbracht wurden, in ein dauerhaftes, nachhaltiges verfügbares und konsolidiertes Angebot überführen.

Der Aufbau gliedert sich in eine Pilotphase (ProWaS-Pilot: 07/2017–06/2019), eine Phase zur Erstellung eines Grundangebots für die Wasserwirtschaft in Deutschland (ProWaS-DE: 07/2019–12/2021) und eine Phase, in der sukzessive das vollständige Angebot für verschiedene DAS-Handlungsfelder aufgebaut wird (DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“, ab 2020). In ProWaS werden Bausteine aus Forschungsprogrammen (u.a. KLIWAS, BMVI-Expertenetzwerk-Themenfeld „Klimawandel und Extreme“, ElbeRegime 2100) sukzessive „dienstreif“ gemacht. Dabei werden Datenflüsse automatisiert und dokumentiert sowie griffige internetfähige Benutzerschnittstellen kreiert. Die teilweise exemplarischen Auswertungen der Forschung werden auf

das Bundesgebiet ausgedehnt. Die ProWaS-Daten- und Informationsdienste werden (Phase PROWAS-Pilot nach neuer Erlasslage bis Dezember 2021, Phase PROWAS-DE) bis zu einer präoperationellen Stufe (zu Demonstrationszwecken) entwickelt. Ein operationeller Betrieb und damit ein dauerhaftes Angebot für den Fachanwender und eine nachhaltige Einbindung in Metadienste sind im DAS-Basisdienst vorgesehen.

## Ergebnisse

Im Zwischenbericht des Projektes ProWaS (NILSON et al. 2019) sind zahlreiche Beispiele für die Leistungen und Datenprodukte des Dienstes genannt. Für die bei der BfG angesiedelten Module sind dies u.a.:

- Prototyp einer gemeinsamen Informationsplattform „ProWaS-Online“. ProWaS-Modul Koordination@BfG
- Produktbeispiel „Aktuelle und frühere Abflussszenarien“ am Beispiel des GIQ am Pegel Kaub. ProWaS-Modul Hydrologie@BfG
- Produktbeispiel „Extremwassertemperaturen an Flüssen“. ProWaS-Modul Wassergüte@BfG
- Produktbeispiel „Potenzieller Beladungsgrad für Schiffe“. ProWaS-Modul Binnenschifffahrt@BfG

Einige der Datenprodukte wurden bereits in den Prozess der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel eingespeist.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Mit Beginn des Jahres 2020 wurde der DAS-Basisdienst „Klima und Wasser“ in einer ersten Ausbaustufe dauerhaft eingerichtet. In den kommenden Jahren wird der Übergang von der Pilotphase ProWaS hin zum dauerhaften DAS-Basisdienst geschaffen. Der Name „ProWaS“ wird voraussichtlich verschwinden, der Gegenstand des Pilotprojektes und sein Partnernetzwerk werden jedoch weiter existieren. Auch weiterhin müssen neue Module pilothaft entwickelt werden, um das Leistungsportfolio des DAS-Basisdienstes auf einen ständig wachsenden Nutzerkreis und weitere Interessenslagen der Verwaltung auszurichten.

### Publikationen zum Thema

NILSON, E. & B. KLEIN (2019): Von der Forschung zum Dienst – Langfristige Vorhersage- und Projektionsprodukte der BfG, In: Hydrologische Vorhersagen auf unterschiedlichen Skalen – Methoden, Produkte und Nutzungen. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Veranstaltungen 2/2019, S. 14–20

NILSON, E. (2020): Vier Probleme bei der Umsetzung von „Klimawissen“ in die Praxis – Überlegungen zum Aufbau von Klimaprojektionsdiensten aus der Perspektive einer gewässerkundlichen Bundeseinrichtung. PROMET

NILSON, E., J. ABALICHIN, A. BILAL, J. BRAUCH, S. DICK, M. DRÖSE, B.-M. EHLERS, D. EICHLER, F. EMAMI, H. FISCHER, H. GELÄSCHUS, F. JANSSEN, G. KELLER, F.-J. KNAUFT, P. KRAUSE, M. RAUTHE, M. ROTHE, M. SCHRÖDER, H. STACHEL, C. STEGERT, P. VAN TRANG, A. WALTER, N. WINKEL, R. ZIERUL (2019): ProWaS-Pilot – Projektionsdienst für Wasserstraßen und Schifffahrt. Interner Schlussbericht Phase 1: 86 S.

<b>Projektlaufzeit</b>	07/2016–12/2021
<b>Fördermittelgeber</b>	BMVI
<b>Projektpartner</b>	Deutscher Wetterdienst Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Bundesanstalt für Wasserbau
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610204052

### Ansprechpartner der BfG

Dr. Enno Nilson

E-Mail: nilson@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5325

Referat M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

## 5.2 Drittmittel-finanzierte Gewässerforschung

### 5.2.1 CO-MICC – CO-development of Methods to utilize uncertain multi-model based Information on freshwater-related hazards of Climate Change

CO-MICC – Wissenschaftler und Stakeholder entwickeln Verfahren zur Nutzung hydrologischer Multimodell-Ergebnisse auf verschiedenen räumlichen Skalen im Bereich hydrologischer Klimawandel-Risiken.

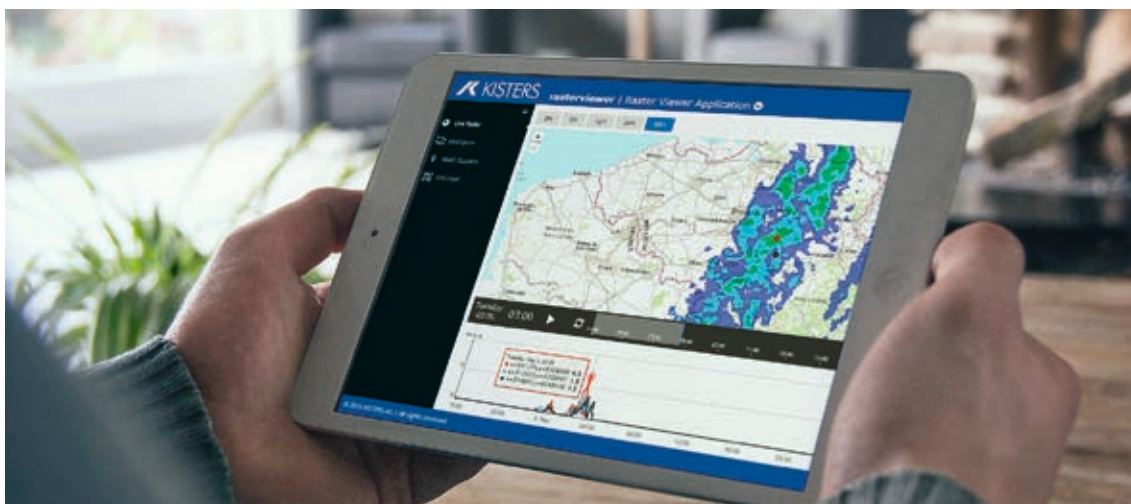


Abbildung 102: Entwicklung und Implementierung eines neuen Datenportals

Stand der Forschung ist der Einsatz von Multimodell-Ensembles zur Quantifizierung zukünftiger Änderungen von Variablen, die für die Abschätzung von Klimawandel-Risiken relevant sind. Solche Ensembles wurden im Zuge der Arbeiten zur Initiative “Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project” (ISMIP) generiert, wofür eine Reihe von Klimamodellen als Input diverser globaler hydrologischer Modelle genutzt wurden. Allerdings streuen Projektionen zum Klimawandel und dessen Auswirkungen stark. Dies wird aber als Information genutzt, um die Unsicherheiten von Klimaprojektionen zu quantifizieren.

### Veranlassung

Der Umgang mit Unsicherheiten ist für Entscheidungsträger aber nach wie vor schwierig. Wichtigstes Ziel und damit auch Grundlage des Projektes ist es, gemeinsam mit diesen Entscheidungsträgern, die auf verschiedenen räumlichen Skalen wirken, die unsicheren Modellierungsergebnisse in Wert zu setzen und geeignete Indikatoren für den Klimawandel und damit verbundenen Süßwasserrisiken zu entwickeln.

Aus diesem Grund ist das Projekt im ERA4CS-Konsortium angesiedelt, welches die Forschung für Klimadienstleistungen, einschließlich Klimaanpassung, -minderung und Katastrophenrisikomanagement, fördert. ERA4CS ist bei JPI Climate (Joint Programming Initiative “Connecting Climate Knowledge for Europe”) angesiedelt.

## Ziele

- Methodenentwicklung zur Bereitstellung und Nutzung von Daten eines Multimodell-Ensembles zu süßwasserbezogenen Gefahren des Klimawandels, die für die Bewertung von Risiken und Anpassungsmaßnahmen auf unterschiedlichen räumlichen Skalen geeignet sind
- Bereitstellung von Daten, mit Fokus auf der Darstellung von Unsicherheiten; Entwicklung von PUNI (Providing and Utilizing eNsemble Information)-Methoden, um Unsicherheiten zukünftiger Gefahren zu charakterisieren und mit diesen umzugehen und Erstellung eines entsprechenden Handbuchs
- Implementierung eines Webportals beim ICWRGC

## Ergebnisse

Siehe Zwischenbericht (mid-term report) vom 30.04.2019 (KNEIER et al. 2019)

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Webportal beim ICWRGC, auf dem globalskalige Multimodell-Ensembles von hydrologischen Variablen und abgeleitete Produkte für die Öffentlichkeit verfügbar gemacht werden

### Publikationen zum Thema

CO-MICC Newsletter:

[https://www.co-micc.eu/aw-co17\\_micC/wp-content/uploads/2019/01/Newsletter-CO-MICC.pdf](https://www.co-micc.eu/aw-co17_micC/wp-content/uploads/2019/01/Newsletter-CO-MICC.pdf)

CO-MICC Website: Supporting risk assessment and adaptation at multiple spatial scales: Co-development of methods to utilize uncertain multi-model based information on freshwater-related hazards of climate change (CO-MICC): <https://www.co-micc.eu/>

KNEIER, F., C. ZANG, P. BUREK, M. T. DEM, S. DIETRICH, J. DJELLOULI, T. GERTEN, H. KOETHE, F. MESSNER, H. MÜLLER-SCHMIED, T. NGUYEN, T. PEARS, A. PEIRIS, J. POLCHER, Y. SATOH, D. SCHWANENBERG, L. SEABY, M. UTECH, Y. WADA, L. WOLTERS DORF, P. DÖLL (2019): Supporting risk assessment and adaptation at multiple spatial scales: CO-development of Methods to utilize uncertain multi-model based Information on freshwater-related hazards of Climate Change. Interim report, ERA4CS

<b>Projektlaufzeit</b>	11/2018–04/2021
<b>Fördermittelgeber</b>	ERA4CS über Projektträger Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (BMBF)
<b>Projektpartner</b>	Goethe-Universität Frankfurt International Institute for Applied Systems Analysis Kisters AG Le Mans Université National Center for Scientific Research Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.
<b>Projekt-Nr.</b>	M39600204016



### Ansprechpartner der BfG

Dr. Stephan Dietrich

E-Mail: [dietrich@bafg.de](mailto:dietrich@bafg.de)

Tel.: +49(0)261 1306 5059

ICWRGC – Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel

## 5.2.2 GlobeWQ – Global Water Quality Analysis and Service Platform

Pilotprojekt zur Erstellung einer Analyse- und Service-Plattform für globale Wasserqualität



Abbildung 103: Der Viktoriasee in Ostafrika ist eine von zehn regionalen Fallstudien im Rahmen des Projektes  
(Quelle: Viacheslav Tykhanskyi/Adobe Stock)

Süßwasser in ausreichender Menge und guter Qualität ist für den Menschen und die Natur unentbehrlich. Die Qualität von Oberflächen- und Grundwasser rund um den Globus hat sich jedoch seit den 1990er Jahren in den meisten Flüssen Lateinamerikas, Afrikas und Asiens verschlechtert. Strategien und Maßnahmen zur Erfüllung dieses Ziels erfordern eine kohärente Bestimmung, Analyse und Visualisierung globaler Wasserqualität auf regionaler und globaler Skala. Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung einer Analyse- und Service-Plattform zur globalen Wasserqualität, durch die Messdaten zur Wasserqualität verlässlicher werden sollen.

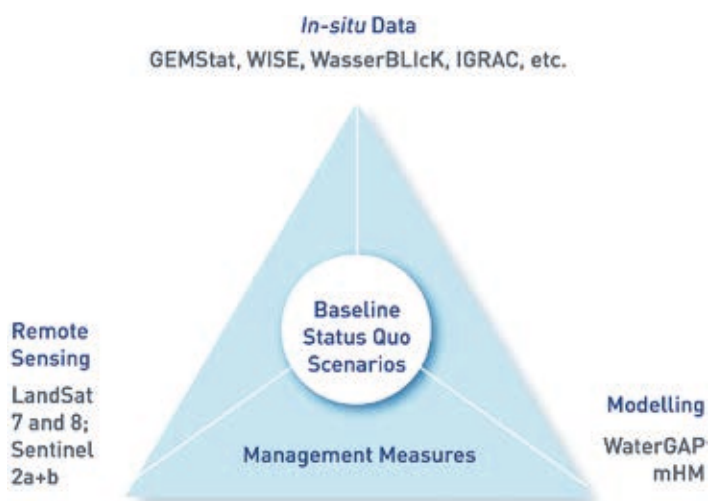
### Veranlassung

Die Verbesserung der Wasserqualität ist weltweit eine der großen gesellschaftlichen Herausforderungen und verankert im Ziel 6.3.2 der UN-Agenda 2030 zur nachhaltigen Entwicklung. Grundlage

für die erforderlichen Strategien und Maßnahmen ist eine kohärente Ermittlung und Analyse der Wasserqualität von Grund- und Oberflächengewässern von regionalen bis globalen Skalen, der maßgeblichen Treiber der Veränderungen und der Auswirkungen auf menschliche Nutzungen und die aquatischen Ökosysteme. Aktuell fehlen jedoch valide und entscheidungsrelevante Informationsdienstleistungen für regionale, nationale und internationale Beratungsdienste und Entscheidungsträger. Diese Lücke soll mit diesem Projekt geschlossen werden, welches eingebettet ist in die von UNEP koordinierte World Water Quality Alliance (WWQA). Ihr Ziel es ist, bis 2023 ein weltweites Wasserqualitätsassessment durchzuführen. Das ICWRGC ist über das GEMS/Water Data Center als strategischer Partner am Projekt beteiligt und unterstützt es insbesondere in der Sammlung und Bereitstellung von In-situ-Daten sowie der Entwicklung von integrierten Produkten zur Wasserqualität.

## Ziele

- Entwicklung, Testung und beispielhafte Anwendung einer integrierten und skalenübergreifenden Analysen- und Evaluierungsmethodologie für Wasserqualität von Oberflächen- und Grundwasser
- Bereitstellung neuartiger Datensynthese von in situ gemessenen, modellierten und satellitengestützten Informationen
- Identifizierung existierender und sich entwickelnder Bedrohungen von Wassersicherheit mit Fokus auf Wasserqualität



## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Datengetriebene Analyse von Wassermenge und -qualität, ihrer Trends, ihrer indikatorbasierten Bewertung und die Bestimmung der jeweiligen Datenunsicherheiten
- Nutzung satellitengestützter Fernerkundung zur Ableitung valider Basisparameter für übertragbare Verfahren zur Bestimmung der Wasserqualität von Oberflächengewässern
- Modellierung von Schadstoffquellen und Eintragspfaden, Identifikation von Wasserverschmutzungs-„Hotspots“ sowie Projektionen zukünftiger Wasserqualität
- Überprüfung der Methodik in zehn regionalen Fallstudien
- Entwicklung integrierter Methodiken zur Analyse und Bewertung der Wasserqualität und Testung des Prototypen der Plattform

Abbildung 104: Integration von In-situ-Daten, Fernerkundung und Modellierung in GlobeWQ (Quelle: <http://www.globe-wq.info/>)

### Projektlaufzeit

01/2019–12/2022

### Fördermittelgeber

BMBF (Fördermaßnahme GRoW) über Projektträger Karlsruhe

### Projektpartner

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH

Ruhr-Universität Bochum

EOMAP GmbH & Co. KG

Terrestris GmbH & Co. KG

UN Environment Programme (UNEP)

Umweltbundesamt

European Environment Agency (EEA)

### Ansprechpartner der BfG

Philipp Saile

E-Mail: [saile@bafg.de](mailto:saile@bafg.de)

Tel.: +49(0)261 1306 5305

ICWRGC – Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel



## 5.2.3 MedECC – Mediterranean Experts on Climate and environmental Change

Verfassung eines IPCC-ähnlichen Berichts für den Mittelmeerraum, der neben Klimawandelauswirkungen auch bestimmte Aspekte der Umweltdegradierung beinhalten soll



Abbildung 105: Zunehmende Dürren wie hier am Entrepeñas-Stausee in Spanien sind eine der Folgen des Klimawandels im Mittelmeerraum. (Quelle: Q/Adobe Stock)

Der Weltklimarat IPCC hat die Mittelmeerregion als größten „Klimawandel-Hotspot“ identifiziert. Zusammen mit anderen anthropogenen Treibern wie Landnutzungsänderungen, Urbanisierung, Umweltverschmutzung, Anstieg des Meeresspiegels und Verlust der biologischen Vielfalt wird dieser Faktor das durchschnittliche Dargebot an Süßwasserressourcen in der Region wahrscheinlich drastisch verändern. Dadurch stehen die Länder und Menschen im Mittelmeerraum vor einer beispiellosen Herausforderung für die Zukunft. Trotz vieler wissenschaftlicher Studien wurde bisher keine kohärente Synthese und Bewertung von Risiken durchgeführt.

### Veranlassung

MedECC ist ein offenes und unabhängiges Netzwerk von mehr als 400 Wissenschaftlern. Ziel ist es, einen IPCC-ähnlichen Bericht für den Mittelmeerraum zu verfassen, der aber nicht nur Klimawandelauswirkungen, sondern auch bestimmte

Aspekte der Umweltdegradierung beinhalten soll. In diesem Rahmen werden die besten wissenschaftlichen Erkenntnisse über Klima- und Umweltveränderungen im Mittelmeerraum gesammelt, aktualisiert, konsolidiert und politischen Entscheidungsträgern, wichtigen Interessengruppen und Bürgern zugänglich gemacht. Circa 190 Wissenschaftler nehmen an dieser Initiative teil, von denen ungefähr 60 Mitglieder an der vom ICWRGC geleiteten Arbeitsgruppe „Water-Food-Energy Nexus“ beteiligt sind. Das ICWRGC ist zudem Mitglied im MedECC-Steuerungskomitee.

### Ziele

- Förderung des Austauschs zwischen bestehenden Forschungsstrukturen und -programmen im Bereich Klimawandel und Mittelmeerraum sowie des Datenaustauschs zwischen existierenden und neuen Plattformen
- Aktualisierung und Konsolidierung wissenschaftlicher Best-Practice-Empfehlungen über Klimawandel und Umweltwandel im Mittelmeer und Bereitstellung an politische Entscheidungsträger, wichtige Interessengruppen und Bürger
- Beitrag zu zukünftigen IPCC-, IPBES- und ähnlichen Bewertungen im Mittelmeerraum
- Unterstützung von Aus- und Fortbildung, Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen in den Mittelmeerländern

### Ergebnisse

Im Dezember 2018 ist die erste Broschüre der MedECC-Initiative mit Informationen über den Klimawandel im Mittelmeerraum und dessen Einfluss auf Wasser, Ernährungssicherheit, Ökosysteme, menschliche Sicherheit und Gesundheit erschienen (MedECC 2018).



## Ausblick auf die nächsten Jahre

Die Veröffentlichung des ersten MedECC-Berichts über den aktuellen Stand und Risiken von Klima- und Umweltwandel im Mittelmeerraum ist für 2020 geplant.

Abbildung 106: Übersicht über die Ziele von MedECC  
(Quelle: <https://www.medecc.org/>)

### Publikationen zum Thema

MedECC (2018): Risks associated to climate and environmental changes in the Mediterranean region – A preliminary assessment by the MedECC Network, available at [https://www.medecc.org/wp-content/uploads/2018/12/MedECC-Booklet\\_EN\\_WEB.pdf](https://www.medecc.org/wp-content/uploads/2018/12/MedECC-Booklet_EN_WEB.pdf)

CRAMER, W., J. GUIOT, M. FADER, J. GARRABOU, J.-P. GATTUSO, A. IGLESIAS, M. A. LANGE, P. LIONELLO, M. C. LLASAT, S. PAZ, J. PEÑUELAS, M. SNOUSSI, A. TORETI, M. N. TSMPLIS, E. XOPLAKI (2018): Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. *Nature Climate Change* 8: 972–980, <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>

#### Projektlaufzeit

Seit 01/2015

#### Fördermittelgeber

Regierung Monacos, Union für den Mittelmeerraum sowie mehrere französischen Institutionen

#### Projektpartner

Union for the Mediterranean  
Plan Bleu (UNEP/MAP Regional Activity Centre)  
Swedish International Development Cooperation Agency  
L'Association pour l'Innovation et la Recherche au service du Climat  
Regional Group of Experts on Climate in Provence-Alpes-Cote d'Azur  
ACTERRA Consulting, France  
French Environment and Energy Management Agency  
Mediterranean Integrated Studies at Regional and Local Scales  
Principality of Monaco  
Métropole Aix-Marseille Provence  
Aix-Marseille University  
Laboratory of Excellence OT-Med, France  
Advisory Council for the Sustainable Development of Catalonia of the Government of Catalonia (CADS), Spain  
Service Informatique Pythás (SIP), OSU Institut Pythéas, France  
French National Research Institute for Sustainable Development (IRD), France  
Provence-Alpes Côte d'Azur Région

### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Marianela Fader

E-Mail: [fader@bafg.de](mailto:fader@bafg.de)

Tel.: +49(0)261 1306 5421

ICWRGC – Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel

## 5.2.4 Sustainable water futures – Planning for sustainable water futures in sub-Saharan Africa in the context of the SDGs

Planung für eine nachhaltige, zukunftsfähige Wasserwirtschaft in Subsahara-Afrika auf Basis der Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen aus intakten Süßwasser-Ökosystemen, als Unterstützung zur Erreichung der Nachhaltigen Entwicklungsziele



Abbildung 107: Graue Wasserinfrastruktur in Subsahara-Afrika am Beispiel des Loskop Staudamms in Südafrika (Quelle: Belinda Pretorius/Adobe Stock)

Nach Schätzungen wird der durchschnittliche globale Wasserbedarf bis zum Jahr 2030 das aktuelle Angebot um 40 % überschreiten. Umfangreiche Investitionen müssen getätigt werden, um diese Lücke zu schließen. In der Vergangenheit waren solche Investitionen oft auf teure und nicht nachhaltige „graue“ oder bauliche Infrastruktur gerichtet. Daher nimmt das Interesse an Wegen zur Optimierung der Nutzung „natürlicher“ oder „grüner“ Infrastruktur (Süßwasser-Ökosysteme und deren Dienstleistungen) oder an „gemischten“ Ansätzen rasch zu.

### Veranlassung

Die Nachhaltigen Entwicklungsziele (SDGs) bilden einen Rahmen, um die Erhaltung von Süß-

wasser-Ökosystemen in eine nachhaltige Entwicklungsplanung und -politik einzubinden. Allerdings besteht bisher nur wenig Information über den besten Weg, um die Nutzung von Süßwasser-Ökosystemen in die praktische Umsetzung der SDGs einzugliedern. Zudem haben nur wenige Studien den Trade-off zwischen der Erhaltung von Süßwasser-Ökosystemen und die Maßnahmen zur Erreichung der 169 SDG Targets berücksichtigt. Die Überführung der SDGs in eine nachhaltige, zukunftsfähige Wasserwirtschaft erfordert Kenntnis über die Funktion von Süßwasser-Ökosystemen sowie die komplexe Dynamik von regionaler Wassernutzung. Diese Spannung ist besonders offensichtlich in Subsahara-Afrika, wo relativ häufig intakte Süßwasser-Ökosysteme durch eine rasche Entwicklung von Infrastruktur bedroht sind. Ziel dieses Projektes ist die Unterstützung

der Planung für eine nachhaltige, zukunftsfähige Wasserwirtschaft im subsaharischen Afrika, die auf der Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen aus intakten Süßwassersystemen basiert, als Unterstützung zur Erreichung der SDGs.

## Ziele

- Identifizierung aller SDG Targets, die direkt von Süßwasser-Ökosystemdienstleistungen (SÖSD) abhängig sind bzw. „interaktiven“ Targets, die diese in eine nachhaltige Entwicklungsagenda einbinden
- Zusammenstellung des vorhandenen Wissens und bestehender Forschung zur Verbreitung von Süßwasser-Ökosystemen und der Bereitstellung von SÖSD sowie der Rolle und Lokation von „grauer“ Süßwasserinfrastruktur
- Integrierung der Daten in diagnostische Kriterien zur Parametrisierung von Typologien eines optimalen Landmanagements für die Lieferung von SÖSD
- Testung der Typologien im Rahmen von Fallstudien in mindestens zwei Ländern/Einzugsgebieten der Gaborone Declaration for Sustainability in Afrika

### Projektlaufzeit

Seit 01/2018

### Fördermittelgeber

National Socio-Environmental Synthesis Center in Annapolis, Maryland, USA

### Projektpartner

University of Maryland

National Science Foundation

The City College of New York

Conservation International

WaterLex International Secretariat

University of Massachusetts Amherst

World Bank

International Union for Conservation of Nature, Water

International Water Management Institute

Environmental Management Group

City University New York

Griffith University

Southern African Water Research Commission

United States Geological Survey

US Army Corps of Engineers

SERVIR

Kings College London

Vrije Universiteit Amsterdam

Colorado State University

University of Arizona

### Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Marianela Fader

E-Mail: [fader@bafg.de](mailto:fader@bafg.de)

Tel.: +49(0)261 1306 5421

ICWRGC – Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel

## 5.2.5 Havelpolderoptimierung – Optimierung der Nutzung der Havelpolder (inkl. Begutachtung der Flutung der Havelpolder im Juni 2013)

Im Projekt „Optimierung der Nutzung der Havelpolder“, das als Maßnahme im Rahmen des Nationalen Hochwasserschutzprogramms (NHWSP) gemeldet ist, werden Optimierungsmöglichkeiten des für die Elbe bedeutenden Rückhalteraums in der Havelniederung (Havelpolder) untersucht.

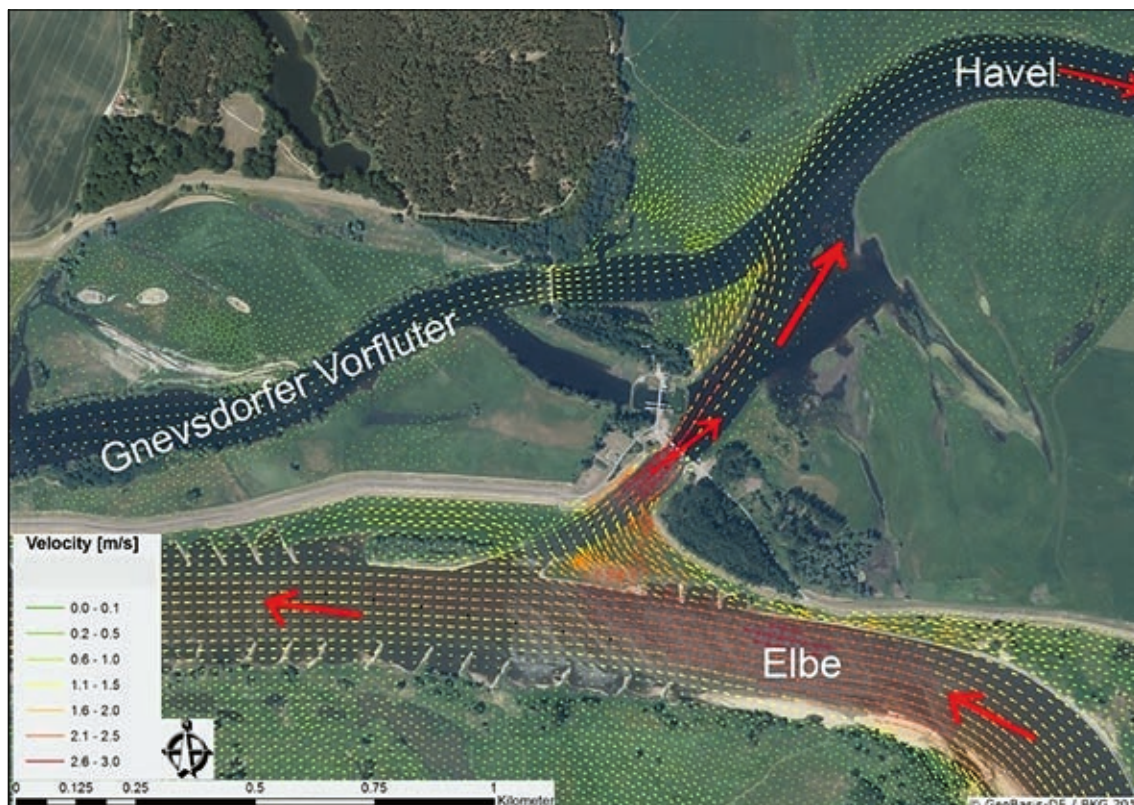


Abbildung 108: Modellierte Strömung am Wehr Neuwerben während der Scheitelkappung der Elbe beim Hochwasser 2013

Die derzeit gültigen Regelungen zum Einsatz der Havelniederung für den Hochwasserschutz an der Elbe werden im „Staatsvertrag über die Flutung der Havelpolder“ aus dem Jahr 2008 festgehalten. Im Rahmen einer 2015 beschlossenen und bis Ende 2020 laufenden Kooperation zwischen der BfG und den in der für die Flutung zuständigen „Koordinierungsstelle“ arbeitenden Partnern (Bundesländer, Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes) werden mithilfe eines großräumigen hydrodynamisch-numerischen 2D-Modells

Möglichkeiten zur Optimierung der Nutzung der Havelpolder bei großen Hochwassern an der Elbe erarbeitet und untersucht.

### Veranlassung

Die Havelniederung unterhalb von Rathenow stellte seit jeher ein durch Hochwasser der Elbe gefährdetes Gebiet dar. Durch Deichbaumaßnahmen, den Bau der Wehrgruppe Quitzöbel und des

Einlasswehrs Neuwerben sowie den Gnevsdorfer Vorfluter wird die Havelniederung vor regelmäßigen Elbehochwassern geschützt. Gleichzeitig ermöglichen die Bauwerke bei außergewöhnlichen Ereignissen, die Wassermassen der Elbe kontrolliert in das Flussbett der Havel sowie von dort über Deichbreschen in sechs Flutpolder (Gesamtretentionsvolumen 285 Mio. m<sup>3</sup>) zwischen Havelberg und Rathenow zu leiten und so den Hochwasserscheitel der Elbe um bis zu mehrere Dezimeter zu kappen. Eine Flutung der Havelpolder erfolgte bisher bei den Hochwassern 2002 und 2013. Nach dem Hochwasser 2013 beschlossen die Bundesländer und der Bund, die durchgeführte Kappung zu untersuchen und Möglichkeiten für eine Optimierung der Flutung zu erarbeiten. Für die Untersuchung wurde ein numerisches 2D-Strömungsmodell (Open Source Software Delft3D FM) der Havel unterhalb von Rathenow sowie der Havelpolder eingesetzt und mit dem bereits existierenden 2D-Modell der Elbe der BfG gekoppelt.

## Ziele

- Erstellung eines hydrodynamisch-numerischen 2D-Modells der Havelniederung zur Untersuchung von Optimierungspotenzial
- Dokumentation des Handlungsablaufs beim Hochwasser 2013
- Optimierung der Steuerung des Wehrs Neuwerben für die Elbescheitelkappung
- Optimierung der Polderdeichbreschen
- Schaffung von Grundlagen für eine verbesserte Öffentlichkeitsarbeit

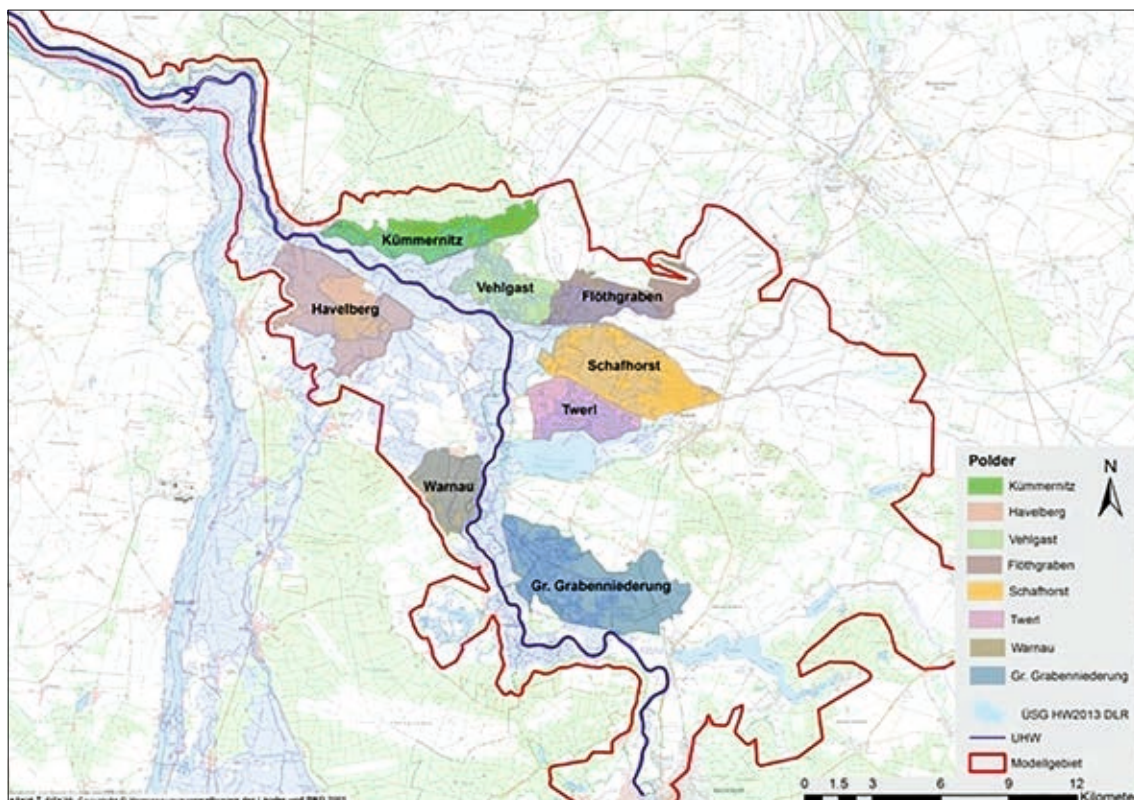


Abbildung 109: Ausschnitt aus dem Modellierungsgebiet an der Unteren Havel zwischen Rathenow und Gnevsdorf mit den sechs Havelpoldern Havelberg, Kümmernitz, Vehlgast/Flöthgraben, Schafhorst/Twerl, Warnau und Große Grabenniederung

## Ergebnisse

Die identifizierten Optimierungspotenziale umfassen:

- die notwendige Aktualisierung von Berechnungsgrundlagen der Wehrbedienungs Vorschrift
- den Vorschlag eines veränderten Steuerungskonzepts des Einlasswehrs Neuwerben
- die Anpassungen der Lage und Größe der Deichbreschen von Poldern
- die Einrichtung befestigter Deichbreschen
- die Einrichtung kontinuierlich messender Polderpegel

Die erarbeiteten Grundlagen und Ergebnisse werden auf einer Webseite zu den Havelpoldern veröffentlicht: <https://havelpolder.de/hochwasser/de>

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Das Projekt liefert die notwendigen Grundlagen für weitere Untersuchungen sowie die bauliche Umsetzung der identifizierten Vorschläge zur Optimierung. Hierzu können vertiefende Untersuchungen, bspw. zu folgenden Aspekten gehören:

- Steuerung des Wehrs Neuwerben
- Einrichtung eines neuen Steuerpegels für das Wehr Neuwerben
- technische Ausgestaltung der Befestigung von Deichbreschen
- Wasserstand-Gefälle-Volumen-Beziehungen der Stauhaltungen im Verlauf der Havel (Havelniederung ohne Polder)
- Zusammenspiel aller im NHWSP geplanten Maßnahmen an der Havel und der unteren Mittelbe

<b>Projektlaufzeit</b>	11/2015 – 12/2020
<b>Fördermittelgeber</b>	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg
<b>Projektpartner</b>	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg Landesamt für Umwelt Brandenburg Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Staatliche Ämter für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Brandenburg Koordinierungsstelle zur Flutung der Havelpolder
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610204051

### Ansprechpartner der BfG

Marcus Hatz  
E-Mail: [hatz@bafg.de](mailto:hatz@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5574  
M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

## 5.2.6 Analysen zur Optimierung der Hochwasserretention an der Unteren Havel zwischen Berlin und Rathenow mittels hydrodynamisch-numerischer 1D/2D-Modellierung

Mithilfe numerischer 2D-Modellierung werden Optionen zur verbesserten Nutzung der Stauhaltungen an der Havel zwischen Berlin und Rathenow im Hinblick auf den dortigen Hochwasserrückhalt erarbeitet. Das Projekt, das als Maßnahme im Rahmen des Nationalen Hochwasserschutzprogramms (NHWS) gemeldet ist, liefert somit einen wichtigen Beitrag zur Optimierung der Flutung der Havelpolder unterhalb von Rathenow bei außergewöhnlichen Elbehochwassern.

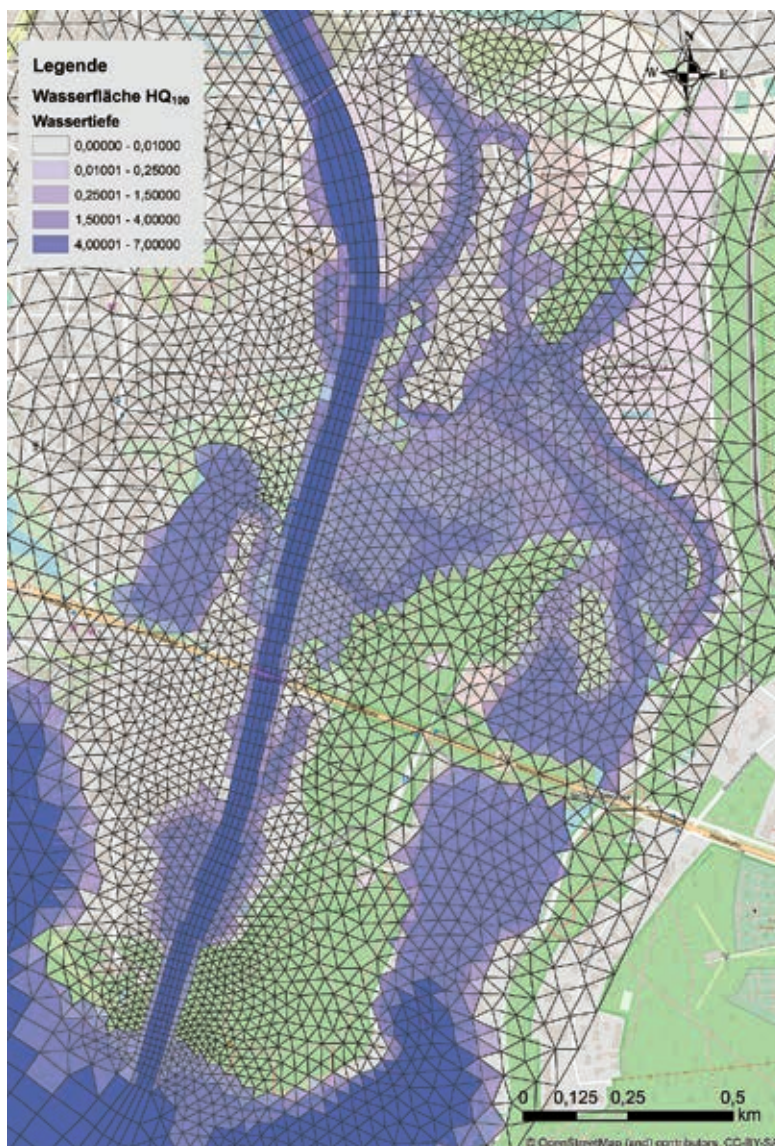


Abbildung 110: Ausschnitt aus dem 2D-Rechnernetz mit Geländehöhen und berechneten Wassertiefen im Bereich Berlin-Spandau (LSG Tiefwerder)



Ein zuverlässiges Werkzeug zur Analyse von Auswirkungen von Maßnahmen an einem Gewässer, wie bspw. die Anpassung der Stauziele an einem Wehr, ist die hydrodynamisch-numerische Modellierung. Mit der Anwendung des 2D-Strömungsmodells der Havel (Berlin-Rathenow) im Rahmen des Projekts zur „Optimierung des Havelstaueregimes“ konnten Wasserstand-Volumen-Beziehungen für die Stauhaltungen an der Havel erstellt werden. Sie bilden die Grundlagen, um Rückschlüsse zur Effektivität des in der Vergangenheit durchgeführten Wasserrückhalts an der Havel zu ziehen.

## Veranlassung

Während des Hochwassers 2013 wurde zur Entlastung der Unteren Havel und der Havelpolder der Flusslauf oberhalb von Rathenow einschließlich der angrenzenden Auengebiete sowie Teile der Spree durch Anhebung der Stauziele als zusätzlicher Rückhalteraum genutzt. Im Rahmen des Projekts sollen Möglichkeiten zur zukünftigen Optimierung des Wasserrückhalts erarbeitet werden.

## Ziele

- Aufbau eines zweidimensionalen hydrodynamischen Modells des Gewässersystems zwischen Berlin und Rathenow
- Untersuchungen zur Optimierung der Steuerung der Havelstauhaltungen im Hochwasserfall, um die jeweiligen Betriebsregime der Stauhaltungen an der Havel und Spree dahingehend zu optimieren, dass, bei gleichzeitigem Schutz der Anlieger, der Hochwasserrückhalt von Eigenwasser in den Gewässern verbessert wird und die Havelpolder unterhalb von Rathenow bei künftigen Hochwasserereignissen entlastet werden können
- Abbildung der Überflutungsflächen für statistisch häufige, mittlere und seltene Hochwasserereignisse
- Analyse weiterer Szenarien (Deichbrüche, Windstau, etc.)

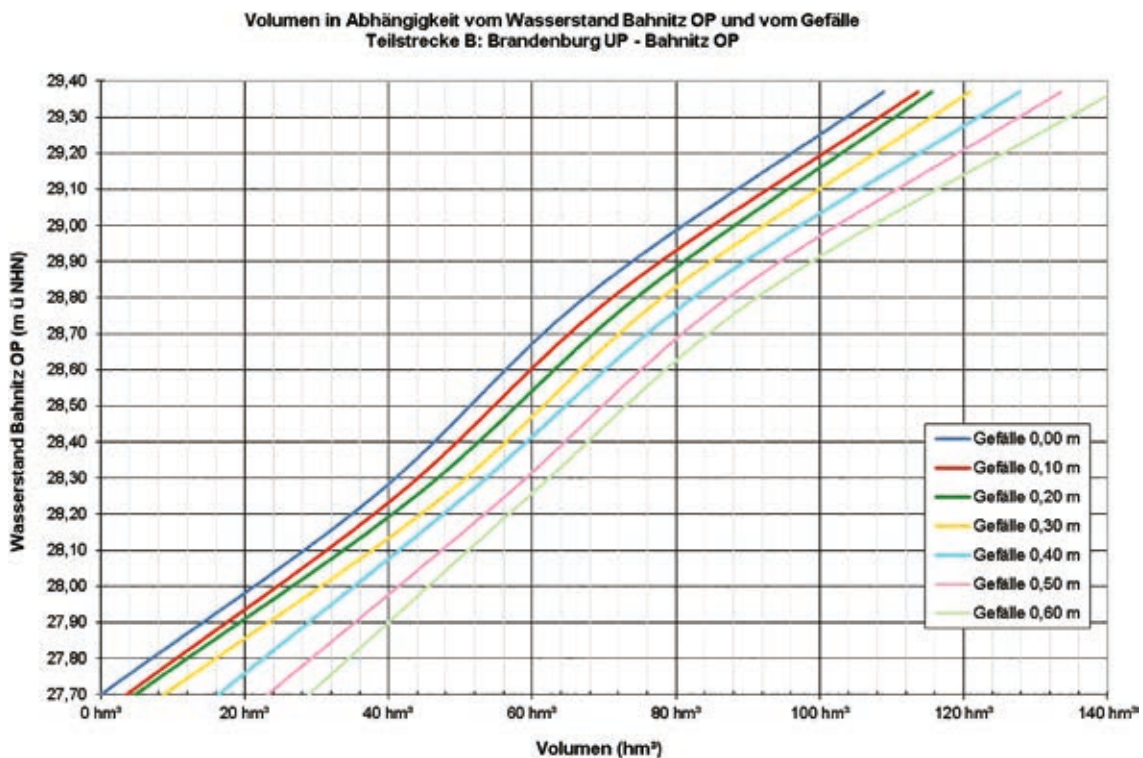


Abbildung 111: Entwurf einer Wasserstand-Volumen-Beziehung der Stauhaltung Bahnitz zur Bestimmung des potenziellen Speichervolumens

## Ergebnisse

Für das Projektgebiet wurde mit dem Softwarepaket Delft3D FM ein mehrdimensionales numerisches Modell aufgebaut, das die realen Fließprozesse gut abbilden kann. Das Rechengitter besteht aus mehr als 600.000 Netzelementen auf einer Fläche von über 1.000 km<sup>2</sup>. Durch die Berechnung verschiedener Abflusszenarien wurden für jede Stauhaltung Wasserstand-Volumen-Diagramme erstellt, welche die Grundlage zur Steuerung der Wehre an der Havel bilden (Abb. 111). Zugleich wurden Hochwasserereignisse verschiedener Eintrittswahrscheinlichkeiten berechnet, die eine Abschätzung der Auswirkungen einer gezielten Stauzielanhebung während eines Hochwassers erlauben. Auf dieser Basis kann das Volumen bestimmt werden, das potenziell für den Wasserrückhalt zur Verfügung steht. Zu berücksichtigen sind dabei auch die Interessen der von einer möglichen Überschwemmung betroffenen Flussanlieger.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Das Vorhaben schafft wesentliche Grundlagen für die Bearbeitung weiterer Aufgabenstellungen im Rahmen des Hochwasserrisikomanagements an der Havel (nicht Bestandteil dieses Projektes), u.a.:

- Überarbeitung der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten im Rahmen der EU-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie und der Flächen zur Ausweisung von Überschwemmungsgebieten.
- Unterstrom des Untersuchungsgebietes schließt sich das Projektgebiet des NHWSP-Projektes „Optimierung der Nutzung Havelpolder“ an, sodass großräumige Betrachtungen bis zur Havelmündung und darüber hinaus im Bereich der unteren Mittelelbe möglich sind.

<b>Projektlaufzeit</b>	11/2016– 12/2020
<b>Fördermittelgeber</b>	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg
<b>Projektpartner</b>	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg Landesamt für Umwelt Brandenburg Wasserstraßen- und Schifffahrtsämter Brandenburg und Berlin Berliner Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610204056

### Ansprechpartner der BfG

Marcus Hatz  
E-Mail: [hatz@bafg.de](mailto:hatz@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5574  
M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

## 5.2.7 2D-Modellierung zwischen Tangermünde und Geesthacht zur Verbesserung der Hochwassersituation an der unteren Mittelelbe

Hochwasser sind Naturereignisse, deren Auftreten nicht verhindert werden kann. Allerdings lassen sich ihre nachteiligen Folgen durch ein koordiniertes Vorgehen im Hochwasserschutz abmildern. Mithilfe des 2D-Strömungsmodells der Elbe von Tangermünde bis Geesthacht werden die Auswirkungen zukünftiger Schutzmaßnahmen länderübergreifend untersucht.

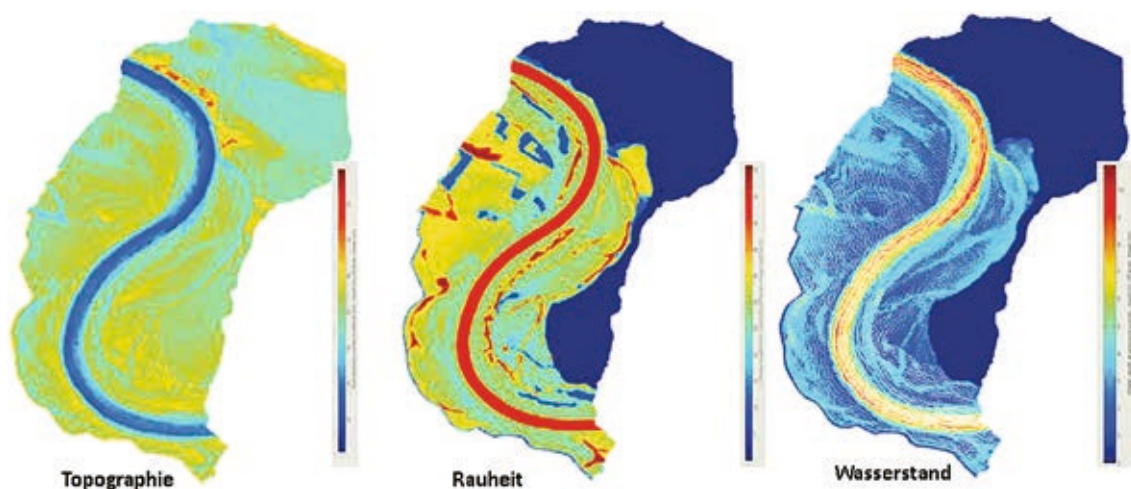


Abbildung 112: Ausschnitt des 2D-Modells der Elbe an der Wittenberge-Rühstädter Elbniederung

Die untere Mittelelbe – in den letzten zwei Jahrzehnten von vier außergewöhnlichen Hochwassern betroffen – ist geprägt von Vorländern mit stark wechselnden Breiten- und Bewuchsverhältnissen, die das Abflussverhalten bei Hochwasser beeinflussen. Nutzungsänderungen führten in der Vergangenheit zur Verringerung von Retentionsflächen bei Hochwasser und einer Umgestaltung der Vegetation in den Auen. Nachteilige Auswirkungen auf die Hochwasserstände sind z.T. spürbar. Die Modellierung von unterschiedlichen vegetations- und topographiebezogenen Maßnahmen und deren Auswirkungen auf die Wasserstände bei Hochwasser zwischen Tangermünde und Geesthacht stehen deshalb im Fokus des Projekts.

### Veranlassung

Bereits im Jahr 2012 wurde von der BfG in Kooperation mit den Elbeanliegern Schleswig-Hol-

stein, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen ein numerisches 2D-Modell der Elbe zwischen Wittenberge und Geesthacht erstellt und für Untersuchungen zur Wirkung abflussverbessernder Maßnahmen eingesetzt (BfG-Bericht 1848). Zwischen 2016 und 2018 wurde das Modell nach oberstrom bis Tangermünde erweitert. Die Erkenntnisse zur Strömungssituation und zu maßnahmenbedingten Auswirkungen zeigten auf, dass eine länderübergreifende Gesamtbetrachtung der abflussverbessernden Maßnahmen an der unteren Mittelelbe, vor allem an hydraulischen Engstellen, notwendig ist, um die Hochwasserschutzmaßnahmen der einzelnen Anrainerländer für die gesamte untere Mittelelbe effektiver zu gestalten.

Die Modellierung von topographiebeeinflussenden und vegetationsbezogenen Maßnahmen, darunter Deichrückverlegungen, Gehölzrück-schnitte und Bepflanzungen, erfolgt mit der Open-Source-Software Delft3D FM.

## Ziele

Die hydraulische Modellierung spielt eine zentrale Rolle im Hinblick auf die Identifikation länderübergreifend abgestimmter Lösungen im Hochwasserschutz an der Elbe und im Naturschutz in der Elbtalau. Das Ziel des Projektes ist es, die überregionalen Wirkungen zukünftiger Maßnahmen auf große Hochwasser an der Elbe zu beschreiben und bestmögliche Maßnahmenkombinationen zu identifizieren.

Der Fokus liegt dabei

- auf der Modellierung von abflussverbessernden Maßnahmen (Deichrückverlegungen, vegetationsbezogene Maßnahmen) und deren Kombinationen
- auf der Verbesserung der Strömungsverhältnisse bei Hochwasser an hydraulischen Engstellen (Elbeabschnitte mit geringer Vorlandbreite und hohen Fließgeschwindigkeiten)

## Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes wurde am 14.05.2019 ein öffentlicher Workshop in Wittenberge durchgeführt, in dem die Projektpartner zusammen mit Interessenten aus der Fachöffentlichkeit Lösungsansätze für Maßnahmen mit abflussverbessernder Wirkung an der Elbe erarbeiteten, vorstellten und diskutierten. Die Ergebnisse dieser Veranstaltung bilden einen Baustein für die derzeit durchgeführten Modellierungen.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Neben der Modellierung von topographie- und vegetationsbezogenen Maßnahmen sollen im Gesamtkontext des Projekts auch die im Nationalen Hochwasserschutzprogramm gemeldeten Flutpolder „Lenzer Wische“ und „Karthane-Niederung“ sowie die Ergebnisse der im Jahr 2020 abgeschlossenen BfG-Projekte zum optimierten Einsatz der Havelpolder und des Stauregimes Havel-Spree in zukünftigen Untersuchungen berücksichtigt werden. Eine geplante Erweiterung des Projektes sieht zudem die Untersuchung von Hochwasserschutzmaßnahmen in Brandenburg und Sachsen-Anhalt bis nach Tangermünde vor.

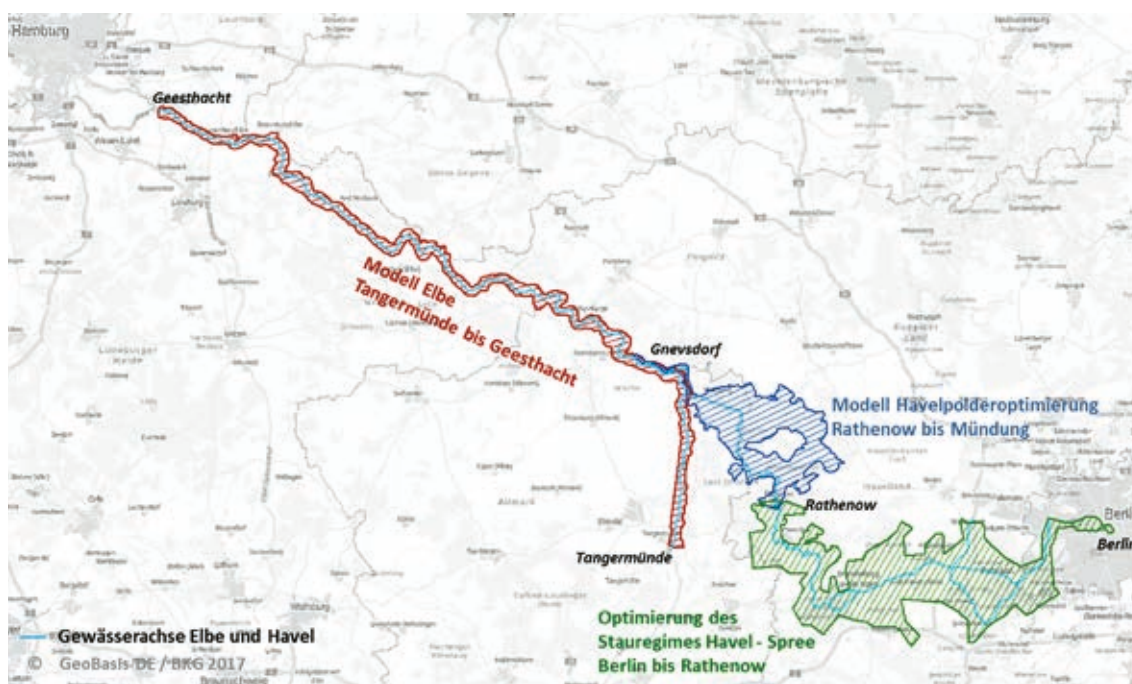


Abbildung 113: Übersicht der 2D-Modelle der BfG an Elbe und Havel

### Publikationen zum Thema

PROMNY, M., M. HAMMER, M. HATZ, N. BUSCH (2015): 2D-Modellierung an der unteren Mittelbe zwischen Wittenberge und Geesthacht – Beschreibung der Strömungsverhältnisse und Wirkung von abflussverbessernden Maßnahmen auf Hochwasser der Elbe. Bericht BfG-1848, Koblenz.  
<http://doi.bafg.de/BfG/2015/BfG-1848.pdf>

<b>Projektlaufzeit</b>	09/2016–12/2021
<b>Fördermittelgeber</b>	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Mecklenburg-Vorpommern Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein
<b>Projektpartner</b>	Das Projekt wird zusätzlich von Partnern aus Sachsen-Anhalt und Brandenburg begleitet: Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610204054

### Ansprechpartner der BfG

Marcus Hatz  
E-Mail: [hatz@bafg.de](mailto:hatz@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5574  
M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

## 5.2.8 EUMETSAT H SAF CDOP3 – Satellite Application Facility on Support to Operational Hydrology and Management Continuous Development and Operations Phase 3 (CDOP3)

**Operationelle Bereitstellung, Qualitätsprüfung und hydrologische Bewertung satellitenbasierter Niederschlags-, Bodenfeuchte- und Schneedaten für Europa sowie auf kontinentaler und globaler Ebene (<http://hsaf.meteoam.it>)**

EUMETSAT betreibt derzeit u.a. eine Flotte von vier geostationären sowie drei polarumlaufenden Wettersatelliten (Meteosat bzw. METOP). Diese dienen vorrangig der Überwachung des Wettergeschehens in Europa, Afrika und Teilen Asiens. Im Verbund mit den Satelliten anderer Betreiber werden meteorologische Vorhersagedienste und entsprechende Forschungen unterstützt. Die Daten werden auch über das europäische Copernicus-System bereitgestellt. Die Satelliten werden in Kooperation mit der Europäischen Weltraumorganisation, der französischen Raumfahrtagentur CNES und der europäischen Industrie entwickelt.

### Veranlassung

Die sog. Satelliten-Anwendungs-Einrichtungen (Satellite Application Facilities - SAFs) stellen ein von den EUMETSAT-Mitgliedsstaaten getragenes verteiltes Netzwerk da und zielen darauf ab, zu speziellen thematischen Schwerpunkten die notwendige Forschung und Entwicklung von Produkten sowie entsprechende operationelle Aktivitäten zu betreiben, die nicht von den Grunddiensten abgedeckt werden. Insgesamt wurden acht SAFs initiiert. Diese werden neben den nationalen europäischen meteorologischen Diensten auch von anerkannten Dienststellen unterstützt. In dieser Funktion beteiligt sich die BfG als deutscher Vertreter im sog. H SAF, das speziell die operative Hydrologie bzw. Wasserwirtschaft anspricht. Es werden für hydrologische Anwendungen relevante Forschungen durchgeführt und den Nutzern operationelle Datenprodukte zu Niederschlag, Bodenfeuchte und Schnee nahezu in Echtzeit in vergleichsweise ho-



Abbildung 114: ASCAT-Daten (METOP-Satelliten, Bodenfeuchteprodukt H16, 22.05.2014) bilden die Grundlage für den globalen flächendeckenden Bodenfeuchtesättigungsindex SM-DAS2/H14 (täglich; 25 km Raster; vier Bodenschichten; *Quelle: EUMETSAT H SAF*)

her zeitlicher und räumlicher Auflösung bereitgestellt. Begleitend erfolgen Forschungen in Hinblick auf ein aufwendiges Produktqualitätsmanagement sowie beispielgebende hydrologisch-wasserwirtschaftlicher Anwendungen und Schulungen.

### Ziele

- Verbesserung der Verfahren zur Produktvalidierung unter Einbeziehung der vom Deutschen Wetterdienst bereitgestellten Schnee- und Niederschlagsstations- sowie Wetterradardaten und weiterer In-situ-Messdaten, z.B. von Lysimetern bzw. Bodenfeuchtemessstellen

- Vertiefung der hydrologischen Validierungsstrategien der satellitenbasierten Produkte auf verschiedenen Zeit- und Raumskalen durch Aufbau geeigneter hydrologischer Modelle und Modellexperimente in Piloteinzugsgebieten. Hierzu gehören auch die Entwicklung von Prä- und Postprozessierungsverfahren der Modell-ein- und -ausgabedaten.
- Entwicklung mathematisch-statistischer Datenassimilationsverfahren (DA) zur Ableitung optimierter hydrologischer Modellzustände. Diese können Eingang in hydrologische Monitoring- bzw. Vorhersagesysteme finden.
- Testung und pilothafter Aufbau von Monitoringsystemen zu hydrologischen Extremereignissen unter Verwendung der Satellitendatenprodukte und Demonstration des Nutzens derartiger Systeme

## Ergebnisse

Basierend auf dem täglich aktualisierten global verfügbaren H SAF-Bodenfeuchteindexdaten wird für aktuelle BfG-Berichterstattungen zu bundesweiten hydrologischen Extremereignissen die Situation des Bodenwasserhaushaltes für das Berichtsgebiet Mitteleuropa aufbereitet (Abbildung 115). Zur punkthaften Produktvalidierung werden u.a. die Messergebnisse der BfG-eigenen Lysimeteranlage herangezogen. Die hydrologische Validierung erfolgt für vier ausgewählte Flussgebiete im Rheingebiet (Kocher, Blies, oberer Main und Lahn) mit dem semi-distributiven konzeptionellen Niederschlag-Abflussmodell HBV. Das speziell entwickelte Datenassimilationsverfahren („Moving Horizon Estimation“) wurde für das obere Maingebiet implementiert und erlaubt die Integration von H SAF-Produkten in die hydrologische Modellierung. Die Ergebnisse der umfangreichen Produkt- und hydrologischen Validierungen werden in jährlichen Berichten zusammengefasst. Hierbei werden nach mit den Partnern abgestimmten Verfahren die Daten eines jeweils einjährigen Berichtszeitraumes (1. Juni bis 31. Mai) betrachtet und die Ergebnisse kontinuierlich fortgeschrieben.

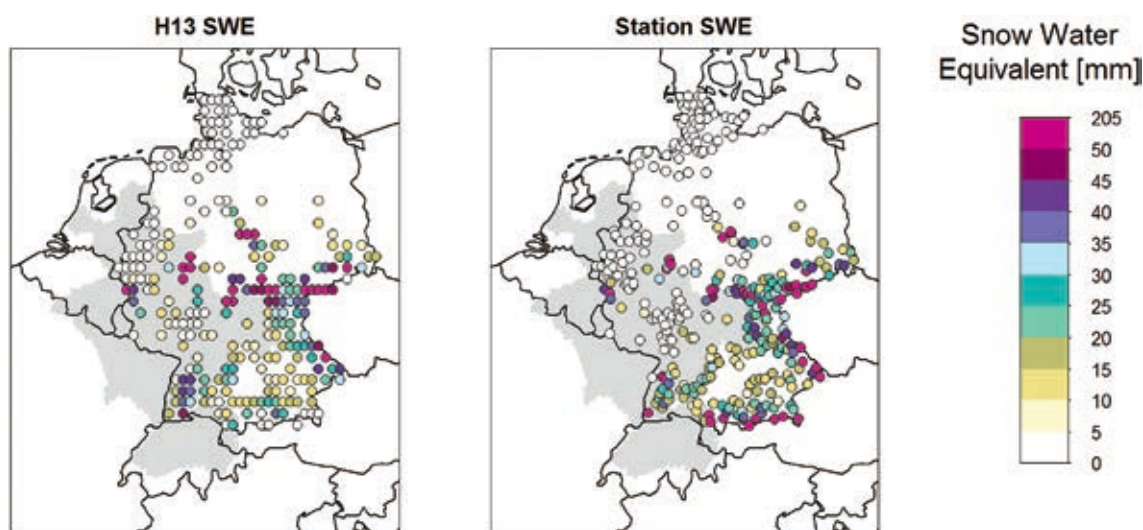


Abbildung 115: Beispiel einer Produktvalidierung des H SAF-Schneewasseräquivalentes (H13 SWE) mit an Stationen des Deutschen Wetterdienstes gemessenen Werten (Station SWE) für den Zeitraum 10.1.–31.1.2017. Grau hinterlegt ist das internationale Rhein-Maas-Einzugsgebiet (Datenquelle: EUMETSAT H SAF und Deutscher Wetterdienst, Grafik: BfG)

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Ein in Kooperation mit der Universität Duisburg-Essen entwickeltes variationsbasiertes DA-Verfahren (MHE) wird vertieft im Einzugsgebiet des oberen Mains mit H SAF-Daten erprobt.

In Kooperation mit der Universität Siegen werden ergänzend weitere Verfahren der DA entwickelt und im Hinblick auf ihren operationellen Einsatz

in den Pilotgebieten von Lahn und Main optimiert. Die Modellexperimente zur hydrologischen Validierung werden unter Verwendung hydrologischer „Hindcast-Verfahren“ sowie Verfahren der Bias-Korrektur weitergeführt.

Die Präprozessierungsverfahren der H SAF-Bodenfeuchte- und Schneedaten zur Einbindung in Monitoringberichte von Hoch- und Niedrigwasserereignissen werden verbessert.

### Publikationen zum Thema

PUCA S., F. PORCÙ, A. RINOLLO, G. VULPIANI, P. BAGUIS, S. BALABANOVA, E. CAMPIONE, A. ERTÜRK, S. GABELLANI, R. IWÁNSKI, M. JURAŠEK, J. KANÁK, J. KERÉNYI, G. KOSHINCHANOV, G. KOZINAROVA, P. KRAHE, B. ŁAPETA, E. LÁBÓ, L. MILANI, L. OKON, A. ÖZTOPAL, P. PAGLIARA, F. PIGNONE, C. RACHIMOW, N. REBORA, E. ROULIN, I. SÖNMEZ, A. TONIAZZO, D. BIRON, D. CASELLA, E. CATTANI, S. DIETRICH, F. DI PAOLA, S. LAVIOLA, V. LEVIZZANI, D. MELFI, A. MUGNAI, G. PANEGROSSI, M. PETRACCA, P. SANÒ, F. ZAULI, P. ROSCI, L. DE LEONIBUS, E. AGOSTA, F. GATTARI (2014): The validation service of the hydrological SAF geostationary and polar satellite precipitation products. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 14, 871–889, <https://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/14/871/2014>, DOI: 10.5194/nhess-14-871-2014

ALVARADO-MONTERO, R., D. SCHWANENBERG, P. KRAHE, D. LISNIAK, A. SENSOY, A. A. SORMAN, B. AKKOL (2016): Moving horizon estimation for assimilating H-SAF remote sensing data into the HBV hydrological model. *Advances in Water Resources*, Volume 92, pp. 248–257, <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2016.04.011>

ALVARADO-MONTERO, R., D. SCHWANENBERG, P. KRAHE, P. HELMKE, B. KLEIN (2017): Multi-parametric variational data assimilation for hydrological forecasting. *Advances in Water Resources* 110 (Supplement C): 182–192 <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.09.026>

PETRACCA, M., J. KANAK, F. PORCÙ, R. IWANSKI, B. LAPETA, M. DIÓSZEGHY, I. SZENYÁN, P. BAGUIS, E. ROULIN, A. ÖZTOPAL, P. KRAHE, A. KUNKEL, E. ARTINIAN, H. CHERVENKOV, C. CACCIAMANI, A. TONIAZZO, G. VULPIANI, S. PUCCA (2019): Comparison between H18 and 2A-DPR precipitation products over MSG full disk area according to the H-SAF validation methodology, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 21, EGU2019-18933-5

<b>Projektlaufzeit</b>	03/2017–02/2022
<b>Fördermittelgeber</b>	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT)
<b>Projektpartner</b>	The Italian Meteorological Service sowie weitere 21 europäische Dienste und Forschungseinrichtungen
<b>Projekt-Nr.</b>	M39610204057

### Ansprechpartner der BfG

Peter Krahe  
E-Mail: [krahe@bafg.de](mailto:krahe@bafg.de)  
Tel.: +49(0)261 1306 5234  
M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen



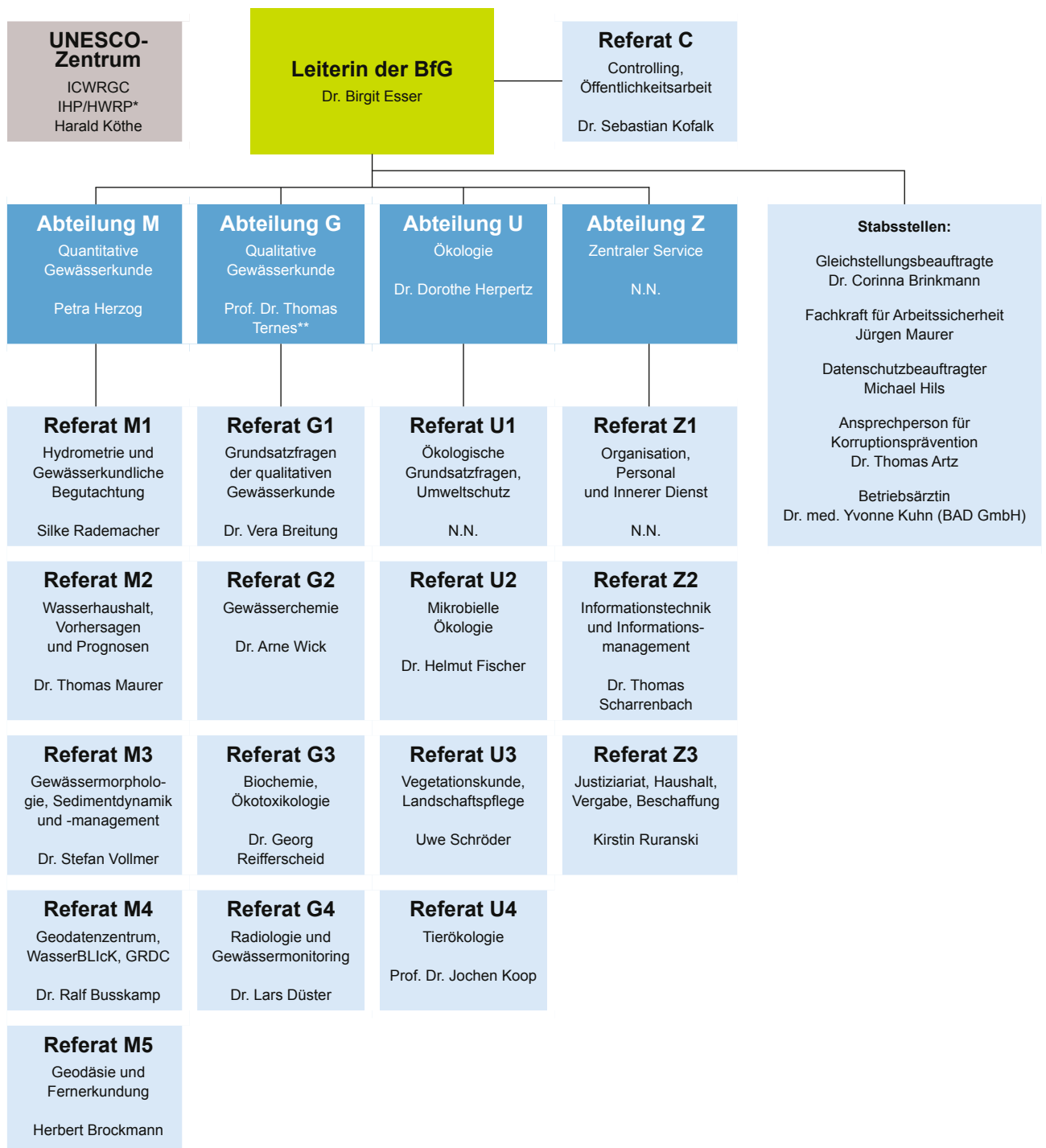
# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirates der BfG . . . . .	4
Abbildung 2:	Forschungs- und Entwicklungsetat der BfG von 2016 bis 2019 . . . . .	6
Abbildung 3:	Neue ingenieurgeodätische Systeme zum Monitoring von Verkehrsinfrastrukturbauwerken . . . . .	8
Abbildung 4:	Durchrostung einer Spundwand am Rhein-Herne-Kanal durch mikrobiell induzierte Korrosion . . . . .	10
Abbildung 5:	Korrosion durch Sulfat reduzierende Bakterien mit Ablagerung von schwarzem Eisensulfid . . . . .	11
Abbildung 6:	Unterwasserdünen in einem stark überhöhten 3D-Modell eines Messstreifens . . . . .	12
Abbildung 7:	Profilschnitt zeitversetzter Messungen in Fließrichtung zur Ableitung der Migrationsgeschwindigkeit . . . . .	13
Abbildung 8:	Flussbarsch im Videozähler der BfG an der FAA Rothenfels/Main . . . . .	14
Abbildung 9:	Vom WSA Lauenburg neu erstellte Fischaufstiegsanlage nahe Malliß in der Müritz-Elde-Wasserstraße . . . . .	15
Abbildung 10:	Fischbeobachtungen an der „gläsernen Rinne“ . . . . .	16
Abbildung 11:	Ethohydraulische Versuchsrinne und Hälterungsbereich für die Fische . . . . .	17
Abbildung 12:	Operatives Einsetzen eines Telemetriesenders in einen narkotisierten Fisch, Rücksetzen des besenderten Fisches in den Main . . . . .	18
Abbildung 13:	Beispiel für die Verteilung detektierter Fische im Unterwasser des Querbauwerks Dörverden/Weser . . . . .	19
Abbildung 14:	Hopperbagger in der Tideelbe . . . . .	20
Abbildung 15:	Geplanter Messaufbau an einer Bundeswasserstraße . . . . .	22
Abbildung 16:	Modellierung der schiffahrtsbedingten Stickoxidbelastung am Niederrhein . . . . .	23
Abbildung 17:	System „Mensch – Wasser“ . . . . .	24
Abbildung 18:	Workflow der 6-Wochen-Vorhersage („Monatsvorhersage“) . . . . .	27
Abbildung 19:	Logo des BMVI-finanzierten FuE-Vorhabens OptiVor . . . . .	30
Abbildung 20:	Schematische Darstellung der Schwerpunktthemen des FuE-Projekts OptiVor . . . . .	31
Abbildung 21:	Exemplarischer Beitrag zur Unsicherheitsbewertung hydrologischer Klimawirkungsmodelle: Vergleichende Analyse unterschiedlicher Verfahren der Verdunstungsberechnung im Zeitraum 1961 – 1990 mit dem mitteleuropaweiten Wasserhaushaltsmodell LARSIM-ME . . . . .	33
Abbildung 22:	Ergebnis der Modellverbesserungen im Rahmen des Projektes: Vergleich der Güte von LARSIM-ME vor und nach verschiedenen Optimierungen anhand der Kling-Gupta-Effizienz (KGE); Zeitraum 1979 – 2004 . . . . .	34
Abbildung 23:	Darstellung der über einen Bereich von 1 km gemittelten Änderungsdaten der mittleren Sohlhöhenlage (MSH) sowie der Wasserspiegellinie, Bereich Niederrhein bei MNQ und für fünf Epochen seit 1896 . . . . .	36
Abbildung 24:	Spezifische mittlere jährliche Sedimenteinträge pro Teileinzugsgebiet der Elbe für das Landnutzungsszenario CORINE Land Cover 2012 . . . . .	38
Abbildung 25:	Mittleres Änderungssignal des R-Faktors für das 50. Perzentil des Weiter-wie-bisher-Szenarios (RCP 8.5), aggregiert auf Teileinzugsgebiete der Elbe . . . . .	39
Abbildung 26:	Straße, Schiene, Wasserstraße und ihre Verkehrsnebenflächen (Böschungen, Ufer, Begleitgrün) . . . . .	41
Abbildung 27:	Verkehrsträgerübergreifende Biodiversitätsförderung kann Synergien bei der Unterhaltung erzeugen . . . . .	42
Abbildung 28:	Nutria ( <i>Myocastor coypus</i> ), Schwarzmaulgrundel ( <i>Neogobius melanostomus</i> ), Drüsiges Springkraut ( <i>Impatiens glandulifera</i> ) . . . . .	44
Abbildung 29:	Häufige an Motorgüterschiffen und Sportbooten lebende Neobiota – die Quagga-Dreikantmuschel ( <i>Dreissena rostriformis bugensis</i> ) . . . . .	45
Abbildung 30:	Sichtbare Abgase eines Binnenschiffes sagen wenig über ihren Beitrag zur Gesamtluftschadstoffbelastung aus . . . . .	47
Abbildung 31:	Der Abfluss einer Innerortsstraße als Eintragspfad des Reifenabriebs in die aquatische Umwelt . . . . .	49
Abbildung 32:	Abriebe aus dem Straßenverkehr in einer repräsentativen Abflussprobe einer Autobahn (90.000 Kfz/24h) (Sicht von unten auf die Probeflasche) . . . . .	50
Abbildung 33:	Schadensfall an einer Straßenbrücke am Datteln-Hamm-Kanal mit abgängiger blauer Polyurethandeckbeschichtung . . . . .	51
Abbildung 34:	Abgasreinigungsanlage auf einer Fähre (Schema) . . . . .	53
Abbildung 35:	Exemplarische Ergebnisse der biologischen Testverfahren für Abwässer von Schiffen mit Scrubber im Closed-loop-Betrieb . . . . .	54
Abbildung 36:	Messung der Geräuschemission eines vorbeifahrenden Binnenschiffs . . . . .	56
Abbildung 37:	Vergleich der Anteile von tiefen und hohen Tönen an den Geräuschemissionen verschiedener Verkehrsträger . . . . .	57
Abbildung 38:	Neue ingenieurgeodätische Systeme zum Monitoring von Verkehrsinfrastrukturbauwerken . . . . .	58
Abbildung 39:	Systemskizze des Untersuchungsgebietes: Elbe-Seitenkanal (ESK) und Mittellandkanal (MLK) . . . . .	61
Abbildung 40:	Biofouling am Bootsrumpf . . . . .	64
Abbildung 41:	Flusssedimentablagerung mit verschiedenen Sedimentschichten und Schuppenbildung . . . . .	66
Abbildung 42:	Imbrikation: Ablagerung abgeflachter oder scheibenförmiger Körner (Kiese) im Flussbett . . . . .	67

Abbildung 43:	Vorhersagbarkeit von Wetter- und Klimamodellen für unterschiedliche Skalen und Nutzerbedürfnisse . . . .	68
Abbildung 44:	Workflow der im Rahmen von IMPREX entwickelten 10-Tage-Wasserstandsvorhersage für den Rhein . . .	69
Abbildung 45:	Einfluss der Topographie auf die Vegetationsverbreitung in semiariden Gebieten in Chile . . . . .	72
Abbildung 46:	Konzept zur Veränderung der biogeomorphologischen Feedbacks entlang des Klimagradienten der Chilenischen Küstenkordillere . . . . .	73
Abbildung 47:	Digitales Abbild einer Schleuse (mit 3D-Informationen des Bauwerks, des Gewässerbodens und der Topographie), als Grundlage eines Bundeswasserstraßen-Zwillings mit exemplarischen Sensoren und Applikationen. . . . .	74
Abbildung 48:	Das Projekt WaMUT strebt die algorithmische Kombination von Punktwolken unbemannter Messsysteme an. . . . .	76
Abbildung 49:	Konzeptionelle Struktur des Projektes WaMUT. . . . .	77
Abbildung 50:	Gekoppeltes UAV/USV-Tandemsystem für die Wasserstraße . . . . .	78
Abbildung 51:	Verschiedene Nutzungen verlangen unterschiedliche Datenanforderungen wie am Mittelrhein. . . . .	79
Abbildung 52:	Ableitung von Digitalen Geländemodellen mittels flugzeuggestützter Radarinterferometrie . . . . .	80
Abbildung 53:	InSAR-gestütztes hochauflösendes DGM-W im Bereich Medemrinne/Tideelbe . . . . .	81
Abbildung 54:	Zentrale Begriffe im Kontext des Projektes MUG-Modell. . . . .	82
Abbildung 55:	Ablaufschema und betrachtete Verfahren im MUG-Projekt . . . . .	83
Abbildung 56:	Kombinierte Datenerfassung für das Monitoring von Vegetation und Strukturen an Wasserstraßen . . . . .	84
Abbildung 57:	Vorläufiges Ergebnis einer Basisklassifikation für die Südspitze Niederwerth . . . . .	85
Abbildung 58:	Natürliche und anthropogene Steuerungsgrößen der Biodiversität. . . . .	86
Abbildung 59:	Überflutungsdauern in einem relativ gut (Schönberg am Deich) und einem schlecht (Elsnig) angebundenen Abschnitt der Elbaue . . . . .	88
Abbildung 60:	Linke Elbseite bei Dömitz (Elbe-Km 505,7) mit an die Elbe angebundenem Altarm . . . . .	89
Abbildung 61:	Uferabschnitt an der Weser der Kategorie „Auwaldrelikt“ mit unregelmäßiger Uferlinie und Tierbauten (Bisam, Nutria), 13.04.2017. . . . .	90
Abbildung 62:	Ufervegetation im Jahresvergleich 2017/2018: Uferabschnitt ohne Uferbefestigung an der Aller bei Eilte . . .	91
Abbildung 63:	Umwelt-DNA in Gewässern zur taxonomischen Analyse . . . . .	93
Abbildung 64:	Räuberischer Nematode der Gattung Mononchus . . . . .	95
Abbildung 65:	Monitoring umfasst Probenahme und Analytik mit Bewertung und Bereitstellung von Messergebnissen . . .	97
Abbildung 66:	Klassifizierung der Sedimente des Untersuchungsgebiets (A), Arsen-Freisetzung ins Sediment- Porenwasser (B) und Cadmium-Freisetzung in die Wasserphase bei Sedimentsuspension in Abhängigkeit des Redoxpotenzials (C) . . . . .	99
Abbildung 67:	Übergang zwischen Watt und einem mit Röhricht bewachsenen Ufer an der Tideelbe. . . . .	101
Abbildung 68:	Die zu untersuchenden Faktoren und Wechselwirkungen am gezeitengeprägten naturnahen Ufer. . . . .	102
Abbildung 69:	Experiment an der Universität Hamburg mit kontrastierenden Bedingungen in Hydrologie, Bodenart und Salinität . . . . .	103
Abbildung 70:	Erodierende Vegetationskante in Krautsand an der Tideelbe mit Messsonden . . . . .	104
Abbildung 71:	Stauhaltung Detzem, Mosel . . . . .	105
Abbildung 72:	Die Reproduktion der Finte hängt von der räumlich und zeitlich variierenden Nahrungsgrundlage (Zooplankton) ab. Längsverteilung der Abundanzen der Großgruppen Rotifera und Crustacea in der Tideelbe im Mai 2014 sowie Lage des Fintenlaichgebiets. . . . .	107
Abbildung 73:	Sedimentationskasten für die Schwebstoffprobenahme, Massenspektrometer für die Analyse und Chromatogramm und Massenspektrum einer identifizierten Substanz . . . . .	109
Abbildung 74:	Untersuchung von Mikro- und Makroplastik an der Elbe . . . . .	111
Abbildung 75:	Messstationen mit Sensoren, Schwebstoffe bei Passau und Messschiff Walter Türk . . . . .	113
Abbildung 76:	Räumliche (A) und zeitliche (B) Limitierung in der Probenahme vs. Variabilität in der Stoffkonzentration (SSC) . . . . .	114
Abbildung 77:	Die Lahn als Forschungsobjekt für die Untersuchung des Einflusses von Sedimenten auf die Gewässerqualität. . . . .	115
Abbildung 78:	Mulde mit Kiesbank und Prallhang bei Dessau (Sachsen-Anhalt) . . . . .	118
Abbildung 79:	Ehle bei Lostau (Sachsen-Anhalt) an der Elbe. . . . .	119
Abbildung 80:	Von der Theorie bis zur Praxis – Ermittlung von Möglichkeiten und Grenzen von Passivsammlern . . . . .	120
Abbildung 81:	Die Analyse mittels NTS liefert umfangreiche Daten über die chemische Beschaffenheit des Gewässers. . .	122
Abbildung 82:	Zeitlicher Verlauf der Propiconazolkonzentration im Rheinschwebstoff mittels NTS und Target-Analytik. . .	124
Abbildung 83:	Weg der Spurenstoffe von Eintrag in den Fluss bis zur Trinkwasseraufbereitung. . . . .	126
Abbildung 84:	Non-Target-Screening-Daten werden in einem digitalen Archiv zusammengeführt, um diese integrativ auszuwerten . . . . .	128
Abbildung 85:	Vergleich der Entwicklung des Sitagliptin-Verbrauchs und der Konzentrationen in Schwebstoffen an verschiedenen Standorten am Rhein und an der Saar zwischen 2005 und 2015 . . . . .	131

Abbildung 86:	Konzeptionelle Darstellung des Projektes	132
Abbildung 87:	Typische im Projekt eingesetzte Passivsammler mit Silikonstreifen und Chemcatchern	133
Abbildung 88:	Kläranlagen- und Fließgewässer-Monitoring während der Kanalbeköderung im Stadtgebiet einer rheinland-pfälzischen Mittelstadt	134
Abbildung 89:	Untersuchungen zum Eintrag und Verbleib von Rodentiziden in der aquatischen Umwelt	136
Abbildung 90:	Untersuchung des Freisetzungsverhaltens von Kunststoffen nach beschleunigter künstlicher Bewitterung	138
Abbildung 91:	Größenfraktionierte Probenahme von Mikroplastik mittels einheitlicher Filterkaskade an der Amper (Oberbayern)	140
Abbildung 92:	Plastikmüll im Spülsaum des Rheins	142
Abbildung 93:	Östrogenartig wirkende Substanzen einer Abwasserprobe	144
Abbildung 94:	Hemmstoffe der Photosynthese in Oberflächenwasser	145
Abbildung 95:	Laborversuche zur Untersuchung des Potenzials von Filtersanden zum Abbau abwasserbürtiger Spurenstoffe	146
Abbildung 96:	Schema der Integration von Ozonung und MBBRs in die konventionelle Abwasserbehandlung	148
Abbildung 97:	Östrogene Potenziale entlang einer konventionellen Abwasserbehandlung, die mit dem klassischen und planaren Yeast Estrogen Screen ermittelt wurden	150
Abbildung 98:	Kalottenmodell von Perfluorooctansäure (PFOA)	152
Abbildung 99:	Der Mäuseturm bei Bingen/Rhein erfuhr im Sommer 2018 einen großen Besucherstrom	154
Abbildung 100:	Über 30 Jahre gemittelter Monatsabfluss am Pegel Dresden. Vergleich von simulierten bewirtschafteten Abflüssen und teilnaturalisierten Abflüssen in der Vergangenheit und Zukunft. Die Talsperrenwirkung ist in Säulen dargestellt	156
Abbildung 101:	Prototyp der Informationsplattform „ProWaS-Online“	159
Abbildung 102:	Entwicklung und Implementierung eines neuen Datenportals	162
Abbildung 103:	Der Viktoriasee in Ostafrika ist eine von zehn regionalen Fallstudien im Rahmen des Projektes	164
Abbildung 104:	Integration von In-situ-Daten, Fernerkundung und Modellierung in GlobeWQ	165
Abbildung 105:	Zunehmende Dürren wie hier am Entrepeñas-Stausee in Spanien sind eine der Folgen des Klimawandels im Mittelmeerraum	166
Abbildung 106:	Übersicht über die Ziele von MedECC	167
Abbildung 107:	Graue Wasserinfrastruktur in Subsahara-Afrika am Beispiel des Loskop Staudamms in Südafrika	168
Abbildung 108:	Modellierte Strömung am Wehr Neuwerben während der Scheitelkappung der Elbe beim Hochwasser 2013	170
Abbildung 109:	Ausschnitt aus dem Modellierungsgebiet an der Unteren Havel zwischen Rathenow und Gnevsdorf mit den sechs Havelpoldern Havelberg, Kümmernitz, Vehlgest/Flöthgraben, Schafhorst/Twerl, Warnau und Große Grabenniederung	171
Abbildung 110:	Ausschnitt aus dem 2D-Rechnetz mit Geländehöhen und berechneten Wassertiefen im Bereich Berlin-Spandau (LSG Tiefwerder)	173
Abbildung 111:	Entwurf einer Wasserstand-Volumen-Beziehung der Stauhaltung Bahnitz zur Bestimmung des potenziellen Speichervolumens	174
Abbildung 112:	Ausschnitt des 2D-Modells der Elbe an der Wittenberge-Rühstädter Elbniederung	176
Abbildung 113:	Übersicht der 2D-Modelle der BfG an Elbe und Havel	177
Abbildung 114:	ASCAT-Daten (METOP-Satelliten, Bodenfeuchteprodukt H16, 22.05.2014) bilden die Grundlage für den globalen flächendeckenden Bodenfeuchtesättigungsindex SM-DAS2/H14	179
Abbildung 115:	Beispiel einer Produktvalidierung des H SAF-Schneewasseräquivalentes (H13 SWE) mit an Stationen des Deutschen Wetterdienstes gemessenen Werten (Station SWE) für den Zeitraum 10.1.–31.1.2017	180

# Organigramm



## Personalvertretung:

Vorsitzender des Personalrats  
Gerhard Schikowski

Vertrauensperson der schwerbehinderten Menschen  
Claudia Chuadry

\* International Centre for Water Resources and Global Change und Sekretariat für das IHP/HWRP-Nationalkomitee unter Vorsitz des Auswärtigen Amtes  
\*\* zugleich Forschungsbeauftragter

## **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](mailto:posteingang@bafg.de)  
Internet: [www.bafg.de](http://www.bafg.de)