

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Report, Published Version

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hg.) Kompendium Forschung und Entwicklung 2022/2023

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/110824>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hg.) (2022): Kompendium Forschung und Entwicklung 2022/2023. Koblenz: Bundesanstalt für Gewässerkunde. https://doi.org/10.5675/BfG-FuE_2022/2023.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

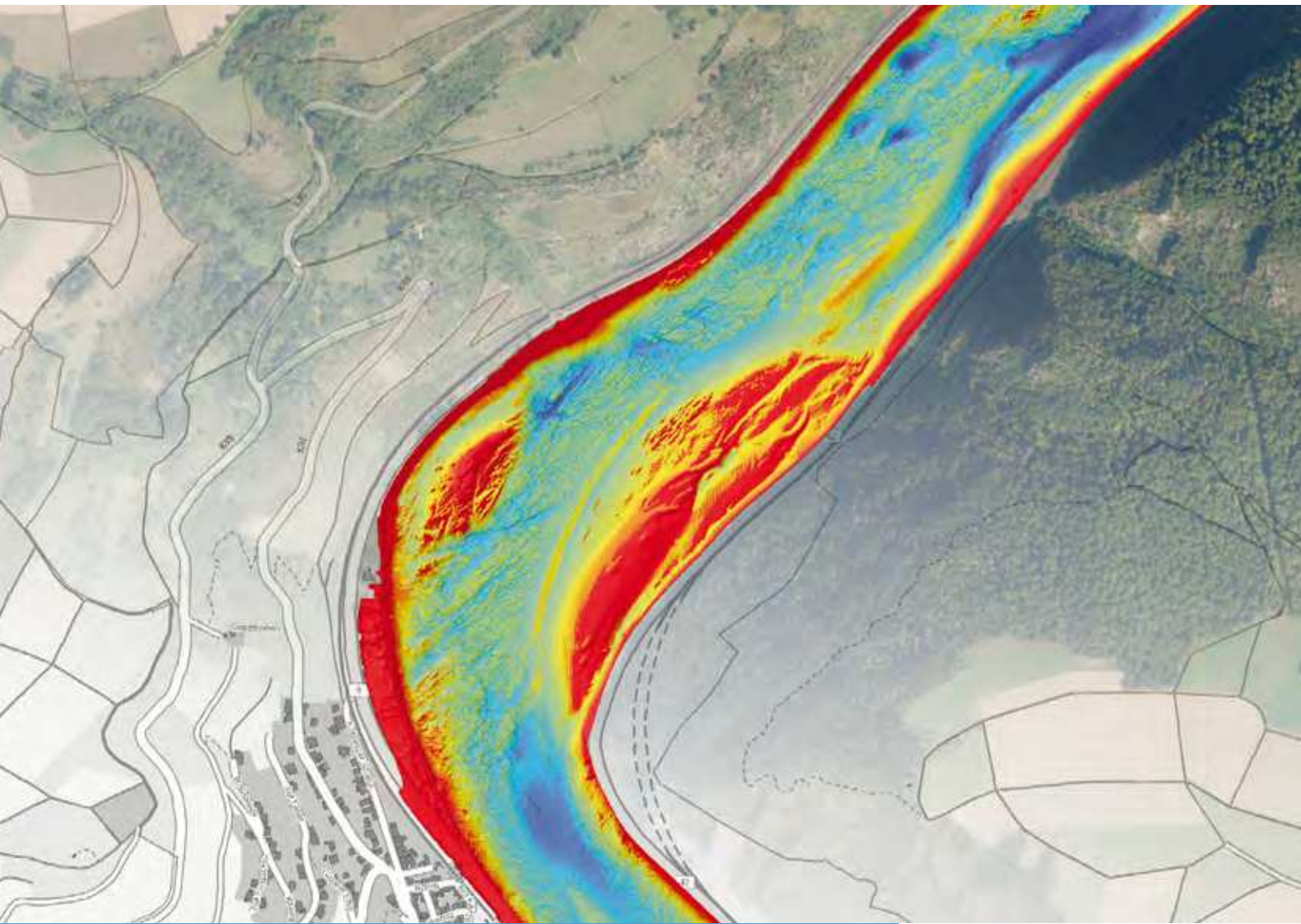
Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung 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 2022/2023



Impressum

Herausgeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
Postfach 20 02 53
56002 Koblenz
Tel.: (0261) 1306-0
Fax: (0261) 1306-5302
E-Mail: posteingang@bafg.de
Internet: <https://www.bafg.de>

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

Titelbild: Digitales Geländemodell des Wasserlaufs im Bereich des Jungferngrunds am Rhein (Rhein-km 551). Luftbild/Karte © Geo-Basis-DE/BKG (2022), Geländemodell © WSV/BfG (2020)

Gestaltung: unicom Werbeagentur GmbH

Druck: Druckereiverbund des BMDV

Zitiervorschlag: Bundesanstalt für Gewässerkunde (2022): Kompendium Forschung und Entwicklung 2022/2023. Koblenz, Oktober 2022, 196 S.
DOI: 10.5675/BfG-FuE_2022/2023

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

DOI: 10.5675/BfG-FuE_2022/2023

Inhalt

Vorwort	4
1 Was bewegt uns in Forschung und Entwicklung?	6
2 Verkehr und Infrastruktur	8
2.1 BMDV-finanzierte Forschung für Wasserstraßen	10
2.1.1 RimiK – Identifizierung von standortbezogenen Risikofaktoren und Indikatoren mikrobiell induzierter Korrosion wasserbaulicher Anlagen	10
2.1.2 Rauch – Bestimmung der gas- und partikelförmigen binnenschiffahrtsbedingten Luftschadstoffbelastungen an deutschen Bundeswasserstraßen	12
2.1.3 Sozio-Hydrologie 2050 – Modellansätze zur Bestimmung anthropogener und natürlicher Wasserdargebotsänderungen in den Einzugsgebieten der Bundeswasserstraßen	14
2.1.4 OptiVor – Echtzeit-Optimierung hydrologischer Vorhersagemodelle und Vorhersage-basierter Entscheidungen für die Bundeswasserstraßen	17
2.1.5 MeskalMon – Mehrskaliges Monitoring in Fließgewässern mit Fernerkundungs- und In-situ-Methoden für die Parameter Chlorophyll und Schwebstoff	19
2.1.6 MAHyD – Morphodynamische Analysen mittels hydroakustischer Daten – Sohlstrukturen und Geschiebetransport	21
2.1.7 IST – Integrierte Analyse schwebstoffdynamischer Prozesse zur Erklärung der Variabilität der Schwebstoff- und Sauerstoffgehalte sowie des Auftretens von Flüssigschlick in der Tideeems	24
2.1.8 FLUXAM – Dynamik der Wasser- und Stoffströme in Flüssen – Analyse und Vorhersage	26
2.1.9 Sat-Land-Fluss – Satellitenbasierte Wasser-Land-Grenzen-Bestimmung	28
2.1.10 GeoWAM – Neue Geodaten zur Verbesserung des Wassermanagements tidebeeinflusster Küstenbereiche	30
2.1.11 MALPROG – Anwendung von Methoden des maschinellen Lernens zur Verbesserung der Prognosen und Analysen der BfG	33
2.1.12 WaMUT – Messsystemanalyse und modellbasierte Sensorfusion für das hydrografische Wasserwechselzonenmonitoring mittels unbemannter Trägersysteme	35
2.1.13 MUG-Modell 1.0 – Beiträge zur Integration von Wasser- und Stoffflussmodellen der BfG-Fachabteilungen M, U und G auf Einzugsgebietsebene, Version 1.0	37
2.1.14 Internationales Bodenfeuchtemessnetz (ISMN) – Ein Service der In-situ-Bodenfeuchtedaten global sammelt, harmonisiert und dauerhaft bereitstellt	40
2.1.15 mDRONES4rivers – Moderne Sensorik und luftgestützte Fernerkundung für vegetationskundliche und hydromorphologische Anwendungen an Wasserstraßen	42
2.1.16 RiverCloud – Entwicklung eines autonomen und vernetzten UAV/USV-Tandemsystems für die Erfassung und Bereitstellung von hochaufgelösten Daten für das Management von Wasserstraßen	44
2.2 BMDV-finanzierte verkehrsträgerübergreifende Forschung – Expertennetzwerk	46
2.2.1 Robuste Wasserstraßen – Fließtiefe	46
2.2.2 Klimawandelinduzierte Änderungen der Schadstoffströme	48
2.2.3 Klimawandel- und landnutzungsinduzierte Veränderungen der Sedimenteinträge in Bundeswasserstraßen	50
2.2.4 Ökologische Vernetzung zur Förderung der Biodiversität und der strukturellen Lebensraumvielfalt	52
2.2.5 Entwicklung praxisorientierter und präventiver Strategien zur Kontrolle und Minimierung der Beeinträchtigung durch Neobiota	55
2.2.6 Unsicherheitsanalyse der Modellierung von Luftschadstoffemissionen der Binnenschifffahrt für einen verbesserten verkehrsträgerübergreifenden Vergleich	58
2.2.7 Bau- und bauwerksbedingte Emissionen / Immission in Wasser, Boden und Luft	60
2.2.8 Erweiterung und Überprüfung der Datengrundlage binnenschiffahrtsbedingter Schallemissionen	63
2.2.9 Skalenübergreifende Fernerkundungsmethoden zur räumlichen Beschreibung von Verkehrsinfrastrukturen und deren Veränderungen	65

2.3	Drittmittel-finanzierte Gewässerforschung	67
2.3.1	Ceroxid-Partikel als funktionelle Haloperoxidase-Analoga zur Verhinderung von Biofouling	67
2.3.2	ImpEx – Umweltbewertung von Abgasreinigungsanlagen zur Schwefelminderungen auf Seeschiffen; Schwerpunkt: Analyse des Scrubber-Waschwassers und Aktualisierung der Grenzwerte der Scrubber-Richtlinie (MEPC.259(68))	70
2.3.2	LILIAR – LIVING LAB RHINE	73
2.3.4	Rheinhessprogramm Datenauswertung – Sammlung, Prüfung, Auswertung, Bereitstellung und Veröffentlichung der Messdaten der Flussgebietsgemeinschaft Rhein (FGG Rhein)	75
2.3.5	MUDAB – Meeresumweltdatenbank	77
2.3.6	Trinkwasserdatenbank	79

3 Ökosysteme und Biodiversität 80

3.1 BMDV-finanzierte Forschung für die Wasserstraßen 82

3.1.1	Uferfunk – Die Interaktion zwischen Vegetation und Boden an gezeitengeprägten naturnahen Ufern	82
3.1.2	DyNaMo – Dynamics of Nature and Morphology – Die Ursache-Wirkungsbeziehungen des Röhrichtwachstums an Bundeswasserstraßen	84
3.1.3	Mehrdimensionale Modellierung von Gewässergüte und Nahrungsnetzen in Ästuaren – Grundlagen und Werkzeuge für ein Gewässermanagement	86
3.1.4	BIO-eDNA – Molekularbiologische Methoden zur Erfassung der Biodiversität und ökologischen Bewertung von Bundeswasserstraßen sowie zur Detektion von Neobiota und schwer auffindbaren Arten	89
3.1.5	DigiTax – Neue Technologien zur Digitalisierung molekularbiologischer Methoden zur echtzeitnahen biologischen und ökotoxikologischen Überwachung von Bundeswasserstraßen	92
3.1.6	MESMAV – Methodenentwicklung zur Erfassung von Schweinswalen mittels akustischer Verfahren in Ästuaren	94
3.1.7	Mikro- und Makroplastik in Bundeswasserstraßen – Beschreibung von Zustand, Transportmechanismen, ökologischen Risiken und Managementoptionen	96
3.1.8	SOURCE – Identifizierung von Schadstoffquellen in Bundeswasserstraßen	98
3.1.9	OGIMo – Interaktionen zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser entlang von Bundeswasserstraßen am Beispiel der Mosel – Prozessverständnis und Tracertechniken	100
3.1.10	MONDE 1 – Die chemische Monitoring-Station der Zukunft	103
3.1.11	QUISS – Fraktionierung, Speziierung, Umwandlungsprozesse und Mobilität von Quecksilber in Sedimenten und Schwebstoffen deutscher Fließgewässer	106
3.1.12	URSACHEN – Unsicherheiten bei der Bestimmung raumzeitlich variabler Stofffrachten in Fließgewässern	108
3.1.13	QUESTOSI – Querschnittsaufgabe Stofftransport-Simulationen am Beispiel der Weiterentwicklung von Verfahren und Anwendungsfällen zur integrierten Modellierung der Nebenräume von Ästuaren	110
3.1.14	AMBERS – Ansätze einer multikriteriellen Bewertung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen	112

3.2 Drittmittel-finanzierte Gewässerforschung 115

3.2.1	Non-Target Hessisches Ried – Studie zur chemischen Charakterisierung und Quantifizierung bisher nicht bekannter Stoffe in Wässern im Hessischen Ried	115
3.2.2	NTS Sachsen – Studie zur Ermittlung von Belastungspfaden und Beschreibung des stofflichen Status in ausgewählten sächsischen Gewässern durch ein Non-Target-Screening	117
3.2.3	„Non-Target-Screening“ als Routineparameter in Umweltproben der Umweltprobenbank	119
3.2.4	NTS-Portal – Online-Portal „Non-Target-Screening für die Umweltüberwachung der Zukunft“	121
3.2.5	QAV in Gewässern – Ökotoxikologische Wirkungen von quartären Ammoniumverbindungen (QAV) und Belastung in Gewässern	123
3.2.6	PROMISCES – Preventing Recalcitrant Organic Mobile Industrial chemicals for Circular Economy in the Soil-sediment-water system	125
3.2.7	AiM – Orientierende Untersuchungen und Analysen zur Reduzierung des Beitrags industrieller Abwässer an der Gewässerbelastung mit Mikroverunreinigungen	127
3.2.8	FlexTreat – Wasserwiederverwendung	128
3.2.9	Eintragungspfade von Mikroverunreinigungen und Resistenzen in Oberflächengewässer	130

3.2.10	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	132
3.2.11	Plastikfracht im Rhein – Quantitative Erfassung, Bilanzierung und Bewertung von Mikrokunststoffen in internationalen Flussgebieten Rhein und Donau	134
3.2.12	LABPLAS – Land-Based Solutions for Plastics in the Sea	136
3.2.13	Die räumliche Variabilität des Porengehalts in fluvialen Sedimenten von Sand-Kies-Flussbetten	138
3.2.14	LiLa Living Lahn – Entwicklung eines Sedimentmanagementkonzeptes für die Lahn und Monitoring der Auswirkungen von im Projekt laufenden Revitalisierungsmaßnahmen auf die Sedimentqualität	140
3.2.15	MERLIN – Mainstreaming Ecological Restoration of freshwater-related ecosystems in a Landscape context: INnovation, upscaling and transformation	142
4	Ökologische Gewässerentwicklung	144
4.1	BMDV-finanzierte Forschung für Wasserstraßen	146
4.1.1	BEconnect – Flussufer und ihre Bedeutung für die Biodiversität und den Habitatverbund zwischen aquatischen und terrestrischen Lebensräumen	146
4.1.2	FuE-Rahmenkonzept: Ökologische Durchgängigkeit für Fische – Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit für Fische an den Staustufen der Bundeswasserstraßen – Rahmenkonzept für Forschung und Entwicklung	148
4.1.3	Hydraulik und Schwimmverhalten von Fischen – Grundlagen für die Bewertung und Abgrenzung von Wanderkorridoren	151
4.1.4	Wanderkorridore von Fischen in stauregulierten Bundeswasserstraßen anhand abiotischer Faktoren identifizieren und charakterisieren	153
4.1.5	Entwicklung eines Methodenstandards zur biologischen Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen	155
4.1.6	Verbesserung der Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen durch zusätzliche Dotation oder mehrere Einstiege	157
4.1.7	Passierbarkeit verschiedener Bautypen von Fischaufstiegsanlagen	159
4.1.8	Passierbarkeit von Schlitzpässen unterschiedlicher Geometrie und Hydraulik	161
4.1.9	Durchführung ethohydraulischer Untersuchungen zur Passierbarkeit von Sonderbauwerken für den Fischaufstieg	163
4.1.10	Verhalten von Fischen beim Fischabstieg und Klassifizierung der Abwanderwege bei Abflussaufteilung	166
4.1.11	Zeitlich-räumliche Relevanz des Fischabstiegs über Wehre und Schädigungspotenzial verschiedener Wehrtypen	168
5	Globaler Wandel und Klimawandel	170
5.1	Drittmittel-finanzierte Gewässerforschung	172
5.1.1	Biogeomorphic feedbacks and their role for sediment erosion and connectivity along a climatic gradient in Chile	172
5.1.2	2D-Modellierung zwischen Tangermünde und Geesthacht zur Verbesserung der Hochwassersituation an der unteren Mittelelbe	175
5.1.3	TRACE – Eingangsgrößen für Transportmodelle zur Vorhersage der Ausbreitung von radioaktiven Stoffen in großen Fließgewässern	178
5.1.4	FRIEND-Water – Flow Regimes from International Experimental and Network Data	180
5.1.5	Co-MICC – 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	182
5.1.6	GlobeWQ – Global Water Quality Analysis and Service Platform	184
5.1.7	MedECC – Mediterranean Experts on Climate and environmental Change	187
5.1.8	SASSCAL PhD Programme – The Southern African Science Service Centre for Climate Change and Adaptive Land Management	189
	Abkürzungsverzeichnis	191
	Abbildungsverzeichnis	193
	Organigramm	197

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 quantitative und qualitative Gewässerkunde, Ökologie sowie Gewässernutzung 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. Bernd Brügge
Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
Vizepräsident und Abteilungsleiter Meereskunde



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



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



Prof. Dr. Kai Jensen
Universität Hamburg
Fakultät Biologie
Angewandte Pflanzenökologie



Dr. Adriano Joss
Eawag
Abteilung Verfahrenstechnik



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



Sebastian Messing
Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt
Leiter der Unterabteilung Umwelt, Nebenwasserstraßen



Prof. Dr. Heribert Nacken
RWTH Aachen University
Institut für Bauingenieurwesen
Lehr- und Forschungsgebiet Ingenieurhydrologie



Prof. Dr. Rita Triebkorn
Universität Tübingen
Institut für Evolution und Ökologie
Steinbeis Transferzentrum für Ökotoxikologie und Ökophysiologie

Abbildung 1: Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirates der BfG

Der Wissenschaftliche Beirat der BfG ist ein Garant der Qualitätssicherung von Forschungsprojekten, die vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) 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, BMDV-finanzierten, Projekte und besitzt somit eine tragende Rolle im mehrstufigen Prozess der internen Qualitätssicherung.

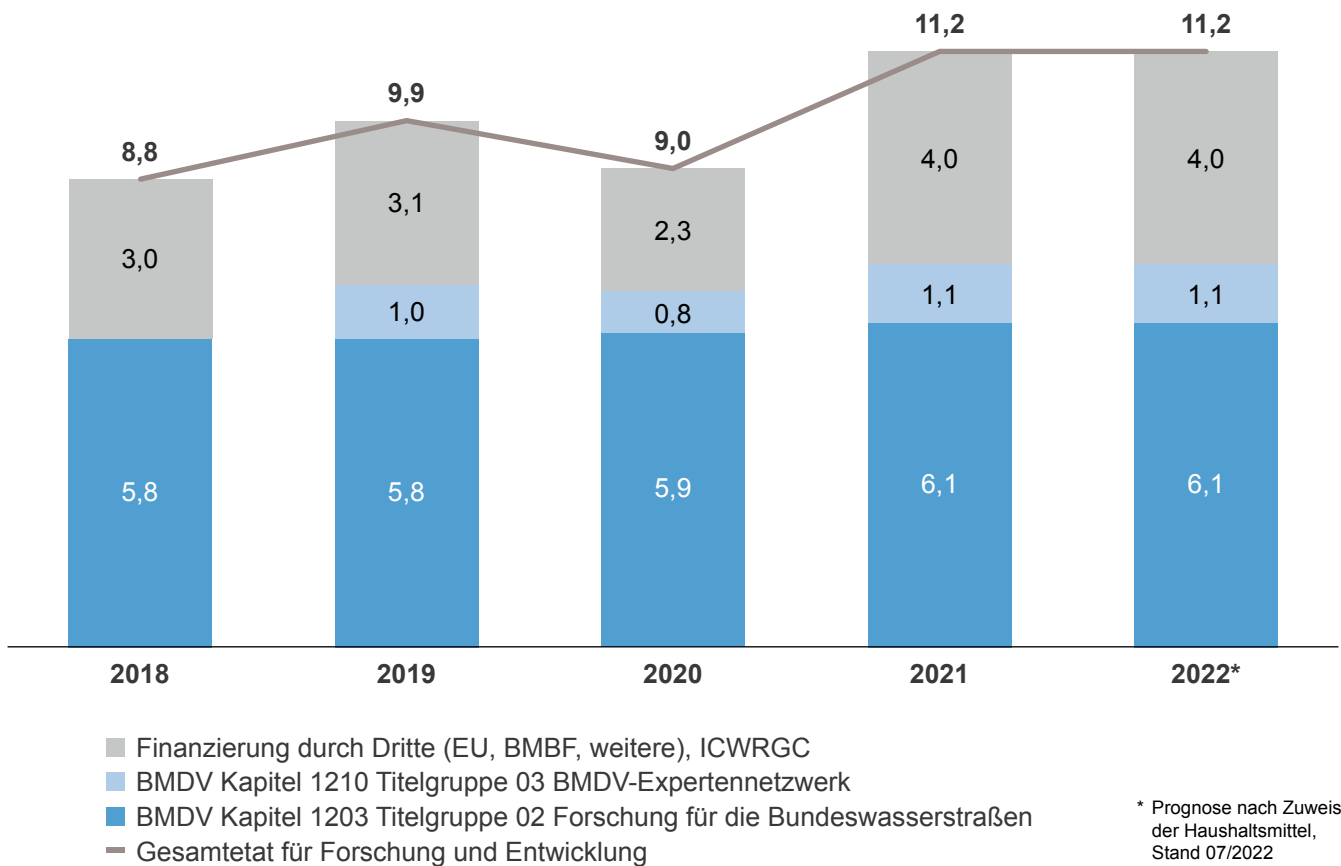
Nun wünschen wir Ihnen – der interessierten Leserin und dem interessierten Leser – erkenntnisreiche Einblicke. Möchten Sie tiefer in die Materie eintauchen? Wenden Sie sich gerne direkt an unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, wir freuen uns auf Ihre Fragen und Impulse.



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 Digitales und Verkehr (BMDV) 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 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. Die vielfältigen FuE-Projekte, die in der BfG derzeit bearbeitet werden, decken eine breite fachliche Palette – von Gewässerchemie über Gewässerbiologie bis hin zur Gewässermorphologie – ab.

Im vorliegenden Kompendium Forschung und Entwicklung 2022/2023 werden Ihnen die derzeit laufenden und kürzlich abgeschlossenen FuE-Projekte der BfG vorgestellt. Sie gliedern sich in vier übergeordnete Themenschwerpunkte:

- Verkehr und Infrastruktur
- Ökosysteme und Biodiversität
- Ökologische Gewässerentwicklung
- Globaler Wandel und Klimawandel

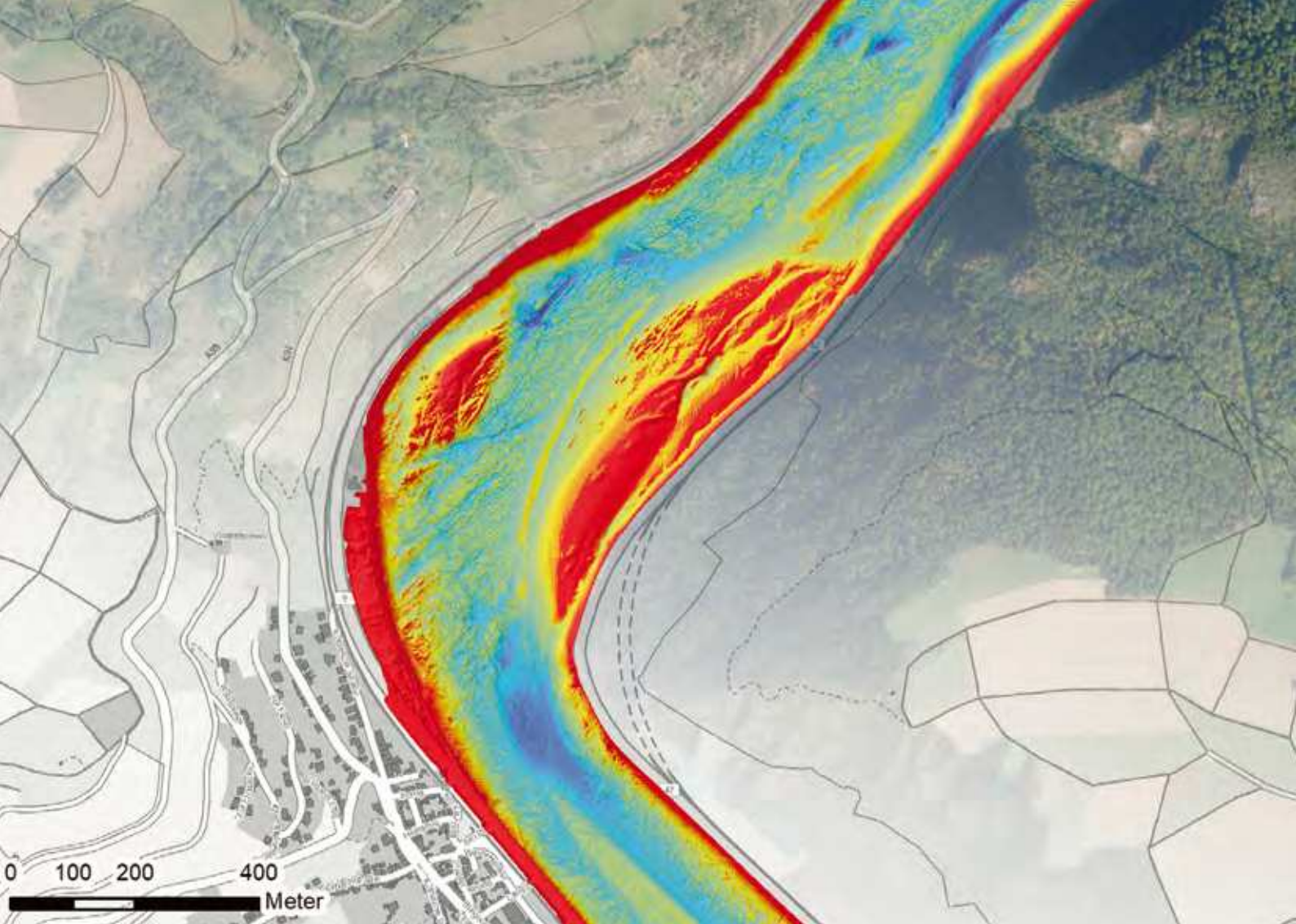
Zum einen präsentieren wir Projekte, die durch einen kontinuierlich vom BMDV zur Verfügung gestellten Forschungsetat von inzwischen 6,1 Mio. € finanziert werden. Zum anderen werden Projekte des BMDV-Expertennetzwerks „Wissen – Können – Handeln“ aufgeführt, die im Verbund mit sechs weiteren Ressortforschungseinrichtungen des BMDV verkehrsträgerübergreifend bearbeitet werden. Außerdem wird über vier Projekte des Modernitätsfonds des BMDV (mFUND) berichtet, die im Rahmen digitaler datenbasierter Anwendungen für die Mobilität 4.0 gefördert werden und wurden. Wir stellen Ihnen Projekte vor, die durch Drittmittelgeber (nicht BMDV) 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.

In Abbildung 2 ist der Forschungs- und Entwicklungsetat der BfG von 2018 bis 2022 dargestellt: Er bewegte sich von 8,8 Mio. € (2018) bis zu 11,2 Mio. € (2022). Er untergliedert sich in Finanzierungen durch das BMDV (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 BMDV 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.

Darüber hinaus unterstützt die BfG das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) bei dessen Aufgabenwahrnehmung im Bereich Wasserwirtschaft sowohl durch Beratungs- als auch FuE-Leistungen. Die Ergebnisse dieser wissenschaftlichen Arbeiten und angewandten Forschung werden jährlich zusammenfassend in „Beratungs- und FuE-Leistungen der BfG für das BMUV“ dargestellt und veröffentlicht (https://www.bafg.de/DE/01_Leistungen/01_Beratung/BMU/bmu_node.html).



2 Verkehr und Infrastruktur

Wesentliche Teile der Bundeswasserstraßen sind volkswirtschaftlich hochrelevante Verkehrswege, zugleich aber auch Ökosysteme und Erholungsräume. Sie sind einerseits hochwertige Lebensräume für freilebende Tiere und Pflanzen, andererseits aber auch Transportwege. Sie bilden zusammen mit den Häfen die Voraussetzung für die Schifffahrt, die einen entscheidenden Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandortes Deutschland leisten. Zusätzlich dienen die Wasserstraßen der Wasserbereitstellung und der Wasserableitung. In der Regel handelt es sich um anthropogen beeinflusste natürliche oder künstliche Systeme, die ständigen Veränderungen unterworfen sind. Um den multiplen Funktionen Rechnung zu tragen, bestehen besondere Anforderungen für Unterhaltung und Management sowie die nachhaltige Entwicklung der Wasserstraßen. Das Netz der Bundeswasserstraßen in Deutschland umfasst ca. 7.350 km Binnenwasserstraßen sowie ca. 23.000 km² Seewasserstraßen. Zu den

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

2.1 BMDV-finanzierte Forschung für Wasserstraßen

2.1.1 RimiK – Identifizierung von standortbezogenen Risikofaktoren und Indikatoren mikrobiell induzierter Korrosion wasserbaulicher Anlagen

Mikroorganismen korrodieren durch ihre Aktivität Wasserbauwerke. Wir untersuchen, welche Organismen beteiligt sind und identifizieren standortbezogene Risikofaktoren.

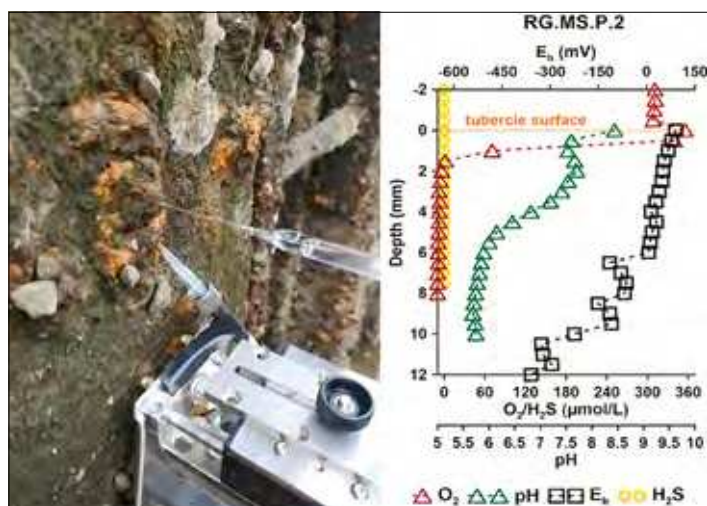


Abbildung 4: Mikrosensormessungen in einer Korrosionspustel sowie Profile für H_2S , pH, E_n , O_2 . © A. Fiskal / BfG

Für die Funktionsfähigkeit der Bundeswasserstraßen sind Wasserbauwerke wie Spundwände, Schleusen oder Wehre unerlässlich. Korrosionsschäden an wasserbaulichen Anlagen verursachen 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 Umweltfaktoren wie Temperatur, pH-Wert, dem Baustoff oder der Hinterfüllung. Dabei entstehen charakteristische „Korrosionspusteln“, die als Aufwölbungen erkennbar sind (Abb. 4).

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 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

Ergebnisse

- Durch die Mikrosensormessungen konnte gezeigt werden, dass sich in den Korrosionspusteln besondere Bedingungen (niedriger pH, anoxische Zonen und niedriges Redoxpotenzial) einstellen, welche stark von den Umgebungsbedingungen abweichen.
- Eine entsprechend komplexe und auf die vorherrschenden Gradienten angepasste mikrobielle Lebensgemeinschaft konnte mittels NGS-Sequenzierung nachgewiesen werden (zum Beispiel Eisenreduzierer (Geothrix), Sulfatreduzierer (Desulfovibrio), Eisenoxidierer (Gallionella), siehe Abb. 5).
- Korrosionsraten wurden durch das Ausbringen und Auswiegen von Stahlcoupons an sechs Standorten quantifiziert.
- Einige der Mikroorganismen, die in den Rosttuberkeln im Freiland nachgewiesen wurden, konnten im Labor angereichert werden, um Schlüsselorganismen für MIC (microbial induced corrosion) zu identifizieren.
- Bei Versuchen mit Reinkulturen verschiedenster Sulfatreduzierer konnten die unterschiedlichen Korrosionsmechanismen aufgezeigt werden.



Abbildung 5: Stahlcoupons nach fünf Wochen Exposition in Rhein (A) und Mosel (B), Tortendiagramm der häufigsten Bakterienarten.

© A. Fiskal / BfG

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Mithilfe von *Proteomics* sollen die Schlüsselproteine bei den verschiedenen Korrosionsmechanismen identifiziert werden.
- Die Korrosionsraten sollen mit den jeweils vorherrschenden Umweltbedingungen korreliert werden, um eventuelle Risikofaktoren zu erkennen.
- Beim Vergleich der Korrosionspusteln aller Standorte soll die für die Korrosion typische Lebensgemeinschaft („Core Community“) identifiziert werden.
- Dadurch können potenzielle biologische MIC-Indikatoren abgeleitet werden.
- Das methodische Repertoire der BfG hinsichtlich mikrobiologischer und molekularbiologischer Kompetenzen wird ausgebaut.

Publikationen zum Thema

- FISKAL, A., REDDY, L. R., HERRIG, I., WULF, S. E., MEIER, J., & FISCHER, H. (2021): Biogeochemical and microbiological characterization of rust tubercles induced by microbial activity. Ergebnisse der Jahrestagung der DGL 2021, 93.
- FISKAL, A., REDDY, L. R., HERRIG, I., WULF, S. E., MEIER, J., & FISCHER, H. (2021): Biogeochemical and microbiological characterization of rust tubercles induced by microbial activity. Goldschmidt2021• Virtual• 4–9 July.
- FISKAL, A., REDDY, L. R., WULF, S. E., FISCHER, H., & MEIER, J. (2021): Biogeochemical characterization of rust tubercles induced by microbial activity using a custom-made field microsensor system. The Chemical Monitoring Station of the Future, 28.

Projektlaufzeit

11/2019 – 06/2023

Auftraggeber

BMDV

Projektpartner

Bundesanstalt für Wasserbau

Universität Koblenz-Landau, Institut für Integrierte Naturwissenschaften
Eberhard-Karls-Universität Tübingen

Projekt-Nr.

M39620204061

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Annika Fiskal

E-Mail: fiskal@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5537

Referat U2 – Mikrobielle Ökologie

2.1.2 Rauch – Bestimmung der gas- und partikelförmigen binnenschifffahrtsbedingten Luftschadstoffbelastungen an deutschen Bundeswasserstraßen

Durch In-situ-Messungen und Ausbreitungsmodellierungen soll die Frage nach dem Beitrag der Binnenschiffahrt zur Immissionsbelastung an Bundeswasserstraßen beantwortet werden.



Abbildung 6: Ein Binnenschiff passiert die Station am Wormser Rheinufer, an der gas- und partikelförmige Luftschadstoffe sowie meteorologische Parameter gemessen werden. © P. Eger / BfG

Die negativen Auswirkungen von Luftschadstoffbelastungen, hervorgerufen durch dieselbetriebenen Individualverkehr in deutschen Innenstädten, bedingen einen anhaltenden gesellschaftlichen Diskurs. Bisher nur ansatzweise beleuchtet wurden die Immissionen von Binnenschiffen an deutschen Bundeswasserstraßen und deren Auswirkungen auf die in direkter Nähe der Wasserstraßen lebende Bevölkerung. Um effektive Maßnahmen zur Minderung der Luftschadstoffbelastung ergreifen zu können, muss geklärt werden, inwiefern die Binnenschiffahrt zur Luftschadstoffbelastung beiträgt.

Veranlassung

Zur ortsspezifischen Quantifizierung des Beitrags der Binnenschiffahrt müssen – ebenso wie für an-

dere Verkehrsträger – vorhandene Wissenslücken geschlossen werden. Da sich zumindest der zum Antrieb von Binnenschiffen verwendete Diesel nicht wesentlich von dem des Straßenverkehrs unterscheidet, gilt es zu klären, ob unterschiedliche Mechanismen der Kraftstoffverbrennung und der Abgasnachbehandlung bei den Verkehrsträgern zu verschiedenen Charakteristika bei partikulären und gasförmigen Immissionen führen. Als Basis hierzu dienen Messungen und Modellierungen, um daraus stichhaltige Aussagen über die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Luftschadstoffimmissionen der Binnenschiffahrt sowie die räumliche Ausbreitung der Abgasfahnen in Ufernähe ableiten zu können.

Ziele

- eindeutige Identifizierung und Quantifizierung der binnenschifffahrtsbedingten Luftschadstoffkonzentrationen in der Atmosphäre (Immissionen)
- Ermittlung des Beitrags der Binnenschiffahrt an der Gesamtluftschadstoffbelastung und Abgrenzung von den Beiträgen anderer Emissionsquellen (v.a. Straßenverkehr, Industrie, Hausbrand und Landwirtschaft)
- Vergleich der experimentell und modelltechnisch ermittelten Daten, um Aussagen über die Validität von modellierten Schiffsimmissionen treffen zu können
- Ableitung von schadstoffspezifischen Emissionsfaktoren, um die Modellierung mit realitätsnahen Werten zu verbessern

Ergebnisse

Seit April 2021 wurden an zwei Standorten am Oberrhein kontinuierlich Immissionsdaten für Stickoxide (NO_x), Kohlendioxid (CO₂), Feinstaub (PM_{2,5} und PM₁₀), Ultrafeinstaub (Durchmesser < 100 nm) und Ruß erhoben. Mithilfe lokaler meteorologischer Daten und Schiffsdaten konnten Immissionspeaks in den Messdaten den Abgasfahnen einzelner Schiffe zugeordnet werden. Daraus ließ sich der durchschnittliche Beitrag der Binnenschiffe an der Gesamtbelastung über den Messzeitraum für die beiden Standorte errechnen.

Hinsichtlich der Partikelgrößenverteilung wurde festgestellt, dass Binnenschiffe – ähnlich wie dieselbetriebene Fahrzeuge im Straßenverkehr – größtenteils Partikel im Ultrafeinstaubbereich emittieren. Für eine Modellierung der Luftschadstoffimmissionen wurden für den Standort Worms Ausbreitungsrechnungen mit dem Modell AUSTAL2000 durchgeführt. Die zur Ausbreitungsrechnung benötigten Schiffsemissionen wurde mit LuWas ermittelt. Als

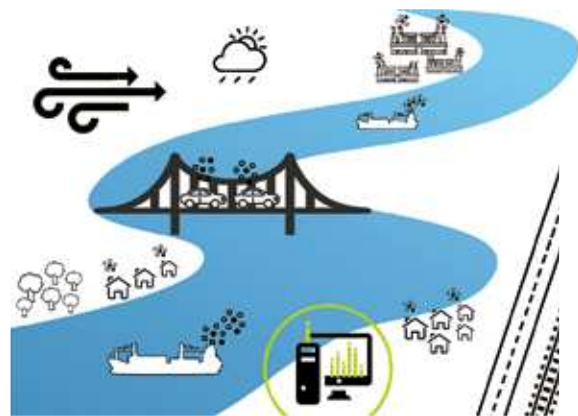


Abbildung 7: Im Projekt wird mittels Messungen und Modellierungen der Beitrag der Binnenschiffahrt an der Luftschadstoffbelastung ermittelt und von anderen Quellen abgegrenzt.
© T. Mathes / BfG

Ergebnis wurden Immissionskonzentrationen aller o.g. Luftschadstoffe außer Ultrafeinstaub erhalten und mit den Messdaten verglichen.

Darüber hinaus konnten für den Oberrhein Emissionsfaktoren für alle gemessenen Luftschadstoffe ermittelt werden, die zur Verbesserung der Modellierung verwendet werden.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- zusätzliche Messungen an weiteren Standorten (u.a. am Dortmund-Ems-Kanal) und Vergleich mit den Ergebnissen aus Worms und Gernsheim
- weitere Untersuchungen bezüglich der chemischen Zusammensetzung sowie der charakteristischen Partikelgrößenverteilung von Schiffsabgasen
- Einsatz des hochaufgelösten Modells PALM-4U zur zeitlich und räumlich differenzierteren Analyse des Ausbreitungsverhaltens der Schiffsemissionen
- abschließende Bewertung und Kommunikation der Ergebnisse in Peer-review-Journals sowie auf wissenschaftlichen Konferenzen und Fachtagungen

Projektlaufzeit 01/2020 – 12/2023
Auftraggeber BMDV
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

2.1.3 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. Dabei werden unterschiedliche Modell- und Untersuchungsansätze erprobt.

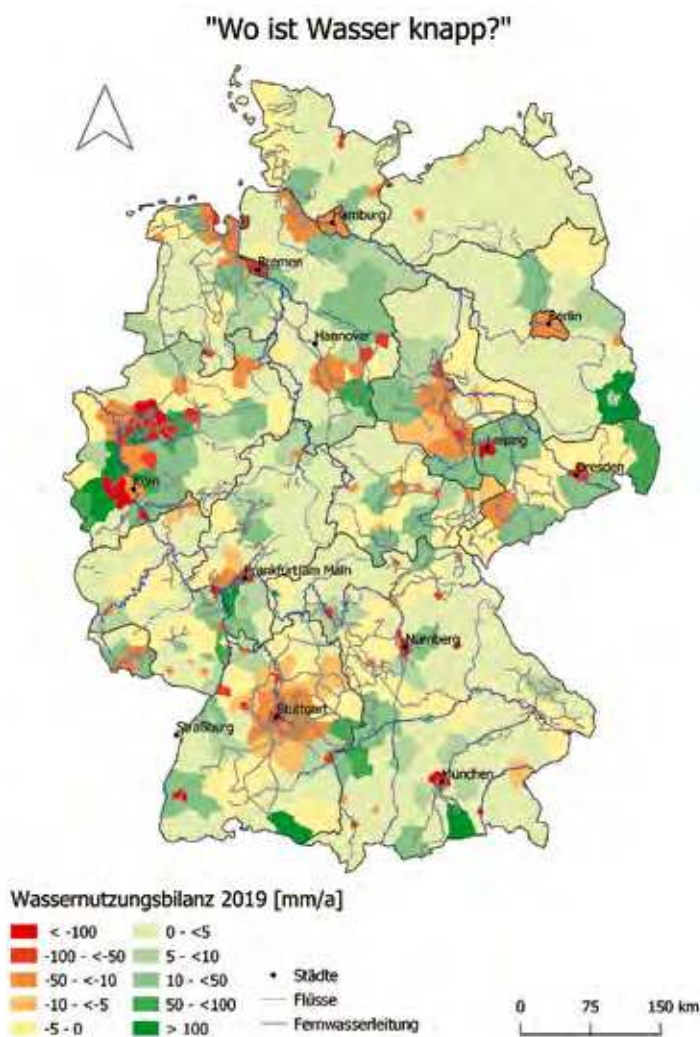


Abbildung 8: Karte der Wassernutzungsbilanz 2019 aus Wassergewinnung und Wasserabgabe (und Bewässerungsmenge) auf Kreisebene. Rot dargestellt sind Defizitgebiete (Wasserabgabe ist größer als Wassergewinnung). Hingegen sind dunkelgrün gekennzeichnete Regionen Überschussgebiete.

Datenbasis © DESTATS; Berechnung und Darstellung © BfG

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“, das 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

Ergebnisse

- a) Datenbank öffentlicher und nicht-öffentlicher Entnahme- und Rückleitungsmengen seit Mitte des 20. Jahrhunderts basierend auf den amtlichen statistischen Daten sowie weiterer sektoraler Wasserbewirtschaftungsdaten
- b) Datenbank möglicher Treiber von Wassernutzungsänderungen, u.a. sozioökonomische und meteorologische Größen seit Mitte des 20. Jahrhunderts basierend auf den amtlichen statistischen Daten

- c) Aufbau, erste Anwendung, Evaluierung und Optimierung von multiplen linearen Regressionsmodellen zur Schließung von räumlichen und zeitlichen Erhebungslücken in a) und zur Ableitung von Wassernutzungsszenarien aus makroökonomischen, demografischen 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. Eine weitere Evaluierung des Ansatzes erfolgt anhand regionaler Fallstudien (z.B. Donau-Main-Überleitung).
- d) Aufbau und erste Anwendung konzeptioneller sozio-hydrologischer Modellen für ausgewählte Fallstudien: Landwirtschaft (Beispiel Nordostniedersachsen), Binnenschifffahrt (Beispiel Rhein), Wasserversorgung (München), Wasserbedarf Industrie (Stuttgart) 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.). Eine Evaluierung erfolgt soweit möglich anhand der unter a) und b) genannten Daten.
- e) Erweiterung des Wasserhaushaltsmodells LARSIM-ME hinsichtlich ausgewählter Wasserbewirtschaftungsaspekte (Tagebaubewirtschaftung Lausitz, Überleitung Donau-Rhein)
- f) konkrete Unterstützung der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung und von Nachbarprojekten, z.B. Analyse des Einflusses der Überleitungsmenge auf den Abfluss am Beispiel des Einzugsgebietes des Neckars (für WNA Heidelberg), Fortschreibung und Erweiterung einer Wassernutzungsbilanz auf NUTS3-Ebene (Wassergewinnung minus Abgabe) zur Identifizierung von Gebieten mit ausreichender Eigenversorgung oder externer abhängiger Versorgung (für die UBA-Projektgruppe WADKlim)

Ausblick auf die nächsten Jahre

- a) 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.
- b) 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 und zu bewerten.

Publikationen zum Thema

KRAHE, P., NILSON, E., KNOCHÉ, M., and EBNER VON ESCHENBACH, A.-D. (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., MEYERHOLZ, K., EBNER VON ESCHENBACH, A.-D., NILSON, E., RECKNAGEL, T. (2018): Anthropogene Einflüsse auf den Wasserhaushalt – Möglichkeiten und Grenzen der modelltechnischen Implementierung. Vortrag LARSIM-Anwenderworkshop, Koblenz am 14.03.2018, https://www.larsim.info/fileadmin/files/Anwendertreffen/2018/10_Maus_Meyerholz_Anthropogene_Einfluesse_Wasserhaushalt.pdf

Projektlaufzeit	01/2015 – 12/2021
Auftraggeber	BMDV
Projektpartner	Institut für Sozial-Ökologische Forschung TU Wien, Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie
Projekt-Nr.	M39610204062 (mit „Wasserwirtschaft 2050“ als Vorgängerprojekt M39610204036)

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Anna-Dorothea Ebner von Eschenbach

E-Mail: EbnerVonEschenbach@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5187

Referat M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

2.1.4 OptiVor – Echtzeit-Optimierung hydrologischer Vorhersagemodelle und Vorhersage-basierter Entscheidungen für die Bundeswasserstraßen

OptiVor unterstützt die Optimierung operationell einsetzbarer Vorhersagemodelle und -methoden sowie die Entwicklung nutzerorientierter Vorhersageprodukte des Bundes für die Binnenwasserstraßen.

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 Vorhersagemethoden und -modelle sowie der auf ihnen basierenden (längerfristigen) Produkte.

Veranlassung

Hydrologische (Extrem-)Ereignisse und daraus erwachsende Nutzeranforderungen sowie die 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 stark nachgefragt.

Da neben den meteorologischen Vorhersagen die Zustände des hydrologischen Systems (z.B. Schnee, Bodenfeuchte) eine wichtige Rolle für die Vorhersagbarkeit spielen, werden in OptiVor Methoden der Assimilation (z.B. Ensemble-Kalman-Filter) multipler Datensätze (z.B. Pegel-daten, Satellitenprodukte) untersucht und für diesen Zweck verbesserte Modellbeschreibungen entwickelt. Parallel erfolgt die statistische Analyse der Nutzung regionaler und globaler Telekonnektionen zur Erweiterung der Vorhersagehorizonte an den Wasserstraßen. OptiVor betrachtet zudem das Potenzial modellbasierter, prädiktiver Regler in Kombination mit Vorhersageunsicherheiten.

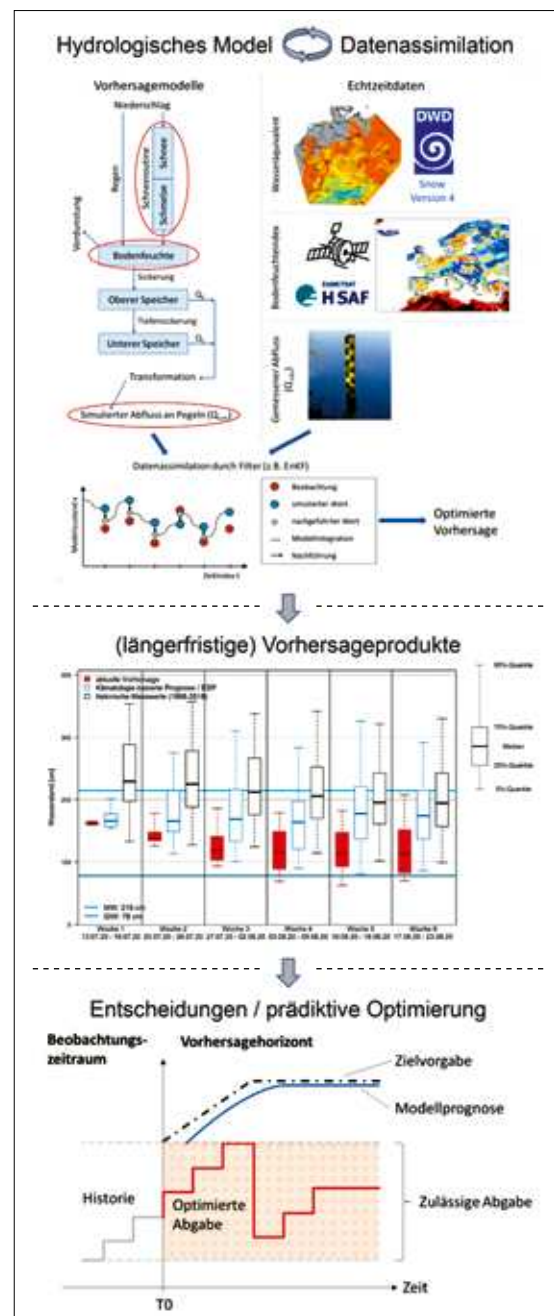


Abbildung 9: Schematische Darstellung der Schwerpunkthemen des FuE-Projekts OptiVor. © BfG

Ziele

- Erkenntnisse zur Steigerung der Vorhersagegüte durch operationelle Assimilation multipler Echtzeitdaten (Fallstudie: Rhein)
- Erweiterung der Prozessbeschreibungen in den hydrologischen Vorhersagemodellen (Fallstudie: Rhein)
- Methodenentwicklung zur automatisierten Erstellung mehrwöchiger bis mehrmonatiger Vorhersagen als prognostische Information für die Wasserstraßennutzung sowie das Wasserstraßenmanagement (Fallstudien: Rhein, Elbe, Donau)
- Entwicklung von Werkzeugen zur Ableitung optimierter Betriebsvorschläge für ausgewählte Managementaufgaben der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (Fallstudien: Weser, Nord-Ostsee-Kanal)

Ergebnisse

- Operationalisierung einer 6-Wochen-Vorhersage für Rhein (Pegel Kaub, Köln, Duisburg-Ruhrort) und Elbe (Pegel Dresden, Barby, Neu Darchau) im Juli 2022 (vorkonfigurierte PDF-Berichte)
- Entwicklung einer dynamischen Web-Applikation zur nutzerspezifischen Darstellung und Analyse der 6-Wochen-Vorhersagen für Rhein und Elbe (Entwicklung Web-Applikation abgeschlossen, Operationalisierung nach Bearbeitung letzter bereitstellungstechnischer Punkte)

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Kombination deterministischer und statistischer Methoden zur mehrmonatigen Prognose von Abflüssen / Wasserständen an den Wasserstraßen, Aufbau eines präoperationellen Vorhersagebetriebs
- Operationalisierung der Datenassimilation (EnKF) für die verkehrsbezogene Vorhersagen am Rhein

Publikationen zum Thema

FRIELINGSDDORF, B., MEISSNER, D., KLEIN, B. (2021): Developing probabilistic long-term forecasts for the Upper Danube waterway. XXIX Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. 6 – 7.9.2021, Brno / Czech Republic

TYRALLA, C., BELGER, G., KLEIN, B., MEISSNER, D., THÜL, M., TYRALLA, C., WEBER, M., WEIER, J. (2021): Coupling different hydrological models and data assimilation approaches with HydPy and OpenDA for improved runoff forecasts for the Rhine river; Delft-FEWS International User Days 2021, Online, 8./11./15. November 2021

WEIER, J., TYRALLA, C., KLEIN, B., BELGER, G., MEISSNER, D. (2021): Applying the hydrological model framework HydPy for data assimilation in order to improve operational medium-range forecasts within the Rhine basin. HEPEX 8th International Workshop, Online, 29.06 – 01.07.2021

MEISSNER, D., KLEIN, B., FRIELINGSDDORF, B., MAURER, T. (2021): Wasserstraßenbezogene Vorhersagedienste – elementarer Baustein zur Unterstützung der Transportlogistik besonders in Niedrigwasserperioden. Korrespondenz Wasserwirtschaft, 2021 (14), Nr. 10. DOI: 10.3243/kwe2021.10.003.

KLEIN, B., FRIELINGSDDORF, B., MEISSNER, D. (2022): Längerfristige hydrologische Vorhersagen – wichtiger Baustein zur Reduzierung der Vulnerabilität des Wasserstraßenverkehrs bei Extremereignissen. MOSES-Workshop Wetterextreme: Perspektiven in Monitoring und Vorhersage, 31.05 – 01.06.2022, Leipzig.

Projektlaufzeit 01/2020 – 06/2023

Auftraggeber BMDV

Projekt-Nr. M39610204064

Ansprechpartner der BfG

Dennis Meißner

E-Mail: meissner@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5183

Referat M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

2.1.5 MeskalMon – Mehrskaliges Monitoring in Fließgewässern mit Fernerkundungs- und In-situ-Methoden für die Parameter Chlorophyll und Schwebstoff

Kombination von mehrskaliger Fernerkundung (Kamera, Drohne, Satellit) und In-situ-Messungen, um die interferierenden Parameter Chlorophyll-a und Schwebstoffe/Trübung flächenhaft abzuleiten



Abbildung 10: Schematische Darstellung der Messkette.

© BfG, ESA

Seit 2017 treten Blaualgenblüten in der Mosel auf, welche für Menschen und Ökosysteme schädlich sein können. Die Ursachen sowie Quellen dieser Blüten werden diskutiert. Schwebstoffe sind für das qualitative und quantitative Sedimentmanagement bedeutend, nachhaltige Strategien zum Umgang erfordern die Kenntnis der Sedimentquellen und -senken. Flächige Fernerkundungsdaten bieten hier Potenzial, um in Kombination mit In-situ-Daten einen wesentlichen Informationsbeitrag zu liefern.

Veranlassung

Für jeden der genannten Forschungsaspekte sind großflächige, räumlich aufgelöste Untersuchungen

wesentlich, um die offenen Fragestellungen zu bearbeiten. Hier setzt das Projekt MeskalMon an und versucht mithilfe der Fernerkundung:

1. Chlorophyll-a im Wasser und blaualgentypische Aufrahmungen an der Oberfläche großflächig zu erfassen und Hinweise auf räumliche Ausmaße und Verteilungen von Algen zu geben
2. großräumige Schwebstoffverteilungen zu erfassen und in Sedimentbilanzen zu integrieren
3. den Verlauf der Querdurchmischung entlang von Fließgewässern zu beschreiben und für Alarmmodelle zu parametrisieren

Hierzu werden in mehreren Messkampagnen an Rhein und Mosel In-situ-Messdaten erhoben, begleitet durch fernerkundliche Messungen mit einer Multi- bzw. Hyperspektralkamera, einer Drohne sowie verfügbaren Satellitenaufnahmen. Ergänzt werden diese Messkampagnen durch Zeitreihenanalysen an Dauermessstellen in Kombination mit archivierten Satellitenaufnahmen.

Ziele

- Erhöhung des Nutzens von Fernerkundungsdaten zur flächenhaften Erfassung der in Fließgewässern stark interferierenden Parameter Chlorophyll-a von Algen und Schwebstoffen bzw. Trübung
- valide Aussagen zur Repräsentativität von Punktmessungen (In-situ-Messungen) für Chlorophyll-a und Schwebstoffgehalt in größeren Fließgewässern
- Erstellung eines kombinierten Werkzeugsets mit möglichst automatisierten Auswerteroutinen; hierdurch Ausweitung der Anwendbarkeit auf weitere Flussgebiete (Untersuchungsgebiete Projekt: Mosel und Rhein)

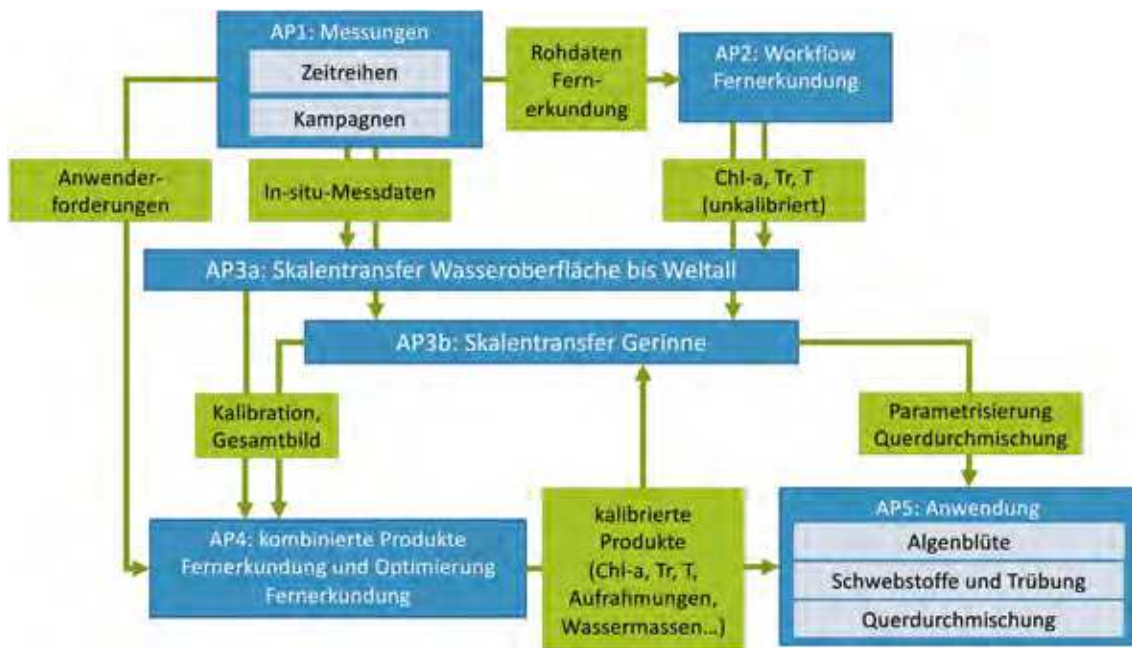


Abbildung 11: Projektstruktur MeskalMon.

© BfG

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Fertigstellung des Messkonzeptes und Durchführung der Messkampagnen (erste Kampagne Sommer/Herbst 2022)
- Ausbau des (teil-)automatisierten Workflows zur Ableitung von Chlorophyllgehalt, Trübung und Schwebstoffen aus Satellitendaten sowie Erweiterung/Anpassung für Kamera und Drohne
- darauf basierend Entwicklung kalibrierter Produkte zum Auftreten von Algenblüten, zur Verteilung von Schwebstoffen und zur Querdurchmischung von Wasserkörpern
- exemplarische Verwertung der Produkte und Wissenstransfer durch Nutzerworkshops

Projektlaufzeit 03/2022 – 03/2025
Auftraggeber BMDV
Projekt-Nr. M39600001213

Ansprechpartner der BfG

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

2.1.6 MAhyD – Morphodynamische Analysen mittels hydroakustischer Daten – Sohlstrukturen und Geschiebetransport

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

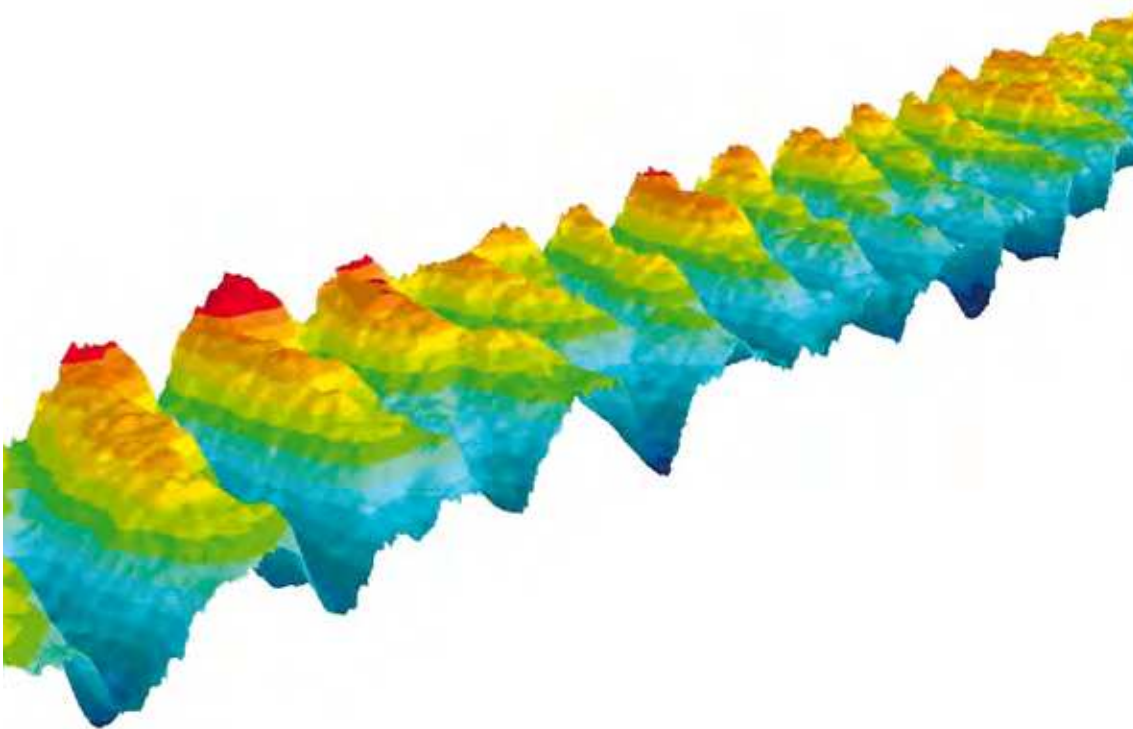


Abbildung 12: Unterwasserdünen in einem stark überhöhten 3D-Modell eines Messstreifens.

© BfG

Das Projekt MAhyD forscht an hydroakustischen Methoden zur Erfassung, Vermessung 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 MAhyD 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

Das Projekt MAhyD verbindet die Arbeiten aus den Referaten M3 / Aufgabenbereich Gewäs-

serbettentwicklung und M5 / Aufgabenbereich Gewässervermessung. Mit dem vorhandenen vermessungstechnischen Fachwissen eröffnet sich die Möglichkeit, messtechnische Unsicherheiten zu verringern und Fragestellungen wie z.B. „Wo ist die Sohle?“, „Wie groß sind die Strukturen auf der Sohle?“, „Wie schnell bewegen sich diese Strukturen und die Partikel der Sohle?“ 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 schiffahrtsrelevante Fragestellungen präziser beantworten zu können. Diese Aufgabe geht über die Optimierung bestehender hydrografischer Geräte- und Messkonzepte hinaus. Daher wendet MAhyD neue hydro-

akustische 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 Geometrie (z.B. Höhe) und Einfluss auf die schiffahrtsrelevante 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
- Entwicklung von Richtlinien zur Generierung von Messdaten, welche optimal für das Dune Tracking Verfahren benutzbar sind

Ergebnisse

- simulationsgestützte Berechnungen (Dünen Simulator) von messtechnisch relevanten Faktoren für die Generierung von Daten der Sohlbathymetriem zur Verwendung des Dune Tracking Verfahrens (LORENZ et al. 2021a, b).
- Das Zeitintervall zwischen den Echolotprofilen von zwei aufeinanderfolgenden Messungen wurde untersucht, um eine verlässliche Größe für die Geschiebetransportrate in einem Fluss zu erhalten (TABESH et al. 2022).
- Entwicklung einer Analysesoftware für das Dune Tracking (erste Ergebnisse in REICH 2020)
- umfassende Messkampagnen von Dünenfeldern mittels Fächerecholoten und Geschiebefängern zum Testen und zur Etablierung eines neuen Messkonzepts für ein anschließendes Dune Tracking-Verfahren mit Vergleich der verschiedenen benutzten Methoden

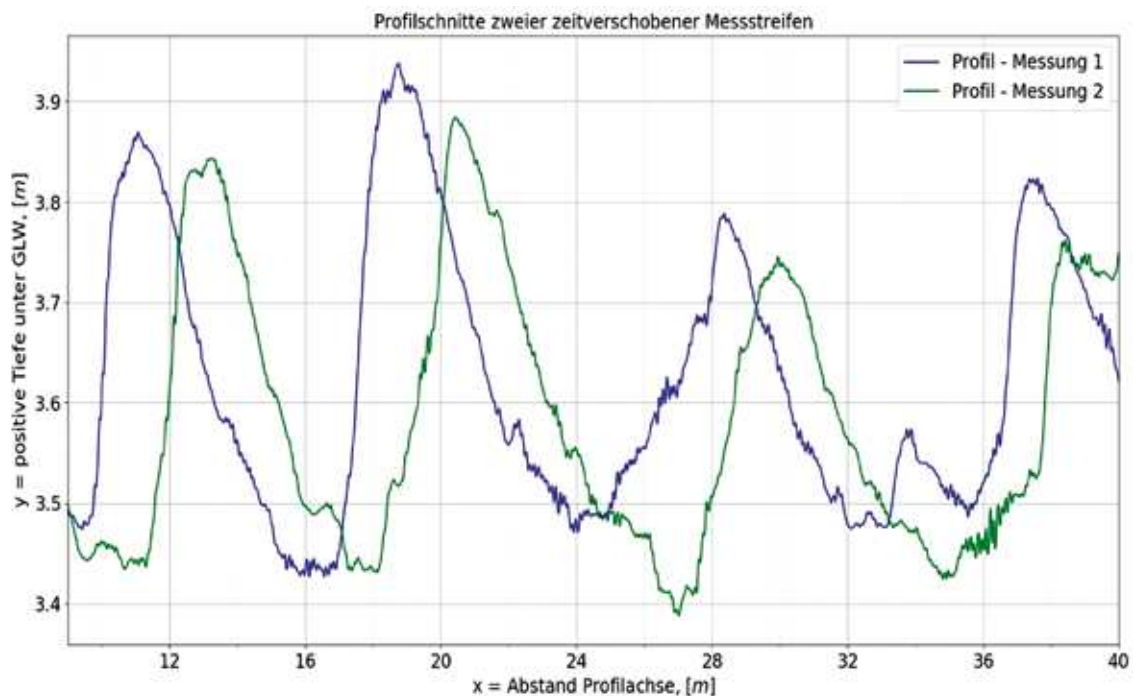


Abbildung 13: Profilschnitt zeitversetzter Messungen in Fließrichtung zur Ableitung der Migrationsgeschwindigkeit.

© BfG

Ausblick auf die nächsten Jahre

Das Projekt wird 2022 abgeschlossen. Bis Jahresende werden die Ergebnisse noch dokumentiert. Ein Leitfaden für die hydrografische Erfassung, Modellierung und Analyse von Transportkörpern wird finalisiert. Eine Handlungsanweisung für die Ergänzung von Geschiebemessungen mithilfe indirekter Methoden wie das Dune-Tracking- oder ADCP-Bottom-Track-Verfahren werden auf Grundlage der erzielten Ergebnisse und Erfahrungen erstellt. Eine Unterstützung des WSV-eigene Geschiebemessnetzes durch den Einsatz von indirekten Messmethoden wird in den kommenden Jahren angestrebt und kontinuierlich umgesetzt. Einige Produkte des MAHyD Projekts wie z.B. in REICH 2020) werden bereits jetzt in der Praxis an Bundeswasserstraßen eingesetzt.

Publikationen zum Thema

- LORENZ, F., ARTZ, T., BRÜGGEMANN, T., REICH, J., WEISS, R., WINTERSCHIED, A. (2021a): Simulation-based Evaluation of Hydrographic Data Analysis for Dune Tracking on the River Rhine. PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science, 89, 111 – 120
- LORENZ, F., ARTZ, T., BRÜGGEMANN, T., REICH, J., WEISS, R., WINTERSCHIED, A. (2021b): Simulation-based Measurement Strategies for Dune Tracking with Multi-Beam Echosounders, FIG e-Working Week 2021
- TABESH, M., REICH, J., WINTERSCHIED, A. (2022): Temporal resolution of echosounding measurements for assessing bedload transport rates via dune tracking. In EGU General Assembly Conference Abstracts (No. EGU22-6369)
- REICH, J. (2020): A Monte Carlo approach to determine the sensitivity of bedform analysis methods. In EGU General Assembly Conference Abstracts (p. 5200)

Projektlaufzeit	07/2019 – 06/2022
Auftraggeber	BMDV
Projektpartner	Norwegian University of Science and Technology
Projekt-Nr.	M39610304091

Ansprechpartnerin der BfG

Mina Tabesh

E-Mail: tabesh@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5459

Referat M3 – Gewässermorphologie, Sedimentdynamik und -management

2.1.7 IST – Integrierte Analyse schwebstoffdynamischer Prozesse zur Erklärung der Variabilität der Schwebstoff- und Sauerstoffgehalte sowie des Auftretens von Flüssigschlick in der Tideems

Die Variabilität des ästuarinen Schwebstoff- und Sauerstoffhaushaltes und insbesondere das Auftreten von Fluid Mud soll mit einer integrierten Auswertung vorhandener Daten und ergänzender Naturmessungen unter Verwendung von KI-Verfahren untersucht werden.

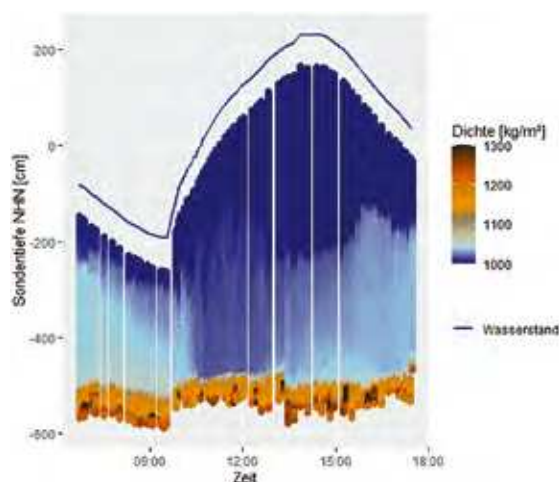


Abbildung 14: Vertikale Schwebstoffverteilung in der Unterems bei Weener (km 7,2) während einer Tide. © BfG

Die hohen Schwebstoffgehalte und insbesondere das Auftreten von Flüssigschlick (Fluid Mud) und die dadurch hervorgerufenen Sauerstoffdefizite sind derzeit die entscheidende Ursache für den schlechten ökologischen Zustand der Tideems. Diese Schlickproblematik soll mithilfe verschiedener Maßnahmen im Rahmen des Masterplanes Ems 2050 gelöst werden. In Ästuaren, in denen Fluid Mud auftritt, gibt es allerdings noch große Lücken im Prozessverständnis der Schwebstoffdynamik und deren Interaktion mit dem Sauerstoffhaushalt. Eine besondere Herausforderung stellt hierbei die hohe Variabilität der Flüssigschlickdynamik auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen dar, die bisher in Modellstudien nicht abgebildet werden kann und auch messtechnisch bisher nur unzureichend erfasst wurde. Diese Kenntnisse werden jedoch benötigt, um wirkungsvolle Maßnahmen umzusetzen und zu optimieren.

Veranlassung

Das Ziel des Projektes ist es, die relevanten Einflussfaktoren zu identifizieren und zu quantifizieren, die für die Variabilität des Schwebstoff- und Sauerstoffgehaltes sowie für das temporäre Auftreten von Flüssigschlick an der Gewässersohle der Tideems verantwortlich sind. Das soll mit einer integrierten Datenanalyse auf verschiedenen Skalen durch die Verschneidung der Analyseergebnisse von kontinuierlich erfassten Schwebstoff-, Sauerstoff- und Strömungsdaten aus Dauermessungen mit den Ergebnissen von ergänzenden vertikal und zeitlich hochaufgelösten Naturmesskampagnen ermöglicht werden.

Die so ermittelten Parameter werden verwendet, um die an einer Dauermessstelle auftretenden Schwebstoffgehalte mit einem künstlichen neuronalen Netz (engl.: ANN) zu reproduzieren. Mit dem ANN soll ein Werkzeug bereitgestellt werden, welches Abschätzungen und Prognosen der Entwicklung der Schwebstoffgehalte in der Unterems ermöglicht. Dieses ANN kann dann zur Optimierung und Evaluierung von Maßnahmen zur Reduzierung des Schwebstoffanfalls und zur Verbesserung des Sauerstoffhaushaltes dienen. In einem weiteren Auswerte- und Vorhersageansatz sollen die bestehenden Module des Gewässergütemodells QSim der BfG zum organischen Kohlenstoff und das Sauerstoffmodul auf deren Tauglichkeit zur Anwendung für die Tideems getestet werden.

Ziele

- verbessertes Prozess- und Systemverständnis der ästuarinen Schwebstoffdynamik beim Auftreten von Flüssigschlick als Grundlage für die Optimierung von Sedimentmanagementkonzepten

- Identifikation und Quantifizierung der relevanten Einflussfaktoren, die für die Variabilität des Schwebstoff- und Sauerstoffhaushalts sowie der Flüssigschlickdynamik verantwortlich sind
- ANN stellt ein Werkzeug zur Abschätzung und Prognose der Schwebstoffgehalte dar.
- ANN soll zur Optimierung und Evaluierung von Maßnahmen zur Reduzierung des Schlickaufkommens eingesetzt werden.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Optimierung der Dauermesseinrichtung, damit die benötigten Daten in ausreichender räumlicher und zeitlicher Auflösung zur Verfügung stehen
- im ersten und zweiten Jahr der Projektlaufzeit Ergänzung der Dauermessungen durch Messkampagnen, um insbesondere kleinräumige Effekte am Übergang zwischen Flüssigschlick und freier Wassersäule zu untersuchen
- Auswahl, Aufbau und Training eines geeigneten ANN



Abbildung 15: Mobiler Messstrang zur Erfassung von Strömung und Schwebstoffgehalten in der Unterems. © C. Borgsmüller / BfG

Projektlaufzeit 01/2023 – 12/2025
Auftraggeber BMDV
Projekt-Nr. M39600001226

Ansprechpartnerin der BfG

Christine Borgsmüller

E-Mail: borgsmueller@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5978

Referat M3 – Gewässermorphologie, Sedimentdynamik und -management

2.1.8 FLUXAM – Dynamik der Wasser- und Stoffströme in Flüssen – Analyse und Vorhersage

FLUXAM untersucht Herkunft und Dynamik der Wassermassen und des fluvialen Stofftransports großer Flüsse. Modellierungsgrundlagen werden durch Messungen mit Tritium sowie durch die Erprobung weiterer innovativer Tracer geschaffen.



Abbildung 16: Probenahme an der Weser für Tritiumuntersuchungen unterhalb des Atomkraftwerks Grohnde.

© A. Linkhorst / BfG

Die 2500 Jahre alte Erkenntnis des Philosophen Heraklit „Man kann nicht zweimal in denselben Fluss steigen, denn andere Wasser strömen nach“ wirft Fragen auf: Woher kommen das Wasser und darin befindliche Stoffe? Wie lange ist es unterwegs? Wie setzt es sich zusammen?

Für eine herkunftsbezogene Untersuchung der Zusammensetzung des aktuell im Fluss vorbeifließenden Wassers müssen die zeitliche Dynamik des Durchflusses auf den bisherigen Fließwegen und die dortigen Stoffkonzentrationen bekannt sein.

Veranlassung

Die Erfassung, Untersuchung und Modellierung der Fließ- und Transportprozesse von Wasser,

Schwebstoff / Sediment sowie von Nähr-, Schad- und Spurenstoffen erfolgen in der BfG überwiegend fachspezifisch mit separaten Messnetzen, Methoden und Modellen. Neben der zum Erkenntnisgewinn notwendigen Zerlegung in Einzelprozesse bedarf es auch der Zusammenfügung sektoraler Messdaten, Modellergebnisse und Erkenntnisse, um der Interaktion natürlicher Prozesse gerecht zu werden.

Die Attributierung von Stoffströmen hilft bei der Ermittlung von Quellen (z.B. Schadstoffeinträge). Im Umkehrschluss erlaubt die Kenntnis der Zusammensetzung von Wasser- und Stoffströmen gezieltere Messungen. Darauf aufbauende Prognosewerkzeuge können auch zur Abschätzung des

Einfluss von Maßnahmen oder sonstigen Veränderungen im Einzugsgebiet genutzt werden. Die Zusammensetzung des Wassers ist besonders bei Niedrigwasser von Interesse, da z.B. der relative Anteil gereinigten Abwassers aus Kläranlagen ansteigt. Bei klimawandelbedingt zunehmenden Niedrigwasserphasen ist dieses Wissen nötiger denn je.

Ziele

- detaillierte Aufklärung und Abbildung von Herkunft und Dynamik der Wassermassen und des gelösten und partikulären Stofftransports großer Flüsse am Beispiel des Rheins
- Erhebung und Re-Analyse von Daten
- dynamische Wasser- und Stoffstromanalyse
- Entwicklung eines Prototyps für Echtzeit-Prognose / Vorhersage

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Planung und Durchführung von Tracerexperimenten zur Ermittlung der Fließzeiten verschiedener Tracer und zur Ableitung von Dispersion und Advektion
- Untersuchung der Dynamik des Auftretens bzw. der Konzentration von gelösten Stoffen und Feststoffen sowie die Auswahl von Leitstoffen
- numerische Modellierung von Wasser- und Stoffströmen am Beispiel des Rheins
- Ertüchtigung des Wassergütemodells QSim als operationelles Modell und Organisation des Datenflusses aktueller Messdaten
- Entwicklung eines Prototyps zur Darstellung der Wasser- und Stoffströme am Rhein (Echtzeit und ggf. Vorhersage)

Projektlaufzeit 01/2022 – 12/2024
Auftraggeber BMDV
Projekt-Nr. M39600001216

Ansprechpartner der BfG

Dr. Daniel Schwandt

E-Mail: schwandt@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5479

Referat G1 – Grundsatzfragen der qualitativen Gewässerkunde

2.1.9 Sat-Land-Fluss – Satellitenbasierte Wasser-Land-Grenzen-Bestimmung

Sat-Land-Fluss leitet die Wasser-Land-Grenze aus Radarsatellitendaten (Sentinel-1) ab und zeigt Verbesserungen durch Zusatzdatenintegration (Höhen-, Landbedeckungsinformationen etc.) auf.



Abbildung 17: Erste Wasserflächenableitung aus Sentinel-1-Radardaten beim Niedrigwasser 11/2018

© BfG

Hydrologische Extremereignisse (Hoch- und Niedrigwasser) sowie kontinuierliche Prozesse verändern laufend die Grenze zwischen Wasser und Gelände, die sogenannte Wasser-Land-Grenze (WLK). Deren Erfassung bzw. Monitoring ist eine Basisvoraussetzung zur Bearbeitung vielfältiger öffentlicher Aufgaben im Rahmen des Gewässermanagements, z.B. für die Hochwasservorhersage, Identifizierung von Bereichen hoher morphologischer Veränderungen, optimierte Planung notwendiger Messeinsätze oder Informationen im Krisenfall.

Veranlassung

Für Erfassung bzw. Monitoring der WLK bietet sich fachlich wie wirtschaftlich der Einsatz satellitengestützter Fernerkundungsverfahren, insbesondere die Nutzung der kostenfreien Satellitendaten von Sentinel-1 (S-1), an. Bisherige WLK-Fernerkundungsprodukte weisen häufig Datenlücken auf, decken die Gebiete der Bundeswasserstraßen zeitlich oder räumlich nicht vollständig ab und sind unzureichend validiert. Daher bedarf es fachlicher Optimierungen inklusive validierter belastbarer Produkte. Dies soll in diesem Projekt anhand hochaufgelöster Zusatzinformationen erfolgen. Dabei werden die beiden Anwendungsthemen „Extrem-

ereignisse an Fließgewässern im Binnenbereich“ und „Kontinuierliche, dynamische WLK-Veränderung im Tidebereich“ adressiert. Für eine anwendungsorientierte Aufbereitung der Daten im Rahmen exemplarischer Nutzungsszenarien ist der kontinuierliche Austausch mit den Projektpartnern wesentlicher Bestandteil der Arbeiten.

Ziele

- Zusammenstellung vorhandener WLK-Fernerkundungsprodukte, inklusive Einschätzung der Nutzbarkeit bzgl. Auflösung, Genauigkeit und Zuverlässigkeit
- Aufzeigen möglicher Verbesserungen bei der WLK-Bestimmung durch die Einbindung von Zusatzdaten, wie z.B. vorhergesagte und gemessene Wasserstände und Bestandsdaten (Digitale Geländemodelle des Wasserlaufes (DGM-W), Fahrinnen-, Landnutzungsinformationen)
- Validierung der optimierten WLK im Sinne der Anwendungsorientierung und Belastbarkeit
- Erstellung und Bereitstellung ausgewählter Mehrzweck-WLK-Produkte (z.B. WLK-Veränderungen, Überflutungsdauer) inklusive Qualitätsbeschreibung

Ergebnisse

- Prototyp des Algorithmus
 - Nutzung S-1 Level-1 Single Look Complex (SLC) Daten, zum Erhalt maximaler Informationen (z.B. höhere Auflösung, Phase der Radardaten)
 - Nutzung des Digitalen Geländemodells mit 5 m Rasterweite (DGM5 des BfG), für die Ableitung höhergelegener Gebiete mit der Methode „Height Above Nearest Drainage (HAND)“, die dadurch zuverlässiger von Fehlklassifizierung ausgeschlossen werden können (Abb. 17)
 - Integration von Landnutzungsdaten, die vor allem im Niedrigwasser-Fall zu besseren Ergebnissen führen (Abb. 17)

- Validierungsdaten
 - GNSS-Kartierung der Hochwasser-WLG (Juli 2021, Niederwerth) von unterschiedlichen überschwemmten Vegetationstypen (z.B. Wiese, Weizenfeld, Spargelfeld, Wald). Die Validierung des Algorithmusprototyps zeigt die Stärken sowie verbleibende Herausforderungen (v.a. durch die niedrige S1-Datenaufösung und Abschattungen höherer Vegetation).
 - Erfassung von UAV- und WLG-GNSS-Daten im Tidebereich der Medemrinne bei Tidehoch- und -niedrigwasser im Juli 2022

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Optimierung der WLG-Ableitung durch Extraktion weiterer Informationen des S-1-Radarsignals (z.B. Polarisierungsauswertung, Kantenerkennungsverfahren) sowie Einbindung zusätzlicher hilfreicher Daten (DGM-W, Wasserstände)
- Auswertung und Validierung der GNSS- und UAV-Daten im Tidebereich sowie Abgleich mit den Algorithmus-Ergebnissen
- Vergleich der WLG des Sat-Land-Fluss-Algorithmus mit vorhandenen WLG-Produkten, optischen Fernerkundungsdaten und hydrodynamisch-nummerischen Modellen
- Veröffentlichung des Workflows und der Ergebnisse auf Workshops und Konferenzen sowie in Peer-review-Zeitschrift(en)

Publikationen zum Thema

- GESSLER, B., MECHERNICH, S. (2022): Sat-Land-Fluss, Touch-Table-Präsentation, Nationales Forum für Fernerkundung und Copernicus 2022, 21. – 23.06.2022, Berlin
- GESSLER, B., MECHERNICH, S. (2021): Sat-Land-Fluss: Erkennung von Wasser-Land-Grenzen, Workshop „Marktplatz Satellitenfernerkundung für Binnengewässer und Bundeswasserstraßen“, 07.09.2021, online, https://www.bafg.de/DE/05_Wissen/02_Veranst/2021/2021_09_07_01.pdf?__blob=publicationFile
- MECHERNICH, S. (2021): Sat-Land-Fluss: Satellitenbasierte Wasser-Land-Grenzen-Bestimmung, Copernicus Austausch für den LAWA-AH, 23.04.2021, online
- MECHERNICH, S. (2021): Satellitenbasierte Wasser-Land-Grenzen-Bestimmung „Sat-Land-Fluss“, 3. Symposium zur angewandten Satellitenerdbeobachtung „Neue Perspektiven der Erdbbeobachtung“, Vernetzungsinitiative, 15. – 16.06.2021, online
- Mechernich, S. (2021): Satellitenbasierte Wasser-Land-Grenzen-Bestimmung „Sat-Land-Fluss“, Workshop Satellitendaten und Nutzung für den Verkehrssektor im Ressortbereich des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), 20.05.2021, online

Projektlaufzeit	11/2020 – 10/2023
Auftraggeber	BMDV
Fördermittelgeber	BMDV, Projektträger DLR
Projektpartner	Bundesanstalt für Wasserbau Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe Bundesamt für Kartographie und Geodäsie Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Hamburg
Projekt-Nr.	M39610504152

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Silke Mechernich
 E-Mail: mechernich@bafg.de
 Tel.: +49(0)261 1306 5230
 Referat M5 – Geodäsie und Fernerkundung

2.1.10 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.

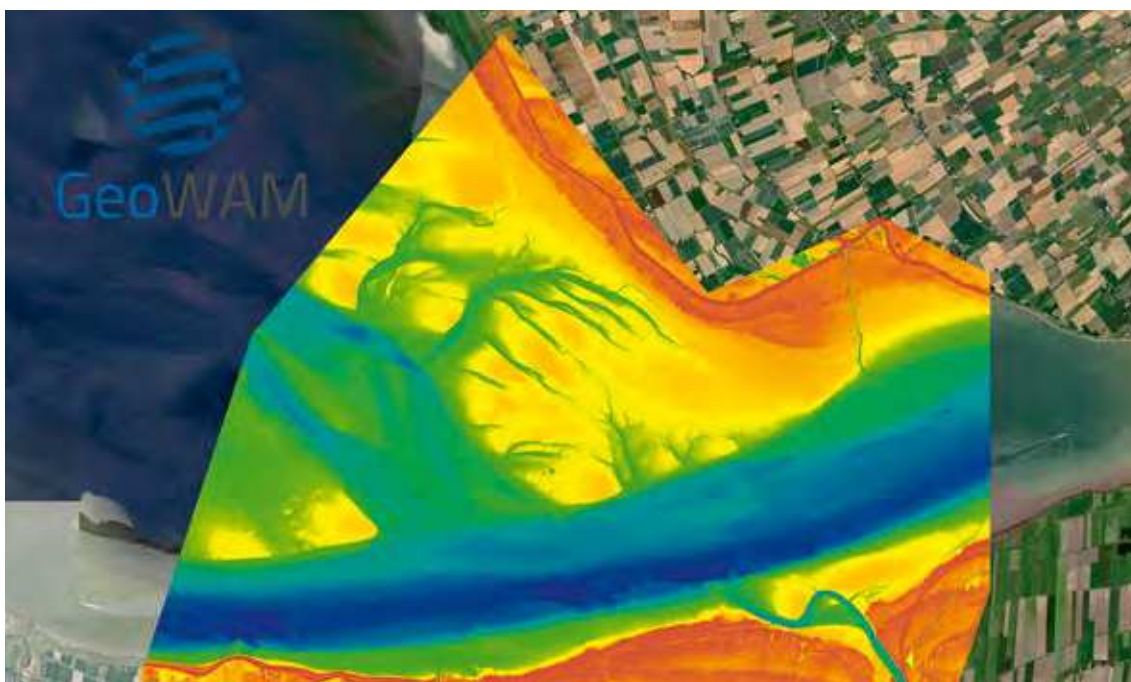


Abbildung 18: F-SAR-basiertes, hochauflösendes DGM-W im Bereich Medemrinne / Tideelbe aus dem Jahr 2021. © BfG

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

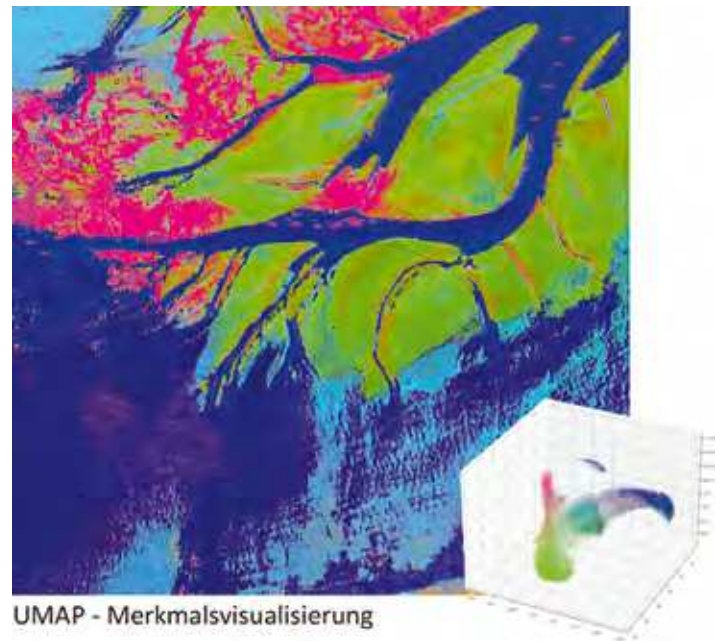
Geländedaten der trockenfallenden Watt- und Vorlandflächen kam es bislang teilweise dazu, dass benötigte Messdaten nicht zeitgerecht erhoben werden konnten. Aufgrund der Wetterunabhängigkeit und der bis zu fünffach höheren Flächenerfassungsleistung im Vergleich zur herkömmlichen ALS-Technik sollen im 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 Befliegungsgebiete wurden zwei Gebiete an der niedersächsischen Küste ausgewählt: Tidebecken Otzumer Balje und Medemrinne / Tideelbe

Ziele

- optimierte und praxisreife flugzeuggestützte Erfassung von InSAR-Daten (F-SAR) 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

Ergebnisse

- Das in GeoWAM entwickelte und getestete F-SAR-System bietet in den im Projektfokus stehenden Wattbereichen praxisrelevante Vorteile gegenüber den bisherig genutzten ALS-Systemen (z.B. Wetterunabhängigkeit, Flächenleistung, Oberflächenklassifikation).
- Die in den Testgebieten erreichte Datenqualität in den Wattbereichen entspricht den geforderten Parametern im Hinblick auf die Abweichung zu den Referenzdaten und ist daher für die praktische Weiterverarbeitung und Anwendung geeignet.
- In bebauten und bewaldeten Gebieten erreicht das F-SAR bislang nicht die Datenqualität vergleichbarer ALS-Systeme.
- Insbesondere die Oberflächenanalysen auf Basis multispektraler F-SAR-Daten in Kombination mit den topografischen Daten versprechen einen hohen anwendungsbezogenen Nutzen.
- Aktuell sind die Flächenkosten des F-SAR noch leicht über den Kosten für vergleichbare ALS-Befliegungen.



UMAP - Merkmalsvisualisierung

Abbildung 19: Visualisierung unterschiedlicher Sedimente im Wattenmeer mittels UMAP-Merkmalreduktion (UMAP = Uniform Manifold Approximation and Projection).

© S. Schmitz / KIT

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Veröffentlichung aller qualitätsgesicherten Datenprodukte der flugzeuggestützten InSAR-Befliegungskampagnen zwischen 2019 und 2021
- Durchführung von weiteren Befliegungskampagnen zur nutzerorientierten DGM-W-Erstellung auf Basis der im Projekt entwickelten Methoden in zusätzlichen Gebieten
- Veröffentlichung KI-gestützter Oberflächenklassifikationen (Boden-Nichtboden-Klassifikation, Sedimente, Vegetation, Muschelbänke ...)
- weitere Erprobung der F-SAR-Technik und Überführung entsprechender Nutzerprodukte in den Wirkbetrieb
- Veröffentlichung von Leitfäden und Produktstandards

Publikationen zum Thema

SCHNEIDER, B., WORTMEYER, E., SCHMITZ, S., THIELE, A., HAVEL, P. & DIRKS, H. (2021): Evaluating different water-land-boundary approximations to improve SAR-derived digital elevation models. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 43, 51 – 56

WORTMEYER, E., AMAO-OLIVA, J., SCHNEIDER, B., SCHEIBER, R., DIRKS, H. (2022): Potenzialanalyse von SAR-basierten Oberflächenmodellen in Monitoring- und Analyseprozessen in tidebeeinflussten Gebieten. In: Tagungsband des 29. Workshops „Umweltinformationssysteme (UIS 2022)“ des Arbeitskreises „Umweltinformationssysteme“ der Fachgruppe „Informatik im Umweltschutz“ der Gesellschaft für Informatik (im Druck)

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

Projektlaufzeit	11/2018 – 07/2022
Auftraggeber	BMDV
Fördermittelgeber	Forschungsinitiative mFUND des BMDV
Projektpartner	disy Informationssysteme GmbH Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung Universität Stuttgart, Institut für Photogrammetrie
Projekt-Nr.	M39610504124

Ansprechpartner der BfG

Dr. Robert Weiß

E-Mail: weiss@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5289

Referat M5 – Geodäsie und Fernerkundung

2.1.11 MALPROG – Anwendung von Methoden des maschinellen Lernens zur Verbesserung der Prognosen und Analysen der BfG

MALPROG überführt Methoden des maschinellen Lernens in die gewässerkundliche Praxis und leistet einen Beitrag zur Optimierung von Produkten und Beratungsdiensten der BfG für die Bundeswasserstraßen.

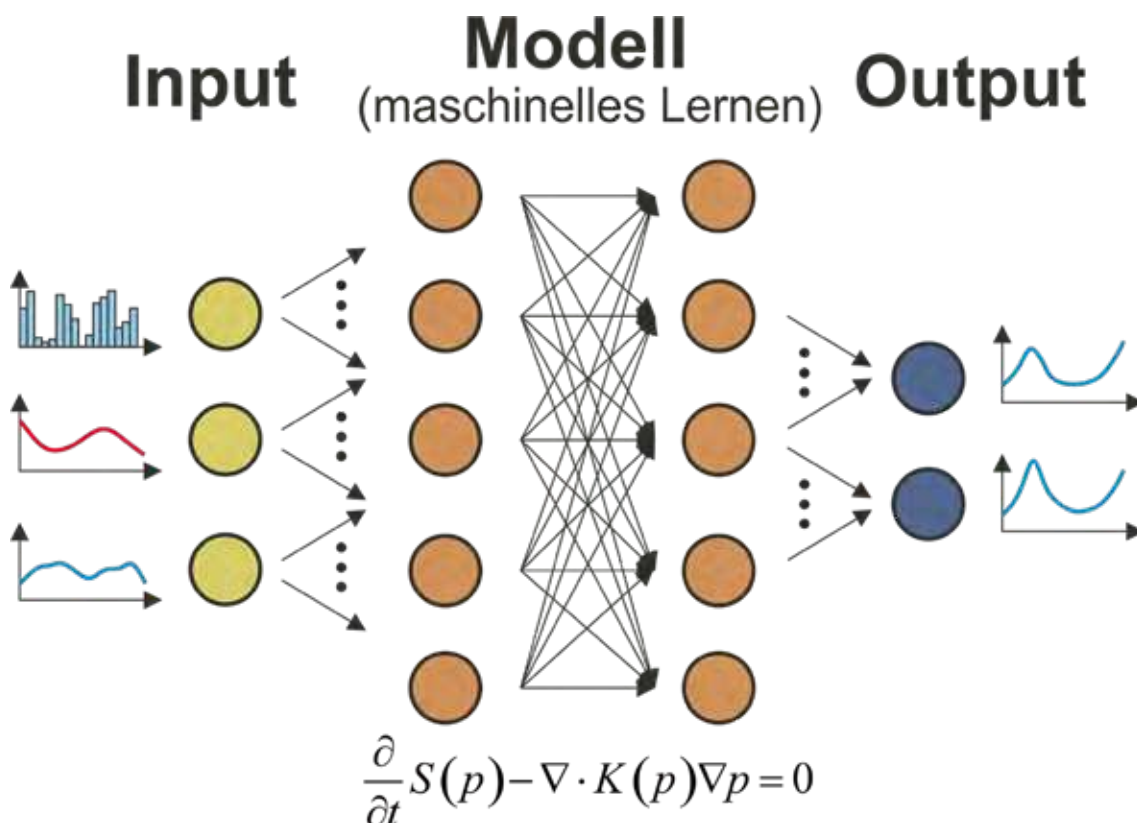


Abbildung 20: Schematische Darstellung eines datengetriebenen Modells für hydrologische Prognosezwecke.

© BfG

Die Entwicklung von Anwendungsfeldern im Bereich der künstlichen Intelligenz ist ein zentrales Ziel der Bundesregierung (KI-Strategie für Deutschland), welches das BMDV für den Verkehrssektor in seinem Aktionsplan „Digitalisierung und Künstliche Intelligenz in der Mobilität“ konkretisiert. Pilothafte Anwendungen belegen neben dem Bedarf auch großes Potenzial von Methoden des maschinellen Lernens im Bereich der Gewässerkunde (Prognose, Klassifikation, Regression). MALPROG soll helfen, dieses Potenzial für konkrete Anwendungen in der Analyse- und Beratungspraxis der BfG und WSV zu erschließen.

Veranlassung

Methoden des maschinellen Lernens kommen in der gewässerkundlichen Praxis der BfG bisher nur vereinzelt zum Einsatz. Im Kontext der Prognose sollen eine weitere Steigerung der Vorhersagegüte erzielt, längerfristige Vorhersageskalen erschlossen und innovative Beratungsprodukte generiert werden. Im Bereich der Klassifikation kann eine intelligente Vorbeurteilung von Ölverschmutzungen z.B. einen effizienteren Einsatz unbemannter Systeme ermöglichen und den teuren Datentransfer bei Flügen in weiter Entfernung reduzieren. Die Anwendung auf digitale Orthofotos ermöglicht

eine Identifizierung von Vegetation mit erhöhtem Automatisierungsgrad auf großer Fläche, z.B. für eine effiziente Erstellung von Vegetations- und Biotoptypenkartierungen. Methoden zur Regression können im Kontext der Qualitätskontrolle, Aus- und Bewertung von Bodenfeuchtemessungen eingesetzt werden, um Messfehler zu identifizieren und zu korrigieren, fehlende Werte zu interpolieren sowie tiefengestaffelt zu disaggregieren.

Ziele

- wissenschaftliche Erkenntnis und Datenharmonisierung: Untersuchung praktischer Anwendbarkeit von Methoden des maschinellen Lernens für ausgewählte BfG-Fachaufgaben (Messdatenplausibilisierung, Abfluss- und Wasserstandsvorhersage, Vegetationskartierung, Ölerkennung)
- Technologietransfer: Überführung zielführender Methoden des maschinellen Lernens in zentrale Dienste und Applikationen der BfG
- Konsolidierung Know-How: Initiierung einer BfG-weiten Arbeitsgruppe „KI“ zwecks Beratung, Unterstützung, Austausch und Koordination zukünftiger Anwendungen mit Bezug zu Methoden der künstlichen Intelligenz

Projektlaufzeit 01/2023 – 12/2025
Auftraggeber BMDV
Projekt-Nr. M39600001223

Ansprechpartner der BfG

Dr. Bastian Klein

E-Mail: klein@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5256

Referat M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

2.1.12 WaMUT – Messsystemanalyse und modellbasierte Sensorfusion für das hydrografische Wasserwechselzonenmonitoring mittels unbemannter Trägersysteme

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



Abbildung 21: Luftgestützte Erfassung des Messgebietes mittels zweier Drohnen mit unterschiedlichen Messsystemen. © BfG

Die topografische Erfassung von Wasserwechselzonen stellt hohe Anforderungen an das Messkonzept. Klassische Messverfahren wie Airborne Laserscanning, Airborne Laserbathymetrie oder schiffsgebundene Echolotmessungen sind zur Erstellung eines DGM-W im Bereich der Wasserwechselzonen in der Regel nicht geeignet, da sie entweder Land oder Wasser gut erfassen, nicht aber beides. Die Verwendung klassischer Messsysteme führt daher zu Datenlücken, welche zurzeit meist durch Interpolation geschlossen werden. Im Zuge von WaMUT werden neuartige unbemannte Messsysteme auf ihre Fähigkeit hin getestet, Land- und Wasserflächen zu erfassen. Ziel ist es, ein Messsystem bzw. -konzept zu finden, welches im Stande ist, sowohl die Land- wie auch die Unter-

wassertopografie detailliert zu erfassen, um auf diese Weise Datenlücken zu vermeiden.

Veranlassung

Im Gegensatz zu den o.g. klassischen Messverfahren zur bathymetrischen und topografischen Erfassung stehen unbemannte Sensorplattformen in der Luft (unmanned aerial vehicles, UAV) vermehrt im Fokus. Dieses Messkonzept wird 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/Topografie notwendig. Hierbei sollen insbesondere die Nutzungs-

möglichkeiten der Methoden der theoretischen Geodäsie erforscht und adaptiert werden, um Punktwolken unterschiedlicher Messverfahren zu einem homogenen Produkt zu kombinieren.

Ziele

- konsistente, qualitätsgesicherte Erfassung und Modellierung von Geobasisdaten der Wasserwechselzonen und Flachwasserbereiche der Bundeswasserstraßen zur Qualitätssteigerung, insbesondere kleinräumiger DGM-W
- Etablierung neuer Analyseverfahren für die Hydrografie und Geotopografie
- Entwicklung praxisreifer Mess- und Auswertekonzepte für den UAV-Einsatz zur Überführung in den Wirkbetrieb der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung

Ergebnisse

Es hat sich herausgestellt, dass der grüne LiDAR-Sensor RIEGL VQ-840-G an einer Drohne montiert das Messgebiet über und unter Wasser aus der Luft optimal erfasst. Dieser operiert bei einer Wellenlänge von 532 nm und erfasst Landflächen, die Wasseroberfläche, den Gewässerboden und die Vegetation gleichermaßen. Das System ist damit im Stande, ein vollumfassendes Bild der Topografie der untersuchten Wasserwechselzone darzustellen.

Neben dem Einsatz von UAV wird auch die Verwendung von USV untersucht. Diese ermöglichen es, die Bathymetrie des Gewässers selbst bei hoher Trübung mittels Echolots zu erfassen. USV er-

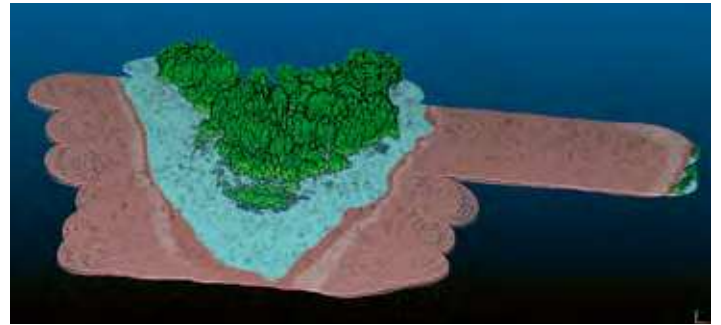


Abbildung 22: Klassifizierte 3D-Punktwolke der luftgestützten Erfassung des Messgebietes (Niederwerth) mittels RIEGL VQ-840-G-Sensor. © BfG

weisen sich damit als optimale Ergänzung zu den Sensorsystemen der UAV.

Infolgedessen stellt die algorithmische Fusion UAV- und USV-basierter Daten einen weiteren Forschungsbestandteil des WaMUT-Projektes dar.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Erstellung von DGM-W auf Basis der unterschiedlichen Sensordaten
- Evaluierung der Unterschiede zwischen den Punktwolken und DGM-W der verschiedenen Sensordaten auf ihre Fähigkeit hin, das Messgebiet darzustellen
- Validierung der Genauigkeit der Sensordaten durch Referenzflächen
- Algorithmenentwicklung und Konzepterarbeitung zum kombinierten Einsatz von unbemannten Trägersystemen in Wasserwechselzonen
- Erstellung qualitätsgesicherter Daten für die Erprobungsgebiete zur Nutzung und Evaluierung durch potenzielle Nutzer

Publikationen zum Thema

MOHAMMADIVOJDAN, B., HAKE, F., ALKHATIB, H., NEUMANN, I., WEISS, R., ARTZ, T. (2022): Preprocessing and Analysis Strategies for Hydrographic Measurements at Very Shallow Water Depths, In: Hydrographie – Messen mit allen Sinnen, Schriftenreihe des DVW, Band 102 / 2022 S. 65 – 68, ISBN: 978-3-95786-317-1

Projektlaufzeit 01/2019 – 12/2022
Auftraggeber BMDV
Projekt-Nr. M39610504120

Ansprechpartner der BfG

Tobias Schelte
E-Mail: schelte@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5223
Referat M5 – Geodäsie und Fernerkundung

2.1.13 MUG-Modell 1.0 – Beiträge zur Integration von Wasser- und Stoffflussmodellen der BfG-Fachabteilungen M, U und G auf Einzugsgebietsebene, Version 1.0

Das Projekt „MUG-Modell“ leistet einen Beitrag zur technischen und fachlichen Integration der in den BfG-Abteilungen M (Quantitative Gewässerkunde), U (Ökologie) und G (Qualitative Gewässerkunde) betriebenen Modelle.



Abbildung 23: Zentrale Begriffe im Kontext des Projektes MUG-Modell.

© BfG

Die BfG erarbeitet in ihren Fachabteilungen M, U und G umfangreiche Daten zum aktuellen und möglichen zukünftigen Zustand der Gewässer in Deutschland. Modelle sind hierbei häufig 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 derzeit verfügbare Verfahrenskette in mehreren Bereichen vermeidbare 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 abteilungsüber-

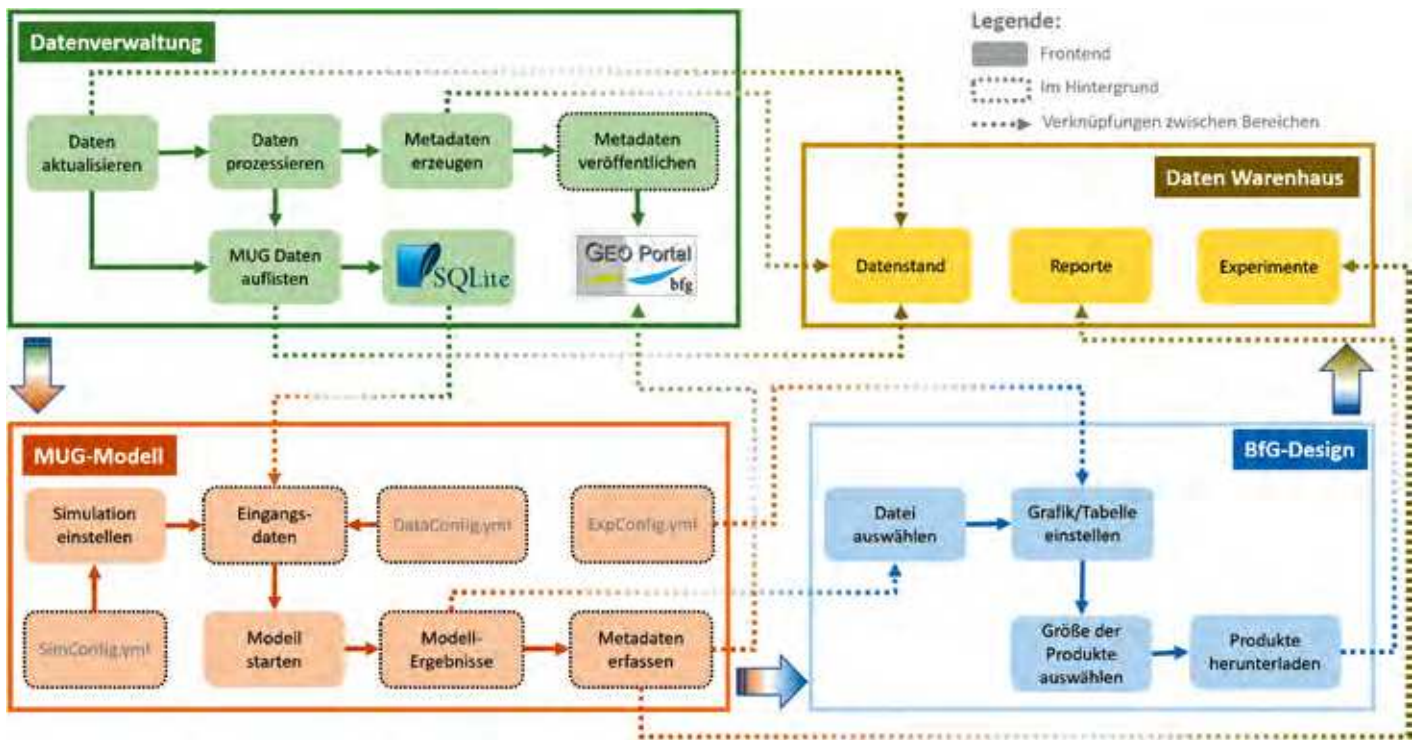


Abbildung 24: Front-End der Integrationsplattform des MUG-Modells mit vier Bausteinen.

© BfG

greifender Modellstudien. Dabei werden in der aktuellen Phase bestehende Modelle in den Fokus genommen, die bereits oft im Zusammenhang eingesetzt wurden. Die Abteilung M bringt ein Wasserhaushaltsmodell und ein Feststofftransportmodell ein (LARSIM-ME, SOBEK), die Abteilung U ist mit einem Wassergütemodell beteiligt (QSim) und die Abteilung G mit einem Schadstoffmodell (neue Komponente in QSim). Auf dieser Basis werden sowohl Vorgehensempfehlungen als auch Visionen/Zukunftsideen für die BfG-weite Modelllandschaft gegeben. Das im Projekt erarbeitete Konzept dient als wichtige Vorlage für die weitere Aufwandsabschätzung einer perspektivischen (Voll-)Integration und der Einschätzung, ob die Neuentwicklung eines gemeinsamen Modellsystems für das Tagesgeschäft der BfG sinnvoll wäre.

Ziele

- Konkrete Projektziele sind die Erarbeitung und prototypische Umsetzung von technischen und organisatorischen Schritten. Dazu gehören:
- Datengrundlagen möglichst vereinheitlichen und die bestehenden Standards zur Dokumentation und zum Datenaustausch anwenden
- Workflows präzise definieren, betreffende Arbeitsabläufe effizienter und transparenter gestalten
- die Qualitätssicherung und die Visualisierung vereinheitlichen
- Zur Erreichung übergeordneter Ziele der BfG werden Schritte zur nachhaltigen Integration der BfG-Modellwelt unternommen und eine motivierende BfG-weite Zusammenarbeit etabliert.

Ergebnisse

- Inventur und Beschreibung verwendeter Datengrundlagen für die im Projekt beteiligten Modelle
- Modell- und Werkzeuginventar zur Modellverknüpfung und -evaluierung sowie Ergebnisdarstellung
- Konzeptentwicklung zur Fortschreibung und Bereitstellung wichtiger Datengrundlagen
- Gesamtarchitektur einer integrierten Modelllandschaft (Verzeichnis-, Programm-, Dateistruktur)
- Gestaltung einer Plattform, über die gekoppelte Modelle und erzeugte Metadaten aufrufbar sind, und Weiterentwicklung von Werkzeugen zur Automatisierung der Modellbedienung
- Erstellung von Tools zur interaktiven Visualisierung und Auswertung von Zeitreihendaten
- Aufwandsabschätzung und mögliches Vorgehen zur Ergänzung fehlender Modellkomponenten
- Durchführung eines konzeptionellen und praktischen Modellvergleichs für die in der BfG mehrfach vorhandenen Modell-Bausteine „Hydrodynamik“ und „Schwebstoff“

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Testbetrieb des integrierten MUG-Modells mit einem exemplarischen Anwendungsfall aus der Vergangenheit (Jahr 2015), in dem einheitliche Randbedingungen verwendet und Ergebnisse einheitlich aufbereitet sind
- Beschreibung von erstellten und weiterentwickelten Werkzeugen in Form von R-Paketen zur nachvollziehbaren Nutzung
- Fertigstellung und Implementierung des Bedienungs-Interface und der entsprechenden Dokumentation

Auf Basis der erarbeiteten Konzipierung und der erfolgreichen technischen Umsetzung wird eine Vorlage für die Leitung vorbereitet. Hiermit wird z.B. für die AG Modellwelt ein mögliches Vorgehen für das Tagesgeschäft vorgeschlagen und die BfG-Modelllandschaft visionär mit Bezug auf aktuelle Modellentwicklungstrends weitergedacht.

Publikationen zum Thema

SCHIMA, B. und VU, T. (2021): Integrationspotenzial in der Modelllandschaft der BfG am Beispiel der Schwebstoffmodellierung. In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Gewässergütemodellierung: Aktuelle Anwendungen und integrative Modellansätze. 7. Workshop am 15./16. November 2021. – Veranstaltungen 2/2021, Koblenz, November 2021, 44 S.; DOI: 10.5675/BfG_Veranst_2021.2

SCHIMA, B. und VU, T. (2021): Integrationspotenzial in der Modelllandschaft der BfG am Beispiel der Schwebstoffmodellierung. 7. Workshop Gewässergütemodellierung: Aktuelle Anwendungen und integrative Modellansätze. https://www.bafg.de/DE/05_Wissen/02_Veranst/2021/2021_11_15_schima.pdf, zuletzt abgerufen am 18.07.2022

Projektlaufzeit	01/2020 – 12/2022
Auftraggeber	BMDV
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

2.1.14 Internationales Bodenfeuchtemessnetz (ISMN) – Ein Service der In-situ-Bodenfeuchtedaten global sammelt, harmonisiert und dauerhaft bereitstellt

Das ISMN stellt dauerhafte, harmonisierte und qualitätsgesicherte In-situ-Bodenfeuchtemessungen frei zur Verfügung. Zu diesem Zweck akquiriert und konsolidiert es global verfügbare Bodenfeuchtedaten.



Abbildung 25: Globale Verteilung der Messstationen des Internationalen Bodenfeuchtemessnetzes in der Ansicht des Web-Datenportals (Stand Juli 2022).

© ISMN

Bodenfeuchte ist von großer Bedeutung für die Produktivität von Pflanzen und die Gesundheit von Ökosystemen. Somit hat sie entscheidenden Einfluss auf das Wasserdargebot für die Nahrungsmittelproduktion. Zusätzlich ist die Bodenfeuchte ein wichtiger Steuerfaktor für die Partitionierung von Energie- und Wasserflüssen an der Landoberfläche. Die Verfügbarkeit von langen Zeitreihen dieser Variable ermöglicht es Wissenschaftlern, Anwendern (z.B. Landwirte) und Entscheidungsträgern, Trends zu erkennen, den Einfluss des globalen Wandels abzuschätzen und Adaptionstrategien zu entwickeln.

Veranlassung

Der Betrieb des ISMN an der TU Wien wurde seit seiner Implementierung im Jahr 2009 auf Projektbasis durch die Europäische Weltraumagentur (ESA) finanziert. Durch die Initiative des ICWRGC und der BfG wurde eine langfristige Finanzierung und neue Heimat des ISMN in Deutschland unter Mitwirkung des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur a. D.

Andreas Scheuer sichergestellt. Somit wurde im Jahr 2021 begonnen, den Transfer an ICWRGC/BfG vorzubereiten und neues Personal zu akquirieren. Der Transfer soll bis Ende 2022 abgeschlossen sein und der Produktionsbetrieb aufgenommen werden.

Ziele

- Das bedeutendste Ziel des ISMN ist die Bereitstellung und Dissemination von In-situ-Bodenfeuchtedaten. Diese Daten werden qualitätsgeprüft und harmonisiert frei zur Verfügung gestellt. Neben der Bereitstellung der Daten fungiert das ISMN als Langzeitarchiv für globale Bodenfeuchtedaten und konsolidiert diese in einer Datenbank. Dafür werden Daten von verschiedensten Datenanbietern mit unterschiedlichen Formaten prozessiert und in die Datenbank eingepflegt. Für einige der Daten erfolgt dies als kontinuierlicher Prozess, sodass Bodenfeuchtedaten als Fast-Echtzeitprodukt abgerufen werden können.

Ergebnisse

Im Zuge des Transfers des ISMN von Wien nach Koblenz wurden bereits mehrere Meilensteine erreicht. Neben der Rekrutierung von fünf Mitarbeitern wurde neue Recheninfrastruktur beschafft und in Betrieb genommen. Somit konnte mithilfe des neuen ISMN-Teams der Transfer der Software und der Datenbasis ans ICWRGC/BfG realisiert und die Konfiguration des Systems am neuen Standort abgeschlossen werden. Bereits im Juli 2022 konnte das System den Testbetrieb aufnehmen. Während des Transfers des ISMN nach Koblenz wurden Entwicklungsbedarfe identifiziert und bereits erste Weiterentwicklungen und Verbesserungen des Systems realisiert.

Das ISMN trägt auf internationaler Ebene zum Global Energy and Water Exchanges Project, dem Committee on Earth Observation Satellites, der Group of Earth Observation, dem Global Terrestrial Network on Hydrology (GTN-H) sowie zum Implementierungsplan des Global Climate Observing Systems bei.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Ein wichtiger Punkt für die zukünftige Entwicklung des ISMN ist der Ausbau der Datenbasis. Um diesen Prozess zu befördern, wird eine Schirm-

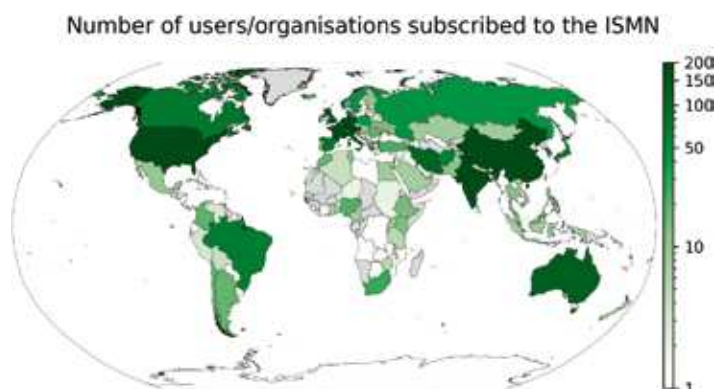


Abbildung 26: Anzahl der ISMN-Nutzer in den verschiedenen Staaten der Erde (Stand Juni 2022).

© ISMN

herrschaft der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen angestrebt. Das ISMN möchte in Zukunft auch die Installation und den langfristigen Betrieb solcher Umweltmessungen bewerben, da die Messnetzdichte, u.a. von Bodenfeuchtemessungen, in einigen Regionen reduziert wurde. Für den Datenaustausch wird das ISMN zu internationalen Programmen wie z.B. dem WMO Hydrological Observing System und GTN-H beitragen.

Publikationen zum Thema

DORIGO, W. et al. 2021. The International Soil Moisture Network: serving Earth system science for over a decade, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 25, 5749 – 5804

Projektlaufzeit seit 01/2021
Auftraggeber BMDV
Projekt-Nr. M39600204503

Ansprechpartner der BfG

Dr. Matthias Zink

E-Mail: zink@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5890

ICWRGC – Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel

2.1.15 mDRONES4rivers – Moderne Sensorik und luftgestützte Fernerkundung für vegetationskundliche und hydromorphologische Anwendungen an Wasserstraßen

Hydromorphologische und vegetationskundliche Parameter können mit moderner luftgestützter Sensorik erhoben werden und liefern damit wertvolle Beiträge für das Monitoring der Gewässerentwicklung.



Abbildung 27: Zum Einsatz im Projekt kam unter anderem eine Drohne DJI Phantom 4 – mit hier nicht sichtbarer multispektraler Sensorik.

© B. Baschek / BfG

Ein nachhaltiges Gewässermanagement sowie die Umsetzung ökologischer Maßnahmen setzen eine regelmäßige Erfassung der Vegetation und hydromorphologischer Substrate und Strukturen voraus. Drohnen und Gyrocopter bieten das Potenzial mit ihrer Sensorik, selbst in schwer zugänglichen Gebieten räumlich höchstauflösende Daten zu sammeln. Im Projekt wurden standardisierte Aufnahme- und Verarbeitungsverfahren für Luftbilddaten entwickelt und Methoden des maschinellen Lernens erforscht und aufgebaut. Kombiniert mit Datenerhebungen im Gelände können so effektive Ergebnisse erzeugt werden.

Veranlassung

- Klassische Feldkampagnen implizieren einen hohen zeitlichen und personellen Aufwand, zusätzlich liefern entsprechende In-situ-Verfahren im Gelände nur punktuelle Werte, flächenhafte Erfassungen enthalten subjektive Einschätzungen des Kartierers. Daher ist eine flächenhafte, objektive und georeferenzierte Datenbasis für aktuelle und zukünftige Aufgaben notwendig.

- Drohnen und Gyrocopter eröffnen neue Perspektiven und bieten, insbesondere gegenüber Flugzeugeinsätzen, bei kleinen und mittleren Gebieten besondere Vorteile in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit und die Datenauflösung.
- Flexible und variierbare Einsätze bieten einen zusätzlichen Mehrwert und ermöglichen damit die Erfassung von dynamischen flächigen Veränderungen.
- Multispektrale Kameras ermöglichen zudem präzise Einsichten in Vegetationsveränderungen und hydromorphologische Ausprägungen, Drohnen und Gyrocopter bieten sich dazu als Trägerplattform an.

Ziele

- Erforschung und Entwicklung einer Methodik zur robusten, übertragbaren und synergetischen flächenhaften Erfassung von Vegetationseinheiten und hydromorphologischen Substraten und Strukturen
- Erforschung des Beitrags der multispektralen und multitemporalen Fernerkundung von Drohnen/Tragschraubern, Optimierung von Sensorik, Messmethoden, Algorithmen des maschinellen Lernens zur Segmentierung und Klassifikation
- Erstellung und Bereitstellung exemplarischer Datensätze und Produkte
- Entwicklung von teilautomatischen objektiven Verfahren zum Monitoring von Gebieten an Bundeswasserstraßen

Ergebnisse

- Erfassung und Aufbereitung von Ground-truth-Daten, parallel zu den quartalsmäßigen bzw. jährlichen Befliegungen von sechs Projektgebieten am Rhein und zwei zusätzlichen ein-

maligen Befliegungseinsätzen (Drohne und/oder Gyrocopter), zusätzliche LiDAR-Befliegung im Projektgebiet

- Einsatz von Fernerkundungsdaten für die hydromorphologische Praxis: Einsatz von Luftbilddaten für das Valmorph-Verfahren, teilautomatisierte Erfassung von digitalisierten Geländedaten
- Auswertung der multispektralen Luftbilder mithilfe von skriptbasierten Klassifikationsverfahren: Anwendung und Entwicklung verschiedener Algorithmen, Klassifikation von Basisklassen (z.B. Vegetation, Substrat), Vegetationseinheiten (z.B. Grünland), Dominanzbeständen (z.B. Populus spp.) und Substrattypen (z.B. Sand, Kies)
- Berechnung Klassifikationsgüte (Overall-, Producer- und User-Accuracy) sowie Visualisierung der Klassifikationssicherheit
- Visualisierung, Aufbereitung und Veröffentlichung der Luftbilddaten

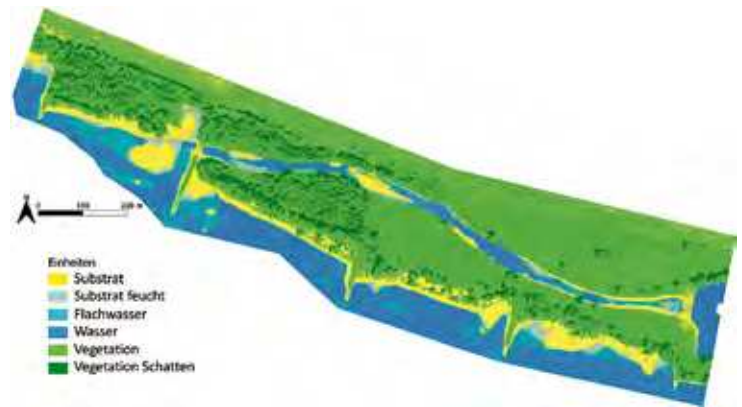


Abbildung 28: Basisklassifikation aus dem Projektgebiet Emmericher Ward (Befliegungsdatum 23.07.2019). © BfG / GEOOPTIX

Ausblick auf die nächsten Jahre

Die erzielten Ergebnisse ermöglichen in Zukunft die Ergänzung, Optimierung und ggf. auch eine Reduzierung klassischer Felderhebungen. Gleichzeitig können räumlich detaillierte Informationen über Ökosysteme an Bundeswasserstraßen generiert und visualisiert werden. Eine Weiterentwicklung der Auswertungsmethoden und Ausdehnung der verwendeten Trainingsdaten bieten Potenzial für eine Erweiterung des Anwendungsbereichs.

Publikationen zum Thema

ROMMEL, E., GIESE, L., FRICKE, K., KATHÖFER, F., HEUNER, M., MÖLTER, T., DEFFERT, P., ASGARI, M., NÄTHE, P., DZUNIC, F., ROCK, G., BONGARTZ, J., BURKART, A., QUICK, I., SCHRÖDER, U., BASCHEK, B. (2022): Very High-Resolution Imagery and Machine Learning for Detailed Mapping of Riparian Vegetation and Substrate Types. *Remote Sensing* 14 (4). <https://doi.org/10.3390/rs14040954>

BASCHEK, B., ROMMEL, E., KATHÖFER, F., GIESE, L., FRICKE, K., MÖLTER, T., DZUNIC, F., ASGARI, M., NÄTHE, P., DEFFERT, P., ROCK, G. (2022): Mapping riparian vegetation and hydromorphology with UAS and machine learning "Methods for Ecohydraulics: Remote Sensing", (Vortrag und Extended Abstract <https://pub.igf.edu.pl/files/Pdf/Arts/633.pdf>)

Datenveröffentlichung: <https://zenodo.org/search?page=1&size=20&q=mDRONES4rivers>

Metadaten: <https://mcloud.de/web/guest/suche/-/results/suche/relevance/mDRONES4rivers/0>

Projektlaufzeit	11/2018 – 01/2022
Auftraggeber	BMDV
Fördermittelgeber	Forschungsinitiative mFUND des BMDV
Projektpartner	Hochschule Koblenz, Anwendungszentrum für Maschinelles Lernen und Sensortechnologie Geoptix GmbH JB Hyperspectral Devices GmbH
Projekt-Nr.	M39610404035

Ansprechpartner der BfG

Dr. Björn Baschek

E-Mail: baschek@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5395

Referat M5 – Geodäsie und Fernerkundung

2.1.16 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 29: Gekoppeltes UAV/USV-Tandemsystem für die Wasserstraßen. © 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 muss die Unterhaltung und der Ausbau im Einklang mit der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) 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 die BfG die folgenden Arbeiten bzw. beteiligt sich an diesen:

- Aufbau der Trägerplattformen und Anforderungsanalyse zu Datenerfassung und -aufbereitung
- Datenerfassung und deren 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-Tandemsystem zur konsistenten Datenerfassung
- verbesserte Georeferenzierung durch Fusion der Mess- und Sensorsysteme (Global Navigation Satellite System und Inertialmesseinheit sowie 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 BAW
- dauerhaft bereitgestellte Ergebnisdaten in der mCloud und weiteren Datenportalen zur Sekundärnutzung



Abbildung 30: Verschiedene Nutzungen verlangen unterschiedliche Datenanforderungen wie am Mittelrhein.

© Schäfer / Sweco Koblenz GmbH

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Durchführung einer Messkampagne mit dem kompletten System
- Auswertung und Weiterverarbeitung der aufgenommenen Daten

Projektlaufzeit	06/2020 – 05/2023
Auftraggeber	BMDV
Fördermittelgeber	Forschungsinitiative mFUND des BMDV
Projektpartner	RWTH Aachen: Geodätisches Institut, Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr SEBA Hydrometrie GmbH & Co. KG Orthodrone GmbH Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Projekt-Nr.	M39630304088

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Maike Heuner

E-Mail: heuner@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5960

Referat U3 – Vegetationskunde, Landschaftspflege

2.2 BMDV-finanzierte verkehrsträgerübergreifende Forschung – Expertennetzwerk

2.2.1 Robuste Wasserstraßen – Fließtiefe

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

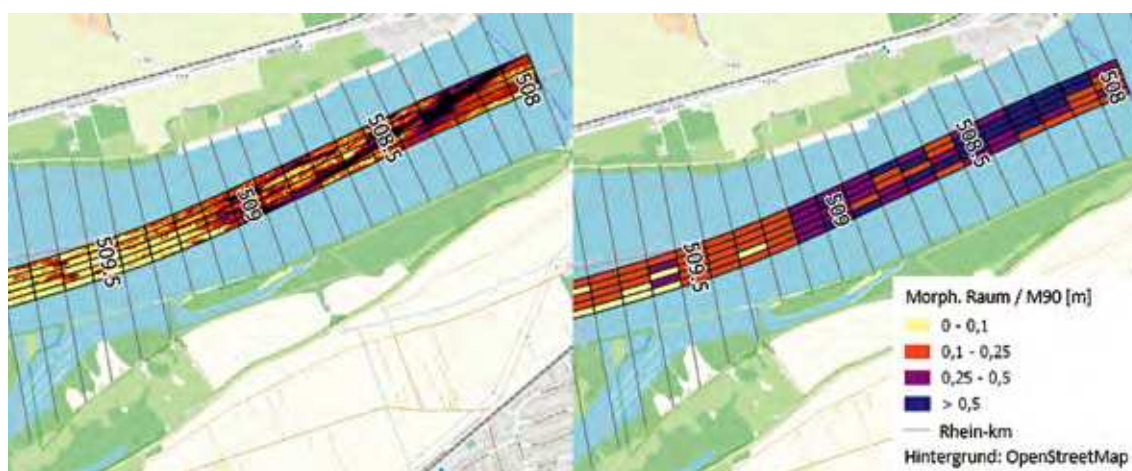


Abbildung 31: Der sogenannte Morphologische Raum sowie der daraus abgeleitete M90-Parameter werden zur Identifizierung morphologisch aktiver Bereiche genutzt, hier dargestellt für Rhein-km 508 – 510.

© BfG

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 zusätzlich möglichen Auswirkungen klimatischer Veränderungen.

Veranlassung

Die Fließtiefe als gemeinsamer gewässerkundlicher Kernparameter von WSV und BfG für die Bundeswasserstraßen ist von verschiedenen Fak-

toren 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 verhalten. Wenn die langfristige Fließtiefenentwicklung den baulichen Eingriffen gegenübergestellt wird, so lässt sich daraus großskalig die morphologische Reaktion des Fließgewässers ableiten. Im Rahmen der ersten Phase wurden daher in verschiedenen Archiven 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.

Seit Einführung der Fächerlotpeiltechnik vor ca. zwei Jahrzehnten liegen inzwischen für viele frei

fließende Bundeswasserstraßen räumlich hochaufgelöste Messungen der Gewässersohle (DGM-W) vor, welche tieferegehende Analysen der Entwicklung der Sohlhöhe erlauben. Durch die Entwicklung einer neuen Methode können die Ergebnisse aus der ersten Phase um räumlich hochaufgelöste Analysen von Daten der letzten zwei Jahrzehnte ergänzt werden. Die Ergebnisse bilden die Gewässerbettentwicklung unter dem Einfluss anthropogener Eingriffe ab. Liegen zudem Messungen zu spezifischen hydrologischen Ereignissen vor, kann deren Einfluss auf die morphologische Entwicklung quantifiziert werden.

Ziele

- Quantifizierung des Einflusses von Ausbau- und Unterhaltungsstrategien sowie langfristiger klimatischer Veränderungen auf die morphologische Entwicklung der Flusssohle sowie der 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 5 bzw. 6 Epochen innerhalb der letzten 120 Jahre definiert, für welche die Entwicklung von Fließtiefe, mittlerer Sohlhöhe und Wasserspiegellinie berechnet wurden.

In der zweiten Phase des Expertennetzwerks (2020 – 2025) wurde eine neue Methode entwickelt, welche eine retrospektive Analyse der vertikalen Morphodynamik entlang der Bundeswasserstraßen auf der Grundlage räumlich hochaufgelöster digitaler Geländemodelle ermöglicht. Die Methode wurde bereits erfolgreich auf einen ca. 50 km langen Abschnitt am Mittelrhein angewendet. In Bearbeitung befinden sich weitere großräumige Abschnitte am Niederrhein und der Binnenelbe.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Untersuchung des Einflusses von Extremwetterereignissen auf die Morphologie durch die systematische Analyse von Kontrollpeilungen nach Hochwasserereignissen. Hierbei soll auch der Eintrag von Geschiebematerial aus Nebengewässern und damit aus dem Einzugsgebiet berücksichtigt werden.

Publikationen zum Thema

REICH, J., WINTERSCHIED, A. (2022): A concept for analyzing the vertical dynamics of the riverbed along waterways. IAHR World Congress 2022, Konferenzband (in Druck)

Projektlaufzeit

04/2020 – 04/2025

Auftraggeber

BMDV-Expertennetzwerk

Projektpartner

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

Bundesanstalt für Straßenwesen

Bundesanstalt für Wasserbau

Deutscher Wetterdienst

Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung / Eisenbahnbundesamt

Projekt-Nr.

M39610304077

Ansprechpartner der BfG

Dr. Axel Winterscheid

E-Mail: winterscheid@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5190

Referat M3 – Gewässermorphologie, Sedimentdynamik und -management

2.2.2 Klimawandelinduzierte Änderungen der Schadstoffströme

Durch den Klimawandel können Extremwetterereignisse zunehmen. Im Expertennetzwerk werden extremwetterbedingte Spurenstoffeinträge und deren Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit in Bundeswasserstraßen untersucht.

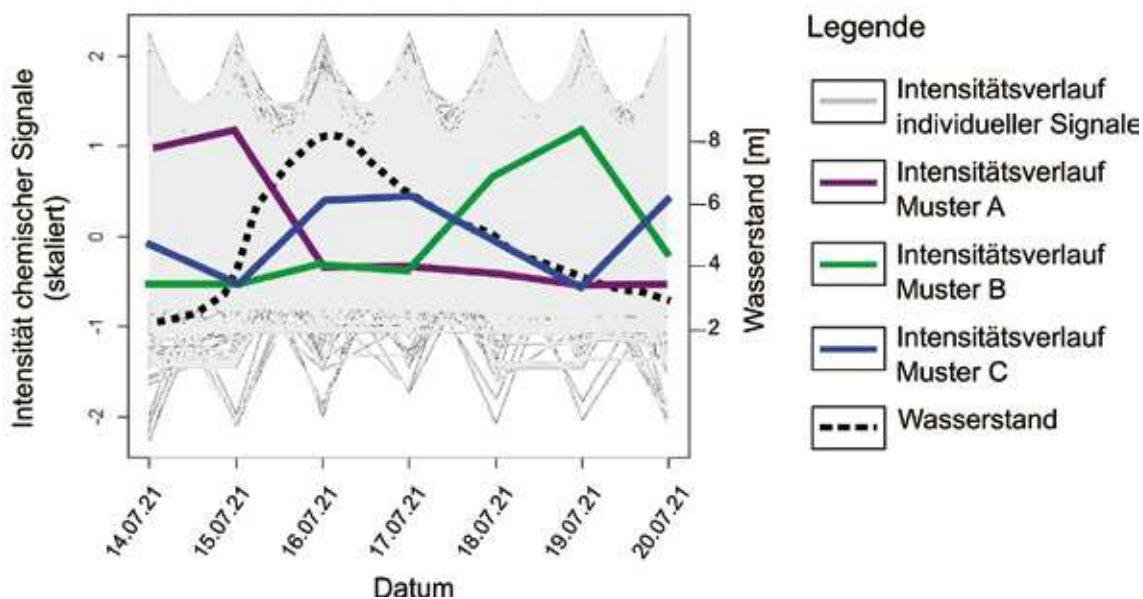


Abbildung 32: Eintragsmuster organischer Spurenstoffe in der Mosel im Juli 2021 an der Messstation Koblenz.

© L.-M. Beckers / BfG

Organische Spurenstoffe gelangen über verschiedene Eintragspfade, z.B. über Kläranlagenabläufe, Regenwasserkanäle und diffusen Oberflächenabfluss, in Fließgewässer. Hier werden sie in komplexen Mischungen detektiert und können ein Risiko für das Ökosystem darstellen. Die genaue Anzahl organischer Spurenstoffe ist unbekannt. Zudem variiert die Zusammensetzung der Stoffmischungen in Abhängigkeit von Konsum, Anwendungen und witterungsbedingten Einträgen. Extremwetterereignisse wie Starkregen- und Trockenwetterperioden können angesichts des Klimawandels zunehmen, sodass deren Auswirkungen auf Stoffeinträge und -konzentrationen in Gewässern zukünftig an Bedeutung gewinnen.

Veranlassung

Im Rahmen des BMDV-Expertennetzwerks (Themenfeld 1: Klimawandel und Extreme) werden Auswirkungen von Extremwetterereignissen, z.B.

Starkregen- und Trockenwetterperioden, auf den Eintrag organischer Spurenstoffe in Bundeswasserstraßen untersucht. Erste Studien zu regeninduzierten Spurenstoffeinträgen werden am Fallbeispiel der Mosel durchgeführt. Hier werden seit April 2021 während Regenereignissen Tagesmischproben von zwei Messstationen entlang des innerdeutschen Verlaufs der Mosel entnommen. Ausgewählte Proben werden durch das Verfahren des Non-Target-Screenings mittels Flüssigkeitschromatographie gekoppelt an hochauflösende Massenspektrometrie untersucht. Mithilfe von Clusteranalysen werden ereignisbezogene Eintragsmuster in den Datensätzen entschlüsselt. Über den Abgleich mit internen Datenbanken, die über 1000 bekannte Spurenstoffe und chemische Signale aus Elutionsversuchen mit Reifenabrieben umfassen, können Signale in den Umweltproben bereits bekannten Substanzen bzw. möglichen Quellen wie Reifenabrieb zugeordnet werden.

Ziele

- Erfassung regeninduzierter Spurenstoffeinträge in Bundeswasserstraßen
- Identifikation quellenspezifischer organischer Spurenstoffe als repräsentative Substanzen für zielgerichtetes Monitoring
- Identifikation relevanter Quellen und Eintragspfade für regeninduzierte Spurenstoffeinträge
- Angaben zu regen- und trockenheitsinduzierten Spurenstoffeinträgen und -konzentrationen in Bundeswasserstraßen unter Berücksichtigung von Klimaprognosen
- Erstellung eines Konzepts zur quantitativen Erfassung ausgewählter quellen- und eintragspezifischer Spurenstoffe in Bundeswasserstraßen
- Integration ausgewählter Spurenstoffe in Gewässergütemodelle bzw. Schadstoffemissionsmodelle

Ergebnisse

Die dargestellten Methoden lieferten zeitlich hochaufgelöste Daten zu kurzzeitigen Auswirkungen von Regenereignissen auf Spurenstoffeinträge in Bundeswasserstraßen. Im Juli 2021 kam es im Untersuchungsgebiet zu außergewöhnlichen Starkregenereignissen. In der Mosel wurden in der Folge drei deutlich veränderte Eintragsmuster organischer Spurenstoffe gegenüber der übrigen Untersuchungsperiode beobachtet. Diese wurden auf A) Einträge abwasserbürtiger Spuren-

stoffe (z.B. Arzneimittel) sowie auf Einträge über direkten Oberflächenabfluss aus der unmittelbaren Umgebung (z.B. Reifenabriebsstoffe), B) Einträge über oberflächennahes Grundwasser (z.B. Pestizidmetabolite) und C) Einträge über Oberflächenabfluss (z.B. Herbizide) aus dem entfernteren Einzugsgebiet zurückgeführt. Die Signalintensität in den letzten beiden Mustern nahm dabei erst mit und nach dem Scheitelabfluss deutlich zu, sodass sie regeninduzierten Einträgen zugeordnet wurden. Mit der erwarteten Zunahme von Starkregenereignissen ist anzunehmen, dass auch die Beeinträchtigung der Wasserqualität durch regeninduzierte Spurenstoffeinträge zukünftig zunehmen wird.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Identifizierung unbekannter organischer Spurenstoffe assoziiert mit regeninduzierten Eintragsmustern vom Juli 2021
- Identifizierung von Langzeittrends von Spurenstoffen
- quantitative Erfassung ausgewählter Spurenstoffe zur Integration in Schadstoffemissions- und Gewässergütemodelle
- Aufbau eines hydrologischen Transportmodells zur Modellierung regeninduzierter Spurenstoffeinträge im Einzugsgebiet der Mosel
- Aufbereitung von Spurenstoffdaten für ein Gewässergütemodell zur Modellierung trockenheitsinduzierter Stoffkonzentrationen

Projektlaufzeit	01/2020 – 12/2025
Auftraggeber	BMDV-Expertennetzwerk
Projektpartner	Bundesanstalt für Straßenwesen Deutscher Wetterdienst Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung / Eisenbahnbundesamt
Projekt-Nr.	M39620204062

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Liza-Marie Beckers
E-Mail: beckers@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5318
Referat G2 – Gewässerchemie

2.2.3 Klimawandel- und landnutzungsinduzierte Veränderungen der Sedimenteinträge in Bundeswasserstraßen

Bodenerosion und Sedimenteinträge haben einen wichtigen Einfluss auf den Feststoffhaushalt und die Wasserqualität von Gewässern. Der Klimawandel bewirkt eine Intensivierung dieser Prozesse.

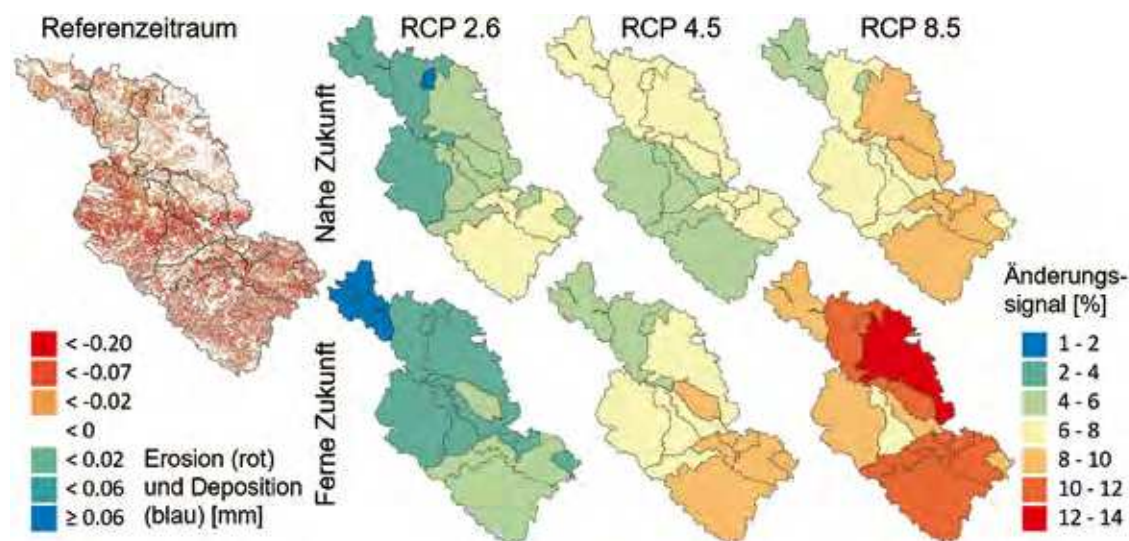


Abbildung 33: Simulierte jährliche Erosion im Einzugsgebiet der Elbe sowie zukünftige Änderungen. © M. Uber / BfG

Bodenerosion und Sedimenttransport sind natürliche Prozesse, die bewirken, dass feine Bodenpartikel abgelöst, durch Wind oder Wasser transportiert und im Gelände zurückgehalten oder in Gewässer eingetragen werden. Sie unterliegen jedoch einem starken menschlichen Einfluss und lösen vielerorts ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Probleme aus. Dazu zählen der Verlust von fruchtbarem Boden, die Sedimentierung von Stauseen, der Transport von partikelgebundenen Nähr- und Schadstoffen sowie die Verlandung von Stillwasserbereichen.

Veranlassung

Beobachtungen und Klimaprojektionen zeigen, dass sich die Regenintensität und damit auch die Bodenerosion im Klimawandel erhöht. Dabei ist besonders eine Zunahme von Starkregenereignissen von Bedeutung, da diese Ereignisse nicht nur extreme Abflüsse, sondern auch den Transport großer Mengen an Feststoffen bewirken. Für das Flussgebietsmanagement und für die Einschätzung

der zukünftigen Wasserqualität ist es wichtig, die erwartete Zunahme der Bodenerosion und des Feststoffeintrags in Gewässer zu quantifizieren und räumlich zu verorten.

Dazu wurde exemplarisch für das Einzugsgebiet der Elbe ein Bodenerosionsmodell aufgesetzt. Dieses berechnet zunächst die mittlere jährliche Erosion aus Landnutzungsdaten, Bodendaten, einem digitalen Höhenmodell und Daten der Regenerosivität. In einem zweiten Schritt wird die Transportkapazität bestimmt. Diese bestimmt, ob und wie viel des erodierten Bodenmaterials hangabwärts transportiert wird und welcher Anteil im Gelände zurückgehalten wird (Deposition).

Ziele

- Quantifizierung der Bodenerosion in der Vergangenheit (Referenzzeitraum 1971 – 2000), räumlich aufgelöst im Flusseinzugsgebiet der Elbe
- Quantifizierung der Sedimenteinträge in das Gewässernetz und Vergleich der simulierten Einträge mit Messwerten

- Ermittlung der zukünftigen Regenerosivität aus Klimaprojektionen des Referenzensembles des DWD
 - Berechnung der zukünftigen Erosion und zukünftiger Sedimenteinträge für die nahe Zukunft (2031 – 2060) und die ferne Zukunft (2071 – 2100) sowie unterschiedliche Klimaszenarien
 - Abschätzung der Unsicherheiten des Modellierungsansatzes
- voneinander unterscheiden und Unsicherheit bezüglich der Emissionsszenarien herrscht.
- Für das Klimaschutzszenario RCP 2.6 ergeben sich geringe Änderungen von 2 – 8 % für einen Großteil der Teileinzugsgebiete und Klimamodelle.
 - Für das Weiter-wie-bisher-Szenario RCP 8.5 und den Median der Klimamodelle ergeben sich Änderungen bis zu 14 %.

Ergebnisse

- Hohe Bodenerosionsraten werden besonders in den Teileinzugsgebieten der Saale und der Mulde, aber auch im Bereich der kleineren sächsischen Nebenflüsse und im tschechischen Teil des Einzugsgebietes simuliert.
- Die Bodenerosion ist besonders hoch auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mittelgebirgslagen mit Hangneigung.
- Es erfolgt ein Rückhalt im Gelände und den Stauräumen zahlreicher Talsperren.
- Die zukünftige Entwicklung der Regenerosivität kann nicht mit Sicherheit bestimmt werden, da die verschiedenen Klimamodelle sich bedeutend

Ausblick auf die nächsten Jahre

In den kommenden Jahren soll der Einfluss von Starkregenereignissen stärker berücksichtigt werden. Dazu wird die Regenerosivität auf Grundlage von konvektionsauflösenden Klimasimulationen des DWD neu berechnet. Zudem wird ein Modell zur Ermittlung von starkregeninduzierten Fest- und Schadstoffeinträgen in Gewässer aufgesetzt. Diese Arbeit basiert auch auf den Erkenntnissen im Projekt 2.2.2 „Klimawandelinduzierte Änderungen der Schadstoffströme“ und gliedert sich ein in die Wirkkette „Starkregen – Sturzfluten – Fest- und Schadstofftransport“, die im Themenfeld 1 im BMDV Expertennetzwerk betrachtet wird.

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-Expertennetzwerks. 195 S. DOI: 10.5675/ExpNNE2020.2020.07

UBER, M., G. HILLEBRAND (2022): Auswirkungen des Klimawandels auf Bodenerosion und Sedimenteinträge in Gewässer. Forschungsergebnisse kompakt. https://www.bmdv-expertennetzwerk.bund.de/DE/Publikationen/Kurzberichte/TF1/Uber_Hillebrand_2022.html

Projektlaufzeit	01/2016 – 12/2025
Auftraggeber	BMDV-Expertennetzwerk
Projektpartner	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Bundesanstalt für Straßenwesen Bundesanstalt für Wasserbau Deutscher Wetterdienst Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung / Eisenbahnbundesamt
Projekt-Nr.	M39610304075

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Magdalena Uber

E-Mail: uber@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5989

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 34: Straße, Schiene, Wasserstraße und ihre Verkehrsnebenflächen (Böschungen, Ufer, Begleitgrün).

© LandMark GmbH

Verkehrsnebenflächen bedecken schätzungsweise mindestens 3 % der Landfläche Deutschlands. Durch ihre Vernetzung und den geringen Nutzungsdruck bergen sie ein entsprechendes Potenzial zum Erhalt und zur Förderung der Biodiversität. Im Projekt betrachten wir 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

- die gesellschaftliche Vorbildfunktion der Verwaltung
- gesetzliche Vorschriften bei der Bewirtschaftung von Bundesliegenschaften

- die Umsetzung nationaler und internationaler Strategien zur Förderung der Biodiversität
- die Unterstützung der Bundesprogramme „Blau-tes Band Deutschland“, „Wiedervernetzung“, „Biologische Vielfalt“ oder „Insektenschutz“

Die Verkehrsträger haben unabhängig voneinander Leitfäden zum Management von Biodiversitätskomponenten implementiert. Kommunikation und Planung über Verkehrsträger hinweg werden bisher aber wenig praktiziert.

Zusammen mit dem Schwerpunktthema „Neobiota“ des BMDV-Expertennetzwerks, der Bundesanstalt für Straßenwesen und dem Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung werden Biodiversitätsparameter in drei Beispierräumen erfasst. Wir analysieren Aspekte der Lebensraumfunktion und -vernetzung. Bestehende Leitfäden und Projekte zur Biodiversitätsförderung werden ausgewertet.



Abbildung 35: Verkehrsträgerübergreifende Biodiversitätsförderung kann Synergien bei der Unterhaltung erzeugen.

© Baader Konzept

Ziele

- Erfassung der ökologischen Wertigkeit von Verkehrsnebenflächen in repräsentativen Beispielräumen unterschiedlicher Verkehrs- und Landschaftsstruktur
- Ableitung allgemeingültiger Aussagen aus Ergebnissen der Beispielräume
- Bewertung des bestehenden verkehrsträgerspezifischen Managements und von Best-practice-Beispielen
- Aufzeigen von Synergien der verkehrsträgerparallelen Zusammenarbeit
- Entwicklung eines verkehrsträgerübergreifenden Managementkonzepts 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 vorkom-

mender 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.

Ausblick auf die nächsten Jahre

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

- Erweiterung der Kenntnisse zur Wirkung der Verkehrsträger auf Biodiversität und Lebensraumvernetzung durch weitere Datenanalysen
- Bewertung verkehrsträgerspezifischer Unterhaltungsmaßnahmen und Best-practice-Beispiele
- Weiterentwicklung und Erweiterung des Managementkonzepts, „Handbuch Biodiversitätsmanagement“

Publikationen zum Thema

BARTELS, P., ESSER, D., LEIBLEIN-WILD, M., SUNDERMEIER, A. (2020): Ökologische Vernetzung zur Förderung der Biodiversität und der strukturellen Lebensraumvielfalt (SPT 201). – In: BMVI-Expertenetzwerk: Verkehr und Infrastruktur umweltgerecht gestalten. Ergebnisbericht des Themenfeldes 2 im BMVI-Expertenetzwerk für die Forschungsphase 2016 – 2019, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Berlin: 16 – 34. URL: http://www.bmvi-expertennetzwerk.de/DE/Publikationen/TFSPtBerichte/TF2_2Auflage.pdf?__blob=publicationFile&v=3

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

ESSER, D. S., NAGEL, K. O., BARTELS, P., LEIBLEIN-WILD, M., SUNDERMEIER, A. (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

Projektlaufzeit	01/2016 – 12/2025
Auftraggeber	BMDV-Expertenetzwerk
Projektpartner	Bundesanstalt für Straßenwesen Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung / Eisenbahnbundesamt
Projekt-Nr.	M39630404021

Ansprechpartner der BfG

Dr. Andreas Sundermeier

E-Mail: 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 lässt sich ihre Verbreitung minimieren?



Abbildung 36: Nutria (*Myocastor coypus*), Schwarzmaulgrundel (*Neogobius melanostomus*), Drüsiges Springkraut (*Impatiens glandulifera*)
© F. Schöll / BfG; M. Zabrocki / BSH, J. 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

Verkehr und Verkehrsinfrastruktur begünstigen invasive Neobiota, was heimische Ökosysteme belastet. Die Mechanismen, die zu einer erfolgreichen Ansiedlung und Ausbreitung von Neobiota

führen (z.B. über Ladungsverluste, Ballastwasser, Schiffsbewuchs), 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

Ziele

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

Ergebnisse

Im Rahmen der ersten Phase des BMDV-Expertenetzwerkes (2016 – 2019) wurden wesentliche Erkenntnisse zu den für die einzelnen Verkehrsträger relevanten Artengruppen und Ausbreitungspfaden erzielt. In der aktuellen Forschungsphase (2020 – 2025) wird nun verstärkt der Fokus auf die Weiterentwicklung von unmittelbar einsetzbaren und praxistauglichen Methoden und Instrumenten für den Umgang mit Neobiota gelegt. Hierfür werden in der BfG u.a. die Rolle

von Häfen sowie potenziellen Vektoren bei der Einfuhr und Verbreitung von Neobiota im Binnenbereich mit indikativen und genetischen Methoden untersucht. Erste Ergebnisse der bisher erhobenen Neobiotadaten zeigen, dass für den Untersuchungsraum „Hamburger Hafen“ im terrestrischen Bereich insgesamt 50 Käferarten nachgewiesen werden konnten, die als gebietsfremd zu betrachten sind. Die mit Abstand meisten davon (47) sind bereits seit langem bekannt, lediglich drei Arten wurden in der Erfassung erstmals für den Raum Hamburg nachgewiesen.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Mit den Projektpartnern und dem Schwerpunktthema „Biodiversität“ werden in der BfG folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- praktische Untersuchungen mit genetischen Methoden an Bundeswasserstraßen zur Früherkennung von Neobiota
- Untersuchung des Duisburger Hafens zur Rolle von Häfen bei der Einfuhr und Verbreitung von aquatischen Neobiota im Binnenbereich



Abbildung 37: Häufige an Motorgüterschiffen und Sportbooten lebende Neobiota: die Quagga-Dreikantmuschel (*Dreissena rostriformis bugensis*).

© E. Behring, BfG

- genetische Untersuchungen zur Bestimmung von Arten in potenziellen Vektoren (Ballastwasser)
- Erweiterung der Kenntnisse zur Wirkung der Verkehrsträger auf Neobiota und Lebensraumvernetzung durch die Bearbeitung eines weiteren Beispielraums

Publikationen zum Thema

- BARTELS, P., BROEG, K., ESSER, D., HEIBECK, N., LEIBLEIN-WILD, M., SUNDERMEIER, A., ZABROCKI, M. (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: 34 – 48. URL: https://www.bmvi-experten-netzwerk.de/DE/Publikationen/TFSPtBerichte/TF2_2Auflage.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- SCHWARTZ, N., SCHÖLL, F. (2018): Blinde Passagiere auf Binnenschiffen. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL). Ergebnisse der Jahrestagung 2017 (Cottbus), 424 – 433, Hardegsen
- SCHÖLL, F., HEIBECK, N. (2019): Erster Nachweis des Polychaeten *Laonome xeprovala* (Bick & Bastrop 2018) (Polychaeta) aus der Mosel sowie dem Stichkanal Hildesheim. *Lauterbornia* 86, 1 – 3

Projektlaufzeit	01/2016 – 12/2025
Fördermittelgeber	BMDV-Expertennetzwerk
Projektpartner	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Bundesanstalt für Straßenwesen Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung / Eisenbahnbundesamt
Projekt-Nr.	M39620204059

Ansprechpartner der BfG

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

2.2.6 Unsicherheitsanalyse der Modellierung von Luftschadstoffemissionen der Binnenschifffahrt für einen verbesserten verkehrsträgerübergreifenden Vergleich

Ein Vergleich von verkehrsträgerspezifischen Emissionen ist nur unter Kenntnis der Unsicherheiten der einzelnen Modelle möglich.



Abbildung 38: Binnenschiffe stoßen in freier Fahrt unterschiedliche Mengen an Luftschadstoffen aus. © P. Wagner / BfG

Für erfolgreiche intra- und intermodale Maßnahmen zur Verringerung der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastung müssen umfassende Kenntnisse über die Emissionsbeiträge der einzelnen Verkehrsträger vorliegen. Die hierfür eingesetzten Emissionsmodelle für einzelne Verkehrsträger unterscheiden sich im Detaillierungsgrad und in der Genauigkeit. Ein Vergleich von verkehrsträgerspezifischen Emissionen ist daher nur unter Kenntnis der Unsicherheiten der einzelnen Modelle möglich. Im Rahmen des BMDV-Expertennetzwerks wird die Unsicherheit eines Modells für Binnenschiffemissionen untersucht.

Veranlassung

Modelle sind sehr gut geeignet, großflächig Aussagen über Luftschadstoffbelastungen, z.B. an Wasserstraßen, zu tätigen. Die Qualität der Modellergebnisse hängt zum einen von der Qualität des Modells und zum anderen von der Qualität

der Eingangsdaten ab. Beide Qualitäten müssen bekannt sein, um die Ergebnisse richtig einordnen zu können, sei es im Vergleich mit Messungen, aber auch im Vergleich zu Modellen für andere Verkehrsträger. Daher soll für das Emissionsmodul des Modells „Luftschadstoffbelastung an Wasserstraßen“ (LuWas) eine Unsicherheitsanalyse durchgeführt werden. Dazu wird zunächst für jeden Eingangsparameter die einzelne Unsicherheit bestimmt und daraus die Gesamtunsicherheit der modellierten Luftschadstoffemissionen berechnet. Die Ergebnisse der Unsicherheitsanalyse ermöglichen sowohl eine gezielte Verbesserung der Datengrundlage und des Modells als auch eine verbesserte Aussagekraft der modellierten Schiffsemissionen.

Ziele

- Bestimmung der Unsicherheiten der für die Modellierung der binnenschifffahrtsbedingten Luftschadstoffemissionen notwendigen Eingangsparameter, u.a. durch Nutzung pseudonymisierter Automatic Identification System (AIS)-Daten
- Entwicklung einer Methodik zur Bestimmung der resultierenden Gesamtunsicherheit für die mit LuWas berechneten Luftschadstoffe
- Anwendung des entwickelten Verfahrens für ausgewählte Gebiete
- verkehrsträgerübergreifender Vergleich für ausgewählte Gebiete

Ergebnisse

Zunächst wurden ausreichend hochaufgelöste Quellen für die Eingangsparameter der Emissionsmodellierung, v.a. Schiffsanzahl, gefahrene Geschwindigkeit durchs Wasser, Beladungsgrad, Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe, identifiziert und hinsichtlich ihrer Varianz und Präzision unter-

sucht. Es zeigt sich, dass sich z.B. der Parameter „Anzahl der Schiffe pro Jahr“ sehr gut aus AIS-Daten ermitteln lässt, der Beladungsgrad hingegen nicht aus AIS-Daten gewonnen werden sollte. Zudem wurde festgestellt, dass die Fahrgeschwindigkeiten, mit der die einzelnen Schiffe auf einem bestimmten Wasserstraßenabschnitt durchs Wasser fahren, normalverteilt sind (Abb. 39). Mit den genannten Parametern wurde bereits eine vorläufige Unsicherheitsanalyse durchgeführt. Anhand dieser Analysen konnte bereits eine Methodik zur Bestimmung der resultierenden Gesamtunsicherheit entwickelt werden. In dieser Methodik können nun die noch zu untersuchenden Eingangsparameter auf einfache Weise ergänzt werden.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Die Unsicherheitsanalyse soll auf die noch verbleibenden Eingangsparameter, wie z.B. aufgebrachte Motorleistung oder Emissionsfaktoren, ausgeweitet werden, wobei auf Literaturstudien zurückgegriffen werden wird. Anschließend werden die Ergebnisse auf die bereits entwickelte Methodik für die Gesamtunsicherheit übertragen und die

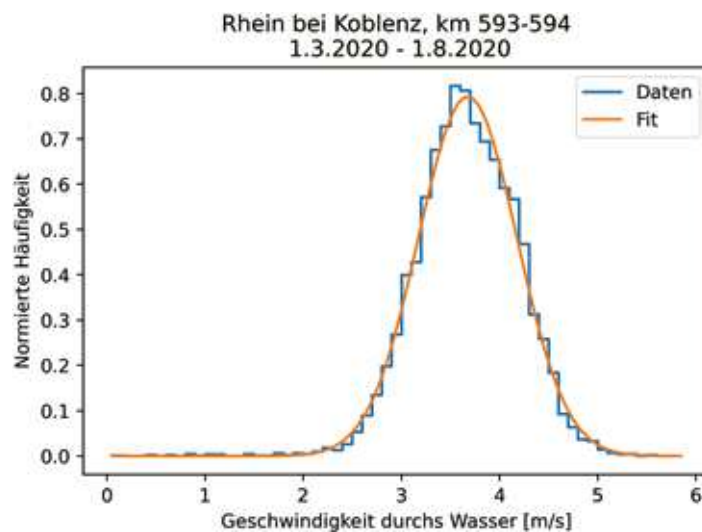


Abbildung 39: Das Histogramm der gefahrenen Geschwindigkeiten lässt sich mit einer Normalverteilung modellieren. © BfG

binnenschifffahrtsbedingten Luftschadstoffemissionen sowie deren Unsicherheiten für ausgewählte Gebiete untersucht. Darauf aufbauend soll die Emissionsmodellierung gezielt verbessert werden, sodass die auftretenden Unsicherheiten systematisch reduziert werden.

Publikationen zum Thema

- SOMMER, S. (2021): Bericht zu Meilenstein M203.1.2: Unsicherheiten der Eingangsparameter des Emissionsmodells LuWas
- SOMMER, S. (2020): Modellierung der mittleren Luftschadstoffemissionen von Binnenschiffen auf Bundeswasserstraßen basierend auf Geschwindigkeitsverteilungen. Bericht BfG-2041
- Ingenieurbüro Lohmeyer (2020): Aktualisierung und Erweiterung des softwarebasierten Modells LuWas zur Ermittlung der schifffahrtsbedingten Luftschadstoffbelastung an Wasserstraßen. Bericht

Projektlaufzeit	01/2016 – 12/2025
Auftraggeber	BMDV-Expertennetzwerk
Projektpartner	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Bundesanstalt für Straßenwesen Bundesanstalt für Wasserbau Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung / Eisenbahnbundesamt
Projekt-Nr.	M39610104044

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Svenja Sommer
 E-Mail: svenja.sommer@bafg.de
 Tel.: +49(0)261 1306 5279
 Referat M1 – Hydrometrie und Gewässerkundliche Begutachtung

2.2.7 Bau- und bauwerksbedingte Emissionen / Immission in Wasser, Boden und Luft

Das Schwerpunktthema 204 des BMDV-Expertennetzwerks entwickelt Konzepte zur Untersuchung und Bewertung der Umweltverträglichkeit von Baustoffen hinsichtlich der Freisetzung von Substanzen und deren ökotoxikologischer Relevanz.

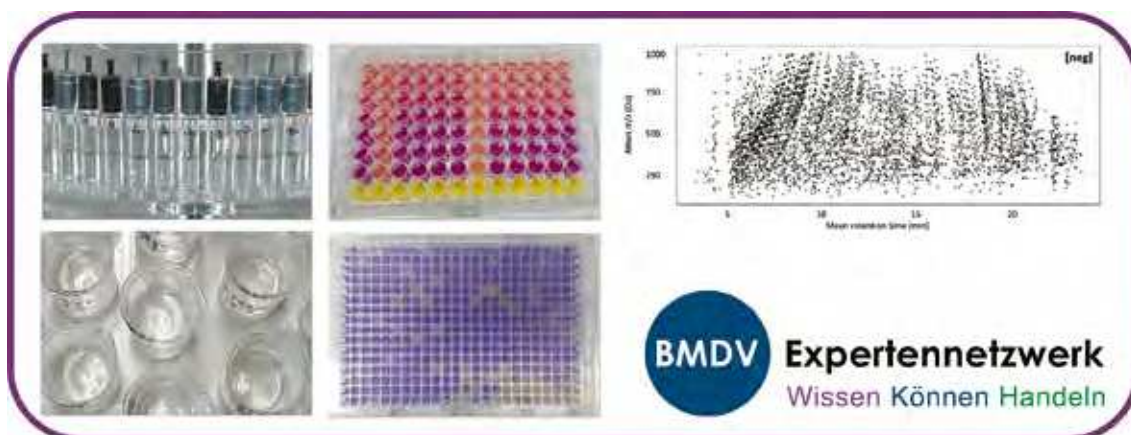


Abbildung 40: Ansatz zur Laboruntersuchung und Bewertung von Baustoffen: Auf Freisetzungsversuche folgen verschiedene chemisch-analytische und ökotoxikologische Untersuchungen und eine integrative Bewertung der Ergebnisse.

© P. Schweyen / BfG

Für die Errichtung von Verkehrsbauwerken wie z.B. Brücken, Schleusentore, Ufersicherungen oder Offshore-Windenergieanlagen werden verschiedenste Baustoffe verwendet. Dabei handelt es sich meist um komplexe, teils reaktive Formulierungen mit Zusatzmitteln und Prozesschemikalien. Für alle Verkehrsträger (Straße, Schiene und Wasserstraße) gilt, dass viele Substanzen beim Bau, Ausbau, Betrieb und Rückbau in die Umwelt gelangen können. Die genaue chemische Zusammensetzung der Baustoffe ist allerdings oftmals nicht bekannt. Durch Verwitterungsprozesse (UV, Regen) können zudem auch unbekannte Transformationsprodukte gebildet und freigesetzt werden.

Veranlassung

Für umweltverträgliches und nachhaltiges Bauen ist die Kenntnis der Freisetzung von (Schad-)Stoffen über den gesamten Lebenszyklus der Bauwerke von besonderer Bedeutung. Bisher ist allerdings nicht ausreichend bekannt, welche Substanzen beim Einbau, Rückbau und während der Nutzung der Bauwerke freigesetzt werden und inwieweit diese Stoffe die Qualität von Wasser, Boden oder

Luft negativ beeinflussen. Zur Untersuchung der Umweltverträglichkeit werden deshalb in diesem Vorhaben systematische Auslaugversuche mit verschiedenen Bauprodukten durchgeführt. Die freigesetzten Stoffe werden durch eine Kombination von chemischen und biologischen Analysen detektiert, identifiziert und hinsichtlich ihrer ökotoxikologischen Effekte untersucht. Auf der Basis dieser Ergebnisse werden unter Berücksichtigung von Expositionsszenarien zudem praxistaugliche Prüf- und Bewertungsverfahren für Bauprodukte entwickelt.

Ziele

- Analyse und ökotoxikologische Bewertung stofflicher Emissionen aus Materialien wie Beton, Geokunststoffe, Elastomere und Korrosionsschutzanwendungen im Stahlbau in Wasser und Boden
- Untersuchung des Einflusses verschiedener Witterungseinflüsse auf die Bildung von Transformationsprodukten und die Stofffreisetzung
- Aufstellen von Freisetzungsszenarien für Stoffe aus Bauprodukten

- Entwicklung von Konzepten für die Bewertung der Umweltverträglichkeit von Bauprodukten
- Aufbau einer Rechercheplattform für die Auswahl umweltfreundlicher Baustoffe/Baumaterialien

Ergebnisse

Aktuelle dynamische Freisetzungsstudien mit Geotextilien haben ergeben, dass bereits nach kurzen Kontaktzeiten mit Wasser messbare Mengen an organischen Verbindungen freigesetzt werden können. Durch die Kombination von chemischen und ökotoxikologischen Analysen wurde in den wässrigen Eluaten eine Substanz identifiziert, für die eine erhöhte Basistoxizität (Hemmung von Leuchtbakterien) beobachtet wurde. Im Wesentlichen handelt es sich bei den nachgewiesenen Verbindungen um Tenside, die als Avivage in der Vernadelung des Geotextils eingesetzt werden, auf dem Produkt als Film verbleiben und durch Wasser leicht abgespült werden. Durch eine Reinigung von Geotextilien vor dem Einbau könnten somit die Einträge dieser Substanzen in die Umwelt weitestgehend vermieden werden. Abbildung 41 verdeutlicht diesen Abwaschprozess. Aufgetragen ist der gelöste organische Kohlenstoff. Dies ist ein Summenparameter für organische Substanzen. Bereits nach wenigen Wasserwechseln mit geringen Kontaktzeiten von 5 Minuten ist der größte Teil der organischen Verbindungen abgespült.

Aktuelle Ergebnisse bezüglich der Freisetzung aus Zementleimen legen eine Freisetzung verschiedener organischer Verbindungen dar, die zu einem Großteil bereits identifiziert wurden und teilweise auf die eingesetzten Mahlhilfsmittel zurückzuführen sind. Laborstudien bezüglich der Untersuchung des Einflusses von Licht auf Korrosionsschutzbeschichtungen aus bisphenolbasierenden Epoxidharzen hat zudem eine gesteigerte Freisetzung von Bisphenol A und davon abgeleiteten Photodegradationsprodukten ergeben.

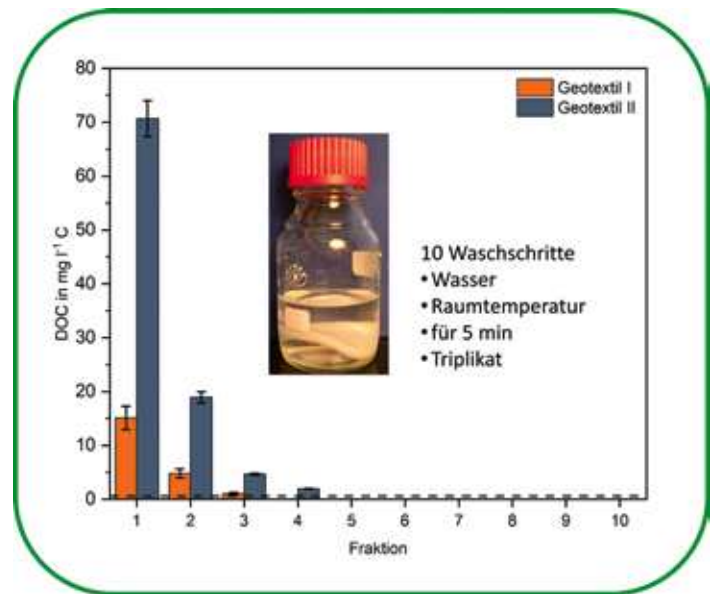


Abbildung 41: Dynamische abnehmende Freisetzung von Avivagen gemessen am organischen Kohlenstoff (DOC) aus zwei Geotextilien innerhalb 10 Waschfraktionen.

© C. Brüggemann / BfG

Ausblick auf die nächsten Jahre

In der zweiten Phase des BMDV-Expertenetzwerks (2020 – 2025) werden die entwickelten Untersuchungs- und Bewertungskonzepte auf weitere Baustoffgruppen ausgeweitet. Ferner wird der modellgestützte Transfer auf reale Bauwerke durch Felduntersuchungen validiert. Darüber hinaus werden Methoden zur partikulären Freisetzung von Mikroplastik aus Korrosionsschutzbeschichtungen entwickelt und validiert.

Die gewonnenen Ergebnisse sollen zukünftig in eine webbasierte Rechercheplattform fließen, welche als Werkzeug zur Auswahl umweltverträglicher Baustoffe dienen soll.

Publikationen zum Thema

BRÜGGEMANN, C., SCHWEYEN, P., BELL, A. M., WICK, A., TERNES, T. A. (2022): Freisetzung von organischen Schadstoffen aus Geokunststoffen im Rahmen von Freisetzungsstudien. Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft 2022, Poster

AMANN, S., DIETRICH, C., WICK, A., TERNES, T. A. (2022): Non-Target-Screening zur Identifizierung organischer Substanzen in Zementleimelutaten (Frischbeton). Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft 2022, Poster

Bell, A. M., KELTSCH, N., SCHWEYEN, P., REIFFERSCHIED, G., TERNES, T., & BUCHINGER, S. (2021): UV aged epoxy coatings—Ecotoxicological effects and released compounds. *Water Research X*, 12, 100105. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wroa.2021.100105>

BELL, A. M. (Dissertation) (2021): Ecotoxicological assessment of selected construction materials: Galvanic anodes and organic coatings for corrosion protection. <https://hbz.opus.hbz-nrw.de/opus45-kola/frontdoor/index/index/docId/2250>

Projektlaufzeit	01/2016 – 12/2025
Auftraggeber	BMDV-Expertenetzwerk
Projektpartner	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Bundesanstalt für Straßenwesen Bundesanstalt für Wasserbau Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung / Eisenbahnbundesamt
Projekt-Nr.	M39620204036

Ansprechpartner der BfG

Dr. Peter Schweyen

E-Mail: schweyen@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5048

Referat G2 – Gewässerchemie

2.2.8 Erweiterung und Überprüfung der Datengrundlage binnenschifffahrtsbedingter Schallemissionen

Automatisierte Messungen von Schiffsschall der Binnenschiffahrt erlauben den Aufbau einer umfassenden Datengrundlage für die Modellierung von Luftschallimmissionen an Wasserstraßen.



Abbildung 42: Messeinrichtung zur automatisierten Erfassung von Schiffsschall. © S. Sommer / BfG

Alle Verkehrsträger – egal ob Straße, Schiene oder Wasserstraße – verursachen Lärm und können zu Belastungssituationen für Anwohnende führen. Im Rahmen des BMDV-Expertennetzwerks werden sowohl verkehrsträgerübergreifende als auch verkehrsträgerspezifische Lärmbelastungen quantifiziert und Minderungsmaßnahmen abgeleitet. Für beide Ziele ist es unerlässlich, zunächst die technologischen Innovationen im Bereich der Binnenschiffahrt (Motoren inklusive Antriebswellen, Ruderanlage und Rumpfdesign, Elektrifizierung) durch angepasste Modelle abzubilden und die hierfür notwendige Datenbasis aufzubauen.

Veranlassung

Im Rahmen von Planfeststellungsverfahren bei Neu- und Ausbauprojekten der Infrastruktur müssen Lärmimmissionsgutachten erstellt werden. Der prognostizierte Schiffsschall an Verkehrswegen wird nach verkehrsträgerspezifischen Rechenvorschriften (Modelle) berechnet. Sie basieren auf Daten, die vor dem Hintergrund technischer Ent-

wicklungen an Fahrzeugen bei Bedarf durch personal- und kostenintensive Messungen zu überprüfen sind; dies trifft auch auf die Binnenschiffahrt zu. Es sollte daher eine Möglichkeit geschaffen werden, benötigte aktuelle Daten und Parameter automatisiert – und dadurch mit minimalem Personalaufwand – zu erfassen. Nur so kann sichergestellt werden, dass die für wissenschaftlich fundierte Begutachtungen notwendige Datengrundlage fortlaufend die in Deutschland fahrende Schiffsflotte abbildet. Die so erfassten Daten können zudem für Modellierungen zur Untersuchung verkehrsträgerübergreifender Minderungsmaßnahmen genutzt werden.

Ziele

- Quantifizierung von Schallemissionen und -immissionen von Binnenschiffen durch Messungen und Modellierungen
- Überprüfung, Aktualisierung und Erweiterung der bestehenden Datengrundlage durch die Durchführung von automatisierten Messungen
- Entwicklung eines Modells zur Ermittlung binnenschifffahrtsbedingter Luftschallemissionen und -immissionen für eine Vielzahl von Verkehrsgebieten und -situationen (z.B. Manöver, Liegeplätze, Häfen)
- Aktualisierung der Berechnungsgrundlage „Anleitung zur Berechnung von Luftschallausbreitung an Wasserstraßen“ auf Basis des neu entwickelten Modells

Ergebnisse

Im ersten Schritt wurde eine automatisierte Messeinrichtung entwickelt, die neben dem Schiffsschall alle weiteren notwendigen Parameter erfasst. Informationen über das passierende Schiff werden in anonymisierter Form über das Automatic Identification System (AIS) erfasst. In einer Langzeit-Messkampagne am Niederrhein konnte ein

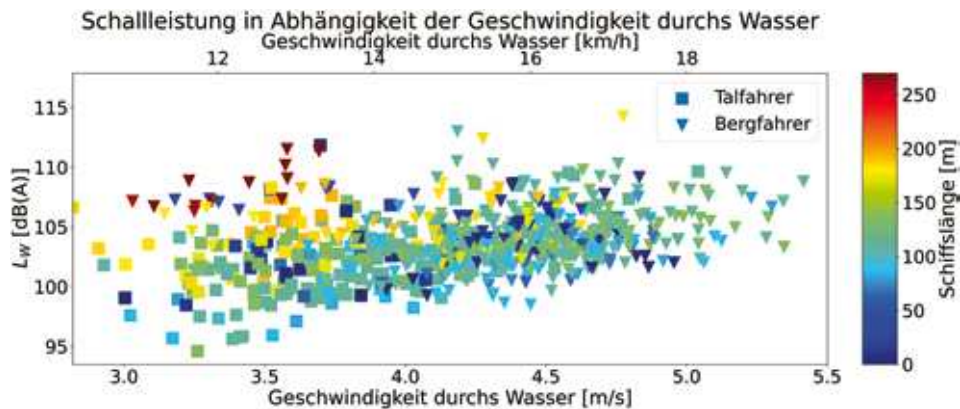


Abbildung 43: Schallemissionen (LW) von Binnenschiffen in Abhängigkeit von der gefahrenen Geschwindigkeit und Schiffsgröße. © BfG

großer Datensatz, aus dem die Schalleistungspegel (emittierte Lautstärke) vorbeifahrender Schiffe berechnet werden können, gewonnen werden. Aus den Daten lässt sich die Lautstärkeänderung in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern wie der Fahrgeschwindigkeit durchs Wasser und der Schiffsgröße bestimmen (Abb. 43). Aus diesen Daten wurde ein vorläufiges Modell abgeleitet und mit dem vor Ort gemessenen Schiffsschall in Situationen, in denen mehrere Schiffe dicht aufeinanderfolgend die Messstelle passieren, verglichen. Dieser Vergleich zwischen Modell und Messung zeigt eine sehr gute Übereinstimmung.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Nach der erfolgreich durchgeführten ersten Messkampagne mit einer automatisierten Erfassung von Schiffsschall sollen weitere Messkampagnen an anderen Standorten mit anderen Gegebenheiten als am Niederrhein hinsichtlich Schiffsflotte, Wasserstraßentyp u.a. folgen, um eine möglichst umfassende Datengrundlage zu gewinnen. Weiterhin soll das Messkonzept, das bisher für frei fahrende Schiffe entwickelt wurde, auf an- und ablegende, schleusende sowie liegende Schiffe ausgeweitet werden, sodass eine Vielzahl an schalltechnisch relevanten Situationen (z.B. Häfen) abgebildet werden kann.

Publikationen zum Thema

SOMMER, S., WAGNER, P., TAUBENHEIM, T. (2022): Langzeit-Messkampagne von Vorbeifahrtpegeln von Binnenschiffen, Tagungsband der 48. DAGA, S. 568 – 571

SOMMER, S., WAGNER, P. (2021): Schallemissionen der Binnenschifffahrt, Tagungsband der 47. DAGA, S. 429 – 432

SOMMER, S. (2021): Inbetriebnahme einer Schallmessbox für automatisiertes Erfassen von Schiffsschallpegeln. Meilensteinbericht im Expertennetzwerk

Projektlaufzeit	01/2016 – 12/2025
Auftraggeber	BMDV-Expertennetzwerk
Projektpartner	Bundesanstalt für Straßenwesen Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung / Eisenbahnbundesamt
Projekt-Nr.	M39610104045

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Svenja Sommer

E-Mail: svenja.sommer@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5279

Referat M1 – Hydrometrie und Gewässerkundliche Begutachtung

2.2.9 Skalenübergreifende Fernerkundungsmethoden zur räumlichen Beschreibung von Verkehrsinfrastrukturen und deren Veränderungen

Beitrag zur Sicherstellung einer zuverlässigen Verkehrsinfrastruktur durch die Kombination aus satellitenbasiertem Bewegungsmonitoring und hochauflöser Bauwerkserfassung mit unbemannten Systemen



Abbildung 44: Flächenhafte Zustandserfassung mit unbemannten Messsystemen. © BfG (oben), Ocean Maps / BfG (unten)

Die Erfassung und Überwachung des Zustands von Verkehrsinfrastrukturbauwerken stellt eine der geodätischen Kernaufgaben dar. Durch die enorme Vielzahl an Bauwerken und deren zunehmende Überalterung besteht ein hoher Bedarf an der Entwicklung effizienter und zugleich belastbarer Ansätze, welche nicht auf einzelne Aspekte oder Bauwerksbereiche ausgerichtet sind, sondern auf ein umfassendes Ergebnis abzielen. Vor diesem Hintergrund wurde ein skalenübergreifendes, auf fernerkundlichen und geodätischen Methoden basierendes Vorgehen konzipiert und dessen einzelne Bestandteile erprobt und evaluiert.

Veranlassung

Die Sicherstellung der Zuverlässigkeit der Verkehrsinfrastruktur verlangt neben der bauwerks-spezifischen Zustandserfassung und -überwachung auch die Einbeziehung der Bauwerksumfelder. Aus geodätischer Sicht kann dies nur in einem mehrskaligen Ansatz effizient umgesetzt werden. Dieser umfasst sowohl den Einsatz flächenhafter Messverfahren von unbemannten Plattformen, als

auch eine großräumige satellitengestützte Überwachung des gesamten Interessengebietes. Basierend auf diesen Vorüberlegungen wurden am Beispiel der Schleusenanlagen Trier und Enkirch sowie im Bereich des Westdeutschen Kanalnetzes zwei thematische Schwerpunkte untersucht:

- (1) Konzeption eines satellitengestützten Frühwarnsystems unter Nutzung frei verfügbarer und kommerzieller Produkte der Radarinterferometrie (InSAR)
- (2) Erprobung unbemannter Messsysteme in der Luft und auf dem Wasser zur lokalen Zustandserfassung mit Zielrichtung einer flächenhaften Abbildung der ober- und unter Wasser gelegenen Bauwerksbereiche

Ziele

- Alle Aktivitäten verfolgten von Beginn an die Zielsetzung, die Verfahrenslösungen hinsichtlich des Einsatzes in einem potenziellen Wirkbetrieb zu evaluieren. Fokussiert wurde:
- TP1: Potenzialanalyse der verschiedenen InSAR-Produkte und deren Eignung als komplementäre Bestandteile eines großräumigen satellitengestützten Frühwarnsystems
- TP2: Analyse der Leistungsfähigkeit unbemannter Trägerplattformen für flächenhaft messende High-end-Sensorik im Umfeld typischer Wasserbauwerke wie Schleusen- und Wehranlagen und Qualitätsbewertung der generierten Punktwolkenprodukte

Ergebnisse

Frei verfügbare, aus dem Copernicus-Programm abgeleitete, InSAR-Produkte können mit einer deutschlandweiten Abdeckung an Bodenbewegungsinformationen die erste Stufe des satellitenbasierten Frühwarnsystems bilden. Die zweite Stufe fokussiert sich auf hochauflösende kommerzielle



Abbildung 45: Überwachung einer Schleusenanlage mittels satellitengestützter Radarinterferometrie.

© TRE ALTAMIRA

InSAR-Produkte mit räumlichen Auflösungen $\leq 3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$, um eine gezielte Analyse einzelner Bauwerksbereiche zu ermöglichen. In dieser Stufe können bereits bauwerksspezifische Auffälligkeiten detektiert und auch saisonale Effekte erfasst werden.

Im Verdachtsfall lassen sich die Infrastrukturbauwerke hochaufgelöst, flächenhaft und mit hoher

Präzision durch die erprobten unbemannten Systeme erfassen. Dies führt zu einer zu der erforderlichen effizienten lokalen Verdichtung im Kontext des Überwachungssystems. Zugleich ermöglichen diese Systeme auch die integrierte Erhebung der geometrischen Grundlagendaten für die Abbildung der Infrastrukturbauwerke in modellbasierten Managementsystemen (BIM, building information modelling).

Ausblick auf die nächsten Jahre

Die Weiterentwicklung InSAR-bezogener FuE-Ergebnisse in Richtung Wirkbetrieb verlangt weitere konzeptionelle und technologische Analysen. Begründet durch das immense Potenzial dieser Technik werden diese Anstrengungen künftig forciert. Die Ableitung und Visualisierung bedarfsgerechter und qualitätsgesicherter Modelle ist der nächste Schritt in Richtung einer effizienten Nutzung unbemannter Systeme und damit erzeugter flächenhafter Massendaten. Gepaart mit methodischen Konzepten zur modellbasierten Veränderungsanalyse sind dies inhaltliche Schwerpunkte der nächsten Phase des Expertennetzwerks.

Publikationen zum Thema

HAALA, N., KÖLLE, M., CRAMER, M., LAUPHEIMER, D., ZIMMERMANN, F. (2022): Hybrid georeferencing of images and LiDAR data for UAV-based point cloud collection at millimetre accuracy, ISPRS Open Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 4, 2022, 100014, ISSN 2667 – 3932, <https://doi.org/10.1016/j.ophoto.2022.100014>

BROCKMANN, H., SÖRGE, U., HAVEL, P., RÖPEL, L., CRAMER, M., SCHNEIDER, P. (2020): Multisensorales ingenieur-geodätisches Bauwerks- und -umfeldmonitoring. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hrsg.): Interdisziplinärer Wasserbau im digitalen Wandel. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 63. Dresden: S. 265 – 274

Projektlaufzeit	01/2020 – 12/2022
Auftraggeber	BMDV-Expertennetzwerk
Projektpartner	Ocean Maps GmbH, Salzburg, Österreich TRE ALTAMIRA S.L.U., Barcelona, Spanien
Projekt-Nr.	M39610504097

Ansprechpartner der BfG

Dr.-Ing. Florian Zimmermann
E-Mail: zimmermann@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5292
Referat M5 – Geodäsie und Fernerkundung

2.3 Drittmittel-finanzierte Gewässerforschung

2.3.1 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 46: Biofouling am Bootsrumpf.

© BSH

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 sogenannte „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. Bisher 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 werden und dabei entstehende Halogenierungsprodukte untersucht werden.

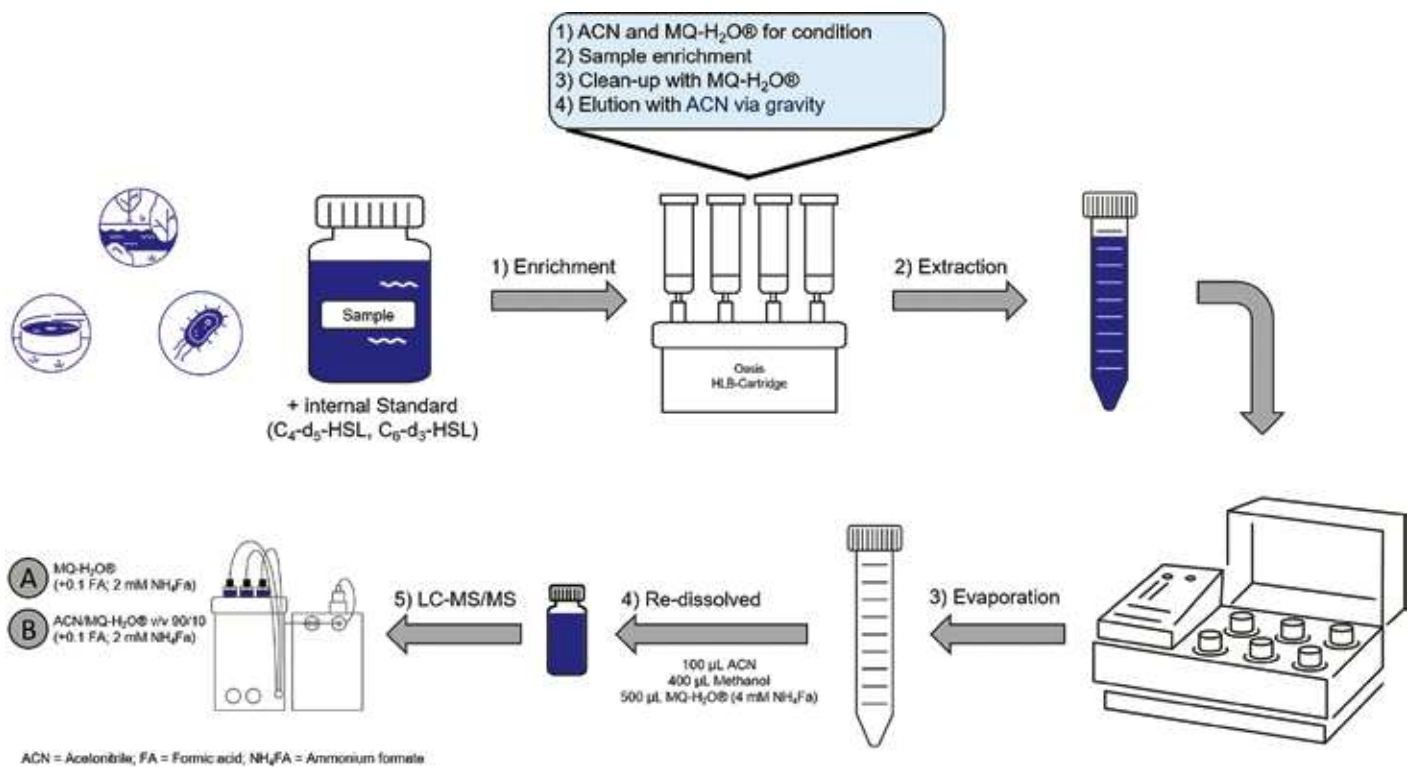


Abbildung 47: Workflow zum Nachweis von „Quorum-Sensing“-Signalmolekülen in Labor- und Umweltproben.

© N. Keltch / BfG

Ziele

- Aufklärung der Reaktionsmechanismen und Abbaewege
- Entwicklung einer sensitiven Nachweismethode für Signalmoleküle und deren Abbauprodukte
- Kenntnis über die praktischen Einsatzmöglichkeiten und Limitierungen von Ceroxid-Nanopartikeln zur Verhinderung von Biofouling
- Verbesserung des Grundlagenverständnisses zur langfristigen Entwicklung biozidfreier und nachhaltiger Antifoulingstrategien

Ergebnisse

In Laborversuchen mit verschiedenen Signalmolekülen zeigten sich mitunter starke Unterschiede bei den Reaktionsmechanismen während der Halogenierung, sowohl hinsichtlich der Abbau- bzw. Transformationsgeschwindigkeit als auch bezüglich der gebildeten Reaktionsprodukte. Abhängig von der Molekülgeometrie konnten bislang vier verschiedene Halogenierungsmechanismen nachgewiesen werden, gefolgt von weiteren Abbauprozessen, wie z.B. Hydrolyse.

Weiterhin wurde eine leistungsfähige Methode entwickelt, mit der insgesamt 34 unterschiedliche Signalmoleküle in Laborversuchen und in Oberflächengewässern mit Detektionsgrenzen im ng/L-Bereich analysiert werden können. Neben erfolgreichen Quantifizierungen in Bakterienkulturen im Labor konnten beispielsweise bereits fünf verschiedene Signalmoleküle in Umweltkonzentrationen während einer Algenblüte in der Mosel nachgewiesen werden.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Bislang gewonnene Erkenntnisse bezüglich des Vorkommens definierter Signalmoleküle in der Umwelt und ihrem Abbauverhalten sollen genutzt werden, um auch in Umweltmatrices gezielt nach ihren Abbauprodukten zu suchen und diese zu quantifizieren. Diese Informationen sollen eine zukünftige Einschätzung der Wirksamkeit von Ceroxid-Nanopartikeln in verschiedenen Umweltkompartimenten und gegenüber verschiedenen Biofouling-Organismen ermöglichen.

Publikationen zum Thema

KELTSCH, N. G., GAZANIS, A., DIETRICH, C., WICK, A., HEERMANN, R., TREMEL, W., TERNES, T. A. (2022): Development of an analytical method to quantify N acyl homoserine lactones in bacterial supernatant cultures, aqueous environmental samples and in wastewater, Environmental Science & Technology, (in preparation)

PÜTZ, E., GAZANIS, A., KELTSCH, N. G., JEGEL, O., PFITZNER, F., HEERMANN, R., TERNES, T. A., TREMEL, W. (2022): Communication Breakdown: Into the Molecular Mechanism of Biofilm Inhibition by CeO₂ Nanocrystal Enzyme Mimics and How it Can Be Exploited, ACS Nano 2022, eingereicht

KELTSCH, N., DIETRICH, C., WICK, A., TERNES, T. A. (2022): Entwicklung einer sensitiven analytischen Methode zur Quantifizierung von Quorum-Sensing-Signalmolekülen in Bakterienkulturen und wässrigen Umweltproben, Jahrestagung 2022 der Wasserchemischen Gesellschaft, 23. – 25.05.2022, 50 – 55

KELTSCH, N., DIETRICH, C., WICK, A., TERNES, T. A. (2021): Transformationsverhalten von Quorum-Sensing-Signalmolekülen durch oxidative Halogenierung, Jahrestagung 2021 der Wasserchemischen Gesellschaft, 10. – 12. Mai 2021, 175 – 180

KELTSCH, N., DIETRICH, C., WICK, A., TERNES, T. A. (2021): Nanoparticles as functional haloperoxidase analogues to prevent biofouling, SETAC 2021 Europe 31st Annual Meeting, 3. – 6. Mai 2021, 280

Projektlaufzeit	01/2018 – 06/2022
Fördermittelgeber	Deutsche Forschungsgemeinschaft
Projektpartner	Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, Institut für Anorganische Chemie und Analytische Chemie
Projekt-Nr.	M39620204058

Ansprechpartner der BfG

Tim Lauschke

E-Mail: lauschke@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5420

Referat G2 – Gewässerchemie

2.3.2 ImpEx – Umweltbewertung von Abgasreinigungsanlagen zur Schwefelminderungen auf Seeschiffen; Schwerpunkt: Analyse des Scrubber-Waschwassers und Aktualisierung der Grenzwerte der Scrubber-Richtlinie (MEPC.259(68))

Obwohl ursprünglich nur als Übergangstechnologie für die Umrüstung älterer Schiffe vorgesehen, werden Schwefel-Scrubber von vielen Reedereien aus wirtschaftlichen Gründen als „best solution“ verfolgt. Die Abwässer dieser Scrubber belasten nun zusätzlich die Meeresumwelt.



Abbildung 48: Der Einsatz von Scrubbern zur Reduzierung der SO_x Emissionen von Schiffen verlagert die Verschmutzung aus der Luft in die Unterwasser-Meeresumwelt. © J. Sieber / pixabay

Abgasreinigungsanlagen zur Minderung der Schwefeloxidemissionen (SO_x) werden auf immer mehr Seeschiffen installiert, um den seit 2020 geltenden Grenzwert für Schiffe außerhalb der Emission Control Areas (ECA) für SO_x von 0,5 % m/m (revidierte MARPOL, Annex VI) einhalten zu können. Innerhalb der ECA und somit für die Ostsee und Nordsee, gilt bereits seit 2015 ein SO_x-Grenzwert von 0,10 % m/m. Primär sollen die Abgasgrenzwerte durch den Einsatz von schwefelarmen Treib-

stoffen eingehalten werden, aber die Resolution MEPC.259(68) – „2015 Scrubber-Richtlinie“ – erlaubt als Ausnahme auch andere Maßnahmen zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte. Abgasreinigungsanlagen (exhaust gas cleaning systems, EGCS), sogenannte Scrubber, gelten als eine solche Ausnahme.

Veranlassung

Die Zahl der mit Scrubber ausgerüsteten Schiffe hat sich alleine zwischen 2018 und 2019 global



Abbildung 49: Farbcodierte Übersichtsdarstellung der Ergebnisse der Whole Effluent Toxicity.

© M.Fenske / BfG

mehr als vervierfacht (DNV GL, 2020). Scrubber-systeme produzieren Abwasser, welches entweder aufkonzentriert (Closed-loop-Verfahren) oder mit Meerwasser verdünnt (Open-loop-Verfahren) ins Meer entlassen wird. Diese Abwässer enthalten neben den Umsetzungsprodukten der SO_x (insbesondere Schwefelsäure und ihre Sulfatsalze) viele Schadstoffe, insbesondere polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und (Schwer-)Metalle. Die Auswirkungen der Abwassereinleitungen auf die Meeresumwelt sind trotz zahlreicher Studien noch unzureichend geklärt. Das Projekt beabsichtigt daher, weitreichendere Erkenntnisse über die Menge, die Zusammensetzung und die ökotoxikologische Wirkung des Abwassers zu erlangen. Zur Zielerreichung wurden Probenahmekampagnen auf vier mit Scrubbern ausgerüsteten Schiffen durchgeführt und die gewonnenen Abwasserproben auf Schadstoffe analysiert und darüber hinaus ökotoxikologisch mittels Whole-Effluent-Toxicity-Tests und spezifischen Biotests auf Mutagenität und dioxinähnliche Wirkung untersucht.

Ziele

- Festigung der noch immer ungewissen Datenlage zur Umweltrisikobewertung für die Abwässer von Scrubbern zur Schwefelminderung auf Seeschiffen

- Bewertung der bestehenden Scrubber-Richtlinie (MEPC.340(77)) und der darin vorgeschriebenen Abwassereinleitungskriterien und Erarbeitung von Verbesserungsvorschlägen für die Probenahme-Vorschriften
- Unterstützung des internationalen Verhandlungsprozesses zur zukünftigen Regulierung des Abwassers (u.a. durch Überarbeitung der IMO Scrubber-Richtlinie MEPC.340(77)) unter Berücksichtigung der Belange des Meeresumweltschutzes durch die im Rahmen des Projektes erarbeiteten wissenschaftlichen Erkenntnisse

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Whole-Effluent-Toxicity-Tests zeigen deutliche Unterschiede beim ökotoxikologischen Potenzial zwischen Abwasserproben aus unterschiedlichen Scrubber-Verfahren. Generell erwiesen sich die Proben von Scrubbern im Closed-loop-Verfahren hoch bis sehr hoch akut toxisch für Leuchtbakterien, marine Kieselalgen und Ruderfußkrebse. Die Proben von Scrubbern im Open-loop-Verfahren waren dagegen nur in vereinzelten Fällen mäßig bis erhöht toxisch für die Kieselalgen und die Ruderfußkrebse. Bei drei der vier beprobten Schiffe führte das Closed-loop-Verfahren außerdem zu einer erhöhten dioxinartigen Wirkung in modifizierten Hefezellen, die in gewisser

Übereinstimmung mit erhöhten Phenanthren- und Naphthalin-Konzentrationen in den entsprechenden Proben standen, aber dadurch nicht vollständig erklärbar sind. Beide Substanzen wurden in ähnlichen und zum Teil höheren Konzentrationen auch in den Open-loop-Proben nachgewiesen. Zudem zeigten die Proben aus dem Open-loop-Verfahren eine mittlere und die aus dem Closed-loop-Verfahren eine hohe mutagene Aktivität.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Zum Ende des Jahres 2022 wird es einen internationalen Workshop und anschließend einen Abschlussbericht zu ImpEx geben.
- Die in ImpEx gewonnenen Erkenntnisse werden in die für die Anpassung von internationalen Scrubber-Richtlinien zuständigen Fachgremien (auf IMO4-/EU-Ebene) eingebracht.
- Die Ergebnisse fließen ferner in ein anschließendes Forschungsvorhaben zu Modellierung der Verteilung, Umwandlung, Verbleib und Umweltwirkung der eingeleiteten Schadstoffe in Nord- und Ostsee ein.

Publikationen zum Thema

MARIN-ENRIQUEZ, O., KRUTWA, A., EWERT, K., BEHREND, B. (2021): Environmental Impacts of Exhaust Gas Cleaning Systems for Reduction of SOx on Ships – Analysis of status quo. Bericht Umweltbundesamt. Texte 83/2021. Dessau-Roßlau

Projektlaufzeit	10/2020 – 01/2023
Fördermittelgeber	Umweltbundesamt
Projektpartner	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Marena Ltd. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt und Energie Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz, Institut für Hygiene und Umwelt
Projekt-Nr.	M39620304034

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Martina Fenske
E-Mail: fenske@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5281
Referat G3 – Biochemie, Ökotoxikologie

2.3.2 LILIAR – LIVING LAB RHINE

Sedimentfrachtmessungen sind für die Vorhersage der Morphodynamik und die Planung von Maßnahmen unerlässlich. Qualitativ hochwertige und harmonisierte Daten ermöglichen eine umfassende Beschreibung des Sedimentregimes im gesamten Einzugsgebiet.

Sediment ist ein grundlegender Bestandteil von Flusssystemen und auch eine wichtige natürliche Ressource für menschliche Aktivitäten. Die morphodynamischen Prozesse (z.B. Erosion und Ablagerung), die im flussaufwärts gelegenen Teil des Einzugsgebiets stattfinden, beeinflussen die flussabwärts ablaufenden Prozesse. Maßnahmen erfordern daher die Beschreibung des Sedimentregimes für das gesamte Flusseinzugsgebiet. Dazu sind grenzübergreifend harmonisierte Daten notwendig. Aktuell werden aus verschiedenen Gründen mehrere, unterschiedliche Verfahren parallel eingesetzt, insbesondere in grenzüberschreitenden Einzugsgebieten.

Veranlassung

Die Messung von Sedimentfrachten im Rhein ist Teil von Routinemessungen durch die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) des Bundes und Rijkswaterstaat der Niederlande. Auch die Bundesländer erheben Daten, aus denen Informationen zu Sedimentflüssen abgeleitet werden können. Die Methoden der Sedimentmessung und Datenverarbeitung unterscheiden sich jedoch zwischen Deutschland und den Niederlanden. Dies erschwert die grenzüberschreitende Vergleichbarkeit und konsistente Nutzung dieser Daten und letztlich das gemeinsame Verständnis des Sedimentregimes des Rheins.

Das Projekt LILIAR zielt darauf ab, die grenzüberschreitenden Bemühungen um Sedimentmessungen und folglich um Sediment- und Flussmanagement zwischen Deutschland und den Niederlanden zu verstärken. Zu diesem Zweck wurde eine gemeinsame Messkampagne am Rhein (bei km 859) durchgeführt, bei der die vorhandenen, routinemäßig eingesetzten Probenahme- und Messgeräte der Partner aus den Niederlanden und Deutschland sowie zusätzliche Geräte aus FuE-Projekten zum Einsatz kamen.

Die Methoden und Ergebnisse der Messungen wurden durch eine Unsicherheitsanalyse bewertet, um die Qualität der Daten und die Robustheit der Verfahren zu bestimmen.



Abbildung 50: Montage des Messrahmens mit Van-Dorn-Flaschen zur Entnahme von Schwebstoffproben.

© P. Onjira / BfG

Ziele

- Inventarisierung und Vergleich von Messverfahren zur Sedimentfracht und Methoden zur Datenanalyse
- Unsicherheitsanalyse, um die Datenqualität und Robustheit der Methoden zu bewerten
- Diskussion und Dissemination der Ergebnisse im Rahmen von Experten- und Stakeholder-Workshops

Ergebnisse

Bei den Geschiebemessungen wurden die besten Ergebnisse mit der Routinemethode der direkten Probenahme mit dem BfG-Geschiebefänger der Maschenweite 1,4 mm erzielt. Dagegen ergaben die kleineren Maschenweiten des BfG-Geschiebefängers mit 0,5 mm Maschenweite und des Delft-Nile-Samplers (0,25 mm) deutlich geringere Gesamtfrachten.

Die Korngrößenverteilung zeigte, dass die Fänger mit kleineren Maschenweiten relativ gesehen mehr Sandpartikel auffingen als größere Maschenweiten. Die neuartigen Methoden des Dune Tracking ergaben deutlich niedrigere Werte der Geschiebefracht als die der routinemäßigen Messung mit dem BfG-Geschiebefänger, während die Ergebnisse des ADCP-Bottom-Tracking in der gleichen Größenordnung lagen, aber hohe lokale Unsicherheiten aufwiesen.

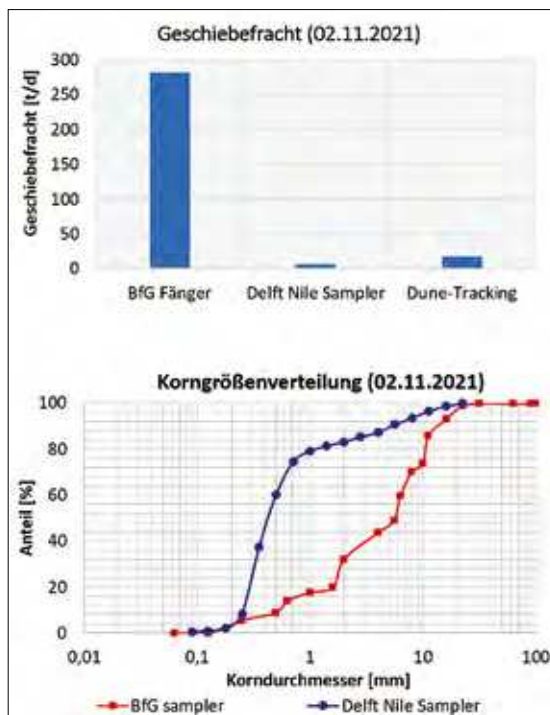


Abbildung 51: Vergleich der Geschiebefrachten und Korngrößenverteilung durch verschiedene Messmethoden.

© P. Onjira / BfG und F. Siering

Bei den Schwebstoffmessungen lieferten die neuartigen Methoden mit Akustik (ADCP-PDT) und die

direkte Probenahme mit Van-Dorn-Flaschen, die an einem Messrahmen befestigt waren, Ergebnisse, die in der gleichen Größenordnung lagen wie die Routinemethode der Schwebstoffvielpunktmessungen. Die Zentrifugen hingegen lieferten deutlich niedrigere Werte als alle anderen Methoden.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Die in Deutschland von der WSV verwendeten Routinemethoden haben sich als robust erwiesen. Die Auswertungen validieren somit die historischen Zeitreihen.

Die neueren indirekten Messmethoden sollten unter verschiedenen hydraulischen Bedingungen weiter bewertet und verbessert werden, um sie zu etablieren.

Das Projekt hat zu einem besseren Verständnis der Vergleichbarkeit von Daten geführt und die Identifizierung von Unsicherheitsquellen und bewährten Verfahren ermöglicht.

Das Projekt stärkte die grenzüberschreitende deutsch-niederländische Zusammenarbeit und unterstützte deren Bemühungen, einen Beitrag zu DANUBIUS-RI zu leisten, indem es offene Forschungsfragen identifizierte, die das Potenzial haben, mehr Forschungsinteresse zu wecken.

Publikationen zum Thema

Living-Lab Rhine – A new approach to transboundary research along the free-flowing Rhine: EGU Conference (2022)

Living-Lab Rhine (LILAR) – Comparing Dutch and German sediment measurements in the border Rhine: River flow Conference (2022)

Sediment transport measurements in the Lower Rhine: preliminary findings: Netherlands Center for River Studies Conference (2022)

Projektlaufzeit	04/2021 – 04/2022
Fördermittelgeber	INTERREG EUROPE
Projektpartner	Bundesanstalt für Wasserbau Rijkwaterstaat, Niederlande Deltares, Niederlande Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Rhein
Projekt-Nr.	M39610304098

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Gudrun Hillebrand

E-Mail: hillebrand@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5425

Referat M3 – Gewässermorphologie, Sedimentdynamik und -management

2.3.4 Rheinmessprogramm Datenauswertung – Sammlung, Prüfung, Auswertung, Bereitstellung und Veröffentlichung der Messdaten der Flussgebietsgemeinschaft Rhein (FGG Rhein)

Die Messergebnisse für ausgewählte Messstationen am Rhein werden seit vielen Jahren dokumentiert. Die zentrale Datenauswertung und Veröffentlichung erfolgen durch die BfG. Es wurde eine Basis für die weitergehenden Bewertungen der Wasserqualität des Rheins und seiner wichtigsten Nebenflüsse geschaffen.



Abbildung 52: Zahlentafeln: Veröffentlichung der Daten ausgewählter Messstationen am Rhein und an seinen Nebenflüssen im Internet.

© BfG

Im Rahmen des Rheinmessprogramms Chemie werden jährlich Daten ausgewählter Messstationen im Rheineinzugsgebiet von der BfG, im Auftrag der FGG Rhein gesammelt, ausgewertet und der Öffentlichkeit in Form der „Zahlentafeln“ im Internet bereitgestellt.

Veranlassung

Eine großräumige und langfristige Beobachtung des Zustandes des Rheins und seiner wichtigsten

Nebenflüsse ist maßgebend für die Bewertung des Gewässerzustandes. Nachdem das nationale Rheinuntersuchungsprogramm Teil des neuen internationalen Rheinmessprogramms Chemie wurde, erfolgte die zentrale Datenauswertung der nationalen Messstationen durch die BfG, im Auftrag der FGG Rhein. Das konnte eine breite Basis für weitergehende Bewertungen der Wasserqualität des Rheins schaffen.

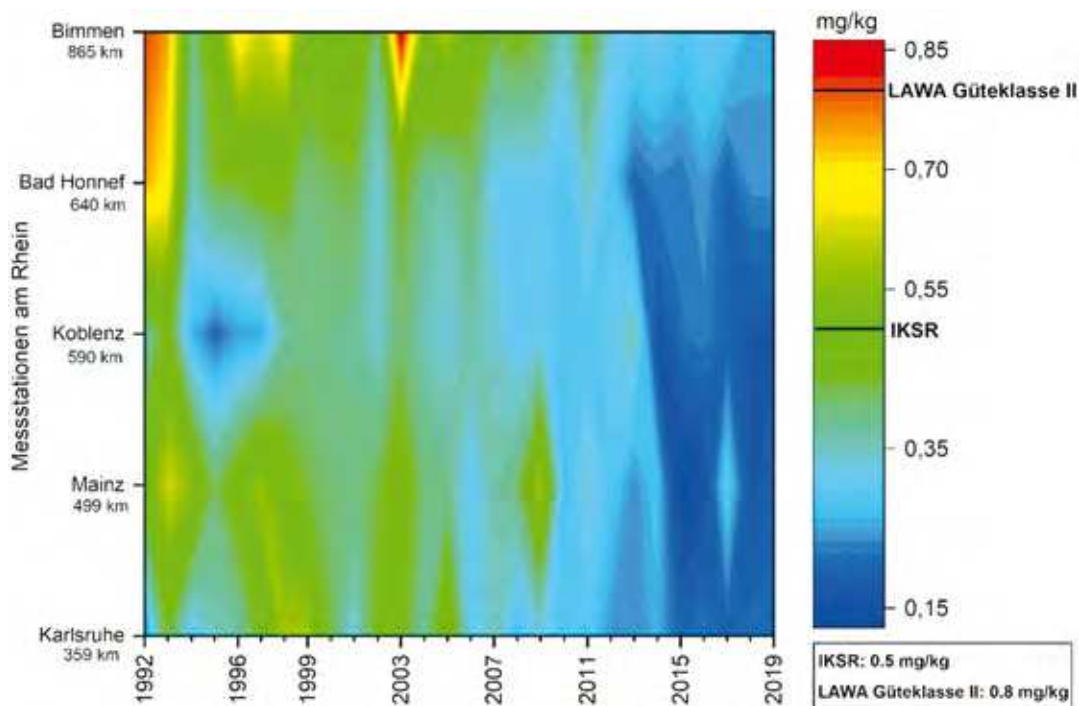


Abbildung 53: Bereitstellung von Stoffdaten-Blättern auf der Informationsplattform „Undine“ am Beispiel der Quecksilberkonzentration im Schwebstoff an fünf Messstationen entlang des Rheins.

© BfG

Ziele

- Großräumige und langfristige Überwachung des Rheins und seiner wichtigsten Nebenflüsse hinsichtlich einer besseren ganzheitlichen Beurteilung des Gewässerzustandes
- Veröffentlichung der Daten des Rheinmessprogramms in Form der „Zahlentafeln“ im Internet und Bereitstellung von Stoffdaten-Blättern auf der Informationsplattform „Undine“ für die Öffentlichkeit

Ergebnisse

Die Daten zur chemischen Gewässerqualität des Rheinmessprogramms werden, im Auftrag der FGG Rhein, für die Öffentlichkeit im Internet

bereitgestellt (<http://fgg-rhein.bafg.de/dkrr/>). Zudem werden auf der Informationsplattform „Undine“ Datenblätter über ausgewählte Stoffe veröffentlicht, die viele wichtige Informationen in verständlicher Form für die Öffentlichkeit beinhalten (http://undine.bafg.de/rhein/guetemesstellen/rhein_stoffe.html).

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Aufbau eines neuen Datenbanksystems für das Datenmanagement des Rheinmessprogramms Chemie
- Veröffentlichung weiterer Stoffdaten-Blätter auf der Informationsplattform „Undine“ für die Öffentlichkeit

Projektlaufzeit 01/2016 – 11/2021
Fördermittelgeber Flussgebietsgemeinschaft Rhein
Projekt-Nr. M39620404008

Ansprechpartnerin der BfG

Anna-Lena Gerloff
 E-Mail: gerloff@bafg.de
 Tel.: +49(0)261 1306 5464
 Referat G4 – Radiologie und Gewässermonitoring

2.3.5 MUDAB – Meeresumweltdatenbank

In der Meeresumweltdatenbank werden physikalische, hydrografische sowie hydrochemische und biologische Parameter der Meeresumwelt der Nord- und Ostsee erfasst.

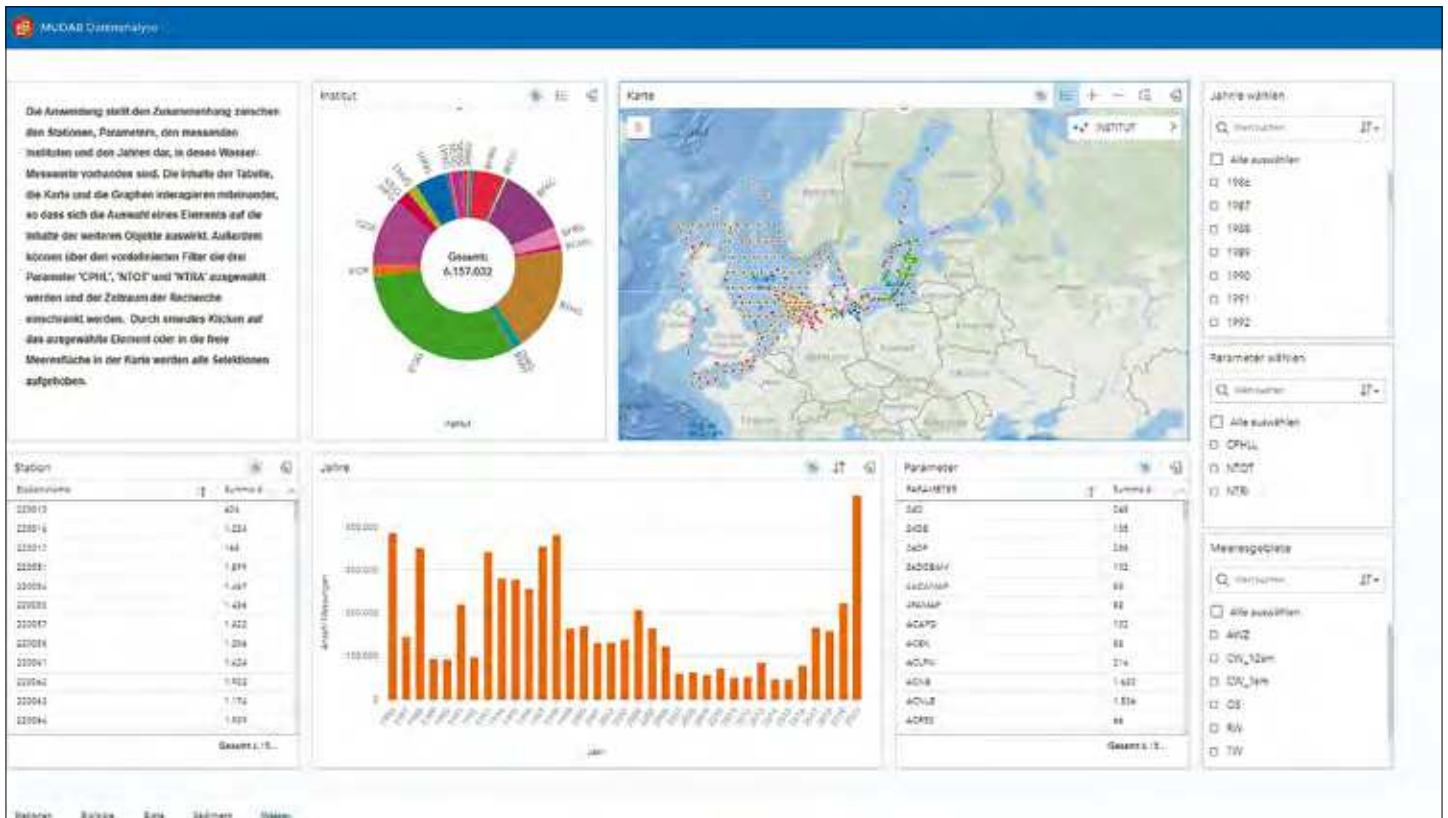


Abbildung 54: Benutzerdefinierte Analyse des MUDAB-Datenbestandes.

© BfG

Bund und Länder haben 1994 eine Verwaltungsvereinbarung über den Datenaustausch im Umweltbereich abgeschlossen. Auf dieser Grundlage übertragen die Küstenbundesländer sowie weitere Bundes- und Forschungseinrichtungen ihre Meeres-Monitoringdaten an die Meeresumweltdatenbank. Die BfG betreibt die Meeresumweltdatenbank im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA). Mit der MUDAB-Anwendung im Internet werden die verfügbaren, qualitätsgesicherten Messdaten der Bundes- und Landesinstitutionen auch der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Veranlassung

Die Meeresumweltdatenbank wurde vom UBA zum Zweck der Erfüllung der Berichtspflichten im Meeresbereich entwickelt. Die Pflege und Weiterentwicklung wird analog dem nationalen Vorgehen im Zusammenhang mit der EU-WRRL, der EG-Badegewässerrichtlinie, der Europäischen Trinkwasserrichtlinie (TWRL) und der EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie von der BfG im Auftrag des UBA durchgeführt. Ziel der MUDAB ist die umfassende Sammlung und Bereitstellung von umweltrelevanten physikalischen, chemischen und biologischen Zustandsdaten zur Meeresumwelt, die im Rahmen nationaler und internationaler Messprogramme erhoben werden und zur Erfüllung aller nationalen und internationalen Berichtspflichten zu Übergangs-, Küsten- und Meeresgewässern dienen.

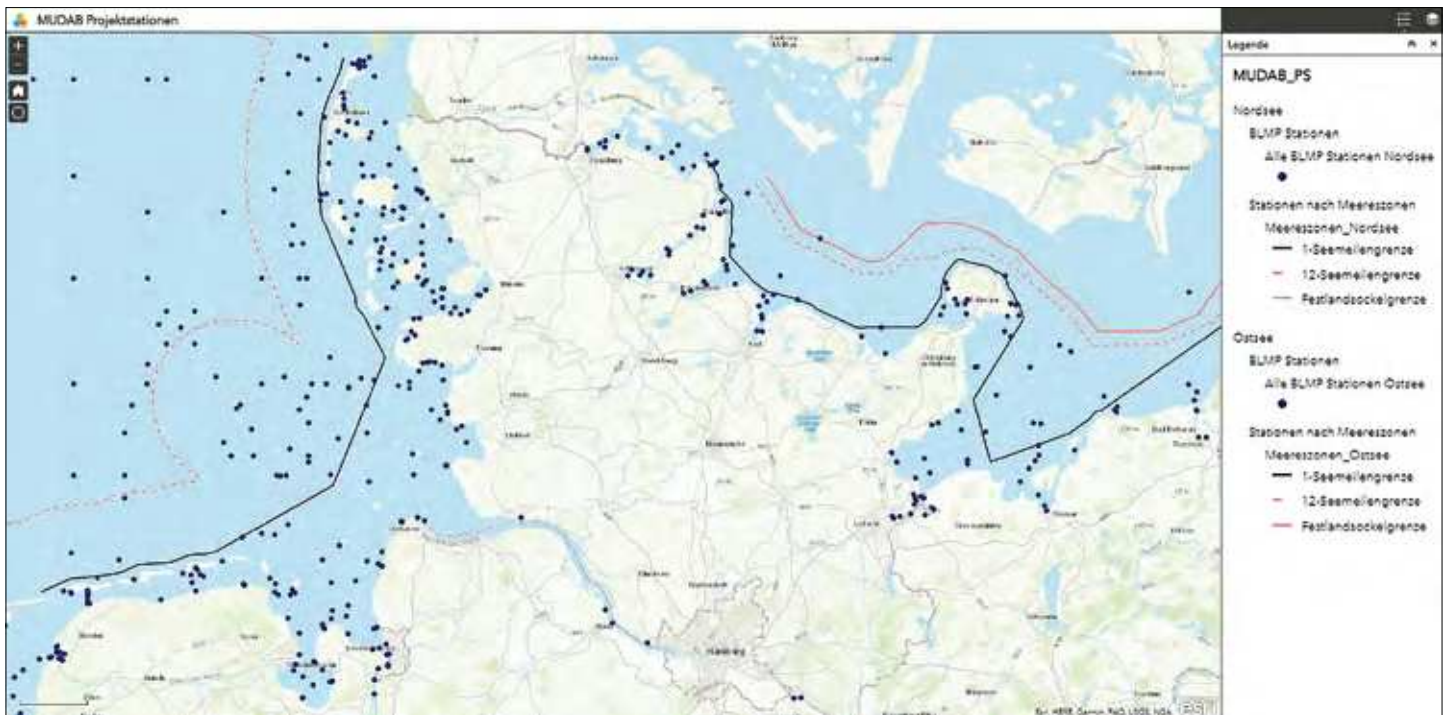


Abbildung 55: Kartenanwendung zur Darstellung der Messstationen des Bund/Länder-Messprogramms.

© BfG

Ziele

- Entwicklung von Auswertelgorithmen für Meeresumweltdaten
- Entwicklung von webbasierten Trend-Analysen
- Entwicklung von kartengestützten WebClients
- Entwicklung von automatisierten Berichtsprozessen

Ausblick auf die nächsten Jahre

In den nächsten Jahren wird es darum gehen, die MUDAB um weitere Themen zu erweitern. Ausge-

hend vom ursprünglichen Datenbestand wurde die MUDAB bereits um das Thema „Pollution Load Compilation“ ergänzt, bei dem es um flussseitige Nährstoffeinträge in die Ostsee geht. Das thematische Gegenstück zur Nordsee wird ebenfalls zukünftig umgesetzt. Weitere Themen, an denen bereits gearbeitet wird, sind Meeresmüll (Litter) und Lärm (Noise).

Publikationen zum Thema

Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Webanwendung MUDAB (<https://www.mudab.de>)

Projektlaufzeit seit 2012
Fördermittelgeber Umweltbundesamt
Projekt-Nr. M39610404025

Ansprechpartner der BfG

Dr. Sven-Henrik Kleber
 E-Mail: kleber@bafg.de
 Tel.: +49(0)261 1306 5995
 Referat: M4 – Geodatenzentrum, WasserBLiCK, GRDC

2.3.6 Trinkwasserdatenbank

In der Trinkwasserdatenbank werden die Daten für die Berichterstattung an die Verbraucher und die EU-Kommission nach der Trinkwasserverordnung, bzw. Trinkwasserrichtlinie erfasst.

Das Umweltbundesamt (UBA) entwickelt wissenschaftliche Grundlagen und Maßstäbe für eine sichere Trinkwasserversorgung und bewertet gesundheitliche Risiken, die mit der Trinkwassergewinnung, -aufbereitung und -verteilung einhergehen können. Es formuliert Konzepte zur Vermeidung und Beherrschung solcher Risiken. Nach der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) ist das UBA auch die vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG) benannte Stelle und Adressat der Meldungen und Berichte über die Trinkwasserqualität der Länder und zuständig für die Trinkwasserberichterstattung gegenüber der EU-Kommission und den Verbrauchern.

Veranlassung

Die BfG betreibt im Kontext der Berichterstattung zu den wasserbezogenen EG-Richtlinien das nationale Daten- und Berichtsportal „WasserBLiCK“. Um die Berichtspflichten über die nationalen Trinkwasserdaten gemäß Richtlinie 98/83/EG (TWRL) gegenüber der EU-Kommission und den Verbraucherinnen und Verbrauchern in Deutschland zu erfüllen, entwickelten das BMG, das UBA und die BfG eine zentrale Schnittstelle nach EU-Vorgaben für das Berichtsportal „WasserBLiCK“. Die Weiterentwicklung und Pflege dieser Trinkwasserdatenhaltung obliegt der BfG im Auftrag des UBA analog dem nationalen Vorgehen im Zusammenhang mit der EU-WRRL, der EG-Badegewässerrichtlinie, der EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie und der EG-Meeressstrategierahmenrichtlinie.



Abbildung 56: Darstellung von kurzfristigen Belastungen durch coliforme Bakterien 2018. © BfG

Ziele

- Entwicklung von Auswertelgorithmen für Trinkwasserdaten
- Entwicklung von webbasierten „On-the-fly“-Statistiken
- Entwicklung von kartengestützten WebClients
- Entwicklung von automatisierten Berichtsprozessen

Ausblick auf die nächsten Jahre

Die nächsten Jahre werden davon geprägt sein, auf die geänderten technischen und fachlichen Anforderungen der EU-Kommission an die Trinkwasserdaten zu reagieren. Dies bedeutet im Wesentlichen die Anpassung der technischen Schnittstellen und Datenbankstrukturen. Darüber hinaus sind noch weitere kartografische Darstellungen für die interessierte Öffentlichkeit zu entwickeln.

Projektlaufzeit seit 2014
Fördermittelgeber Umweltbundesamt
Projekt-Nr. M39610404029

Ansprechpartner der BfG

Dr. Sven-Henrik Kleber
 E-Mail: kleber@bafg.de
 Tel.: +49(0)261 1306 5995
 Referat: M4 – Geodatenzentrum, WasserBLiCK, GRDC



3 Ökosysteme und Biodiversität

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. Binnen- und Küstengewässer und ihre Auen sind topografische 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 longitudinalen und lateralen Vernetzung im Fluss selbst bzw. 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.

3.1 BMDV-finanzierte Forschung für die Wasserstraßen

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

Wie schützen sich natürlich bewachsene Ufer gegen Erosion? Das untersucht das Projekt „Uferfunk“ mit Blick auf das Wechselspiel von Boden, Phytobenthos, Vegetation und Hydrodynamik an der Tideelbe.



Abbildung 58: Übergang zwischen Watt und einem mit Röhricht bewachsenen Ufer an der Tideelbe

© C. Schmidt-Wygasch / BfG

Natürliche Ufer existierten nicht, wären sie nicht widerstandsfähig gegenüber hydrodynamischem Stress wie Wellenschlag, gezeitenbedingten Wasserstandschwankungen oder Strömungen. Pflanzenbewuchs auf den Wattflächen 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 unterschiedlichen 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

Ergebnisse

Von Erosion geprägte Standorte zeichnen sich durch extremere Hydrodynamik aus, mit Folgen für Vegetation und Boden. Am stabilsten sind mittelgroße Aggregate (2 – 12 mm), und aufgrund der reduzierenden Bedingungen überwiegen Minerale mit zweiwertigem Eisen, Fe(II), und reaktive (junge) Fe(III)-Oxide. Die Ausbreitung von Algen und Pflanzenkeimlingen wurde mit Drohnenflügen und terrestrischen Laserscans nachgewiesen, zudem wurden Kabelbakterien gefunden. Der Biofilm verringert nachweislich die Erosion von Sedimenten. Aus diesen Experimenten entstand ein Modell zur Vorhersage von Algenbewuchs in Relation zu Störungen und Mikrotopografie.

Ein Standort wurde auf saisonale Variationen in Biomasse, Wellenabschwächung, Sedimentations- und Erosionsprozesse und In-situ-Bodenstabilität untersucht. Höherer Scher- und Eindringwiderstand belegen die Bodenstabilisierung durch ein Netzwerk aus Wurzeln und Rhizomen der Röhrichte; infolgedessen steigt die Bodenstabilität mit der saisonalen Biomasseproduktion.

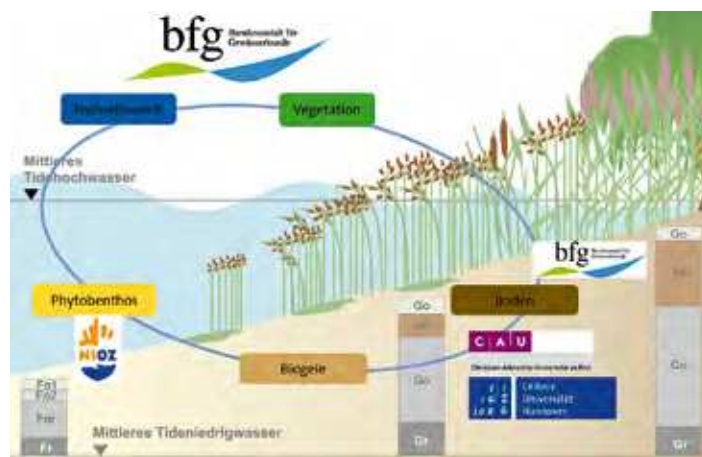


Abbildung 59: Die zu untersuchenden Faktoren und Wechselwirkungen am gezeitengeprägten naturnahen Ufer. © BfG

Ausblick auf die nächsten Jahre

Die bislang im Gelände gewonnenen Daten zu Hydrodynamik, Vegetation, Bodenmechanik/-chemie und -mikrobiologie werden derzeit für eine interdisziplinäre Auswertung in einer Datenbank zusammengeführt. Mithilfe statistischer Modellierung werden die Wechselwirkungen zwischen diesen Aspekten analysiert und die wesentlich davon gesteuerten Ökosystemfunktionen abgeleitet. Aus diesen wiederum können wir die relevanten Ökosystemleistungen des Naturraums Tideelbe darstellen. Anhand der Verknüpfung mit den vorhandenen Daten werden Bemessungskriterien abgeleitet.

Publikationen zum Thema

SCHMIDT-WYGASCH, C., HEUNER, M. (Hrsg.) (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. 53 S.; DOI: 10.5675/BfG_Tideelbe_ElbService_tibass

FIVASH, G. S., TEMMERMAN, S., KLEINHANS, M. G., HEUNER, M., VAN DER HEIDE, T., BOUMA, T. J. (eingereicht): Early indicators of tidal ecosystem shifts are robust across estuaries.

Projektlaufzeit	07/2019 – 12/2023
Auftraggeber	BMDV
Projektpartner	Christian-Albrecht-Universität zu Kiel, Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde Leibniz-Universität Hannover, Institut für Bodenkunde Royal Netherlands Institute for Sea Research
Projekt-Nr.	M39630304077

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Maike Heuner

E-Mail: heuner@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5960

Referat U3 – Vegetationskunde, Landschaftspflege

3.1.2 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 60: Experiment an der Universität Hamburg mit kontrastierenden Bedingungen in Hydrologie, Bodenart und Salinität, links: Juni, rechts: August. © A. Dahlkamp / Universität Hamburg

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 der Nährstoff- und Salzgehalte. 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. Mit Überflutungsexperimenten wird der Einfluss von pluvialen 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.

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 Topografie 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 der Ergebnisse



Abbildung 61: Erodierende Vegetationskante in Krautsand an der Tideelbe mit Messsonden. © A. Dahlkamp / Universität Hamburg

Publikationen zum Thema

DAHLKAMP, A., HEUNER, M., NOLTE, S., CARUS, J., JENSEN, K., SCHRÖDER, B. (2021): Plant Traits of *Phalaris Arundinacea* and *Phragmites Australis* – Examining Effects of Water Level, Salinity, and Soil Types in a Mesocosm Experiment, 14 PREPRINT (Version 1) available at <https://www.researchsquare.com/article/rs-1127353/v1>

SCHMIDT-WYGASCH, C., HEUNER, M. (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, 53 S.; DOI: 10.5675/BfG_Tideelbe_ElbService_tibass

SCHRÖDER, U., FUCHS, E., HEUNER, M., SCHMIDT-WYGASCH, C., TERWEI, A. (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	08/2018 – 12/2022
Auftraggeber	BMDV
Projektpartner	Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie Universität Hamburg, Institut für Pflanzenwissenschaften und Mikrobiologie TU Hamburg Harburg, Institut für Biomechanik WSA Hamburg
Projekt-Nr.	M39630304073

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Maike Heuner

E-Mail: heuner@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5960

Referat U3 – Vegetationskunde, Landschaftspflege

3.1.3 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.

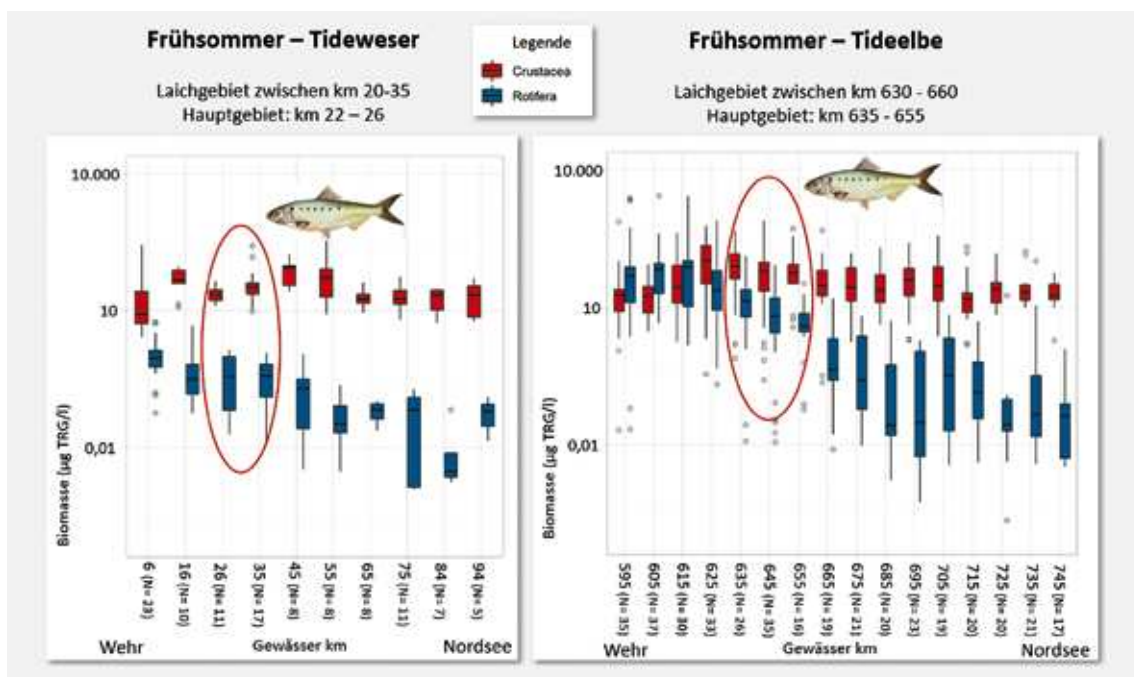


Abbildung 62: Längsverteilung der Zooplanktonbiomasse der Crustacea und Rotifera in Weser und Elbe sowie Lage der Fintelaichgebiete. © BfG

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 Fischen, ermöglicht.

Veranlassung

Die FFH-Art Finte (*Alosa fallax*) laicht u.a. in den Ästuaren von Elbe und Weser. Dementsprechend spielt ihr Vorkommen eine wichtige Rolle in der

ökologischen Bewertung sowie bei der Einschätzung der Umweltverträglichkeit von Maßnahmen in den Ästuaren. Das Überleben von Larven und Jungfischen ist u.a. abhängig vom Zooplankton, das als Nahrungsgrundlage dient. Je besser Laichort und -zeit mit dem jährlichen Zooplanktonmaximum zusammenfallen, desto besser fällt der Reproduktionserfolg aus (Match-Mismatch-Hypothese). Die Gültigkeit dieser Hypothese wird in diesem Projekt näher untersucht.

Die numerische Gewässergütemodellierung und ein daran gekoppeltes Habitatmodell für Fintelarven liefern eine wissenschaftliche Grundlage zur Erstellung nachhaltiger Bewirtschaftungskonzepte für Ästuare.

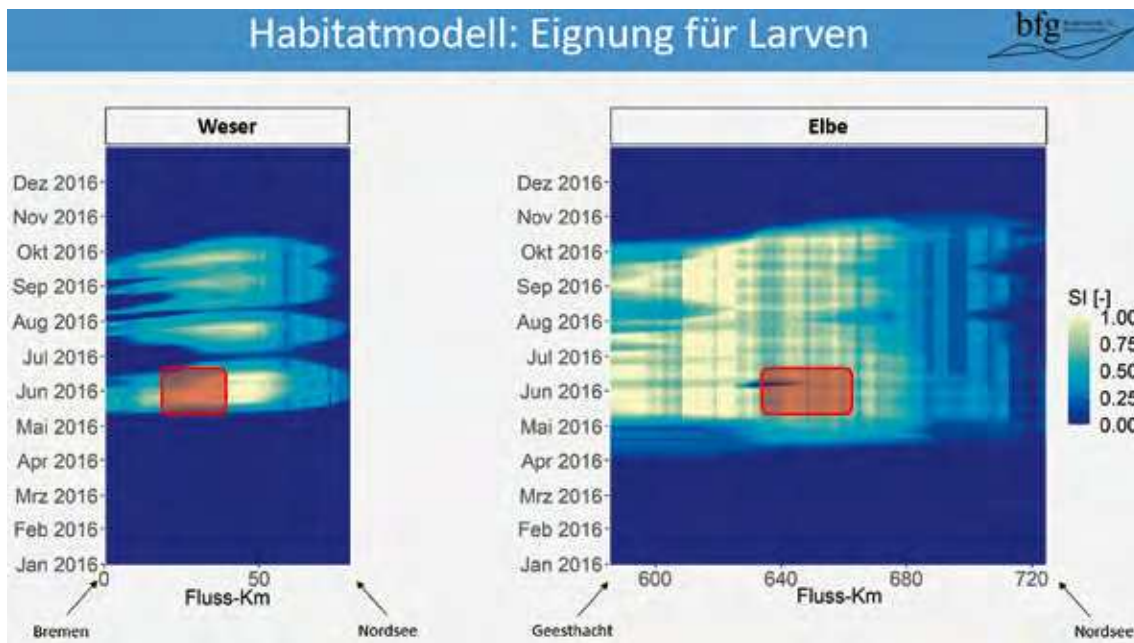


Abbildung 63: Zeitlich-räumliche Verteilung des Habitateignungsindex (SI) für Fintenlarven in Weser und Elbe in 2016.

© BfG

Ziele

- Simulation der Gewässergüte der Ästuar von Elbe und Weser
- Aufarbeiten und Auswertung von Zooplanktondaten zur Bestimmung der Nahrungsgrundlage
- Kombination von Gewässergüte- und Habitatmodellierung
- Simulation der Habitateignung als Laich- und Aufwuchsgebiet der Finte in Tideelbe und -weser
- Auswertung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der Zooplanktonbiomasse und dem Entwicklungserfolg der Fintenlarven
- Abgleich der Modellergebnisse mit Daten aus dem Finteneier- und -larven-Monitoring der Jahre 2013 bis 2020

Ergebnisse

- Die Gewässergüte des Weser- und Elbeästuars wurde für den Zeitraum 2010 – 2018 mit QSim1D simuliert. Für einzelne Jahre liegen zudem QSim3D-Simulationen vor.
- Das Auftreten der Fintenlarven deckt sich zeitlich mit dem Vorkommen hoher Zooplanktonbiomassen. Die Zunahme der Larvenabundanz im Frühjahr korreliert zudem negativ mit der Zooplanktonbiomasse, sodass von einem deutlichen Fraßdruck der Fischlarven auf das Zooplankton ausgegangen werden kann.

- In Kooperation mit Fintenexperten wurde ein Habitatmodell parametrisiert und beide Ästuar damit hinsichtlich ihrer Eignung als Laich- und Aufwuchsgebiete für die Finte untersucht. Die Modelle wurden sowohl auf den QSim1D-, als auch auf den QSim3D-Ergebnissen aufgesetzt.

Produkte:

Poster und Vorträge auf nationalen und internationalen Konferenzen wie ECSA-58, DGL-Jahrestagung 2021, 7. BfG-Workshop Gewässergütemodellierung. Erstellung des Kapitels im Bericht „Zeitliche und räumliche Verteilung von Fintenlaichprodukten in der Tideelbe für den Zeitraum 2018 – 2020“

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Kalibrierung und Dokumentation der Habitatmodellierung
- Fertigstellung des Berichts zur Auswertung des Zooplanktons im Fintenlaichgebiet und dessen Bedeutung für die Fintenlarven
- Fertigstellung der Berichte zur Auswertung der Zooplanktondaten im Längsprofil der Tideelbe und -weser
- Auszüge dieser Berichte zusammen mit Modellierungsergebnissen sollen für eine Veröffentlichungen genutzt werden.

Publikationen zum Thema

HEIN, B., VIERGUTZ, C., WYRWA, J., KIRCHESCH, V., SCHÖL, A. (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., WYRWA, J., VIERGUTZ, C., SCHÖL, A. (2014): Projektionen für den Sauerstoffhaushalt des Elbe-Ästuars – Folgen für die Sedimentbewirtschaftung und das ökologische Potenzial. Schlussbericht KLIWAS-Projekt 3.08. KLIWAS-42/2014, DOI:10.5675/Kliwas_42/2014_3.08, 2014

SCHÖL, A., HEIN, B., WYRWA, J., KIRCHESCH, V. (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 (2014), 203 – 232

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

Ansprechpartner der BfG

Andreas Schöl

E-Mail: schoel@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5514

Referat U2 – Mikrobielle Ökologie

3.1.4 BIO-eDNA – 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 64: Umwelt-DNA in Gewässern zur taxonomischen Analyse, Erfassung der Biodiversität und ökologischen Bewertung. © BfG

Die Analyse von Umwelt-DNA (eDNA) ist ein wissenschaftlich gut begründetes Verfahren zur taxonomischen Analyse wichtiger biologischer Qualitätselemente (BQE) wie Fische, Makrozoobenthos, Phytobenthos und Phytoplankton. International wird die Methode daher bereits für ausgewählte BQE in die Gewässerbewertung gemäß EU-WRRL 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 Bundes-

wasserstraßen sind kostspielig und verlangen eine hohe taxonomische Kompetenz, die mehr und mehr verloren 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 der BQE Phytoplankton, Phytobenthos, Makrozoobenthos und 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 wasserwirtschaftliche Praxis

Ergebnisse

- Erstellung und Etablierung von BQE-spezifischen Probenahmekonzepten und Laborprotokollen
- molekularbiologische Beprobung der BQE am Rhein (Mittelrhein und Duisburger Hafen), der Elbe, Mosel und Lahn
- Bei der Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Konservierungsmethoden auf die extrahierte DNA-Menge und die Zusammensetzung der Artengemeinschaft von Phytoben-

thosproben konnte festgestellt werden, dass die DNA-Konzentration aus standardmäßig mit Ethanol konservierten Proben eine Größenordnung niedriger war als aus Proben, die direkt nach der Beprobung extrahiert oder eingefroren wurden.

- Bei der Untersuchung des Makrozoobenthos des Mittelrheins wurden die Ergebnisse der morphologischen und molekulargenetischen Bestimmungsmethoden verglichen. Eine Präsenz-Absenz-Bewertung des Makrozoobenthos mit den molekularbiologischen Methoden führte zu vergleichbaren Ergebnissen wie die standardisierte Bewertung im Rahmen der EU-WRRL über morphologisch erhobene Abundanzen.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- labortechnische Bearbeitung sowie bioinformatische und statistische Auswertung aller erhobenen Proben
- Vergleich von klassisch, morphotaxonomisch erhobenen Daten mit DNA-basierten Bestimmungsmethoden in Bezug auf Biodiversität und Beurteilung des ökologischen Gewässerzustands
- Entwicklung von Anwendungskonzepten für die BfG in Abstimmung mit der LAWA sowie nationalen und internationalen Projekten und Initiativen
- Teilnahme an koordinierten Probenahmekampagnen und Ringtests innerhalb interdisziplinär vernetzter Kooperationen

Publikationen zum Thema

MORA D. et al. (2022): Influence of preservation methods for phytobenthos samples on the detection of microbial communities through eDNA metabarcoding – first results. In Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Ergebnisse der Jahrestagung 2021 (Leipzig). – Essen. 8 pp.

SCHMIDT S. et al. (2021): Methodenvergleich morphologischer und genetischer Artbestimmung von Makrozoobenthosproben des Rheins zwischen Basel und Brohl, Juli/August 2020. Bericht BfG-2069

SCHMIDT S., MORA D. et al. (2021): Establishing (e)DNA-Methods for Governmental Biomonitoring Efforts and Ecological Assessment in German Federal Waterways. 1st International DNAqua Conference, Poster, DOI: 10.3897/aca.4.e64809

ZIMMERMANN J, MORA D. et al. (2021): Metabarcoding of phytobenthos samples. In Joint Danube Survey 4 Scientific Report: A Shared Analysis of the Danube River (Ed. by I Liška, F Wagner, M Sengl, K Deutsch, J Slobodník, M Paunović), pp. 145 – 156. ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River, Vienna

Projektlaufzeit 09/2020 – 08/2023
Auftraggeber BMDV
Projekt-Nr. M39630204048

Ansprechpartner der BfG

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

3.1.5 DigiTax – Neue Technologien zur Digitalisierung molekularbiologischer Methoden zur echtzeitnahen biologischen und ökotoxikologischen Überwachung von Bundeswasserstraßen

Mit dem Projekt DigiTax macht die BfG einen weiteren Schritt in das biologische Gewässermonitoring der Zukunft, indem genetische Methoden in den Punkten Mobilität und Anwenderfreundlichkeit verbessert werden.

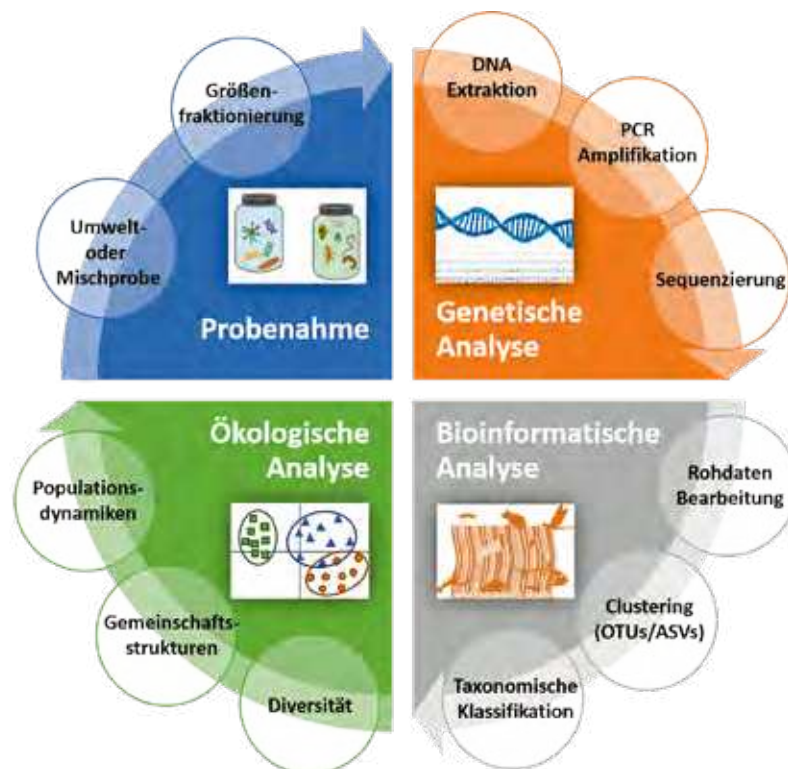


Abbildung 65: Schematische Darstellung des generellen Ablaufs molekularbiologischer Methoden. © S. Krenek / BfG

Molekularbiologische Methoden bieten eine immense Bandbreite an Anwendungsmöglichkeiten; in vielen Bereichen von Wissenschaft und Forschung sind sie bereits etabliert und von großer Bedeutung. Für die Anwendung zur Gewässerüberwachung in der behördlichen Praxis werden sie derzeit validiert und haben langfristig das Potenzial, bestehende morphotaxonomische Methoden zur Begutachtung und Bewertung zu ergänzen oder zu ersetzen. In diesem Projekt sollen die bereits bestehenden Methoden durch neue Technologien teilautomatisiert und zum mobilen Einsatz befähigt werden.

Veranlassung

Bereits bestehende molekularbiologische Methoden kennzeichnet ein komplexer, potenziell fehleranfälliger und laborbasierter Arbeitsablauf. Dies erfordert personell eine gehobene technische und bioinformatische Expertise und ist wenig nutzerfreundlich und praxisfern. Zudem führt die zeitliche Entkopplung von Probenahme, Aufbereitung und Datenanalyse in der Regel zu einem Zeitversatz von mehreren Monaten bis zum Erhalt der benötigten Information.

Das Zusammenspiel einer hier zu etablierenden portablen Methode zur On-site-Generierung von Sequenzierungsdaten, in Verbindung mit einer innovativen bioinformatischen Analyse-Pipeline, bietet im Vergleich zu den bisherigen Methoden Zeitersparnis, Mobilität, Nutzerfreundlichkeit und bessere Information.

Ziele

- Vereinfachung und Beschleunigung von molekularbiologischen Arbeitsabläufen durch Sequenzierungstechnologien der 3. Generation und durch Etablierung eines transportablen molekularbiologischen Labors
- Aufbau einer bioinformatischen Pipeline zur automatisierten und standardisierten metagenomischen Datenanalyse
- Verbesserung des NemaSpear-Index zur ökotoxikologischen Bewertung; schnelle und einfache Detektion von Neobiota in Ballastwasser; echtzeitnahe Artbestimmung von Pappel-Jungaufwuchs

Ausblick auf die nächsten Jahre

Nach der generellen Etablierung der neuen Methoden im ersten Jahr sollen diese vor allem ab dem zweiten Jahr in die Anwendung gebracht werden. Hierzu soll u.a. der ökotoxikologische NemaSpear-Index methodisch vereinfacht und präzisiert werden. Des Weiteren sind an ausgewählten Binnenhäfen Ballastwasseruntersuchungen geplant, um Neobiota zu detektieren, und in Zusammenarbeit mit dem WSA Bingen sollen Analysen zur Unterscheidung von Schwarz- und Hybrid-Pappeln durchgeführt werden. Das letzte Jahr des Projekts ist der Publikation und Dissemination der Ergebnisse gewidmet.

Projektlaufzeit 01/2023 – 12/2025
Auftraggeber BMDV
Projekt-Nr. M39600001222

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Julia Kleinteich
E-Mail kleinteich@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5150
Referat U2 – Mikrobielle Ökologie

3.1.6 MESMAV – Methodenentwicklung zur Erfassung von Schweinswalen mittels akustischer Verfahren in Ästuaren

Der Schweinswal: Orientierung, Kommunikation und Beutefang durch Aussendung von hochfrequenten Lauten. Die Herausforderung: Hintergrundgeräusche in den Ästuaren erschweren die automatisierte akustische Erfassung.



Abbildung 66: Zwei Schweinswale (*Phocoena phocoena*).

© Solvin Zankl

Der Schweinswal ist die einzige in den deutschen Küstengewässern regelmäßig vorkommende Walart: streng geschützt, relativ empfindlich gegenüber Störungen und trotzdem auch in den anthropogen stark beeinflussten Ästuaren anzutreffen. Wann und wie häufig er dort ist, kann durch akustische Aufnahmen mit Hydrophonsystemen festgestellt werden, da er schmalbandige, hochfrequente Lautsequenzen aussendet. Allerdings erschweren zahlreiche Hintergrundstörgeräusche, wie z.B. Sedimentbewegung und Schiffsgeräusche, die automatisierte Erkennung von Schweinswallauten.

Veranlassung

Bei Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen in den Ästuaren müssen Auswirkungen auf den streng

geschützten Schweinswal berücksichtigt werden. Dazu ist es erforderlich, sein zeitliches und räumliches Vorkommen zu erfassen, wozu z.B. in Ost- und Nordsee Hydrophonsysteme mit entsprechender Analysesoftware zum Herausfiltern von Schweinswallauten verwendet werden. In den Ästuaren gibt es jedoch wesentlich mehr Hintergrundgeräusche als in Ost- und Nordsee, sodass die Analyse von Schweinswallauten einen erheblichen Mehraufwand an manueller Nachbearbeitung erfordert, weil die bislang verfügbaren Filter- und Auswertelgorithmen häufig Hintergrundgeräusche als Schweinswallaute fehlinterpretieren. Die geplanten Untersuchungen im Rahmen dieses Projektes sollen dazu führen, dass dieser Nachbearbeitungsaufwand deutlich reduziert und Prozesse teilautomatisiert werden.

Ziele

- Es soll ein effektives Monitoring von Schweinswalen in den deutschen Ästuaren als Basis für die Beratung der WSV bei Unterhaltungs- und Ausbaumaßnahmen ermöglicht werden durch:
- Identifizierung der Hard- und Software sowie der Filter- und Auswertelgorithmen, die am besten zum akustischen Monitoring von Schweinswalen in den deutschen Ästuaren geeignet sind
- Weiterentwicklung von Filter-Algorithmen zur automatischen Detektion von Schweinswallauten bzw. Entwicklung von Nachbearbeitungsverfahren mithilfe des maschinellen Lernens
- Identifizierung und Charakterisierung von Störgeräuschquellen

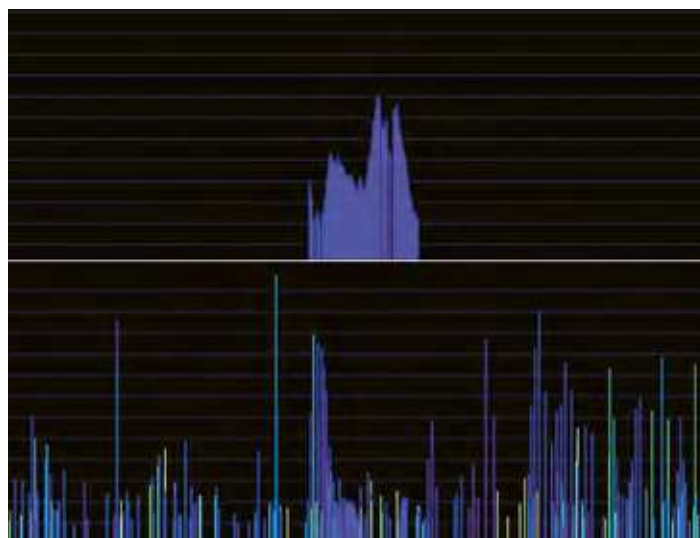


Abbildung 67: Schweinswallautsequenz ohne (Abb. oben; Außenems) und mit (Abb. unten; Tideelbe bei Hamburg) Hintergrundstörgeräuschen (y-Achse: Schalldruckpegel, x-Achse: Zeit).

© T. Taupp, Screenshot aus CPOD.exe, © Chelonia Ltd., UK

Ausblick auf die nächsten Jahre

Messkampagnen im Jahr 2023 an ausgewählten Standorten mit unterschiedlicher Hintergrundgeräuschbelastung, z.B. in der Tideelbe nahe Hamburg und in der Außenems, werden die Datengrundlage für die geplanten Analysen, Bewertungen und Weiterentwicklungen in den Jahren 2024 – 2025 liefern.

Publikationen zum Thema

TAUPP, T. (2022): Against all odds: Harbor porpoises intensively use an anthropogenically modified estuary. *Marine Mammal Science* 38, 288 – 303, <https://doi.org/10.1111/mms.12858>

Projektlaufzeit 01/2023 – 12/2025
Auftraggeber BMDV
Projekt-Nr. M39600001221

Ansprechpartner der BfG

Dr. Thomas Taupp
E-Mail: taupp@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5471
Referat U4 – Tierökologie

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

Das Projekt erforscht den Zustand, die Erfassung und die Modellierung des Eintrags und Verbleibs von Mikro- und Makroplastik in Bundeswasserstraßen und die ökologischen Risiken und Managementoptionen.



Abbildung 68: Die Köcherfliegenlarve nutzt blaues PET zum Köcherbau.

© T. Rischen / Universität Koblenz-Landau

Die Plastikproduktion steigt stetig. Während 1950 ca. 1,7 Mio. t Plastik produziert wurden, waren es 2020 bereits ca. 367 Mio. t Plastik weltweit. Mikroplastik (Plastik < 5 mm) entsteht durch Verwitterung von größerem Plastik (sekundäres Mikroplastik wie Fragmente, Filme und Fasern) oder wird direkt in dieser Größe produziert (primäres Mikroplastik wie Microbeads). Zudem kann Mikroplastik durch Verwitterung plastikbasierter Farben und Lacke von z.B. Schiffsanstrichen in die Umwelt gelangen. Letztere sind wenig erforscht und können für Organismen giftige Antifouling-Mittel wie Schwermetalle enthalten.

Veranlassung

Bisher sind Mikro- und Makroplastikmengen sowie deren Quellen, Polymere und Folgen in Bundeswasserstraßen ungenügend untersucht. Standardisierte Probenahme, -aufbereitung, Monitoring- sowie Managementstrategien und Überprüfung der Maßnahmen fehlen. Ein detailliertes Monitoring für zukünftige Managementoptionen ist bisher ebenfalls aufgrund geringer Datenlage nicht möglich.

Zudem ist es bisher kaum bekannt, welche Effekte die Mikroplastikbelastung auf Organismen in den Bundeswasserstraßen hat. Informationen zu Wirbellosen fehlen hierbei weitestgehend, obwohl diese Organismen wichtige Funktionen im Ökosystem sowie in den Nahrungsnetzen in den Wasserstraßen übernehmen. Außerdem ist die Aufnahme von potenziell giftigem Mikroplastik aus Lacken durch aquatische Organismen bisher kaum erforscht, obwohl der Schiffsverkehr in den Bundeswasserstraßen und an deutschen Küsten eine große Rolle spielt. Zudem gibt es bisher keinen Organismus als Mikroplastik-Bioindikator für Küsten.

Ziele

- Zustandsbeschreibung, Bilanzieren des Eintrags und des Verbleibs von Mikro- und Makroplastik in Bundeswasserstraßen
- Aufzeigen von ökologischen Risiken und Managementoptionen
- Identifizierung eines geeigneten Mikroplastik-Bioindikators an deutschen Küsten
- Mikroplastikbilanzierung und Charakterisierung in Schweinswalen der Nord- und Ostsee

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass Organismen nicht nur Mikroplastik mit der Nahrung aufnehmen, sondern auch für den Bau von z.B. Köchern verwenden. Dies wiederum setzt die Köcherstabilität herab und reduziert somit höchst wahrscheinlich das Überleben der Köcherfliegenlarven. Zudem sind aquatische Schnecken im Labor nicht in der Lage, das mit der Nahrung aufgenommene Mikroplastik wieder komplett auszuschcheiden. Wir konnten außerdem eine hohe Anzahl an Lackpartikeln in Kreiselschnecken der Nordsee und des Mittelmeers



nachweisen. Die Mikroplastik-Menge in diesen Schnecken korrelierte mit der im Wasser, weshalb diese Schnecken vielversprechende Mikroplastik-Bioindikatoren für Felsküsten weltweit sind. Auch in Schweinswalen fanden wir Mikroplastik (z.B. einen Lacksplitter). Dies zeigt, dass Lacke gerade in Küstenbereichen stark zum Mikroplastik beitragen können. Die Lacksplitter wurden mittels Fourier-Transform-Infrarot-Mikroskopie (μ FTIR) anhand ihrer Polymertypen (wie Acryl, Alkyd) und Farbzusätze wie Kaolin bestimmt.

Abbildung 69: Mikroplastik in Kreiselschneckenarten (paint chip = Lacksplitter)

© S. Ehlers / BfG

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Untersuchungen zu Mikroplastik in unterschiedlichen trophischen Ebenen der Nahrungsnetze in Bundeswasserstraßen
- Untersuchungen zum Einfluss von Mikroplastik auf die Tiere in Bundeswasserstraßen und in Küstenbereichen

Publikationen zum Thema

- EHLERS, S. M., ELLRICH, J. A., KOOP, J. H. E. (2022): Microplastic load and polymer type composition in European rocky intertidal snails: Consistency across locations, wave exposure and years. *Environmental Pollution* 292: 118280
- PHILIPP, C., UNGER, B., EHLERS, S. M., KOOP, J. H. E., SIEBERT, U. (2021): First evidence of retrospective findings of microplastics in harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) from German waters. *Frontiers in Marine Science* 8: 682532
- EHLERS, S. M., AL NAJJAR, T., TAUPP, T., KOOP, J. H. E. (2020): PVC and PET microplastics in caddisfly (*Lepidostoma basale*) cases reduce case stability. *Environmental Science and Pollution Research* 27: 22380 – 22389
- EHLERS, S. M., MAXEIN, J., KOOP, J. H. E. (2020): Low-cost microplastic visualization in feeding experiments using an ultraviolet light-emitting flashlight. *Ecological Research* 35: 265 – 273
- EHLERS, S. M., MANZ, W., KOOP, J. H. E. (2019): Microplastics of different characteristics are incorporated into the larval cases of the freshwater caddisfly *Lepidostoma basale*. *Aquatic Biology* 28: 67 – 77

Projektlaufzeit 01/2019 – 12/2022
Auftraggeber BMDV
Projekt-Nr. M39620304028

Ansprechpartnerin der BfG
 Dr. Sonja Ehlers
 E-Mail: ehlers@bafg.de
 Tel.: +49(0)261 1306 5030
 Referat U4 – Tierökologie

3.1.8 SOURCE – Identifizierung von Schadstoffquellen in Bundeswasserstraßen

Woher kommen die Schadstoffe in unseren Flüssen? Um dieser Frage nachzugehen, werden im Projekt SOURCE Methoden der chemischen Target- und Non-Target-Analytik, bioanalytische Testverfahren und Modellierungsansätze kombiniert.

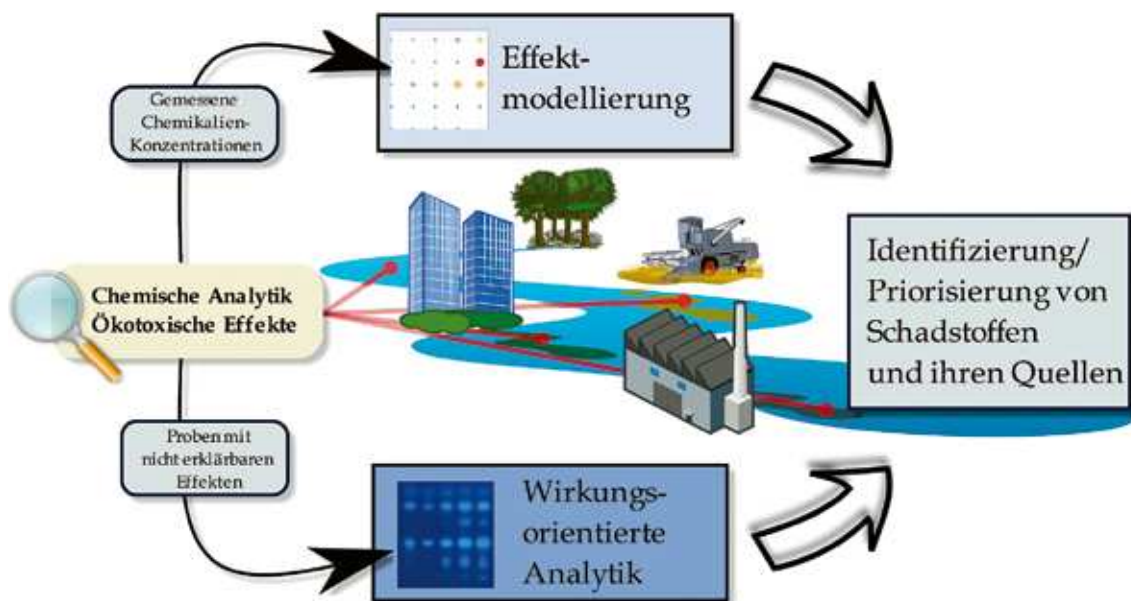


Abbildung 70: Arbeitsablauf im Projekt SOURCE zur Untersuchung von Sediment- und Wasserproben entlang der Elbe. © A. Schüttler / BfG

Die Zahl der industriell hergestellten Chemikalien hat sich in den letzten 20 Jahren mehr als verdreifacht und liegt heute bei über 350.000 Substanzen. Gewässer werden in Europa routinemäßig jedoch nur auf wenige ausgewählte Stoffe untersucht. Dadurch bleiben Identität und Wirkung vieler Stoffe, die unsere Gewässer gefährden können, unerkannt. Vor dem Hintergrund der aktuellen Aktivitäten, z.B. zum Sedimentmanagement an der Elbe, ist es für die Entwicklung nachhaltiger Maßnahmen notwendig, die für Schadwirkungen verantwortlichen Stoffe zu identifizieren. Nur auf dieser Basis können Vorschläge zur zielgerichteten Minimierung der Einträge erarbeitet werden.

Veranlassung

Bei der ökotoxikologischen Untersuchung von Wasser- und Sedimentproben kann oftmals nur ein Anteil der beobachteten Effekte durch be-

kannte Schadstoffe erklärt werden. Gleichzeitig zeigen chemische Non-Target-Analysen, dass aquatische Lebensgemeinschaften einer Vielzahl unbekannter oder unzureichend charakterisierter Stoffe ausgesetzt sind. Für eine Priorisierung und Identifizierung von Stoffen werden deshalb dringend innovative Ansätze zur Kopplung moderner chemischer und ökotoxikologischer Verfahren benötigt. Im Projekt SOURCE werden Wasser- und Sedimentproben entlang der Elbe chemisch und ökotoxikologisch charakterisiert und die Ergebnisse mithilfe wirkungsorientierter Analytik und der Modellierung molekularer und adverser Effekte integriert. Unter Berücksichtigung von Kombinationseffekten, die bei Umweltmischungen unweigerlich zu erwarten sind, wird somit eine Möglichkeit zur Identifizierung und Priorisierung von Schadstoffen und ihren Quellen geschaffen (Abb. 70).

Ziele

- Bestandsaufnahme von Stoff- und Wirkungsprofilen von Sedimenten und Wasserproben entlang der Elbe
- Kombination von chemisch analytischen Verfahren, Modellierung toxischer Effekte und effektbasierten Biotests
- Entwicklung und Anwendung von Verfahren zur Identifizierung toxischer Stoffe und ihrer Eintragsquellen in Bundeswasserstraßen

Ergebnisse

Zur Verdeutlichung eines innovativen Ansatzes, der im Rahmen des SOURCE-Projekts genutzt wird, zeigt Abbildung 71 östrogene Effekte, die entlang eines Flussverlaufs mittels eines wirkungsbasierten Tests erfasst wurden. Dabei werden extrahierte Wasserproben dünnenschichtchromatografisch getrennt und mit einem mikrobiellen Testorganismus in Kontakt gebracht, der die Aktivierung des Östrogenrezeptors durch die Bildung eines Fluoreszenzfarbstoffs anzeigt. Dadurch entstehen Aktivitätsprofile, die zur Identifizierung von Eintragsquellen genutzt werden können. So ist in Abbildung 71 zu sehen, dass das Kontrazeptivum 17 α -Ethinylestradiol erst weiter stromabwärts zu detektieren ist. Dieser Befund lässt sich auf den Einfluss einer Kläranlage zurückführen.

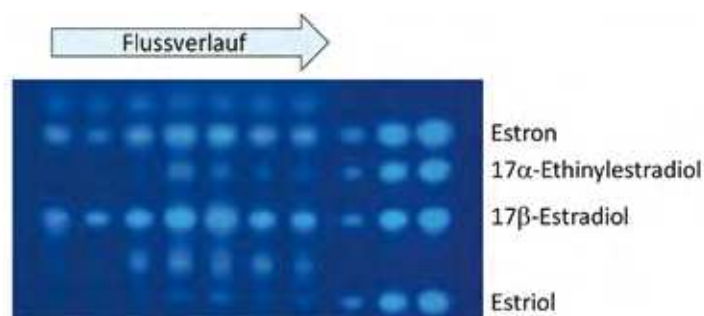


Abbildung 71: Östrogene Effekte von per Dünnschichtchromatografie aufgetrennten Stoffen entlang eines Flussverlaufs. © S. Buchinger / BfG

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Feldanalysen: Planung und Durchführung von Probenahmen im Einzugsbereich von Elbe und Saale
- Datenaggregation/Effektmodellierung: Integration von Effektdaten aus öffentlichen Datenbanken in eine „Bioassay-Karte“, Entwicklung von Ansätzen zur Modellierung von Kombinationseffekten
- EDA: Entwicklung eines generischen Trennschemas und zweidimensionaler Trennungen für HPTLC, Entwicklung von Extraktionsverfahren für HPTLC-Oberflächen mittels „supercritical fluid extraction“
- Wissenstransfer: Erstellung einer Web-Applikation zur Effektmodellierung, Workshop zum Thema „Effektgerichtete Analytik“

Projektlaufzeit 01/2023 – 12/2025
Auftraggeber BMDV
Projekt-Nr. M39600001220

Ansprechpartner der BfG

Dr. Sebastian Buchinger
E-Mail: buchinger@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5316
Referat G3 – Biochemie, Ökotoxikologie

3.1.9 OGIMo – 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 72: Das Messboot „TINCA“ auf der Mosel während der ersten Schiffsbefahrung im Oktober 2020.

© S. Mischel / BfG

Die hydraulischen Bedingungen an einem Gewässer können durch wasserbauliche Maßnahmen nachhaltig verändert werden. Dies kann auch die Interaktion von Oberflächenwasser (OW) und Grundwasser (GW) sowie die damit in Verbindung stehenden Stofftransport- und Transformationsprozesse betreffen. Um diese Prozesse besser verstehen zu können, finden an der Mosel umfangreiche Untersuchungen auf verschiedenen Skalen statt. Hierzu werden neben bereits etablierten Tracern anthropogene Spurenstoffe auf ihre Eignung als Tracer für die Charakterisierung der OW-GW-Interaktion untersucht.

Die Ergebnisse ermöglichen ein erweitertes Prozessverständnis für große Flüsse und für wasserbaulich beeinflusste Standorte. Ein zu erstellendes konzeptionelles Modell soll die Übertragbarkeit

der Forschungsergebnisse auf andere Bundeswasserstraßen ermöglichen und somit einen Beitrag zum grundsätzlichen Verständnis dieser komplexen hydrologischen Prozesse leisten.

Veranlassung

- Untersuchungen zur OW-GW-Interaktion wurden bisher vorrangig an Seen und kleinen Gewässern durchgeführt, fehlen jedoch auf der großräumigen Skala wie z. B. der wasserbaulich stark veränderten Bundeswasserstraßen.
- Ein Verständnis des Einflusses der Hydraulik auf die chemische Wasserqualität hat eine hohe Relevanz, da durch Infiltration (OW ins GW) oder Exfiltration (GW ins OW) verschiedene (gelöste) Stoffe in den jeweils anderen Wasserkörper transportiert und abgebaut bzw. transformiert werden können.

- Der großräumige Eintrag von Stoffen (z.B. aus der Landwirtschaft) über das Grundwasser sowie Eingriffe in morphologische Strukturen (Bau von Staustufen, Rückbau von Wehren, Renaturierungen) können zu nachhaltigen Veränderungen der Wasserqualität von Bundeswasserstraßen und angrenzender Grundwasserkörper führen. Daher sind Untersuchungen der OW-GW-Interaktion in großräumigen limnischen Systemen zwingend notwendig, gerade auch im Hinblick auf Arbeiten der WSV im Rahmen von Beweissicherungsmaßnahmen.
- Die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der BfG ermöglicht die weiterführende Erforschung und Beurteilung der Wechselwirkungen zwischen OW und GW hinsichtlich der Stoffeinträge aus anthropogenen Quellen in der Größenordnung einer Bundeswasserstraße.

Ziele

- neue Erkenntnisse zur Eignung von stabilen und instabilen Isotopen und anthropogenen (chiralen) organischen Spurenstoffen, wie Arzneimittel oder Pestizide, als Tracer zur Beschreibung der Interaktionen von OW und GW und zum Aufschluss über die Herkunft, Transportpfade und die Transformation mit besonderem Schwerpunkt auf Staustufen

- Verwendung der genannten Tracer zur Vertiefung des Wissens über die Wechselwirkungen zwischen OW und GW im Maßstab einer Bundeswasserstraße hinsichtlich des hierbei stattfindenden Stofftransports
- Entwicklung eines konzeptionellen Modells als Instrument zur Vorhersage der Beeinflussung von Interaktionen von OW und GW infolge von wasserbaulichen Eingriffen und zur Abschätzung der damit verbundenen Auswirkungen auf die Hydrochemie

Ergebnisse

- Die Daten aus zwei Schiffsbefahrungen bei unterschiedlichen Abflussbedingungen haben ergeben, dass die Hydrochemie der Mosel durch den französischen Kali-Bergbau und durch Verdünnungseffekte großer Zuflüsse wie Saar und Sauer geprägt ist, davon abgesehen jedoch nur eine geringe hydrochemische Variabilität aufweist.
- Radon ist als Tracer geeignet, um lokalen Grundwasserzustrom großräumig zu erfassen. Durch numerische Modelle können Zonen mit erhöhtem Grundwasserzustrom (z.B. bei Detzem bis zu 3 m³/s) identifiziert werden. Diese Bereiche sind an die hydrogeologischen Randbedingungen sowie an Störungszonen geknüpft.

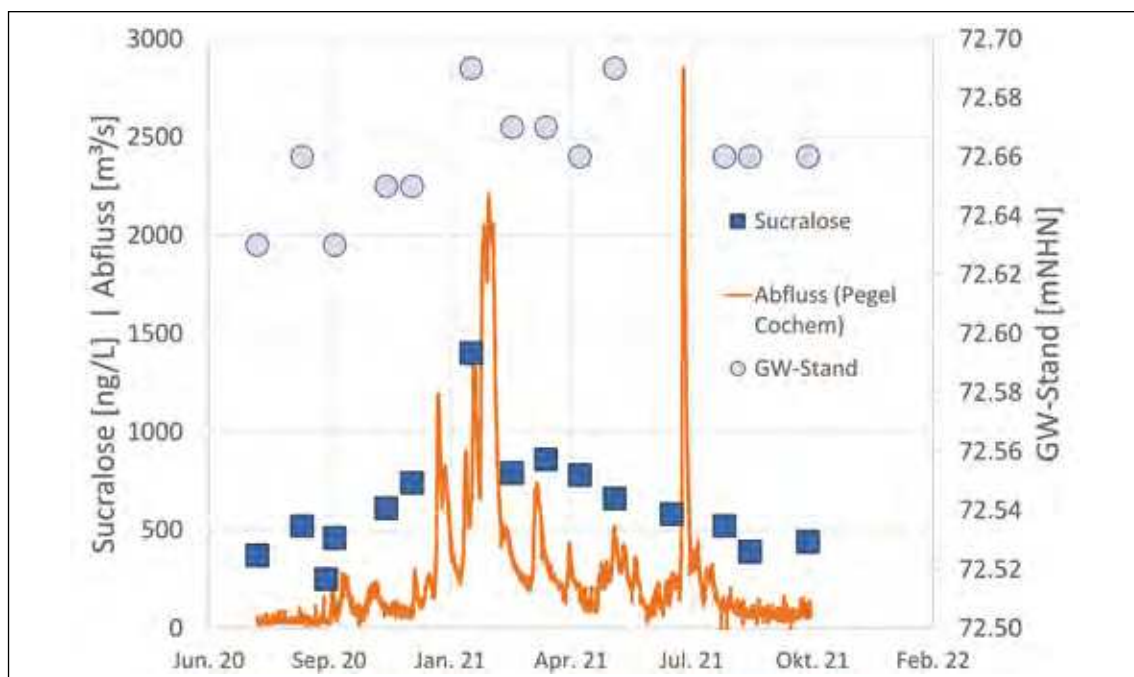


Abbildung 73: Konzentrationsverlauf des Süßstoffes Sucralose und der Grundwasserstand an der GW-Messstelle „GMS1“ (Staustufe Lehmen). Die orange Linie zeigt den Abfluss am Pegel Cochem. © BfG, Pegeldata © WSV

- Tritium (hier aus dem KKW Cattenom) ist als Tracer geeignet, eine Beeinflussung von GW durch Moselwasser nachzuweisen.
- Die Dynamik der stabilen Wasserisotopenverhältnisse im GW an der Staustufe Lehmen im Vergleich zu denen im OW lässt auf eine Durchflusszeit des GW von fünf bis sechs Monaten schließen.
- Mithilfe ausgewählter persistenter und/oder mobiler Spurenstoffe (z.B. Sucralose) lässt sich der OW-Einfluss auf die Hydrochemie des Grundwassers an der Staustufe Lehmen sowie die Relevanz von Hochwasserereignissen auf Stoffkonzentrationen und Stofftransportprozesse zeigen.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Die an der Staustufe Lehmen gewonnenen Daten werden hinsichtlich der OW-GW-Interaktion ausgewertet und Frachtberechnungen für ausgewählte (Spuren-)Stoffe durchgeführt. Weiterhin soll eine mögliche Veränderung des Enantiomerenverhältnisses von ausgewählten chiralen organischen Spurenstoffen verwendet werden, um mikrobiologische Transformations- und Abbauprozesse während der Interaktion identifizieren zu können. Die im Projekt OGIMo angewandten Methoden sowie die untersuchten Tracer werden im Hinblick auf ihre Eignung zur Untersuchung und Beschreibung von OW-GW-Wechselwirkungsprozessen bewertet. Das zu entwickelnde konzeptionelle Modell soll ermöglichen, die gewonnenen Erkenntnisse zu OW-GW-Interaktionen an der Mosel auf andere Bundeswasserstraßen und Staustufenstandorte zu übertragen.

Publikationen zum Thema

- MISCHEL, S., ENGEL, M., QUANZ, S., RADNY, D., SCHMIDT, A., SCHLÜSENER, M., WICK, A. (2021): Analysing surface water-groundwater interactions on selected sites of the River Moselle: Identifying transport processes along an important inland waterway in Germany, vEGU 2021
- QUANZ, S., MISCHEL, S., ENGEL, M., SCHLÜSENER, M.P., SCHMIDT, A., RADNY, D., WICK, A., TERNES, T. A. (2021). „New insights into sources and attenuation of various emerging micropollutants along an impounded trans-boundary waterway by high-resolution longitudinal sampling“. MONDE Symposium 2021
- ENGEL, M., MISCHEL, S., QUANZ, S., RADNY, D., COMITI, F., DÜSTER, L., SCHMIDT, A. (2021): Identifizierung von Oberflächenwasser-Grundwasser-Interaktionen anhand von charakteristischen Isotopensignalen, A-SI2021
- SCHMIDT, A., ENGEL, M., VÖLPEL, R., DÜSTER, L. (2021): Die Tritiumverteilung in Niederschlag und Oberflächenwasser in Deutschland – ein Beitrag zum deutschen Isotopennetzwerk, ASI2021
- ENGEL, M., MISCHEL, S., QUANZ, S., FREI, S., GILFEDDER, B., RADNY, D., SCHMIDT, A. (2022): Tracer- und Modell-basierte Quantifizierung von Grundwasserzustrom an der Mosel, FH-DGGV 2022
- RADNY, D., MISCHEL, S., ENGEL, M., QUANZ, S., WICK, A., SCHMIDT, A. (2022): Interaktionen zwischen OW und GW entlang großer Flüsse am Beispiel der Mosel – Prozessverständnis und Tracertechniken, FH-DGGV 2022

Projektlaufzeit	01/2020 – 02/2023
Auftraggeber	BMDV
Projekt-Nr.	M39620104024

Ansprechpartner der BfG

Dr. Dirk Radny

E-Mail: radny@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5092

Referat G1 – Grundsatzfragen der qualitativen Gewässerkunde

3.1.10 MONDE 1 – Die chemische Monitoring-Station der Zukunft

Mit der Monitoring-Station der Zukunft wird der Grundstein für ein automatisiertes Gewässermonitoring gelegt, das eine zeitlich hochaufgelöste Überwachung und zeitnahe Bewertung des Gewässerzustandes möglich macht.

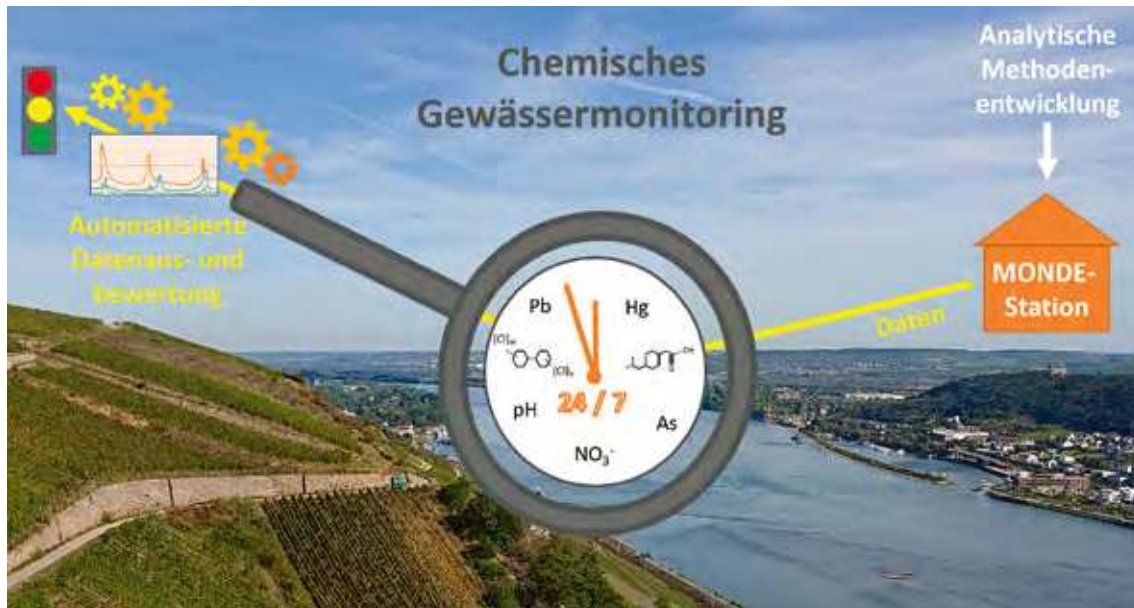


Abbildung 74: Ein umfassendes, kontinuierliches Monitoring des Gewässerzustandes wird in MONDE 1 angestrebt.
© J. Arndt / BfG

Aufgrund einer intensiven anthropogenen Nutzung sind viele Oberflächengewässer stark belastet und ein umfassendes Monitoring ist essenziell, um Informationen zu dem chemischen und ökologischen Zustand dieser Gewässer zu erlangen. Ziel dabei ist nicht nur die Bewertung des Ist-Zustands oder das Aufzeigen von langfristigen Trends, sondern auch die konkrete Bestimmung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen oder die Identifizierung von Eintragsquellen. Dies hilft, Belastungen zu reduzieren und gezielte Maßnahmen, beispielsweise zum Schutz von Trinkwasserressourcen, zu ergreifen.

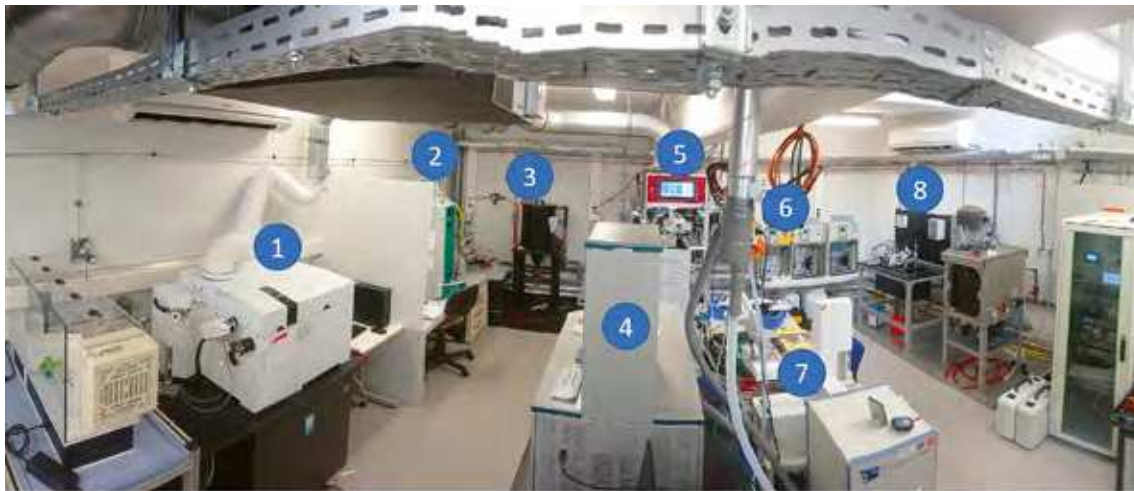
Veranlassung

Im regulatorisch ausgerichteten Monitoring können Extremereignisse häufig nicht sicher erfasst werden und eine Bewertung des Gewässerzustandes ist nur eingeschränkt möglich. Viele anthropogene Stoffe sind derzeit nicht reguliert und werden

im Rahmen der gängigen Monitoringpraxis nicht berücksichtigt. Ein weiteres Defizit ist die meist vorhandene zeitliche Entkopplung von Probenahme, Messung und Datenauswertung, die zur Folge hat, dass eine sofortige Reaktion auf Systemveränderungen nicht möglich ist.

In MONDE 1 wird daher eine Monitoring-Station aufgebaut, in der ein breites Spektrum an chemischen Gewässerparametern kontinuierlich analysiert werden kann. Seit 2019 werden kommerziell erhältliche Online-Methoden angewendet, schon etablierte Offline-Methoden auf einen Online-Betrieb übertragen und neue Analysemethoden entwickelt.

Im anorganischen Bereich wurde eine Methode erarbeitet, mit der 68 Elemente in einem einzigen Analysenlauf erfasst werden können. Seitens der organischen Chemie wird eine Quantifizierungsmethode für rund 150 physikochemisch diverse Spurenstoffe entwickelt.



1	ICP-QMS: Metalle / Metalloide	6	Kolorimetrische Methoden: Nährstoffe
2	IC: Anionen	7	Probennehmer
3	Filtersystem	8	Durchflussbecken und Sonden: Nitrat, Routine-Parameter
4	LC-QToF-MS: organische Spurenstoffe		
5	Ferrybox: Algenklassen, Routine-Parameter		

Abbildung 75: Überblick über die Monitoring-Station der Zukunft mit den verschiedenen Analyse-Geräten und den gemessenen Parametern.

© J. Arndt / BfG

Ziele

- Aufbau einer automatisierten Monitoring-Station zur zeitlich hochaufgelösten Messung chemischer Gewässerparameter in Koblenz am Rhein
- Vergleich verschiedener Online-Methoden
- Erfassung unbekannter chemischer organischer Spezies
- Entwicklung einer Multi-Element-Methode zur Analyse von Spuren- und Mengenelementen mittels Triple-Quadrupol-Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
- Entwicklung einer Quantifizierungsmethode mittels überkritischer Fluidchromatografie und massenspektrometrischer Detektion für ein physikochemisch diverses Spektrum an organischen Spurenstoffen
- Etablierung einer einheitlichen Datenverwaltung

Ergebnisse

Die ersten Messinstrumente in der Monitoring-Station sind seit Mitte 2019 in Betrieb. Seitdem wurde die Station kontinuierlich mit Messinstrumenten für weitere Parameter erweitert. Aktuell werden hochauflösend (Intervall < 3 h) folgende Parameter erfasst: organische Spurenstoffe, Anionen, gelöster organischer Kohlenstoff, Algenklassen, gelöstes CO₂, Kieselsäure, Alkalinität sowie gängige Routine-Parameter. Dabei hat sich gezeigt, dass der Rhein ein weniger träges System ist als zuvor

angenommen. So waren beispielsweise bei einem Extremregenereignis im Juli 2021 vier Proben pro Tag nötig, um die Konzentration von Sulfat verlässlich zu erfassen.

Insbesondere die Bereitstellung von filtriertem Rheinwasser, das für viele Messinstrumente benötigt wird, war herausfordernd. Auch für einige Messinstrumente wurden individuelle Lösungen entwickelt, da sie normalerweise nicht im Online-Betrieb arbeiten. Die Integration von zusätzlichen Messinstrumenten macht häufig eine erneute Anpassung der grundlegenden Infrastruktur notwendig, da beispielsweise die Wasserführung geändert werden muss.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Die in der Monitoring-Station bereits etablierten Methoden werden nach Ende des Projekts durch BfG-Stammpersonal weiter betrieben und führen zu einer deutlichen Erweiterung der bisher am Standort Koblenz erhobenen Daten. Die Methode für Spuren- und Mengenelemente wird in Kooperation mit dem Projekt URSACHEN für Analysen der gelösten Phase publiziert und wird im weiteren Verlauf für Gesamtwasserproben und eine Atline-Anwendung adaptiert. Ebenfalls publiziert wird die Methode für organische Spurenstoffe. Diese Methode wird zudem angepasst, damit sie zum Non-Target-Screening eingesetzt werden kann.

Publikationen zum Thema

ARNDT, J., KIRCHNER, J. S., JEWELL, K. S., SCHLUESENER, M. P., WICK, A., TERNES, T. A., DUESTER, L. (2022): Making waves: Time for chemical surface water quality monitoring to catch up with its technical Potenzial. Water Res. 2022 Feb 8;213:118168. doi: 10.1016/j.watres.2022.118168

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

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Julia Kirchner
E-Mail: kirchner@bafg.de
Tel.: +49(0)21 1306 5462
Referat G2 – Gewässerchemie

3.1.11 QUISS – Fraktionierung, Speziierung, Umwandlungsprozesse und Mobilität von Quecksilber in Sedimenten und Schwebstoffen deutscher Fließgewässer

Welche biogeochemischen Prozesse und Umweltfaktoren führen dazu, dass trotz sinkender Quecksilber-Emissionen die EU-Umweltqualitätsnorm in deutschen Fließgewässern flächendeckend überschritten wird?



Abbildung 76: Platzierung einer Schwebstofffalle an der Elbe (Lutherstadt Wittenberg) im Mai 2022.

© A. Breidenbach / BfG

Der chemische Zustand von Fließgewässern wird gegenwärtig deutschlandweit als „nicht gut“ eingestuft. Ein Grund dafür ist die Überschreitung der EU-Umweltqualitätsnorm für Quecksilber (Hg) in Biota, trotz deutlicher Reduktionen der direkten Hg-Einträge in Fließgewässer in den letzten Jahrzehnten. Die historische Belastung der Gewässersedimente stellt vermutlich eine Hauptursache für die anhaltend erhöhten Hg-Konzentrationen in Biota dar. Die zugrundeliegenden biogeochemischen Prozesse und Transportpfade von Hg (Schwebstoff \leftrightarrow Sediment \rightarrow Biota) sind jedoch komplex und nur ungenügend verstanden.

Veranlassung

Das Projekt soll die BfG handlungsfähiger bei der Bearbeitung aktuell dringlicher Fragestellungen im Bereich Biogeochemie von Hg machen, auf inter-

nationalem Niveau vorhandene Wissenslücken zur Hg-Speziierung in Sedimenten und Schwebstoffen schließen und ermöglichen, Sicherheit über mögliche Einflüsse von Erhaltungsmaßnahmen der WSV und der Länder zu gewinnen, um diese letztlich in Managementvorschläge oder Handlungsanweisungen einfließen zu lassen.

Da die routinemäßig praktizierte Messung von Gesamt-Hg-Konzentrationen nicht ausreicht, um verlässliche Risikoabschätzungen und Vorhersagen zum Verhalten von Hg in Fließgewässern machen zu können, wird neben der Entwicklung empfindlicher und robuster Analysemethoden für Methyl-Hg eine Charakterisierung anorganischer Hg-Verbindungen in Sedimenten und Schwebstoffen sowie die Untersuchung der für die Hg-Methylierung relevanten Mikroorganismen an Feldproben und Proben aus Laborexperimenten durchgeführt.



Abbildung 77: Beprobung von mittels Durchflusszentrifuge gesammeltem Schwebstoff aus der Elbe im Juni 2022.
© L. Gfeller / BfG

Ziele

- Untersuchung von Hg-Bindungsformen in Sedimenten/Schwebstoffen und ihrer Mobilität/Bioverfügbarkeit unter wechselnden Umweltbedingungen
- Bestimmung des Methyl-Hg-Anteils am Gesamt-Hg-Gehalt in Wasser und Sedimenten/Schwebstoffen
- Identifikation von Hotspots für die Methyl-Hg-Bildung in Bundeswasserstraßen
- Untersuchung von Mikroorganismengemeinschaften und ihrem Einfluss auf Hg-Speziesumwandlungen

- Aufklärung der Umweltfaktoren, die Balance von Hg-Methylierung und Demethylierung kontrollieren
- experimentelle Bestimmung des Einflusses von Störungen der Sediment/Wasser-Grenzschicht auf Hg-Spezies-Dynamik

Ausblick auf die nächsten Jahre

Zunächst werden Methoden zur Probenahme, -vorbereitung und Analyse von Hg-Bindungsformen/-Spezies sowie zur Untersuchung von Mikroorganismengemeinschaften an Sediment-/Schwebstoffproben validiert. Anschließend werden die Methoden zur Charakterisierung von Proben aus Hg-kontaminierten Flüssen (u.a. Elbe) eingesetzt. In Laborexperimenten werden parallel die Hg-Speziesdynamik an der Sediment/Wasser-Grenzschicht und der Einfluss von Störungsereignissen untersucht. Die Ergebnisse werden u.a. in praxisorientierte Handlungsanweisungen zum Umgang mit Hg-kontaminierten Sedimenten in Bundeswasserstraßen einfließen.

Publikationen zum Thema

- WIEDERHOLD, J. G., KRISCH, S., GFELLER, L., BREIDENBACH, A., ALTEN, A., BIESTER, H., HAHN, J., SCHUETTLER, A., BUCHINGER, S., WICK, A., DUESTER, L. (2022): Biogeochemical Controls on Hg Dynamics in Sediments and Suspended Particulate Matter of Contaminated German Rivers. 15th International Conference on Mercury as a Global Pollutant, <https://t1p.de/quiss-icmcp-2022>
- WIEDERHOLD, J. G., GFELLER, L., DUESTER, L. (2022): Historical Analysis of Mercury Contamination Trends in German Rivers at Decadal Time Scales. 15th International Conference on Mercury as a Global Pollutant, <https://t1p.de/historic-Hg-trends-icmcp-2022>
- WIEDERHOLD, J. G., BIESTER, H., ALTEN, A., HAHN, J., DUESTER, L. (2022): Recent spatial and seasonal variations of mercury in suspended particulate matter of the legacy contaminated river Elbe (Germany). EGU General Assembly Conference Abstracts, 3662, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-3662>
- WIEDERHOLD, J. G., BIESTER, H., GERLOFF, A.-L., HAHN, J., DUESTER, L. (2021): Mercury in suspended particulate matter of rivers in Germany. Goldschmidt Conference 2021 Abstract, <https://doi.org/10.7185/gold2021.4602>
- WIEDERHOLD, J. G., BIESTER, H., GERLOFF, A.-L., HAHN, J., DUESTER, L. (2020): Mercury contamination in German rivers: Historical trends and current situation. EGU General Assembly Conference Abstracts, 9735, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-9735>

Projektlaufzeit	01/2022 – 12/2024
Auftraggeber	BMDV
Projektpartner	TU Braunschweig, Institut für Geoökologie
Projekt-Nr.	M39600001214

Ansprechpartner der BfG

Dr. Jan Wiederhold
E-Mail: wiederhold@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5329
Referat G4 – Radiologie und Gewässermonitoring

3.1.12 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 78: URSACHEN Messrahmen.

© J. Arndt / BfG; franke 182 / Adobe Stock; BfG

Messdaten zu Wasserqualität und Schwebstoffkonzentrationen sind durch Unsicherheiten 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 und bisher schwer zu quantifizieren sind.

Veranlassung

Die raumzeitliche Variabilität von suspendierten Stoffen in Flüssen und die limitierte Abdeckung durch Monitoringprogramme führen zu erheblichen Unsicherheiten in Frachtberechnungen. Im Projekt URSACHEN werden diese Unsicherheiten durch raumzeitlich hochaufgelöste Messungen genauer bestimmt. Dazu wurden an drei Standorten am Rhein Probenahmekampagnen bei unterschiedlichen Wasserständen durchgeführt. Zum einen wurden die räumlichen Unterschiede in der Schwebstoffkonzentration und der chemischen Zusammensetzung beprobt. Weiterhin wurde die zeitliche Variabilität durch Probenahme in 15-Se-

kunden-Intervallen hochaufgelöst erfasst. Die erhobenen Proben wurden auf Sedimentkonzentration, Korngröße und organischen Anteil analysiert. Die chemische Zusammensetzung wurde mit einer neu entwickelten Methode bestimmt, die die gleichzeitige Messung von 68 verschiedenen chemischen Elementen ermöglicht. Diese Daten werden derzeit 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 verschiedenen Standorten im Rhein
- Entwicklung von Labormethoden zur gleichzeitigen Bestimmung von ca. 68 Mengen- und Spurenelementen in Gesamtwasserproben
- Analyse von Schwebstoff-Abflussverhältnissen in globalen Datensätzen und ihrer Implikationen für die Unsicherheiten in Stofffrachtberechnungen



Abbildung 79: Messkampagne zur räumlichen Variabilität mit einem im Projekt entwickelten Messrahmen.
© R. van Dongen / ICWRGC

- Entwicklung eines Tools (R-Paket) zur Bestimmung von Unsicherheitsbereichen in Stofffrachtberechnungen
- Beitrag von Projekterkenntnissen zu „Best Practice Monitoring Handbooks“ von GEMS/Water (United Nations Environmental Programme)

Ergebnisse

- Entwicklung eines Probennahmeträgers zur zeitgleichen Beprobung eines Tiefengradienten (Abb. 79)
- Studie zur Bestimmung der zeitlichen Variabilität von Schwebstoffen und die Implikationen für Probenahmeintervalle. Anhand einer 15-Minuten-Trübungszeitreihe wurden, mittels Bootstrapping, Sedimentfrachtberechnungen für weniger hochaufgelöste Datensätze (bis zu 1 Probe/Monat) simuliert. Dies erlaubt die Erfassung von Unsicherheiten in der Sedimentfrachtberechnung, woraus Aussagen über das notwendige Probenahmeintervall abgeleitet werden können.

- Entwicklung einer „Best-Practice“ zur Multi-Element-Analytik mittels Triple-Quadrupol-Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-QQQ-MS) von filtrierten (gelöste Fraktion, $< 0,45 \mu\text{m}$) und unfiltrierten Flusswasserproben (Gesamtwasserprobe). Die Methodenentwicklung zu filtrierten Wasserproben erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Projekt MONDE 1.
- Durchführung eines Trainingsworkshops „River basin sediment monitoring and management“ mit ca. 35 Teilnehmern aus 25 Ländern unter Schirmherrschaft der International Sediment Initiative (ISI) der UNESCO

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Abschluss der Datenanalyse der raumzeitlichen Variabilität von Schwebstoffkonzentration und chemischer Zusammensetzung an verschiedenen Standorten im Rhein und Verfassen weiterer Publikationen
- Veröffentlichung des R-Pakets zur Bestimmung von Unsicherheitsbereichen in Stofffrachtberechnungen
- Veröffentlichung von Open-Access-Vortragmaterialien aus dem UNESCO-ISI Trainingsworkshop
- Beitrag der Projektschlussfolgerungen zu den „GEMS/Water Best Practice Monitoring Handbooks“
- Veranstaltung eines Online-Symposiums: “Uncertainty in river water monitoring: New insights on spatio-temporal variability of suspended river water components”

Publikationen zum Thema

SLABON, A., HOFFMANN, T. (in review in Water Resources Research): Uncertainties of Annual Suspended Sediment Transport Estimates Driven by Temporal Variability

BELKOUTEB, N. et al. (in Vorbereitung für Chemosphere): Quantification of 68 elements in river water monitoring samples in single-run measurements

HARHASH, M. et al. (in Vorbereitung): Comparison of five sediment samplers – particle sizes and micro plastics.

Projektlaufzeit 09/2019 – 12/2022
Auftraggeber BMDV
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

3.1.13 QUESTOSI – Querschnittsaufgabe Stofftransport-Simulationen am Beispiel der Weiterentwicklung von Verfahren und Anwendungsfällen zur integrierten Modellierung der Nebenräume von Ästuaren

Die Nebenarme gelten als die „Lungen“ der Ästuare. Ihre geringe Größe und die komplett unterschiedliche Biologie stellt Gewässergütemodelle vor besondere Herausforderungen.



Abbildung 80: Der rechte Nebenarm ist viel kleiner und naturbelassener als die Fahrrinne (links) des Weser-Ästuars.

© J. Wyrwa / BfG

Um Auswirkungen von Ausbaumaßnahmen auf die Nebenarme der Ästuare modellgestützt untersuchen zu können, sind Gewässergütemodelle erforderlich, die feine Details simulieren können. Speziell die Vermischung der sehr unterschiedlichen Konzentrationen in den sehr kleinen Nebenarmen mit dem Hauptstrom muss präzise erfasst werden. Um Stofftransport-Algorithmen und Diskretisierungen überprüfen und verbessern zu können, wird parallel der Stoffumsatz im Nebenarm untersucht und damit erprobt, ob sich natürlich im Wasser vorhandene Konzentrationen anstatt von zugesetzten Tracern verwenden lassen.

Veranlassung

Nebenräume wie die Hahnöfer Nebelbe und der rechte Nebenarm des Weser-Ästuars sind ökologisch bedeutsam. Sie sind z.B. als Aufwuchsgebiete

für Jungfische wichtig. Daher ist anzustreben, dass Gewässergütemodelle die Auswirkungen von Ausbauprojekten gerade auch für die kleinen Wasserkörper der Nebenräume zutreffend beschreiben können. In einem Gewässergütemodell, welches kleine Details abbilden soll, ist das Stofftransport-Modul dafür verantwortlich, dass entweder die Rechenzeit unpraktikabel lang wird oder die Genauigkeit leidet. Daher wird in diesem Projekt nach geeigneten Stofftransport-Algorithmen und Diskretisierungs-Kompromissen gesucht, die zu einschätzbaren Genauigkeiten führen.

Die Zugabe inerter Tracer zur Überprüfung der Transport-Simulation ist im Ästuar nicht möglich. Durch die parallellaufende Untersuchung der biologischen Stoffumsätze wird versucht, die natürlich im Wasser vorhandenen Konzentrationen (z.B. O₂) für diese Überprüfung zu nutzen.

Ziele

- Hauptziel ist es, das Gewässergütemodell QSim als Werkzeuge für die integrierte Modellierung komplexer Gewässersysteme weiterzuentwickeln, um u.a. die ökologischen Auswirkungen zukünftig notwendiger Unterhaltungsmaßnahmen auf die Nebenräume der Ästuar besser bewerten zu können. Neben der Verbesserung der Simulationsgenauigkeit stellt die sorgfältige Ermittlung der erzielbaren Genauigkeit ein wichtiges Ziel dar.
- Als Querschnittsprojekt sollen die Erfahrungen aus diesem Projekt so aufgearbeitet werden, dass sie bei Arbeiten zu ähnlichen und angrenzenden Fragestellungen leicht verfügbar sind.

Projektlaufzeit 01/2023 – 12/2025
Auftraggeber BMDV
Projekt-Nr. M39600001224

Ansprechpartner der BfG

Dr. Jens Wyrwa

E-Mail: wyrwa@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5254

Referat U2 – Mikrobielle Ökologie

3.1.14 AMBERS – Ansätze einer multikriteriellen Bewertung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen

Ökosystemleistungen bieten Lösungen für Interessensausgleich und Konfliktbewältigung, wenn es um Maßnahmen an Fließgewässern geht. AMBERS entwickelt für die BfG ein multikriterielles generisches Bewertungsfahrer, um Auswirkungen von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen auf Ökosystemleistungen praxistauglich bewerten zu können.



Abbildung 81: Mensch und Natur – Die vielfältigen und oft konkurrierenden Nutzungsansprüche an die Wasserstraße verlangen nach einem übergreifenden Bewertungssystem. © E. Nilson / BfG

Bei der Planung und Umsetzung von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen stehen verkehrliche, wasserwirtschaftliche und auf Natur-, Hochwasserschutz oder weitere Ziele ausgerichtete Aspekte oft im Widerstreit. Konventionelle Bewertungsverfahren erlauben eine Beurteilung von lediglich fachspezifischen Einzelaspekten. Praxistaugliche Verfahren, die die Aus- und Wechselwirkungen unterschiedlicher Maßnahmen integriert bewerten, stehen der Planungspraxis derzeit nicht zur Verfügung. Das Konzept der Ökosystemleistungen liefert einen geeigneten Ansatz, um solche disziplinübergreifende Bewertungen multikriteriell vorzunehmen.

Veranlassung

Seit vielen Jahren bearbeitet die BfG bereits Studien, insbesondere im Rahmen von FuE-Projekten, in denen Ökosystemleistungen adressiert werden. Standardisierte Bewertungsverfahren zur Ermittlung der Auswirkungen von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen auf Ökosystemleistungen sind allerdings nicht etabliert und trotz starkem Bedarf im Aufgabenportfolio der BfG bisher nicht verstetigt. Mit der Festschreibung der Relevanz des Themas Ökosystemleistungen in der BfG-Strategie bis 2030 und der Etablierung der Koordinierungs-

runde „Ökosystemleistungen und umweltbezogene Bewertung sozioökonomischer Änderungen“ KR-ÖSUS in 2019 ist der Auftrag an AMBERS klar definiert, diese Defizite zu adressieren.

Ziele

- AMBERS analysiert den Nutzen einer disziplinübergreifenden Analyse von Ökosystemleistungen und deren Änderungen für Maßnahmen an Bundeswasserstraßen. Dazu sollen (a) exemplarische Maßnahmen ausgewählt, (b) die verfügbaren Datengrundlagen zur Bewertung von Ökosystemleistungen akquiriert und evaluiert, (c) ökosystemare Zusammenhänge und betroffene Ökosystemleistungen identifiziert, (d) bestehende Bewertungsverfahren exemplarisch angewendet, (e) Defizite hinsichtlich Datenverfügbarkeit, Aussagekraft und Übertragbarkeit analysiert und daraus (f) Handlungsempfehlungen hinsichtlich relevanter Ökosystemleistungen und deren datentechnischer Umsetzung formuliert werden. Ferner sollen Optionen aufgezeigt werden, wie Ökosystemleistungen zukünftig in die Wirtschaftlichkeitsanalysen bei Maßnahmen, z.B. im Bundesverkehrswegeplan oder dem Programm Blaues Band Deutschland, integriert werden können.

Ergebnisse

- Identifizierung von Ökosystemleistungen: Die selektive Analyse der vorhandenen Expertise der BfG und weiterer bestehender Literatur zu diesem Thema ergab einen Katalog mit 30 relevanten Ökosystemleistungen (versorgend, regulierend, kulturell und abiotisch), die von den Bundeswasserstraßen und ihren Auen bereitgestellt werden.
- Auswahl von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen: Die Maßnahmentypen aus dem LAWA-BLANO-Katalog (EU-WRRL), dem Programm Blaues Band Deutschland, dem Gesamtkonzept Elbe und Arbeiten der FGG Elbe wurden analysiert, ob und wie sich diese auf Ökosystemleistungen auswirken. Anschließend wurden empirisch die rund 60 relevantesten Maßnahmen für das Projekt AMBERS ermittelt.
- Anwendung der Bewertungsmethoden: Derzeit führt AMBERS eine Testanalyse in einem Untersuchungsgebiet mit der "River Ecosystem Service Index" (RESI)-Methodik durch, um zunächst die Eignung der Methoden und die Verfügbarkeit der erforderlichen Daten besser

zu verstehen. Dabei zeigt sich, dass die Verfügbarkeit der Daten für verschiedene Bundesländer sehr unterschiedlich ist. Ein auf die Ebene von Maßnahmen angepasster räumlicher Bezug scheint zudem die Sensitivität gegenüber Veränderungen zu erhöhen und sollte daher methodisch berücksichtigt werden.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Die RESI-Methodik und andere bestehende Bewertungsmethoden für Ökosystemleistungen werden für AMBERS abschließend adaptiert. Danach werden verschiedene Projektgebiete in Deutschland für eine vergleichende Studie zu den Auswirkungen von Maßnahmen an Bundeswasserstraßen auf Ökosystemleistungen ausgewählt. Dabei sollen diverse Maßnahmen vom verkehrlichen Ausbau über Hochwasserschutz bis zu Renaturierungen untersucht werden. Anwenderkreise aus Wissenschaft und Praxis und dem BMDV werden einbezogen, um einerseits Impulse aufzunehmen und andererseits, um praxisnahe Ergebnisse zu generieren, z.B. durch Erstellung eines frei zugänglichen GIS-Tools.

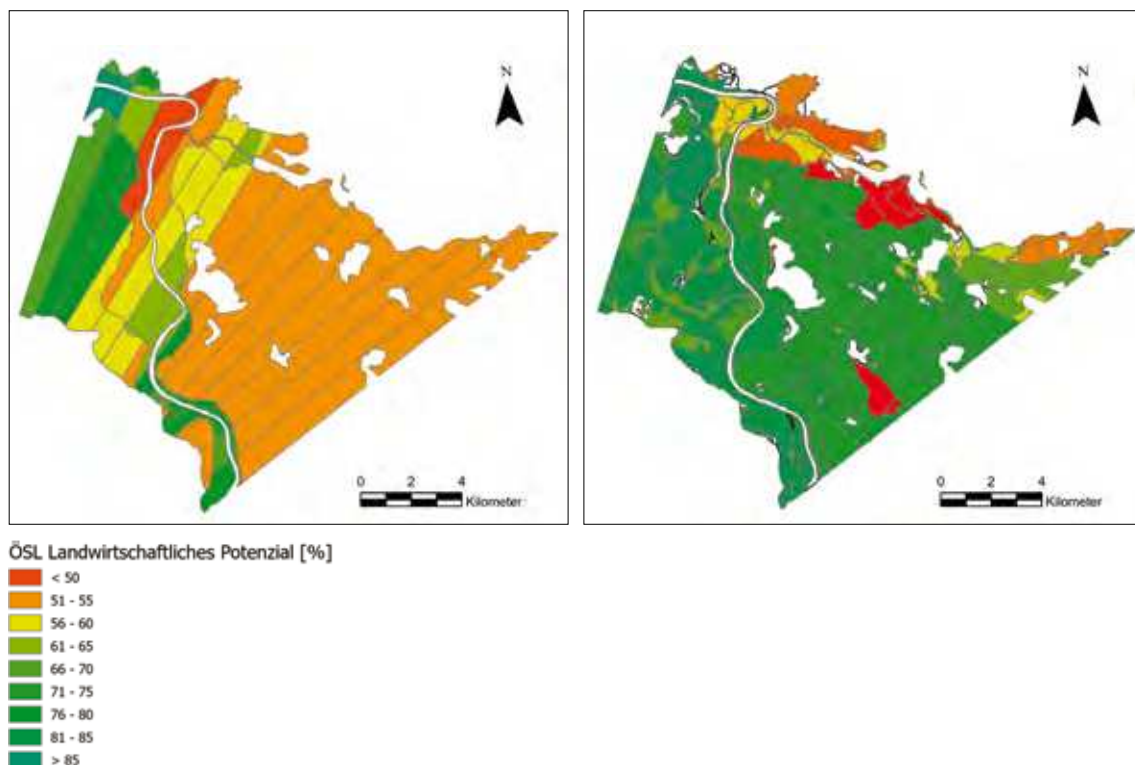


Abbildung 82: Darstellung von Ökosystemleistungen (ÖSL) nach RESI, mit unterschiedlichen Detailgraden für die ÖSL-Berechnungen: links: 1 km-Fluss-Auensegmente, rechts: ohne Segmente.

© BfG

Publikationen zum Thema

NILSON, E., FENSKE, M., FUCHS E. (2022): BfG-Aktivitäten zum Themenkomplex „Ökosystemleistungen und umweltbezogene Bewertungen sozioökonomischer Änderungen“ – eine Inventur. Verfasst durch: Koordinierungsrunde Ökosystemleistungen und Umweltbezogene Bewertung Sozioökonomischer Änderungen“ (KR-ÖSUS). Bericht BfG-2073. Koblenz

RITZ, S., LINNEMANN, K., BECKER, A., KASPERIDUS, H. D., SCHOLZ, M., SCHULZ-ZUNKEL, C., VENOHR, M., WILDNER, M., FISCHER H. (2020): Quantifizierung und Bewertung regulativer Ökosystemleistungen: Retention. In: River Ecosystem Service Index (RESI) – Methoden zur Quantifizierung und Bewertung ausgewählter Ökosystemleistungen in Flüssen und Auen. UFZ-BERICHT 2/2020. S. 93 – 140. ISSN 0948-9452

SCHMIDT-WYGASCH, C., HEUNER M. (Hrsg.) (2018): Die Ufer der Tideelbe im Wechselspiel von Mensch und Umwelt. Vegetation, Boden und deren Ökosystemleistungen. Ergebnisse der BfG-Forschungsprojekte Elb-Service und tibass sowie Zwischenergebnisse des Makrophytenmonitorings der Beweissicherung Tideelbe. Bericht BfG-1970. DOI: 10.5675/BfG_Tideelbe_ElbService_tibass

HORCHLER, P. (2016): Veränderung wichtiger Ökosystemleistungen durch den Wasserspiegelverfall aufgrund der Sohlerosion am Niederrhein Km 832,1 – 864,5: Betrachtung eines Szenarios. Bericht BfG-1909. DOI: 10.5675/BfG-1909

Bundesanstalt für Gewässerkunde (2015): Ökosystemleistungen – Herausforderungen und Chancen im Management von Fließgewässern. 5. Ökologisches Kolloquium 5./6. Mai 2015. BfG-Veranstaltungen 3/2015. DOI: 10.5675/BfG_Veranst_2015.3

Projektlaufzeit 01/2022 – 12/2024
Auftraggeber BMDV
Projekt-Nr. M39600001215

Ansprechpartnerin der BfG

Snigdha Kunder

E-Mail: kunder@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 579

Referat U3 – Vegetationskunde, Landschaftspflege

3.2 Drittmittel-finanzierte Gewässerforschung

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

Anthropogene Spurenstoffe aus kommunalen und industriellen Kläranlagen können bis ins Grundwasser (GW) gelangen und somit auch eine Gefährdung von Trinkwasserressourcen darstellen.



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

© N. Hermes / BfG

Abläufe von kommunalen und industriellen Kläranlagen sind Haupteinleitungsquellen anthropogener Spurenstoffe in den Wasserkreislauf. Viele Substanzen, die über Haushalte, Industrien, 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 sehr mobile und persistente Spurenstoffe 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 Fließ-

gewässer mit vergleichsweise hohen Anteilen von kommunalem als auch industriellem Abwasser. Über Infiltration des Flusswassers gelangen einige Stoffe auch ins Grundwasser. Daher ist eine Beeinträchtigung der chemischen 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 ist hier eine umfassende Kenntnis und Bewertung der stofflichen Belastungen in den Oberflächengewässern und im Grundwasser von besonderer Bedeutung. Die Herausforderung besteht allerdings darin, dass viele der Stoffe bisher gar nicht als Umweltkontaminanten beschrieben sind und mit herkömm-

lichen Target-Analyseverfahren nicht detektiert werden. Deshalb sollen in diesem Projekt Methoden des Non-Target-Screenings (NTS) eingesetzt werden, um sowohl bekannte als auch unbekannte grundwassergängige Spurenstoffe zu detektieren, Haupteintragsquellen zu identifizieren sowie unbekannte Substanzen zu priorisieren und so weit wie möglich, ihre chemische Struktur aufzuklären.

Ziele

- Charakterisierung der Messstellen zur Erfassung der Belastungssituation von Grund- und Oberflächenwasser auf Basis des NTS
- Zuordnung der Eintragsquellen bekannter und unbekannter Verbindungen im Grundwasser mittels Bildung von Schnittmengen mit NTS-Daten potenzieller Einleiter (Zuflüsse, Kläranlagen-Abläufe)
- Zeitreihenanalysen zur Erkennung von Eintragsmustern, die auf Einträge aus industriellen Prozessen hinweisen
- Identifizierung von Stoffen über eine Spektren-Datenbank
- Priorisierung der übrigen unbekanntem Stoffe über die Schnittmengen und zeitlichen Trendanalysen

Ergebnisse

- Es wurden Algorithmen zur Auswertung der NTS-Daten entwickelt, die der Charakterisierung der Messstellen und der Priorisierung von Verbindungen dienen.
- Vier von 11 untersuchten Grundwasser-Messstellen zeigten sich deutlich auffällig hinsichtlich der chemischen Belastung.

- Im Grundwasser konnten 150 bereits bekannte Substanzen über die Spektren-Datenbank annotiert werden. Diese sind sowohl kommunalen als auch industriellen Eintragungen zuzuordnen.
- Über Schnittmengenbildung mit NTS-Daten potenzieller Einleiter ergab sich ein hoher Anteil ubiquitär vorkommender bisher unbekannter Verbindungen. Dabei kann es sich sowohl um natürlich vorkommende Substanzen als auch um Substanzen aus eher häuslichem Abwasser handeln.
- Nur ein geringer Anteil der bisher unbekanntem Verbindungen im Grundwasser kann auf eine spezifische Einleitung durch eine industrielle Kläranlage zurückgeführt werden.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Verwendung der Schnittmengen zur Priorisierung allgemeiner industrieller (direkt und indirekt) sowie kommunaler Einträge
- Identifizierung priorisierter Verbindungen mit Fokus auf industrielle Einleitungen
- Bündelung aller verfügbaren Informationen über die Umweltrelevanz (u.a. Konzentrationen und Toxizität) der identifizierten Substanzen
- Vorschläge für Maßnahmen zur Verminderung der Einträge identifizierter Substanzen
- Bestimmung der Konzentrationen priorisierter Substanzen im Hessischen Ried als Basis für zukünftige (öko-)toxikologische Bewertungen
- Recherchen zu (Öko-)Toxizität und Möglichkeiten der Verminderung der Einträge von Substanzen

Projektlaufzeit	11/2018 – 05/2023
Fördermittelgeber	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Projektpartner	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Projekt-Nr.	M39620204059

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Nina Hermes

E-Mail: hermes@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5189

Referat G2 – Gewässerchemie

3.2.2 NTS Sachsen – Studie zur Ermittlung von Belastungspfaden und Beschreibung des stofflichen Status in ausgewählten sächsischen Gewässern durch ein Non-Target-Screening

Mit modernen Verfahren des Non-Target-Screenings (NTS) werden die stofflichen Belastungen in ausgewählten sächsischen Gewässern umfassend charakterisiert und verglichen.

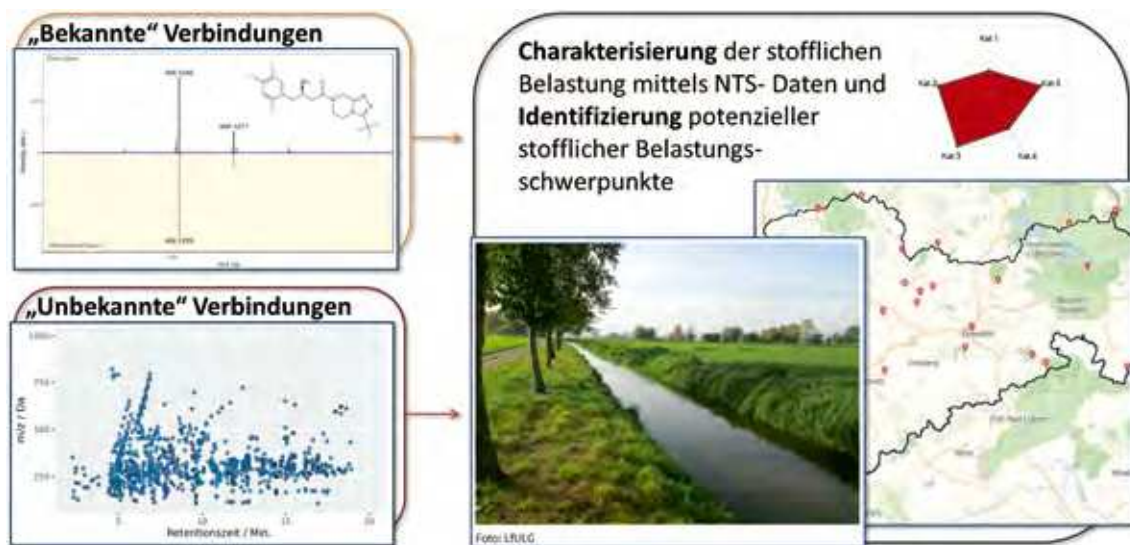


Abbildung 84: Charakterisierung sächsischer Oberflächengewässer und Identifizierung potenzieller Belastungsschwerpunkte unter Anwendung des NTS.

© T. Köppe / BfG

Abläufe von kommunalen und industriellen Kläranlagen sind Haupteinleitungsquellen anthropogener Spurenstoffe in den Wasserkreislauf. Neben diesen punktuellen Einträgen gelangen Pflanzenschutzmittel aus der Landwirtschaft und deren Transformationsprodukte über diffuse Wege in die Umwelt. Diese, zu einem großen Teil bisher unbekannt, chemischen Stressoren können einen nachhaltig negativen Einfluss auf aquatische Ökosysteme haben und damit der Zielerreichung eines guten ökologischen Zustandes entgegenwirken.

Veranlassung

Der chemische Zustand eines Oberflächengewässers wird i.d.R. über sogenannte Target-Methoden erfasst, also durch die Analyse von bestimmten

vorausgewählten Substanzen. Diese Methoden erfassen aber nur einen kleinen Teil der tatsächlichen Belastung. Bisher versteckte chemische Stressoren, also Schadstoffe, die z.B. noch unbekannt und/oder nicht im regulären Monitoring enthalten sind, gewinnen zunehmend an Interesse.

Vor diesem Hintergrund werden im Rahmen einer Pilotstudie in Kooperation mit dem Bundesland Sachsen ca. 50 spezifisch ausgewählte Standorte sächsischer Fließgewässer mittels NTS charakterisiert. Hierfür werden die Ergebnisse des NTS in Bezug auf bekannte und unbekannt organische Verbindungen miteinander verglichen, um Rückschlüsse auf die spezifische chemische Belastungssituation an den einzelnen Messstellen zu ermöglichen.

Ziele

- Entwicklung eines Workflows zur Charakterisierung von Oberflächenwasserproben auf Basis von NTS
- Annotierung bekannter Umweltkontaminanten
- Identifizierung potenzieller Belastungsschwerpunkte
- Priorisierung von Messstellen-spezifisch auftretenden (unbekannten) Substanzen
- Identifizierung priorisierter Substanzen und ihrer Eintragsquellen
- Bündelung aller verfügbaren Informationen über die Umweltrelevanz (u.a. Anwendung und Toxizität) der identifizierten Substanzen

Ergebnisse

Insgesamt konnten im bisherigen Verlauf des Projektes 251 Verbindungen durch die Annotierung mit einer hausinternen Spektren-Datenbank identifiziert werden. Für die Charakterisierung der untersuchten Standorte wurde zudem ein Kategorisierungssystem entwickelt, welches sowohl die bekannten (annotierten) als auch unbekannte Verbindungen berücksichtigt. Auf diese Weise konnten 8 von insgesamt 64 untersuchten Standorten als potenzielle Belastungsschwerpunkte identifiziert werden. Die ermittelten Belastungsschemata umfassen dabei starke Prägungen hinsichtlich bekannter Pflanzenschutzmittel, Industriestoffe und Pharmazeutika sowie Auffälligkeiten in Bezug auf unbekannte Verbindungen, z.B. einen hohen Anteil ortsspezifischer Detektionen. Nach derzeitigem Stand konnten 13 bisher unbekannte Substanzen identifiziert werden, wobei eine Verifizierung durch Referenzstandards noch aussteht.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Weiterführung der Beprobung von Oberflächengewässern in Sachsen sowie der Durchführung von NTS-Analysen und -Auswertungen
- Entwicklung von neuen Algorithmen zur Auswertung der NTS-Daten (u.a. zur Priorisierung von Messstellen und unbekannt Substanzen)
- Identifizierung potenzieller Belastungsschwerpunkte unter Verwendung der NTS-Ergebnisse, sowie weiterer verfügbarer Informationen (z.B. Gewässersteckbriefe)
- Identifizierung weiterer bisher unbekannter Substanzen
- Recherchen zu Verwendung und (Öko-)Toxizität der identifizierten Substanzen

Projektlaufzeit	01/2021 – 12/2022
Fördermittelgeber	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaats Sachsen
Projektpartner	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaats Sachsen
Projekt-Nr.	M39620204068

Ansprechpartner der BfG

Toni Köppe

E-Mail: koepp@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5039

Referat G2 – Gewässerchemie

3.2.3 „Non-Target-Screening“ als Routineparameter in Umweltproben der Umweltprobenbank

Das Non-Target-Screening (NTS) wird als neuer Parameter für Proben der Umweltprobenbank etabliert und die Leistungsfähigkeit und Möglichkeiten dieses neuen Analysenansatzes evaluiert.

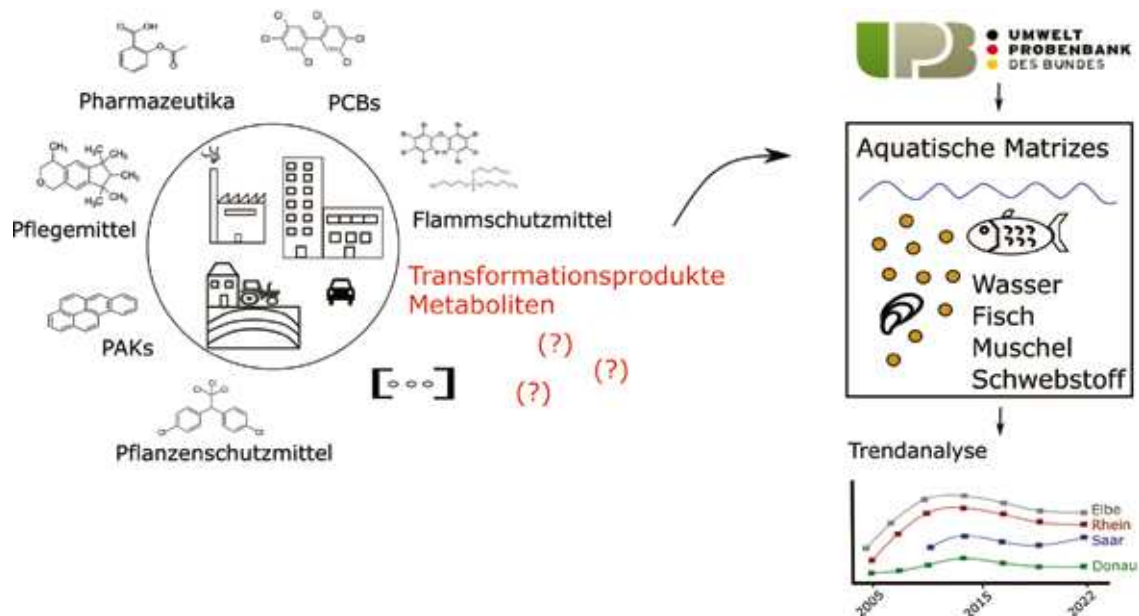


Abbildung 85: Schematischer Überblick über die komplexe Zusammensetzung von Schadstoffen in der Umwelt und ihre Verteilung in aquatischen Systemen. © D. Niepsch / BfG

Das NTS stellt eine neue Form der Umweltanalytik dar, bei welcher eine umfassende Bestimmung sämtlicher Schadstoffe in einer Umweltprobe angestrebt wird. Die Analysendaten können als digitales Probenarchiv, das eine wertvolle Ergänzung zur Umweltprobenbank darstellt, angesehen werden. Es ermöglicht beispielsweise, ohne erneute Messung retrospektiv in den Daten nach erst kürzlich identifizierten oder bisher nicht im Fokus stehenden Schadstoffen in verschiedenen Matrices von verschiedenen Standorten zu suchen. Zudem können auch bisher unbekannte Schadstoffe z.B. auf der Basis von Zeitreihenanalysen und/oder örtlich spezifischem Auftreten priorisiert und identifiziert werden.

Veranlassung

Daten zur Priorisierung von Stoffen liegen häufig nicht zeitnah, in ausreichendem Umfang und für übergreifende Auswertungen gebündelt vor. Dies betrifft nicht nur die vorsorgende Umweltbeob-

achtung, es erschwert auch eine angemessene Reaktion auf neue Schadstoffbelastungen. Mit den bisher verwendeten Analyseverfahren können zudem nur die zuvor ausgewählten Stoffe erfasst werden. Mittels Screening-Methoden auf Basis der hochauflösenden Massenspektrometrie (HRMS) ist es heute möglich, Stoffbelastungen in der Umwelt schneller und umfassender zu erfassen. Die in Vorläuferprojekten in der BfG entwickelten flüssigchromatografischen Methoden (LC-HRMS) für das Screening in Schwebstoffen und Biota bedürfen weiterer Anpassungen und Optimierungen für den Einsatz als Routineparameter im jährlichen Untersuchungsprogramm der Umweltprobenbank. Insbesondere die Einbindung von NTS-Methoden auf Basis der Gaschromatografie (GC-HRMS) und die Erarbeitung eines Qualitätssicherungskonzepts sind erforderlich. An ersten Sätzen aktueller und archivierter Proben werden die Leistungsfähigkeit und Möglichkeiten dieses neuen Analysenansatzes evaluiert.

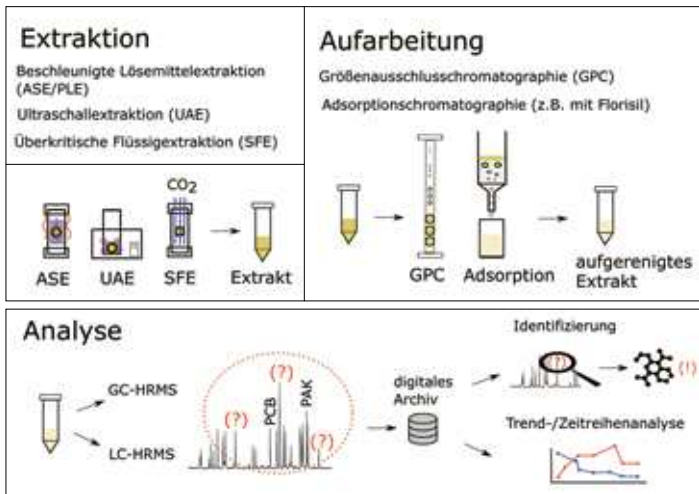


Abbildung 86: Schematischer Überblick über die drei Aspekte Extraktion, Probenaufarbeitung und Datenaufzeichnung sowie -analyse einer NTS-Methode. © D. Niepsch / BfG

Ergebnisse

Mithilfe der bereits etablierten LC-HRMS-Methode wurden Schwebstoffzeitreihen verschiedener Standorte an Rhein, Saar, Elbe und Donau analysiert. Die prozessierten Daten wurden für die weitere Betrachtung in ein Datenportal hochgeladen. Eine Auswertung dieser Daten erfolgte auf verschiedene Stoffe und Stoffgruppen (z.B. fluorierte Verbindungen, Organophosphatflammschutzmittel, quartäre Ammoniumverbindungen). Für die Non-Target-Analyse von Biota wurden verschiedene nichtdiskriminierende Aufreinigungstechniken zur Abtrennung der Probenmatrix getestet und verglichen. Zur Erweiterung des nachweisbaren Stoffspektrums wurde eine neuartige „weiche“ Ionenquelle für die GC-HRMS erprobt und die generierten Substanzspektren in die BfG-eigene Spektren-Datenbank integriert.

Ziele

- Anpassung und Optimierung der NTS-Mess- und Auswertemethoden für verschiedene Umweltmatrizes
- Standardisierung der Methodik und Erarbeitung eines Qualitätssicherungskonzepts
- routinemäßige NTS-Analyse von Proben aus der Umweltprobenbank mit bereits erprobten Methoden
- Bereitstellung der Daten über ein NTS-Gewässer-Datenportal
- Auswertung der Analysendaten (z.B. räumliche und zeitliche Trendanalyse)
- Schnittstellen zu Umwelt- und Stoffgesetzen im Umweltbundesamt sowie weiteren Programmen

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Vervollständigung und Erweiterung der Schwebstoffzeitreihen
- Etablierung einer NTS-Methode auf Basis der Gaschromatografie
- komplementäre NTS-Analysen mittels GC und LC zur Abdeckung eines breiten Substanz- bzw. Polaritätsspektrums
- Etablierung von NTS-Methoden für Biota-proben

Projektlaufzeit 01/2021 – 06/2025
Fördermittelgeber Umweltbundesamt
Projekt-Nr. M39620204069

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

3.2.4 NTS-Portal – Online-Portal „Non-Target-Screening für die Umweltüberwachung der Zukunft“

Die Daten des Non-Target-Screenings von Umweltlaboren werden in einem digitalen Archiv zusammengeführt, um die stoffliche Belastung von Gewässern umfangreicher zu erfassen und zu überwachen.

Non-Target-Screening (NTS) ist eine moderne analytische Methode, um eine große Anzahl von organischen Spurenstoffen und deren Transformationsprodukten in der Umwelt nachzuweisen. Zudem können auch bisher nicht als Umweltkontaminanten bekannte Substanzen erfasst und identifiziert werden. Immer mehr 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 die Daten unbekannter, noch nicht identifizierter Spurenstoffe in einem Datenarchiv zusammengetragen werden, um das überregionale Vorkommen, die Herkunft der Substanzen und zeitliche Trends effektiver und umfangreicher als bisher zu ermitteln und für Priorisierungen und die nachfolgende Stoffidentifizierung zu nutzen.

Veranlassung

Die Verwendung der NTS-Daten für Screening-Ansätze entwickelt sich zu einer neuen leistungsfähigen Methode zur Erkennung bisher unbekannter Gewässerkontaminanten, um die chemische Belastungssituation umfassender als bisher zu beschreiben. 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 für die schnelle Suche und weitergehende, aggregierte Analyse gehalten werden können. Das digitale Portal als Webapplikation ermöglicht es beispielsweise, eine noch nicht identifizierte Substanz, die bis dato nur über ihre massenspektrometrische Signatur bekannt ist, überregional und in der Vergangenheit (retrospektiv in bereits eingetragenen Messdaten) zu suchen.

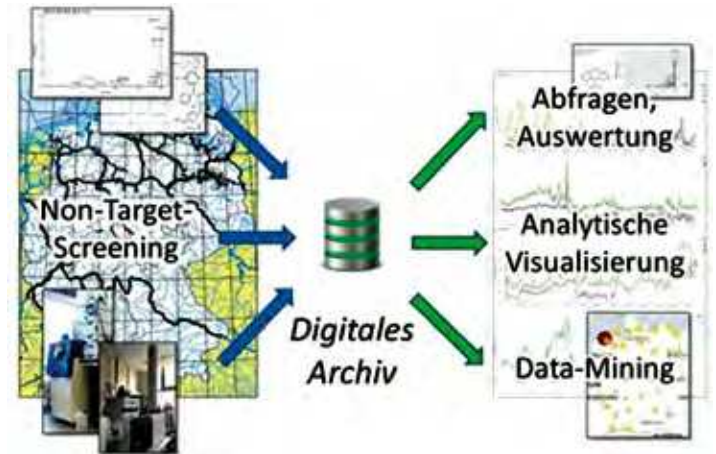


Abbildung 87: Non-Target-Screening-Daten werden in einem digitalen Archiv zusammengeführt, um diese integrativ auszuwerten.

© K. Jewell / BfG

Ziele

- Grundlagen schaffen, um NTS-Daten zusammenzuführen und Anwendungen für die Recherche und das Management von NTS-Daten im Gewässerschutz bereitzustellen. Ziel ist es, die Gewässerbelastung umfassender, einfacher und schneller sichtbar machen zu können.
- Das im Projekt entwickelte digitale Archiv wird die sichere Speicherung der NTS-Daten, auch unter Berücksichtigung von Nutzungsrechten, von unterschiedlichen Laboren ermöglichen und verschiedene Anwendungen für die (statistische) Analyse der Daten zur Verfügung stellen.
- Somit können NTS-Daten aus unterschiedlichen Regionen vergleichend und rückblickend betrachtet werden,
- für Data-Mining-Anwendungen genutzt werden und
- zur Unterstützung für den Datenaustausch innerhalb und zwischen Behörden zur Verfügung stehen.

Ergebnisse

Der Aufbau eines Serverclusters von drei Knoten mit verschlüsselter Kommunikation für das Datenbankmanagementsystem ElasticSearch wurde abgeschlossen. Eine interaktive, webbasierte Oberfläche wurde mithilfe von Kibana erstellt und über verschlüsselte Verbindungen für externe Nutzer freigeschaltet (in der Prototypphase nur für einen beschränkten Nutzerkreis). Hiermit ist die Suche und Filterung der Daten über verschiedene Wege möglich sowie die Visualisierung von Zeitreihen, Karten und Spektren. Arbeitsvorgänge sowie Automatisierung für die Auswertung von Messdaten, Harmonisierung von Formaten und Eintragung von prozessierten Daten in die Datenbank wurden entwickelt und werden weiterhin optimiert (Bash-, R- und Python-Skripte). Für die Qualitätssicherung wurden automatisierte Kontrollen in den Skripten eingebaut. Der bestehende Datensatz umfasst bereits mehr als 2.500 Proben und ist bundesweit verteilt über mehr als 100 Messstellen. Die Proben

stammen von BfG-internen Projekten, Kooperationsprojekten (z.B. mit der Umweltprobenbank des Bundes und einzelnen Bundesländern) oder sind Daten externer Partner.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- weitere Eintragung von aktuellen NTS-Daten der BfG und externer Partner, um den Datensatz zu erweitern und aktuell zu halten
- fortführende Entwicklung der Weboberfläche, um die Nutzbarkeit zu verbessern und die Funktionalität zu erweitern
- Übertragung der Datenbank vom Prototyp-Hardware auf einen leistungsstärkeren Servercluster, um eine höhere Stabilität des Systems zu gewährleisten
- Erarbeitung von Strategien und Skripten zum Abgleich und zur Verschneidung von NTS-Daten verschiedener Zeitpunkte und Labore
- Fortführung des Begleitkreises mit Fachleuten zur kontinuierlichen Unterstützung des Projektes

Publikationen zum Thema

JEWELL, K., THRON, F., SCHLÜSENER, M., KRAMER, K., SCHARRENBACH, T., FETTIG, I., KOSCHORRECK, J., SCHULTE, C., TERNES, T. A., WICK, A. (2021): Ein Datenbankmodell für aggregierte Non-Target-Screening-Ergebnisse. *Vom Wasser*, 119(3), 94 – 96. <https://doi.org/10.1002/vomw.202100020>

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

Ansprechpartner der BfG

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

3.2.5 QAV in Gewässern – Ökotoxikologische Wirkungen von quartären Ammoniumverbindungen (QAV) und Belastung in Gewässern

Stellen QAV ein Umweltrisiko dar? Durch umfangreiche Untersuchungen der Einträge, des Vorkommens, des Umweltverhaltens und der Wirkung wird die Datenlage für eine Umweltrisikobewertung von QAV verbessert.

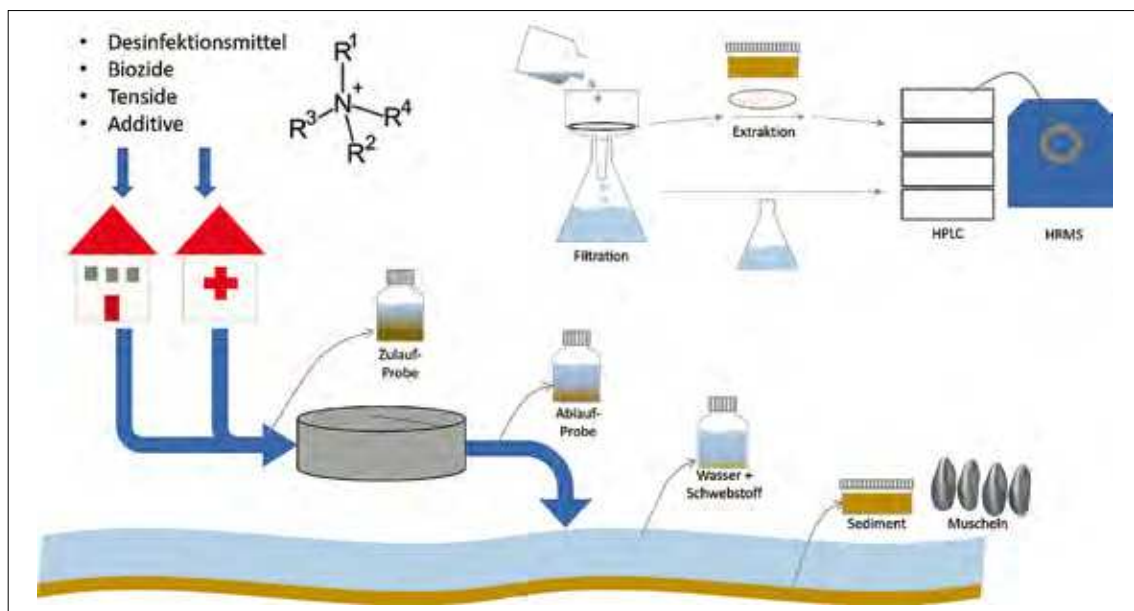


Abbildung 88: Schematische Darstellung der Probenahme und Analytik zur Erfassung der QAV-Belastung in Gewässern. © M. Redeker / BfG

Quartäre Ammoniumverbindungen sind kationische Verbindungen, die als Desinfektionsmittel, Biozid, Konservierungsstoff oder Tensid zum Einsatz kommen. Die Hauptanwendung von QAV erfolgt oberflächlich, sodass ein Eintrag insbesondere über Abwaschungen in kommunale Kläranlagen erfolgt. Im Gewässer erfolgt eine Verteilung zwischen den Kompartimenten Wasserphase, Schwebstoff und Sediment. Unter aeroben Bedingungen können einige QAV biologisch transformiert werden. Auch durch Photolyse ist eine Transformation in Gewässern möglich. Aufgrund der hohen Sorptionsaffinität durch die positive Ladung und teilweise langen Alkylketten sowie der geringen Abbaubarkeit unter anaeroben Bedingungen ist jedoch für die meisten QAV in Sedimenten mit einer Persistenz und Anreicherung zu rechnen. Benthische Organismen können QAV über ihre

Nahrung oder durch Filtration von Partikeln aus dem Wasser aufnehmen und ggf. anreichern.

Veranlassung

Bezüglich des Vorkommens und der Verteilung der verschiedenen QAV in europäischen/deutschen Oberflächengewässern gibt es zurzeit nur eine vergleichsweise dünne Datenlage. Auch bezüglich der Relevanz von kommunalen Kläranlagen für den Eintrag einzelner QAV in die Umwelt ist bisher zu wenig bekannt. Es fehlen insbesondere zusammenhängende Untersuchungen der QAV-Konzentrationen in Zu- und Abläufen von Kläranlagen sowie den angrenzenden Oberflächengewässern. Die Unterscheidung zwischen Wasserphase, Schwebstoffen und Sedimenten ist essenziell, da aufgrund der physikochemischen Eigenschaften von QAV reale Belastungssituationen in den relevanten

aquatischen Kompartimenten mit den derzeit verfügbaren Modellen möglicherweise nicht korrekt bei der Umweltrisikobewertung abgebildet werden können. Ziel des Projektes ist es, die Einträge an QAV, die über die Abläufe von Kläranlagen in die aquatische Umwelt gelangen, quantitativ zu erfassen. Zudem wird das Umweltverhalten in Bezug auf Verteilung, Anreicherung (Sediment, Biota) und die (Sediment-)Toxizität ermittelt. Des Weiteren werden Weichkörper von Muscheln aus der Umweltprobenbank von verschiedenen Standorten analysiert. Durch Zeitreihenanalysen werden Trends in der QAV-Belastung von Muscheln abgeleitet und diese bei der Betrachtung des Verhaltens und Verbleibs in der Umwelt sowie der Effektbewertung berücksichtigt.

Ziele

- Entwicklung und Validierung einer Quantifizierungsmethode für QAV und deren wichtigste Transformationsprodukte (TP) in Wasser-, Sediment-, Schwebstoff- und Muschelproben
- Erfassung der Jahresfrachten in Zu- und Abläufen kommunaler Kläranlagen
- Erfassung der Belastung in den aufnehmenden Oberflächengewässern an ausgewählten Standorten in Deutschland über 12 Monate
- Erfassung der Belastung von Muscheln und Ableitung von zeitlichen Trends
- umfassende Analyse der Daten in Bezug auf Verteilung, Anreicherung (Sediment, Biota) und die Toxizität für einzelne QAV und deren TP

Ergebnisse

In den ersten Monaten wurden basierend auf Literaturrecherchen und Voruntersuchungen mittels NTS ca. 20 QAV und TP für die Untersuchungen



Abbildung 89: Quagga-Muscheln (*Dreissena bugensis*) aus der Mosel vor der Probenaufbereitung für die Analyse auf QAV.
© J. Regnery / BfG

priorisiert. Im Anschluss wurde eine sensitive Messmethode für QAV basierend auf der Flüssigchromatografie gekoppelt an die hochauflösende Massenspektrometrie (LC-HRMS) etabliert. Mit dieser Methode können nicht nur die ausgewählten QAV quantifiziert werden, sondern zusätzlich auch nicht-priorisierte und weitere bisher unbekannte TP erfasst werden. Darüber hinaus wurden Modellregionen für die Untersuchungen und ein Monitoringkonzept ausgearbeitet.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Etablierung und Validierung einer Methode zur Quantifizierung von ausgewählten QAV und TP in Wasser, Sediment, Schwebstoff und Muscheln
- Zeitreihenanalysen für ausgewählte QAV in Muscheln
- Bestimmung von Frachten für ausgewählte QAV in Kläranlagen und Oberflächengewässern

Projektlaufzeit 08/2021 – 08/2024
Fördermittelgeber Umweltbundesamt
Projekt-Nr. M39620204072

Ansprechpartner der BfG

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

3.2.6 PROMISCES – Preventing Recalcitrant Organic Mobile Industrial chemicals for Circular Economy in the Soil-sediment-water system

Im Projekt PROMISCES entwickelt die BfG innovative Analyse- und Auswerteverfahren zur Identifizierung und Quantifizierung von Industriechemikalien und vPvM (very Polar very Mobile)-Substanzen im Wasserkreislauf

Im Projekt PROMISCES haben sich 27 Partner aus verschiedenen Ländern der EU zusammengeschlossen, um innovative Lösungen zur Entfernung von Schadstoffen aus der Umwelt zu entwickeln. Aufgabenschwerpunkt der BfG sind dabei u.a. Felduntersuchungen zur Quantifizierung bekannter Industriechemikalien, zur Identifizierung bislang unbekannter Substanzen und zur Quellen-Identifizierung in enger Zusammenarbeit mit den Berliner Wasserbetrieben, dem Kompetenzzentrum Wasser Berlin sowie der TU Wien. Der Fokus liegt dabei auf Chemikalien industriellen Ursprungs, die aufgrund ihrer Persistenz und Mobilität ins Grundwasser gelangen können.

Veranlassung

Das Projekt PROMISCES greift die Vorgaben des EU-Green-Deals zur „Zero Pollution“-Strategie auf und hat sich dafür zum Ziel gesetzt, Ursprung, Verbreitung und Verbleib von Schadstoffen, die sich leicht in der Umwelt verteilen und sehr persistent sind, besser zu verstehen. Im Sinne einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft sollen innovative Lösungen zur Entfernung von Schadstoffen aus der Umwelt entwickelt werden. Betrachtet werden dabei insbesondere per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen und weitere Industriechemikalien.



Abbildung 90: Projektlogo. © Promisces Konsortium

Ziele

- Entwicklung von Analysemethoden zum Monitoring persistenter und mobiler Industriechemikalien in verschiedenen Umweltkompartimenten
- Entwicklung und Anwendung von Non-Target-Methoden zur Identifizierung neuartiger Schadstoffe und zur Priorisierung in Monitoringkampagnen
- Aufklärung des Ursprungs, der Verbreitung und des Verbleibs von Industriechemikalien im Wasserkreislauf
- analytische Unterstützung der Projektpartner bei der Entwicklung von Technologien zur Vermeidung und Entfernung von Umweltschadstoffen

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Identifizierung neuartiger, persistenter und mobiler Schadstoffe industriellen Ursprungs im Wasserkreislauf mittels Non-Target-Analytik
- Entwicklung von Analysemethoden zum Nachweis und zur Quantifizierung dieser neuartigen Schadstoffe in Grund-, Oberflächen- und Abwasser
- Ableitung von Bewertungskriterien und Handlungsempfehlungen im Umgang mit persistenten mobilen Schadstoffen im Oberflächenwasser

Projektlaufzeit	11/2021 – 04/2025
Fördermittelgeber	EU Horizon 2020
Projektpartner	Bureau de recherches géologiques et minières Kompetenzzentrum Wasser Berlin Umweltbundesamt Berliner Wasserbetriebe EURECAT TU Wien, Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement Agencia estatal consejo superior de investigaciones científicas
Projekt-Nr.	M39620204077

Ansprechpartner der BfG

Dr. Christian Dietrich

E-Mail: christian.dietrich@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5970

Referat G2 – Gewässerchemie

3.2.7 AiM – Orientierende Untersuchungen und Analysen zur Reduzierung des Beitrags industrieller Abwässer an der Gewässerbelastung mit Mikroverunreinigungen

Im Projekt AiM werden industrielle Mikroverunreinigungen mithilfe der Non-Target- und der targetanalytischen Methoden branchenspezifisch erfasst und quantifiziert.

Die Reduktion der Belastung der Gewässer mit Mikroverunreinigungen ist eine der größten Herausforderungen für den Gewässerschutz. Mit dem Ausbau kommunaler Kläranlagen zur Elimination von Spurenstoffen wird hierzu bereits ein wichtiger Beitrag geleistet.

Veranlassung

Organische Mikroverunreinigungen gelangen auch aus Industrieprozessen in die Gewässer. Jedoch ist über die industriellen Mikroverunreinigungen vergleichsweise wenig bekannt, zumal in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) nur wenige Vorgaben existieren. Mit diesem Forschungsvorhaben soll die Datengrundlage zu organischen Mikroverunreinigungen im Abwasser industrieller Anlagen verbessert werden. Durch eine umfassende Situationsanalyse sowie gezielte Messungen soll das Vorkommen dieser Stoffe untersucht werden.

Ziele

Industriebranchen, in denen Emissionen von mobilen, persistenten und/oder toxischen, bioakkumulierenden und/oder endokrin wirksamen Stoffen

Abbildung 91: Logo des Projektes AiM.
© D. Löffler / BfG



bzw. deren Vorläufersubstanzen zu erwarten sind, sollen durch dieses Vorhaben in Kooperation mit den Ländern und anderen Wissensträgern identifiziert werden. Diese Branchen sollen systematisch daraufhin untersucht werden, welche potenziell problematischen Stoffe dort eingesetzt werden und welche Emissionsfrachten bzw. -konzentrationen zu erwarten sind.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Beginn der Messkampagne in enger Absprache mit den Ländern und kooperierenden Industriepartnern
- Suspect Screening von Industrieabwässern
- Target-Analytik zur Quantifizierung relevanter Substanzen
- Identifizierung unbekannter Stoffeinträge durch Non-Target-Messungen

Projektlaufzeit	10/2021 – 09/2024
Fördermittelgeber	Umweltbundesamt
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
Projekt-Nr.	M39620204075

Ansprechpartner der BfG

Dr. Dirk Löffler

E-Mail: loeffler@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5219

Referat G2 – Gewässerchemie

3.2.8 FlexTreat – Wasserwiederverwendung

Immer häufigere Dürrephasen in Deutschland bedingen ein Umdenken im Wassermanagement. So gewinnt die Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser zur landwirtschaftlichen Nutzung immer mehr an Bedeutung.

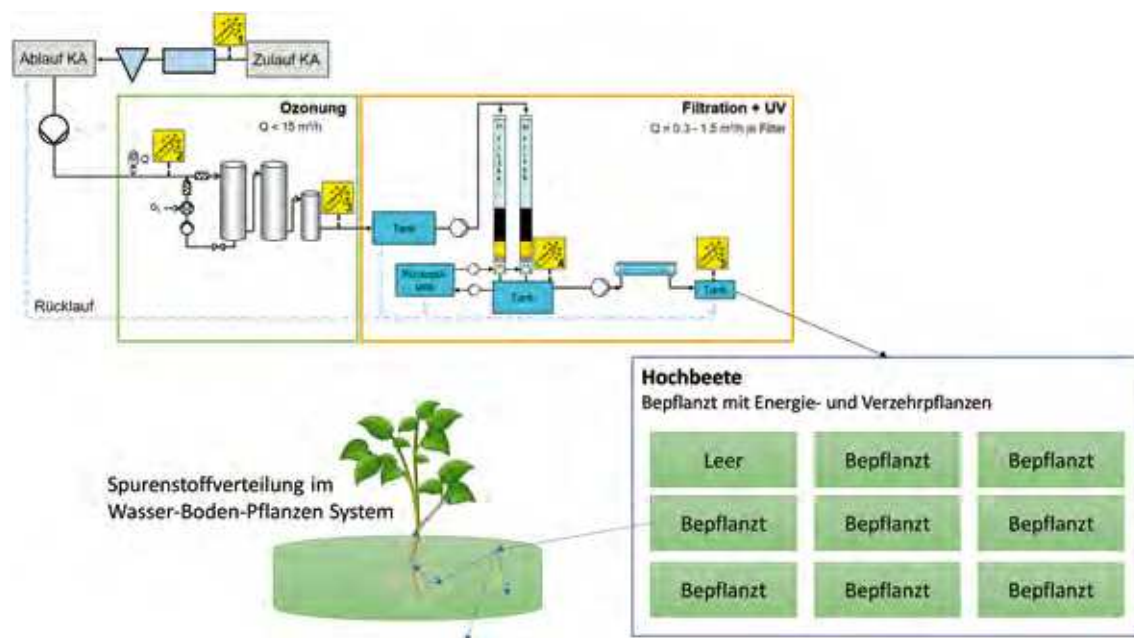


Abbildung 92: Erweiterte Aufbereitung, Bewässerung und Spurenstoff-Verteilung.

© N. Hermes / BfG

Aktuelle und zukünftige Auswirkungen des Klimawandels erzeugen einen erhöhten Wasserbedarf in der Landwirtschaft in Deutschland, sodass das Thema „Abwasserwiederverwendung“ an Bedeutung gewinnt. Neue Gesetzgebungen auf europäischer Ebene legen dabei einheitliche Mindestanforderungen an die Qualitätskriterien zur landwirtschaftlichen Nutzung fest. Ziel des Vorhabens FlexTreat ist es, durch die Entwicklung und Demonstration flexibler und an die landwirtschaftlichen Bedürfnisse angepasster technischer und naturnaher Aufbereitungssysteme die sichere Wasserwiederverwendung zu fördern.

Veranlassung

FlexTreat adressiert und unterstützt die zentralen Ziele der Fördermaßnahme zum Thema „Wassertechnologien: Wiederverwendung“ im Bundesprogramm „Wasser-Forschung und Wasser-Innovationen für Nachhaltigkeit – Wasser: N“ innerhalb des Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA). Die angestrebte Erhöhung

der Wasserverfügbarkeit unter Berücksichtigung und Minimierung möglicher Risiken verbessert die Nutzung der Ressource Abwasser in der landwirtschaftlichen Bewässerung. Hier setzt FlexTreat an und untersucht/optimiert die Reinigungsleistung innovativer, weitergehender Abwasserbehandlungsverfahren. Am Standort Braunschweig wird die Ozonung zur Aufbereitung eingesetzt. Mit innovativen Verfahren des Non-Target-Screenings (NTS) wird in der BfG das Vorkommen und der Verbleib von Spurenstoffen vor und nach Ozonung, sowie in bewässerten, bepflanzen Beeten untersucht. Mit innovativen Target-Verfahren wird zudem die Aufnahme ausgewählter Substanzen in Pflanzenmatrices untersucht.

Ziele

- Einsatz des NTS zur Erfassung bekannter und unbekannter Substanzen in der Wasseraufbereitung
- Ermittlung des Verbleibs von Spurenstoffen im Wasser-Boden-Pflanzen-System durch innovative Target- und Non-Target-Methoden

- Entwicklung und Validierung von Extraktions- und Analysemethoden zur Erfassung von Spurenstoffen in verschiedenen Pflanzenmatrices
- Ermittlung des Spurenstofftransfers in den Aquifer
- Bewertung der stofflichen Risiken bei der landwirtschaftlichen Nutzung von gereinigtem Abwasser

Ergebnisse

- Die NTS-Methode wurde für die Quantifizierung ausgewählter Spurenstoffe validiert.
- Erste Ergebnisse zeigen die deutlich erweiterte Aufreinigung des kommunalen Abwassers durch den Einsatz der Ozonung, allerdings auch die Bildung von bekannten und unbekanntem Transformationsprodukten, die die anschließende Filtration passieren können.
- Über die Mikrowellen-assistierte Extraktion von Spurenstoffen aus Pflanzenmatrices konnten bereits verschiedene Spurenstoffe in Wurzeln, Halmen und Blättern von Pflanzen aus einem Retentionsbodenfilter nachgewiesen werden, was deren generelles Potenzial zur Aufnahme in Pflanzen zeigt.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- weitere Untersuchungen am Standort Braunschweig zur Reinigungsleistung der eingesetzten Verfahren
- Entwicklung von Algorithmen zur Auswertung der NTS-Daten mit dem Ziel einer Priorisierung und Identifizierung von Substanzen, die bis ins Grundwasser vordringen und/oder in Nutzpflanzen angereichert werden
- Beprobung und Untersuchung von Boden und verschiedenen Energie- und Verzehrpflanzen aus mit ozoniertem Wasser gewässerten Hochbeeten

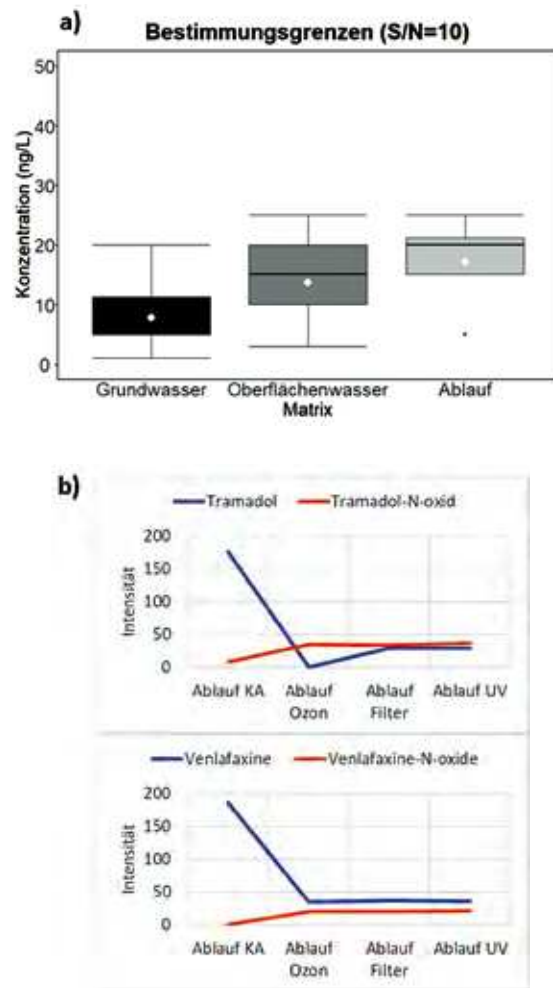


Abbildung 93: Bestimmungsgrenzen mittels NTS (a) und Verhalten ausgewählter Spurenstoffe (b).

© N. Hermes / BfG

Projektlaufzeit 02/2021 – 01/2024
Fördermittelgeber BMBF
Projekt-Nr. M39620204070

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

3.2.9 Eintragspfade von Mikroverunreinigungen und Resistenzen in Oberflächengewässer

Mikroverunreinigungen und Antibiotikaresistenzen gelangen über Kläranlagen und während Regenereignissen auch über Mischwasserentlastungen und Regenwasserkanäle in Oberflächengewässer und können die Wasserqualität beeinträchtigen.



Abbildung 94: Automatische Probenehmer an einer Mischwasserentlastung.

© J. Stiedl & B. Jacobs / BfG

Kläranlagenabläufe stellen einen Haupteintragspfad für überwiegend polare und persistente Mikroverunreinigungen sowie Resistenzen in Oberflächengewässer dar. Im Falle von Regenereignissen kann ein Teil des Abwassers über Mischwasserentlastungen direkt in die Oberflächengewässer abgeschlagen werden, wobei kurzzeitig vergleichsweise hohe Mengen vor allem partikelgebundener und leicht abbaubarer Mikroverunreinigungen bzw. Pathogene in die Oberflächengewässer gelangen. Hinzu kommen Mikroverunreinigungen, die von Oberflächen in die Kanalisation gespült werden bzw. aus der Kanalisation remobilisierte Mikroverunreinigungen und Resistenzen. Diese können somit auch über Regenwasserkanäle eingetragen werden.

Veranlassung

Die aktuelle Kenntnislage in Bezug auf die Einträge von Mikroverunreinigungen und Antibiotikaresistenzen durch Mischwasserentlastungen und Regenwasserkanälen in die Oberflächengewässer ist nach wie vor unzureichend. Zudem können diese Eintragspfade angesichts des Klimawandels und der damit verbundenen erhöhten Intensität und Frequenz von Starkregenereignissen in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen. Deshalb wird in diesem FuE-Vorhaben ein ereignisbezogenes Monitoringkonzept entwickelt, das chemische Target-Analysen der Wasser- und Feststoffphase sowie mikrobiologische und modernste molekularbiologische Untersuchung umfasst und somit verschiedene Eintragspfade hinsichtlich ihrer Relevanz zum Stoff- und Resistenzeintrag umfassend charakterisiert.

Ziele

- Untersuchung der Einleitung von Mikroverunreinigungen und Antibiotikaresistenzen über Kläranlagenabläufe, Mischwasserentlastungen und Regenwasserkanäle in Oberflächengewässer
- Erarbeitung und Weiterentwicklung von Konzepten für die Probenahme, Analytik und Auswertung
- Ermittlung der Relevanz der verschiedenen Eintragspfade durch Literaturrecherche, Umfrage und eigene Daten einschließlich erster Frachtabschätzungen
- Untersuchung von statistischen Zusammenhängen zwischen den Einträgen von Mikroverunreinigungen und Antibiotikaresistenzen in die Gewässer

Ergebnisse

- Umfrage mit den Bundesländern zeigt Datenlücken bzgl. des Eintrags von Antibiotikaresistenzen und Mikroverunreinigungen über Regenwasserkanäle und Mischwasserentlastungen.
- Konzept für ereignisbezogene, mengenproportionale Probenahme an Mischwasserentlastung und Regenwasserkanal
- automatische Auslösung und Steuerung über mobile Durchflussmessung

- Entwicklung eines Prototyps zur mobilen Feststoffprobenahme
- Installation der Messtechnik am Standort Koblenz
- Konzept für chemische Analysen der Feststoff- und Wasserphase sowie mikrobiologischen und molekularbiologischen Analysen unter Berücksichtigung geringer Probenmengen und Gewährleistung der Probenstabilität
- Auswahl eines umfassenden Substanzspektrums hinsichtlich der potenziellen Bildung von Antibiotikaresistenzen und der Abbildung verschiedener Schadstoffquellen
- Erweiterung des Methodenportfolios durch Etablierung modernster Sequenzierungstechnologien (Full-length-16S rRNA-Sequenzierung) für molekularbiologische Untersuchungen

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Etablierung der Multi-Target-Methoden zur Erweiterung des analysierbaren Substanzspektrums
- Übertragung des Monitoringkonzepts in weitere Modellregionen
- Durchführung der Probenahme, Analysen und Datenauswertungen in allen Modellregionen
- Durchführung von Frachtabschätzungen
- Integration der Daten in das Gewässergütemodell MoRe

Projektlaufzeit 12/2020 – 09/2023
Fördermittelgeber Umweltbundesamt
Projekt-Nr. M39620304033

Ansprechpartner der BfG

Dr. Arne Wick

E-Mail: wick@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5348

Referat G2 – Gewässerchemie

3.2.10 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 95: Untersuchungen zum Eintrag und Verbleib von Rodentiziden in der aquatischen Umwelt.

© J. Regnery / BfG

Bei der Verwendung von Ratten- und Mäusebekämpfungsmitteln (Rodentizide) mit blutgerinnungshemmenden Wirkstoffen (Antikoagulantien) der zweiten Generation bestehen erhebliche Umweltrisiken aufgrund ihrer PBT-Eigenschaften (d.h. persistent, bioakkumulierend, toxisch). Rückstände von Antikoagulantien 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 antikoagulantem 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 antikoagulantem 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 antikoagulanten Rodentiziden auf die aquatische Umwelt, unter anderem

- die Aufnahme und der Verbleib von Antikoagulanzen in Fischen
- der Zusammenhang zwischen Rückstandgehalten von Antikoagulanzen 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

Ergebnisse

- neue Erkenntnisse zum In-vitro-Metabolismus von Antikoagulanzen in Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) unter Nutzung des RT-S9-Assay nach OECD 319B
- Nachweise von antikoagulanten Rodentiziden in der Leber von fischfressenden Top-Prädatoren wie Fischottern (*Lutra lutra*, L.1758).

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., RIEGRAF, C., JACOB, S., FRIESEN, A. (2022): New in-sights on in vitro biotransformation of anticoagulant rodenticides in fish. *Chemosphere* 294, 133727

REGNERY, J., SCHULZ, R.S., PARRHYSIUS, P., BACHTIN, J., BRINKE, M., SCHÄFER, S., REIFFERSCHIED, G., FRIESEN, A. (2020): Heavy rainfall provokes anticoagulant rodenticides' release from baited sewer systems and outdoor surfaces into receiving streams. *Science of the Total Environment* 740, 139905

REGNERY, J., FRIESEN, A., KRÜGER, G. (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., PARRHYSIUS, P., SCHULZ, R.S., MÖHLENKAMP, C., BUCHMEIER, G., REIFFERSCHIED, G., BRINKE, M. (2019): Wastewater-borne exposure of limnic fish to anticoagulant rodenticides. *Water Research* 167, 115090

REGNERY, J., FRIESEN, A., GEDUHN, A., GÖCKENER, B., KOTTHOFF, M., PARRHYSIUS, P., PETERSOHN, E., REIFFERSCHIED, G., SCHMOLZ, E., SCHULZ, R.S., SCHWARZBAUER, J., BRINKE, M. (2019): Rating the risks of anticoagulant rodenticides in the aquatic environment: a review. *Environmental Chemistry Letters* 17(1), 215 – 240

Projektlaufzeit	06/2020 – 05/2023
Fördermittelgeber	Umweltbundesamt
Projektpartner	Bayerisches Landesamt für Umwelt
Projekt-Nr.	M39620304030

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Julia Regnery

E-Mail: regnery@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5987

Referat G3 – Biochemie, Ökotoxikologie

3.2.11 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

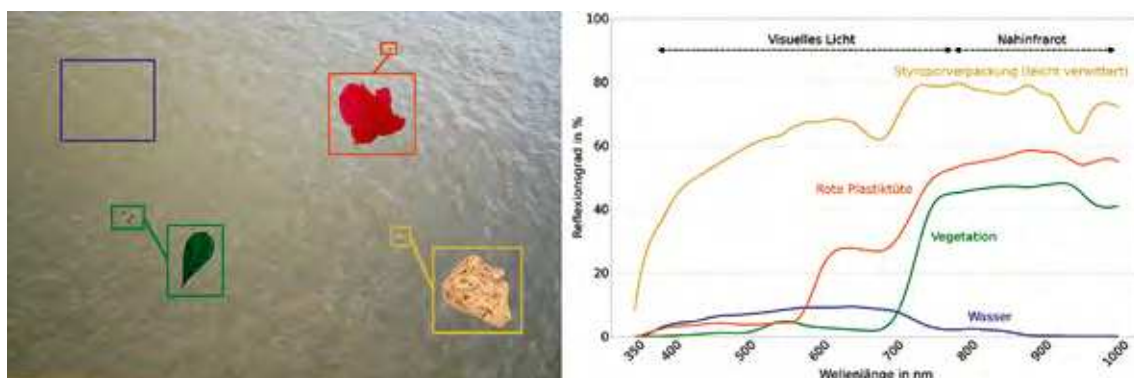


Abbildung 96: Visuelle Erfassung und anschließende hyperspektrale Identifizierung von Kunststoffobjekten.

© N. Gnann / BfG

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 Eintragspfad 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 Probenahme mit dem Ziel der Bestimmung von Plastikfrachten die Beprobung mehrerer Wasserproben im Gerinnequerschnitt erforderlich. Bisher fehlen Verteilungsmodelle, welche die horizontale und vertikale Variabilität im Gerinnequerschnitt berücksichtigen und für die

Entwicklung von Probenahme-/Monitoringkonzepten unabdingbar sind. Eine besondere Herausforderung besteht zudem in der Notwendigkeit, große Volumina zu beproben, um valide Aussagen zur Plastikkonzentration zu erhalten. 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 Umweltmatrizes. Am Beispiel des Rheins sollen Methoden zur Erfassung von Makro- und Mikroplastik sowie ein Monitoringkonzept 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 Mess- und Monitoring-Methoden zur repräsentativen Erfassung der räumlich und zeitlich variablen Mikroplastikkonzentration im Rhein
- Entwicklung von Analyseverfahren 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 von repräsentativen und belastbaren Plastikfrachten

Ergebnisse

Eine Messmethode für die Quantifizierung von Mikroplastik in Schwebstoffen wurde entwickelt. Hierzu wurde mit Poly(4-fluorstyren) ein neuer interner Standard etabliert. Für das mit thermoanalytischen Methoden schwer erfassbare PVC wurde eine spezielle Methode auf Basis der Verbrennungs-Ionenchromatografie entwickelt. Besonderer

Fokus wurde bei der Methodvalidierung auf die systematische Aufklärung von Matrixeffekten in komplexen Umweltproben gelegt. Bezüglich der Probenahme wurden verschiedene Techniken wie Netz, Sedimentationskasten, Filterkaskade und Durchflusszentrifuge getestet. Auf Basis dieser Ergebnisse wurden ein Monitoringskonzept erstellt und Monitoringstationen für die Bestimmung der Mikroplastikfracht im Rhein installiert. Für die automatisierte Erfassung von Makroplastik an der Wasseroberfläche wurde eine Kamerasystem aufgebaut.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Optimierung der Analysenverfahren für die störungsfreie Erfassung von verschiedenen Mikroplastikarten in komplexen Umweltproben
- Erfassung der Verteilung von Mikroplastik in der Wassersäule
- Erprobung von Methoden zur automatisierten Erfassung von Makroplastik
- Durchführung des Monitorings und Abschätzung der Jahresfrachten

Publikationen zum Thema

GNANN, N., BASCHEK, B., TERNES, T. (2022): Close-range remote sensing-based detection and identification of macroplastics on water assisted by artificial intelligence: a review. *Water Research*. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118902>

Projektlaufzeit	12/2019 – 11/2022
Fördermittelgeber	Umweltbundesamt, BMDV
Projektpartner	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Projekt-Nr.	M39620204063

Ansprechpartner der BfG

Prof. Dr. Thomas Ternes
E-Mail: ternes@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5560
Abteilung G – Qualitative Gewässerkunde

3.2.12 LABPLAS – Land-Based Solutions for Plastics in the Sea

In dem Projekt LABPLAS werden die Quellen, der Transport, die Verteilung und die Auswirkungen der Plastikverschmutzung in allen Umweltkompartimenten erfasst und evaluiert.



Abbildung 97: Probenahme in Cuxhaven mit einem Mantanzug (335 µm).

© F. Stock / BfG

In dem Projekt LABPLAS werden die Quellen, der Transport, die Verteilung und die Auswirkungen der Plastikverschmutzung in allen Umweltkompartimenten erfasst und evaluiert. LABPLAS soll wichtige Daten zu den Interaktionen von Plastikpartikeln $<100\ \mu\text{m}$ und Mikro-/Makroplastik mit der Umwelt generieren und wirkungsvolle Managementoptionen für eine Reduktion der Plastikverschmutzung globaler Ökosysteme aufzeigen.

Veranlassung

Trotz intensiver Forschung zu Mikroplastik in den vergangenen Jahren gibt es bisher nur unzureichende Kenntnisse zu Quellen, Transportpfaden und den Auswirkungen auf Menschen und Natur.

Es fehlen validierte und einheitliche analytische Verfahren für die Detektion und Quantifizierung von kleinem Mikro- und Nanoplastik (Small Micro and Nano Plastic = SMNP), was die Durchführung von flächendeckenden Monitoringprogrammen erschwert. Auch lässt sich das Umweltrisiko von Mikroplastik und damit die Risikobewertung bislang noch nicht in der Gesamtheit erfassen. In dem Forschungsvorhaben werden Wasser, Sediment, Biota und die Atmosphäre auf die Belastung mit Mikroplastik untersucht und mit verschiedenen Methoden analysiert. Darüber hinaus werden ökotoxikologische Untersuchungen durchgeführt und Remote-Sensing-Technologien für die Detektion von Makroplastik in der Umwelt ausgetestet.

Ziele

- Identifizierung von landbasierten Quellen sowie die Beschreibung des Transports, der Verteilung und des Verbleibs von Plastik in der Umwelt
- Effekt von SMNP auf Schlüsselorganismen aufgrund der Interaktion von SMNP mit Mikroorganismen
- Akkumulationen von SMNP über die Zeit in Bodenproben aus marinen Systemen
- Einfluss von Oberflächenabflüssen (Straßen) auf die Plastikabundanz in Oberflächengewässern
- Degradation von Plastik in der Umwelt
- Entwicklung und Validierung neuer Strategien für die Identifizierung von SMNP in Umweltproben
- Überprüfung der Effektivität von Remote-Sensing-Technologien für die Detektion von Makroplastik in der Umwelt
- Degradation und Toxizität von Bioplastik in umweltnahen Szenarien
- Auswirkungen von SMNP-Expositionen in aquatischen und terrestrischen Modellorganismen
- Erschaffung einer wissenschaftlichen Datengrundlage für regulatorische Maßnahmen innerhalb der EU

Publikationen zum Thema

STOCK, F. (2021): Harmonisation of sampling methods, Deliverable 2.1, LABPLAS Grant Agreement No. 101003954 H2020-SC5-2020-2

STOCK, F. (2022): Sampling and sample preparation, Deliverable 2.2, LABPLAS Grant Agreement No. 101003954 H2020-SC5-2020-2

Projektlaufzeit 06/2021 – 05/2025
Fördermittelgeber EU Horizon 2020
Projekt-Nr. M39620304035

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Friederike Stock
E-Mail: stock@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5953
Referat G3 – Biochemie, Ökotoxikologie

3.2.13 Die räumliche Variabilität des Porengehalts in fluvialen Sedimenten von Sand-Kies-Flussbetten

Die Porosität, eine wichtige Eigenschaft der Flusssohle, wird beeinflusst von verschiedensten Eigenschaften des Sediments, wie Größenverteilung und Form, deren Effekte noch unzureichend verstanden und quantifiziert sind.



Abbildung 98: Numerische Untersuchung von Sedimentpackungen mit unterschiedlichen Formeigenschaften.

© C. Rettinger (BfG)

Die Flusssohle besteht aus Sedimentpartikeln und wassergefüllten Poren. Der Porengehalt (auch Porosität genannt, welche das Verhältnis von Hohlraumvolumen zu Gesamtvolumen der ungestörten Sedimentprobe beschreibt) bestimmt die Eignung der Flusssohle als Lebensraum für Organismen, die Stabilität vor Erosion sowie die resultierende Sedimentmächtigkeit bei Ablagerung z.B. in Stauhaltungen. In anderen Fällen bestimmt die Porosität das nutzbare Volumen von Öl und Grundwasser in ehemaligen Flussablagerungen. Trotz ihrer wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Relevanz wurde die natürliche Variabilität der Porosität in Flusssystemen kaum erforscht. So wird in vielen Fällen eine konstante Porosität angenommen, was zu beträchtlichen Unsicherheiten in den damit erarbeiteten Studien führen kann.

Veranlassung

Während in der Literatur bereits vielfältige Studien und Modelle zum Einfluss von Größenverteilungen auf das Packungsverhalten von Partikeln existieren, ist die Partikelform bislang kaum dahingehend untersucht worden. Das ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Form von Sedimenten im Labor faktisch nicht gezielt untersucht werden kann, da jedes Sedimentkorn natürlicherweise eine andere Form aufweist. Die Charakterisierung der Form geschieht dabei basierend auf der längsten (L für „long“), mittleren (I für „intermediate“) und kürzesten (S für „small“) Achse des Objekts. Hier bieten numerische Modelle und simulative Studien den Vorteil, dass Körner ohne Aufwand beliebig oft reproduziert werden können. Dabei können mithilfe der Diskreten-Elemente-Methode verschiedenste Partikelschüttung digital, und dabei physikalisch originalgetreu, abgebildet werden.

Ziele

Ziel der Studien und Datenauswertungen ist die Erarbeitung eines kompakten Vorhersagemodells für die Porosität, abhängig von den verfügbaren Informationen wie Größenverteilung und Sedimentform. Dieses Modell soll dann in bestehende Analysemethoden eingefügt werden, um dort die örtliche Variabilität der Porosität in Flüssen zu erfassen, und deren Genauigkeit zu verbessern. Dabei wird ebenfalls ein akkurates numerisches Modell aufgebaut, welches die Untersuchung einzelner Sedimentpackungen ermöglicht. Dadurch stellt es eine flexible und kostengünstige Alternative zu Labor- und Feldmessungen dar.

Ergebnisse

Das numerische Modell wurde zunächst erfolgreich mit Laborversuchen verifiziert und sein Einsatz für die Erstellung und Untersuchung digitaler Sedimentpackungen damit sichergestellt. Daran anknüpfend wurden umfangreiche Studien durchgeführt, bei denen die spezifischen Vorteile

der Simulation eingesetzt wurden, um den Effekt von Größenverteilungen und Form bzw. Formverteilungen systematisch zu untersuchen. Anhand der gewonnenen Daten konnte das Verhältnis L/S der Formachsen als bedeutender Parameter für die Porosität extrahiert werden. Mit dieser Erkenntnis wurde ein Vorhersagemodell entwickelt, welches nun erstmalig den Einfluss von Form und Formverteilungen auf die Porosität berücksichtigt.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Das entwickelte Vorhersagemodell soll im weiteren Verlauf um zusätzliche porositätsbeeinflussende Effekte ergänzt werden. Dadurch soll eine noch genauere Erfassung des Porengehalts ermöglicht werden. Der Fokus liegt dabei auf den Ablagerungsbedingungen, welche zu präferierten Ausrichtungen entlang der Strömungsrichtung („Imbrication“) und Schichtbildung („Stratification“) führen können. Die Daten dafür sollen sowohl von Feldstudien als auch Untersuchungen im Labor und mit dem numerischen Modell gewonnen werden.

Publikationen zum Thema

- RETTINGER, C., FRINGS, R., RÜDE, U., VOLLMER, S. (2021): The influence of size and shape on the porosity of fluvial sediment deposits – a numerical study. Vortrag auf PARTICLES Conference 2021, Hamburg
- RETTINGER, C., RÜDE, U., VOLLMER, S., FRINGS, R. (2022): Einfluss von Sedimentgröße und -form auf die Porosität: Eine numerische Studie. Vortrag auf GESINUS Treffen 2022, Koblenz

Projektlaufzeit	07/2020 – 09/2023
Fördermittelgeber	Deutsche Forschungsgemeinschaft
Projektpartner	RWTH Aachen, Lehrstuhl und Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Systemsimulation
Projekt-Nr.	M39610304096

Ansprechpartner der BfG

Dr. Stefan Vollmer

E-Mail: vollmer@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5481

Referat M3 – Gewässermorphologie, Sedimentdynamik und -management

3.2.14 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-WRRL. Aufgrund der Schlüsselfunktion von Sedimenten im Naturhaushalt eines Flusssystemes kommt dem Sedimentmanagement eine besondere Bedeutung zu.



Abbildung 99: Die Lahn als Forschungsobjekt für die Untersuchung des Einflusses von Sedimenten auf die Gewässerqualität.

© BfG

Das Ziel des Projektes 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 Sediment-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 2008/105/EG und 2013/39/EU) und ökotoxikologischer Tests (nach 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

Ergebnisse

- räumliche und zeitliche Variabilität der Sedimentqualität
- 3-Jahres-Mittelwerte identifizieren Zink, PAK und PCB als relevante Kontaminanten.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Erhebung und Analyse von Monitoringdaten
- multivariate Analyse der Sedimentqualitätsdaten
- Durchführung eines internationalen Symposiums zum Thema Sedimentmanagementkonzept
- Bereitstellung des Sedimentkatasters

Publikationen zum Thema

SCHERER, C., FEILER, U. (2022): EU-Life Projekt LiLa-Living Lahn – ein Fluss, viele Interessen. Sedimente der Lahn. Mid-Term-Konferenz (virtuell), https://www.lila-livinglahn.de/fileadmin/files/lila/public/V3_210921_Mid-Term-Konf_Sedimentmanagement-Feiler.pdf

SCHERER, C., REIFFERSCHIED, G., FEILER, U. (2021): A sediment management concept of the River Lahn. ContaSed conference (virtual)

LIFE14 IPE/DE/022 Living Lahn – Midterm Report (2021)

BRINKE, A., SPIRA, D., FEILER, U. (2019): Sedimentqualität – Ein Teilaspekt aus dem integrierten EU-Life Projekt „LiLa – Living Lahn“, Wasser und Abfall, 06, 13 – 17

Projektlaufzeit

12/2015–11/2025

Fördermittelgeber

EU-Umweltförderprogramm LIFE (integrated projects, IP)

Projektpartner

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Regierungspräsidium Gießen

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität Rheinland-Pfalz

Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord Rheinland-Pfalz

Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mosel-Saar-Lahn

Projekt-Nr.

M39630204045

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Ute Feiler

E-Mail: feiler@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5356

Referat G3 – Biochemie, Ökotoxikologie

3.2.15 MERLIN – Mainstreaming Ecological Restoration of freshwater-related ecosystems in a Landscape context: INnovation, upscaling and transformation

Im durch die EU geförderten Projekt MERLIN zur Renaturierung von Flüssen und Feuchtgebieten untersucht die BfG, wie Maßnahmen des Bundesprogramms Blaues Band Deutschland zur Erfüllung der Ziele des europäischen Green Deal beitragen können.



Abbildung 100: Das Bundesprogramm Blaues Band Deutschland wird als eines unter insgesamt siebzehn Vorzeigeprojekten im Rahmen des EU-Projekts MERLIN untersucht.

Die Gewässersysteme in Europa befinden sich in einem kritischen Zustand und die Auswirkungen des Klimawandels verschärfen sich. MERLIN untersucht die Schlüsselfaktoren erfolgreicher Renaturierung, da der dringende Bedarf besteht, die besten und effektivsten Verfahren für die Wiederherstellung von Bächen, Flüssen, Mooren und Feuchtgebieten voranzutreiben. Naturbasierte Lösungen haben dabei das Potenzial, die biologische Vielfalt zu fördern, den Klimawandel zu bekämpfen und gleichzeitig für Wirtschaft und Gesellschaft von Nutzen zu sein. Flüsse und insbesondere die Bundeswasserstraßen und ihre Auen spielen eine wichtige Rolle bei der Verwirklichung dieses ambitionierten Zieles. MERLIN verbindet 45 europäische Partner und wird von der Universität Duisburg-Essen koordiniert.

Veranlassung

Renaturierungsmaßnahmen sind häufig zu kleinräumig und zu schlecht vernetzt, um einen ausreichenden Beitrag zur ökologischen Optimierung der Gewässer leisten zu können. Außerdem stößt die Umsetzung häufig auf Widerstände, insbesondere wenn Schlüsselsektoren wie Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Verkehr und Energieversorgung nicht aktiv daran beteiligt werden. Renaturierung kann aber nur gelingen, wenn sie den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Bedürfnissen gleichermaßen gerecht wird. Das Bestreben ist daher, möglichst multifunktionale und gesellschaftlich breit akzeptierte sowie funktional zusammenhängende und ausreichend große Renaturierungsmaßnahmen an Flüssen, Auen und Feuchtgebieten umzusetzen. Hierzu ist Wissen notwendig, welche Maßnahmentypen effektiv dazu beitragen können, welche Rahmenbedingungen am erfolgversprechendsten sind und wie der öffentliche, wirtschaftliche und private Sektor zur Umsetzung naturbasierter Lösungen stärker integriert und motiviert werden kann.

Ziele

- Aufzeigen von Best-practice-Maßnahmen in Bezug auf Renaturierungserfolge, Synergien, Beteiligung der Gesellschaft, Governance-Rahmen oder Finanzierungsmöglichkeiten
- Ermittlung von Kriterien und Mechanismen zur Übertragung erfolgreicher Renaturierungsansätze z.B. in andere Länder oder auf größere Raumeinheiten
- Ermittlung von Möglichkeiten zur Beseitigung von Hindernissen, z.B. technischer, politischer, finanzieller und verwaltungstechnischer Art
- Umsetzung von Renaturierungsmaßnahmen an Flüssen, in Auen, in Feuchtgebieten
- Vorschläge zur Veränderung öffentlicher und privater Handlungsweisen mit dem Ziel des „restoration mainstreaming“

Ergebnisse

- integrative Analyse des Bundesprogramms Blaues Band Deutschland im Hinblick auf Beiträge zu den europäischen Green-Deal-Kriterien
- Analyse des Bundesprogramms Blaues Band Deutschland im Hinblick auf seine Stärken, Schwächen und seine Chancen und Risiken als sogenannte SWOT-Analyse mit Ableitung einer Optimierungsstrategie
- Analyse der Position, der Rolle und der Bedürfnisse des Schifffahrtsektors im Aufgaben- und Zielfortfolio von MERLIN durch Beteiligung an sogenannten Sektorenpanels (über PIANC)



Abbildung 101: Das BBD-Modellprojekt Kühkopf-Knoblochsau am Rhein soll in MERLIN zur wissenschaftlichen Analyse des Beitrags von Renaturierungsmaßnahmen an großen Fließgewässern zu den europäischen Green-Deal-Kriterien untersucht werden. © BfG

Ausblick auf die nächsten Jahre

In den nächsten Jahren stehen der Aufbau und die Durchführung von Monitoringaktivitäten im Mittelpunkt der BfG-Arbeiten. Damit soll ermittelt werden, inwieweit Maßnahmen des Blauen Bandes zur Erfüllung der EU-Green-Deal-Ziele beitragen und wie diese Multifunktionalität verbessert werden kann. Darüber hinaus werden die Möglichkeiten, Bedarfe und die räumlichen, funktionalen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen untersucht, um verstärkt naturbasierte Lösungen an Bundeswasserstraßen umzusetzen. Die Nutzung von Ökosystemleistungen in Entscheidungsprozessen spielt dabei eine große Rolle.

Projektlaufzeit	10/2021 – 09/2025
Fördermittelgeber	EU Horizon 2020
Projektpartner	Universität Duisburg-Essen, Abteilung Aquatische Ökologie sowie weitere >40 Projektpartner, u.a. Rijkswaterstaat, Via Donau, BOKU, Deltares, UFZ, SYKE, WWF
Projekt-Nr.	M39630104070

Ansprechpartner der BfG

Dr. Andreas Anlauf

E-Mail: anlauf@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5476

Referat U1 – Ökologische Grundsatzfragen, Umweltschutz



4 Ökologische Gewässerentwicklung

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

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

4.1 BMDV-finanzierte Forschung für Wasserstraßen

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

Ziel des Projektes ist es, das ökologische Potenzial verschiedener für Bundeswasserstraßen typischer Uferstrukturen darzustellen und zu bewerten.



Abbildung 103: Uferabschnitt an der Weser der Kategorie „Auwaldrelikt“ mit unregelmäßiger Uferlinie und Tierbauten (Bisam, Nutria).

© Knopp, Planungsbüro WWK

Laterale Konnektivität ist der Austausch zwischen Fluss und den angrenzenden terrestrischen Lebensräumen. Für das Ökosystem „Flussufer“ ist die Vernetzung zwischen diesen Lebensräumen von besonderer funktionaler Bedeutung. Ufertypische Habitatstrukturen an Wasserstraßen entstehen durch das komplexe Zusammenspiel biotischer und abiotischer Faktoren. Durch den Gewässerausbau und verstärkte anthropogene Nutzung von Uferflächen kam es zum Verlust von natürlicher Dynamik und unfertypischen Habitatstrukturen sowie zu einer deutlichen Abnahme der Biodiversität in diesen Lebensräumen.

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. Mit dem Projekt soll das ökologische Potenzial verschiedener, für Bundeswasserstraßen typischer Uferstrukturen dargestellt und bewertet werden. Hierzu werden Biodiversitätsparameter und Nahrungsnetzcharak-

teristika von relativ naturnahen Ufern mit ingenieurbiologischen Ufersicherungen und technischen Ufersicherungen (Schüttsteindeckwerke) vergleichend betrachtet. Untersuchte Flusssysteme sind Main, Weser und Aller. Untersuchte Organismen sind Vegetation, Laufkäfer, Spinnen, Makrozoobenthos, Vögel, Fledermäuse, Fischotter und Biber.

Ziele

- Bewertung des ökologischen Potenzials verschiedener für Bundeswasserstraßen typischer Uferstrukturen
- Ableitung von Empfehlungen für die wirtschaftliche Unterhaltung und die ökologische Entwicklung von Ufern in Haupt- und Nebenstrecken

Ergebnisse

Bisherige Ergebnisse zeigen einen deutlichen Einfluss des Flusssystems auf die vorhandene Artenzusammensetzung von Vegetation und Fauna an verschiedenen Ufertypen. In der Vegetation zeigt sich dies sowohl in den Gesamtartenzahlen als auch in den verschiedenen Gruppen der Vegetation, wie geschützten und gefährdeten Arten sowie Stromtalarten. Ufer ohne Steinschüttung und mit einer größeren Morphodynamik zeigen tendenziell mehr ufertypische Pflanzenarten.

Bei den bisherigen faunistischen Untersuchungen wird zwischen aquatischen und terrestrischen Ergebnissen unterschieden. Die aquatische Fauna wird in Bezug auf die Artenzusammensetzung und Abundanz stark durch das Flusssystem beeinflusst. Die Artengemeinschaften der Spinnen und Laufkäfer aller Ufertypen ähneln sich an Aller und Weser mehr als am Main. Es ist eine Tendenz zu erkennen, dass die Artengemeinschaften in den Auwaldrelikten anders zusammengesetzt sind als in den übrigen Ufer- und Auenbereichen.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Vorhandene Daten zu Vegetation und Fauna werden weiter ausgewertet und in einer vergleichenden Beurteilung der Ufertypen zusammengeführt.
- In U3-interner Kooperation sollen verschiedene Ökosystemleistungen (u.a. CO₂-Speicherung, Phosphor- und Nitratretention) bilanziert werden.
- In Zusammenarbeit mit der Universität Münster sind Publikationen (u.a. zu Biodiversitätsanalysen von Laufkäfern und Spinnen) mit Daten des Projektes in Vorbereitung.
- Präsentation der Projektergebnisse auf verschiedenen Vortragsveranstaltungen

Projektlaufzeit

07/2020 – 07/2023

Auftraggeber

BMDV

Projektpartner

Universität Münster, Insitut für Landschaftsökologie, AG Tierökologie
Universität Koblenz-Landau, Institut für Integrierte Naturwissenschaften
Universität Duisburg-Essen, Abteilung aquatische Ökologie
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH

Projekt-Nr.

M39630304076

Ansprechpartnerin der BfG

Kathrin Schmitt

E-Mail: kathrin.schmitt@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5962

Referat U3 – Vegetationskunde, Landschaftspflege

4.1.2 FuE-Rahmenkonzept: Ökologische Durchgängigkeit für Fische – Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit für Fische an den Staustufen der Bundeswasserstraßen – Rahmenkonzept für Forschung und Entwicklung

Mehr als 200 Stauanlagen (Wehre, Schleusen) verhindern, dass Fische die Bundeswasserstraßen frei durchwandern können. Sie sollen von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) durchgängig gestaltet werden. Dafür erarbeiten BfG und BAW die notwendigen Grundlagen.



Abbildung 104: Standort Wallstadt am Main, wo einer der Pilotstandorte für Fischaufstiegsanlagen entstehen soll. © BfG

Natürliche Fließgewässersysteme vernetzen die Landschaft aus dem Einzugsgebiet heraus bis hin zum Mündungsbereich. Die Bundeswasserstraßen haben als Bindeglied zwischen Oberläufen und Küste eine Schlüsselrolle. Die für die Schifffahrt notwendigen Querbauwerke greifen allerdings gravierend in die ökologischen Abläufe ein und gelten als eine wesentliche Ursache für das Verfehlen des guten ökologischen Zustands der Flüsse. Folgerichtig wurde die WSV mit der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes 2010 zur Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an ihren Staustufen verpflichtet, um die Zielerreichung der EU-WRRL zu ermöglichen.

Veranlassung

Gemäß Priorisierungskonzept des Bundes soll die fischökologische Durchgängigkeit an über 200 Stauanlagen hergestellt werden. Dazu gibt es jedoch offene Fragen, z.B. wie veränderte hydraulisch/morphologische Bedingungen das

Wanderverhalten beeinflussen, welches Potenzial staureguliert Bundeswasserstraßen für Wanderfische bieten, oder wann eine ausreichende Durchgängigkeit hergestellt ist.

Zum Bau von Fischaufstiegsanlagen (FAA) ist der aktuelle Stand der Technik dokumentiert. Es gibt aber zu wesentlichen, für Bundeswasserstraßen relevanten, Grundlagen noch erhebliche Wissensdefizite, wodurch wichtige Planungsaspekte nur unzureichend fachlich abgedeckt sind. Für den Fischabstieg gibt es zudem keinen Stand der Technik, d.h. Vorgaben für den Fischabstieg an Wehranlagen liegen nicht vor.

Um trotzdem die hoheitliche Aufgabe effizient umzusetzen, wurde von BfG und BAW ein umfassendes FuE-Konzept aufgestellt. Neben der Bearbeitung der relevanten Fragestellungen in Natur, Labor und Simulation sind Untersuchungen an speziell dafür ausgelegten Pilotstandorten ein wesentlicher Bestandteil des Konzepts.

Ziele

Die Forschungsaktivitäten werden

- den Stand der Technik für Bundeswasserstraßen ergänzen und weiterentwickeln,
- Fragen aus der Beratungspraxis klären,
- das ökologische Potenzial der Bundeswasserstraßen für Wanderfische ermitteln.

Die Ergebnisse werden direkt in die Fachberatung der WSV implementiert, insbesondere münden sie in Vorgaben des WSV-Handbuchs „Ökologische Durchgängigkeit“. Für eine Reihe wesentlicher Felduntersuchungen sind aufwändige Vorrichtungen notwendig. Hierfür werden einige FAA zu sog. Pilotanlagen erweitert:

- Koblenz und Lehmen (Mosel),
- Eddersheim und Wallstadt (Main)
- Lauffen und Kochendorf (Neckar)
- Dörverden (Weser)

Die Pilotanlagen werden aktuell durch die WSV mit intensiver Unterstützung durch BfG und BAW geplant. Planungsbegleitend werden durch die Fachoberbehörden 3DHN-Modelle und hydraulische Berechnungen aufgestellt und fischöko-

logisch bewertet, die zur Ermittlung des study designs und zu konkreten Planfestlegungen beitragen. Der wichtigste Pilotstandort ist Eddersheim, da hier auch das Kraftwerk in der Hand der WSV ist. Unter anderem wird hier ein Teil der FAA in einem „Doppelstrang“ geplant, in dem verschiedene Bautypen bzw. Bauweisen direkt vergleichend unter Naturbedingungen untersucht werden können.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Die Forschungsaufgaben wurden in vier Forschungsbereiche mit insgesamt 15 Projekten aufgeteilt. Überwiegend werden diese von BfG/BAW gemeinsam bearbeitet:

- Forschungsbereich „Grundlagen und Systemverständnis“
 - Hydraulik und Schwimmverhalten von Fischen
 - Wanderkorridore von Fischen in stauregulierten Bundeswasserstraßen
 - Entwicklung einer künstlichen Seitenlinie (abgeschlossen)
 - Weiterentwicklung automatischer Fischerfassung (abgeschlossen)

		Freiland Untersuchungen							Labor, Simulation, Sonstiges							
		Eddersheim	Wallstadt	Koblenz	Lehmen	Kochendorf	Lauffen	Dörverden	weitere geeignete Standorte/Flussabschnitte	HN-Modelle	gegenständliche Modelle	Ethohydraulische Rinnenversuche	Modelle (ohne HN)	Entwicklung (Geräte, Software)	Datenbanken	konzeptionelle Erarbeitungen
Forschungsbereich	Projektname															
Grundlagen und Systemverständnis	Hydraulik und Schwimmverhalten	X		X		X	X	X		X		X	X			X
	Wanderkorridore Stauhaltungen/Unterwasser	X						X	X	X			X			X
	künstliche Seitenlinie								X			X		X		
	automatische Fischerfassung			X					X							
	Grundlagen Bewertungsverfahren												X		X	X
	Funktionskontrolle	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X
	Potenzial Wanderfische								X				X		X	X
Hydraulische Methoden	Arbeiten dienen der Bauteil-Entwicklung und Planungsunterstützung an den Pilotanlagen								X	X					X	
Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen	Einstiege (Anzahl, Lage, Gestaltung)	X	X	X	X	X	X	X	X		X					
	Auffindbarkeit durch Dotation	X	X			X		X		X						X
	Kraftwerk und Wehr	X						X		X	X					
Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen	FAA Bautypen	X							X		X					
	Schlitzpässe	X	X	X	X	X	X	X			X	X		X		
	Sonderbauwerke	X	X	X	X	X	X	X			X	X				
Fischabstieg	Klassifizierung Abstiegswege	X						X	X				X			X
	Wehrtypen							X	X		X					X

Abbildung 105: Übersicht über die Bearbeitung der einzelnen Projekte an Pilotanlagen sowie durch Labor- oder Modelluntersuchungen etc.

© BfG/BAW

- Grundlagen zu Bewertungsverfahren (abgeschlossen)
- Fischbiologische Funktionskontrolle von FAA
- Potenzial der Bundeswasserstraßen für Wanderfische (noch nicht gestartet)
- Hydraulische Methoden (nur BAW)
- Forschungsbereich „Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen“
 - Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen: Einstiege
 - Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen: Dotation
 - Kraftwerk und Wehr (nur BAW)
- Forschungsbereich „Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen“
 - Passierbarkeit verschiedener Bautypen
 - Passierbarkeit von Schlitzpässen
 - Passierbarkeit von Sonderbauwerken
- Forschungsbereich „Fischabstieg“
 - Klassifizierung der Wanderwege für den Fischabstieg
 - Auswirkung verschiedener Wehrtypen auf den Fischabstieg

Auf den folgenden Seiten werden die aktuell laufenden Einzelprojekte inklusive der bisherigen Ergebnisse vorgestellt. Projekte und Ergebnisse, die im Rahmen des FuE-Konzeptes alleine durch die BAW erbracht wurden, können im „Forschungskompodium Verkehrswasserbau“ der BAW nachgelesen werden. Von zentraler Bedeutung sind die Genehmigung und Realisierung der Pilotanlagen. Sie sind die Basis, um einen großen Teil der oben genannten FuE-Vorhaben vollständig durchzuführen und erfolgreich abzuschließen. Konkrete geplante Arbeiten sind unter den jeweiligen Projektbeschreibungen nachzulesen.

Publikationen zum Thema

BfG, BAW (2017): Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit für Fische an den Staustufen der Bundeswasserstraßen – Rahmenkonzept für Forschung und Entwicklung. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz und Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe. 21 S.

Beispiele für Planungsbeiträge zu den Pilotanlagen:

BfG/BAW (2017): Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen, hier: Forschung und Entwicklung zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit am Pilotstandort Eddersheim: Bedarf, Vorgehen und Nutzen der Untersuchungen (Beitrag zum Entwurf HU)

BfG/BAW (2019): FuE-Untersuchungen von BfG/BAW im Rahmen der Aufgabe „Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit“ am Pilotstandort Dörverden/Weser (Beitrag zu Planfeststellungsunterlagen)

Weitere Ergebnisse finden sich bei den einzelnen Projekt-Steckbriefen sowie im „Forschungskompodium Verkehrswasserbau“ der BAW.

Projektlaufzeit	01/2013 – 12/2030
Auftraggeber	BMDV
Projektpartner	Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) für Planung und Bau der Pilotanlagen: – Wasserstraßen-Neubauamt Aschaffenburg – Wasserstraßen-Neubauamt Heidelberg – Wasserstraßen-Neubauamt Helmstedt – Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mosel-Saar-Lahn – Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord RLP
Projekt-Nr.	M396330404009

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Cornelia Schütz
E-Mail: schuetz@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5021
Referat U4 – Tierökologie

4.1.3 Hydraulik und Schwimmverhalten von Fischen – Grundlagen für die Bewertung und Abgrenzung von Wanderkorridoren

Welche Wege wählen Fische in verschiedenen hydraulischen Situationen? Um Fischaufstiegsanlagen (FAA) zu planen, durch die Fische gezielt hindurch geleitet werden sollen, ist dieses Wissen sehr wichtig.



Abbildung 106: Bachforellen im Startbereich der ethohydraulischen Versuchsrinne.

© BfG

Obwohl Teile von FAA standardisiert und dann an vielen Standorten gleichermaßen eingebaut werden könnten, weisen fast alle Querbauwerke individuelle Rahmenbedingungen auf, für die abschnittsweise Einzellösungen entwickelt werden müssen. Dies gilt für die eigentliche FAA, aber auch für die Anordnung von Einstiegen im Unterwasser.

Um diese Abschnitte einer Anlage maßschneidern zu können, sollte es möglich sein zu prognostizieren, welche Wanderkorridore die Fische wählen. Darauf basierend kann die Anlage angepasst werden.

Veranlassung

Aktuelles Wissen zum Bau von FAA basiert vor allem auf Erfahrungswerten. Wissenschaftlich abgesicherte Erkenntnisse, wieso ein Fisch eine hydraulische Situation besser oder schlechter meistert und welche Korridore bevorzugt genutzt werden, sind die Ausnahme.

Wandernde Fische orientieren sich an zahlreichen Reizen. Lokal, beim Überwinden eines Hindernisses, werden vor allem Strömungseigenschaften genutzt. Fließgeschwindigkeit und -richtung, Beschleunigung und Turbulenz sind z.B. hydraulische Faktoren, die im Projekt mit beobachtetem Fischverhalten verschnitten werden, um

Orientierungsregeln zu finden. Dies geschieht auf verschiedenen räumlichen Ebenen. Sowohl auf der Skala weniger Meter (Fischverhalten in der ethohydraulischen Rinne von BAW/BfG), als auch großräumig (akustische Telemetrie im Freiland an Main und Weser) werden Hydraulik und Fischwanderverhalten zusammen analysiert und mit individuenbasierten Modellen in kausalen Zusammenhang gebracht.

Parallel wird untersucht, wie sich das Schwimmen im Schwarm auf das Wanderverhalten auswirkt.

Ziele

- Der Einfluss verschiedener hydraulischer Faktoren auf Fischwanderverhalten und Wanderkorridore wird identifiziert.
- Verhaltensregeln für Fische in typischen „hydraulischen Situationen“ werden aus realen Fischdaten formuliert und anhand individuenbasierter Modelle verifiziert.
- Fischartenspezifisches Gruppenverhalten während der Wanderung wird analysiert und Auswirkung auf die Bemessung von FAA beschrieben. Sämtliche Ergebnisse gehen in Planungsvorgaben zum Bau von FAA mit ein und unterstützen die BfG-Fachberatung.

Ergebnisse

- In Eddersheim/Main wurden mittels akustischer Telemetrie Fischtracks aufgezeichnet, die statistisch mit hydraulischen Modelldaten der BAW des entsprechenden Unterwasserbereichs verschnitten werden. Gleichzeitig verknüpft die BAW ihr hydrodynamisches Modell mittels der „Eulerian-Lagrangian-Agent Method“ (ELAM) mit einem Verhaltensmodell. Anhand virtueller Fische werden Verhaltensregeln für die Orientierung der Fische im Strömungsfeld identifiziert und mit den Telemetrie-Echtdaten verifiziert und angepasst.

- Für den gleichen Ansatz, allerdings kleinskalig, wurden Daten aus einem ethohydraulischen Versuch von BfG/BAW genutzt. Im Rahmen einer Dissertation (an der BAW) wurde das im Versuch von der BfG aufgezeichnete und digitalisierte Wanderverhalten von Bachforellen durch ein Verhaltensmodell nachvollzogen. Verschiedene Stimuli wurden auf ihre Bedeutung für die Fischerorientierung hin getestet. Die Ergebnisse wurden publiziert.
- Im Rahmen einer Masterarbeit wurde in Videos aus dem Fischzähler Koblenz das Gruppenverhalten verschiedener Fischarten beim Durchschwimmen des Videotunnels charakterisiert. Es konnten signifikante Unterschiede zwischen den Arten festgestellt werden.



Abbildung 107: Aufnahme aus dem Videozähler der BfG an der FAA Koblenz/Mosel. © BfG

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Die gleiche Arbeit wie am Main (s.o., ELAM) wird an der Weser durchgeführt, wo ebenfalls telemetrische Fischdaten vorliegen.
- Aus den während der ethohydraulischen Versuche erfassten Schwimmwegen der Fische und Hydraulikdaten werden typische Verhaltensweisen analysiert (erster Fokus auf Rückströmzonen). Vorbereitende Arbeiten hierzu wurden bereits in einer Bachelorarbeit durchgeführt.
- An den Pilotanlagen am Neckar soll mit Imaging-Sonar beobachtet werden, wie sich die unterschiedlichen Geometrien einer FAA auf die Passage von Fischgruppen auswirken (siehe Kapitel 4.1.2 „FuE-Rahmenkonzept: Ökologische Durchgängigkeit“).

Publikationen zum Thema

GISEN, D. C., SCHÜTZ, C., WEICHERT, R. B. (2022): Development of behavioral rules for upstream orientation of fish in confined space. PLOS ONE 17(2): e0263964.

HÜRTER, A. (2020): Vergleich der Schwimmbewegungen verschiedener Fischarten (*Alburnoides bipunctatus* und *Salmo trutta*) in einer ethohydraulischen Rinne. Bachelorarbeit an der Universität Koblenz – Landau, Fachbereich 3: Mathematik/Naturwissenschaften, Institut für Integrierte Naturwissenschaften. 42 S.

WALBRÜHL, J. (2018): Gruppenverhalten wandernder Fische in einer Fischaufstiegsanlage in der Mosel (Koblenz). Masterarbeit an der Universität Rostock. 59 S.

GISEN, D.; HENEKA, P.; SCHÜTZ, C. (2016): Fish-size-based criteria for assessing attraction flow. In: Proceedings of the Fish Passage Conference, Amherst, Massachusetts, USA, June 20 – 22, 2016

Projektlaufzeit	01/2014 – 12/2030
Auftraggeber	BMDV
Projektpartner	Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Projekt-Nr.	M39630404114

Ansprechpartner der BfG

Dr. Arne Rüter

E-Mail: rueter@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5244

Referat U4 – Tierökologie

4.1.4 Wanderkorridore von Fischen in stauregulierten Bundeswasserstraßen anhand abiotischer Faktoren identifizieren und charakterisieren

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 108: Operatives Einsetzen eines Telemetriesenders in einen narkotisierten Fisch (links), Rücksetzen des besenderten Fisches in den Main (rechts). © BfG

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 optimiert positionieren 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, Beschleunigung, Turbulenzen oder Bathymetrie.

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 vor und nach dem Bau einer FAA:

- Welche Bewegungsmuster zeigen Fische im stauregulierten Fluss bzw. im Unterwasser einer Wehr- und Kraftwerksanlage?
- Welche abiotischen, vor allem hydraulischen Bedingungen beeinflussen die Bewegungsmuster der Fische?
- Gibt es in diesem Zusammenhang Schlüsselfaktoren?

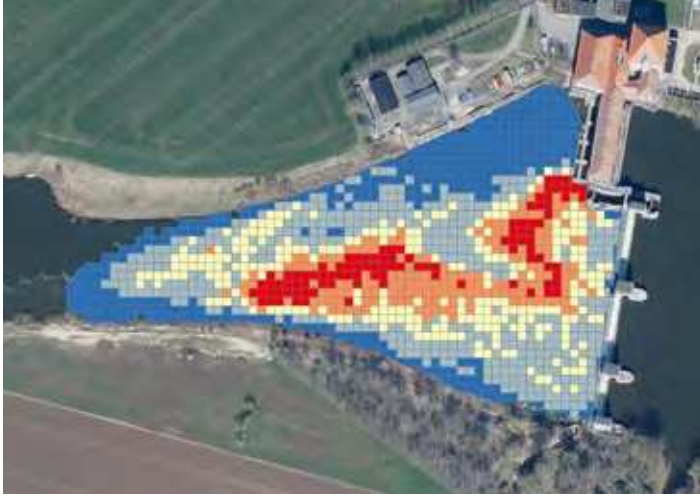


Abbildung 109: Beispiel für die Verteilung detektierter Fische im Unterwasser des Querbauwerks Dörverden/Weser (hohe Fischanzahl rot, geringe Fischanzahl blau).

© BfG, Hintergrund © Geo-Basis-DE/BKG (2020)

Ziele

- Erfassung von Fischverteilungsmustern in stau-regulierten Bundeswasserstraßen an Querbauwerken mit 2D/3D-Fischtelemetrie in Eddersheim/Main und Dörverden/Weser
- statistische Verschneidung der Fischtracks mit hydraulischen Daten eines 3DHN-Modells der BAW und Identifizieren von Wanderkorridoren
- Identifizieren von Verhaltensregeln für die Orientierung der Fische im Strömungsfeld und Verifikation mit den Telemetrie-Echtdaten
- daraus Zuarbeit zum Projekt „Hydraulik und Schwimmverhalten von Fischen“
- Prognose für beste Einstiegsplatzierung

Ergebnisse

Es wurden 516 Fische in Eddersheim und 399 Fische in Dörverden besendert. Aus den Redetektionen der Fische im Telemetriefeld wurden für Eddersheim artspezifische Hotspotanalysen zur Darstellung der Fischverteilung berechnet. Zusätzlich wurden für Eddersheim artspezifische hydraulische Präferenzen unter Verwendung des hydraulischen Modells berechnet. Die Ergebnisse beschreiben die hydraulischen Grenzen eines möglichen Wanderkorridors. Dies wurde angewendet und Karten artspezifischer Wanderkorridore erstellt.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Die Daten aus Eddersheim werden fertig ausgewertet.
- Parallel läuft die Präferenzanalyse der Dörverden-Daten.
- 2022 – 2023 werden die Ergebnisse zusammengeführt und veröffentlicht.

Nach Fertigstellung der Pilotanlagen Eddersheim/Dörverden (siehe „FuE-Rahmenkonzept: Ökologische Durchgängigkeit“, Kapitel 4.1.2) wird die zweite Feldkampagne durchgeführt, nun mit FAA. Die Auswertung erfolgt analog zur ersten Kampagne.

Publikationen zum Thema

RUETER, A., MOCKENHAUPT, B., SCHÜTZ, C. (2016): Comparison of the detection rate of three telemetry systems. Poster at the International Conference on Engineering and Ecohydrology for Fish Passage (Fish Passage 2016). June 20 – 22, Amherst USA

KAMPKE, W., SCHOLTEN, M., RÜTER, A. (2012): FuE-Konzept von BfG und BAW – Projekte zur groß- und kleinräumigen Auffindbarkeit. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hrsg.): Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen – Herausforderung, Untersuchungsmethoden, Lösungsansätze. 3. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen am 12./13. Juni 2012 in Karlsruhe. 77 – 86

RÜTER, A., SCHOLTEN, M. (2012): Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen – Herausforderungen aus biologischer Sicht. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hrsg.): Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen – Herausforderung, Untersuchungsmethoden, Lösungsansätze. 3. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen am 12./13. Juni 2012 in Karlsruhe. 7 – 12

Projektlaufzeit	12/2012 – 12/2030
Auftraggeber	BMDV
Projektpartner	Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Projekt-Nr.	M39630404110

Ansprechpartner der BfG

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

4.1.5 Entwicklung eines Methodenstandards zur biologischen Funktionskontrolle von Fischaufstiegsanlagen an Bundeswasserstraßen

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



Abbildung 110: Leerung der Standardreusen an der FAA Rothenfels/Main.
© D. Nijssen / BfG

Neue FAA sollen an mehr als 200 Staustufen der Bundeswasserstraßen die Durchgängigkeit für Fische herstellen, um die Ziele der EU-WRRL 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 aber 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 eine Methode zur biologischen Bewertung einer FAA in Bundeswasserstraßen. In einem Multikriterienkatalog werden die Ansprüche an die Erfassung der Funktionsfähigkeit konkret benannt. Darauf basierend werden die möglichen und notwendigen Felderfassungen für die Funktionsbewertung der FAA zusammengestellt und die erforderlichen Erfassungszeiträume festgelegt. Die Vorgaben für die konkrete Ausschreibung dieser Arbeiten werden für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) erarbeitet.

Ergebnisse

- Die Felderfassungen in Malliß (Müritz-Elde-Wasserstraße) und Rothenfels (Main) sind abgeschlossen.
- Neben der noch nicht abgeschlossenen methodischen Auswertung konnten bereits spannende Einzelergebnisse dokumentiert werden. Einige Beispiele:
 - Anhand der Radiotelemetrie am Standort Malliß konnte zielgenau eine erhebliche Barriere im Einstiegsbereich ermittelt werden (die mittlerweile mithilfe von BAW und Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt beseitigt wurde).
 - Ein Algorithmus wurde entwickelt mit dem das „Fallback“-Verhalten aufsteigender Fische quantifiziert werden kann: eine Voraussetzung, um Daten aus Reuse und Videozähler zu kombinieren.
 - Eine Erhöhung der Elektrofischerei-Einsätze würde in Malliß keinen Zugewinn an Artenzahlen erbringen = Anhaltspunkt für Vergabeumfang.
- Die Ableitung der Bewertungskriterien sind teilweise abgeschlossen. Aus den Vorgaben der EU-WRRL und des Wasserhaushaltsgesetzes konnten konkrete Kriterien abgeleitet werden.



Abbildung 111: Flussbarsch im Videozähler der BfG an der FAA Rothenfels/Main. © BfG

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Die fehlenden Daten der eDNA-Sequenzierung (Rothenfels) sowie der Fischvideos sind final ausgewertet und dokumentiert.
- Die Ableitung der Bewertungskriterien wird abgeschlossen (z.B. aus FFH-RL, Aal-VO) und mit Vertretern der Länder/der WSV diskutiert.
- Ein quantitativer Ansatz zur Abschätzung von aufsteigenden Fischmengen wird als Pilotstudie (Masterarbeit) erarbeitet.
- Anhand des Methodenvergleichs sowie der Bewertungskriterien werden entsprechend geeignete Kombinationen von Erfassungsmethoden abgeleitet werden.
- Der Methodenstandard inklusive des Multi-kriterienkatalogs und Ausschreibungsvorgaben werden fertiggestellt.

Publikationen zum Thema

FLADUNG, E., NIJSSEN, D. (2019): Entwicklung einer Standardreuse 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. 60 – 67

KESSELER-JOHANN, S. (2019): Biologische Funktionskontrolle der Fischaufstiegsanlage in Malliß (Müritz-Elde-Wasserstraße) mittels Radiotelemetrie. Masterarbeit an der Universität Koblenz – Landau, Fachbereich 3: Mathematik/Naturwissenschaften, Institut für Integrierte Naturwissenschaften. 58 S.

Projektlaufzeit	01/2018 – 11/2026
Auftraggeber	BMDV
Projekt-Nr.	M39630404115

Ansprechpartner der BfG

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

4.1.6 Verbesserung der Auffindbarkeit von Fischaufstiegsanlagen durch zusätzliche Dotation oder mehrere Einstiege

Der Einstieg in eine Fischaufstiegsanlage (FAA) ist in der Regel schmaler als ein Meter. Wie finden Fische einen solchen Einstieg an einem Querbauwerk, das mehrere 100 Meter breit sein kann?



Abbildung 112: Beispiel Stauanlage; potenzielle Positionen von FAA-Einstiegen mit blauem Leitströmungssymbol gekennzeichnet. © GFGmbH, Mainz

Fischaufstiegsanlagen sollen aufwandernden Fischen ermöglichen, Querbauwerke sicher und zügig zu überwinden. Dafür muss die FAA von den Fischen ohne zusätzlichen Zeit- und Kraftaufwand gefunden werden. Besonders an breiten Bundeswasserstraßen ist das anspruchsvoll, weswegen empfohlen wird, einerseits eine ausreichende Leitströmung zu erzeugen, entlang derer sich die Fische zur FAA orientieren können und andererseits mehrere Einstiege oder sogar mehrere FAA zu bauen, um die Auffindbarkeit ausreichend zu gewährleisten.

Veranlassung

In der aktuellen Fachliteratur gibt es keine einheitlich anerkannten Vorgaben

- wie die Leitströmung erzeugt wird,
- wie viel Wasser für die Leitströmung nötig ist,
- ab wann zusätzliche Einstiege (oder FAA) notwendig werden und
- an welchen Positionen diese liegen sollten.

Da zusätzliche Einstiege den Bau einer FAA verteuern und zusätzliches Wasser für die Leitströmung (Dotation) in Konkurrenz zu anderer Wassernutzung (vor allem Wasserkraft) steht, untersuchen wir diese Fragen.

Die Anzahl aufsteigender Fische soll in Antwort auf wechselnde Leitströmungen und unterschiedliche Anzahl/Positionen an Einstiegen ermittelt und analysiert werden. Die FAA muss dafür aufwändige Vorrichtungen haben, weswegen diese Untersuchungen an sogenannten Pilotanlagen stattfinden werden (siehe „FuE-Rahmenkonzept: Ökologische Durchgängigkeit“, Kapitel 4.1.2).

Ziele

- ermitteln, welche Dotation/Leitströmung für eine gute Auffindbarkeit notwendig ist
- ermitteln, wie viele Einstiege an welchen Positionen für eine gute Auffindbarkeit notwendig sind

- auf Grundlage bisherigen Wissens und ergänzender Arbeiten vorläufige Festlegungen zu Leitströmung und Einstiegen für aktuelle FAA-Planungen treffen
- Entwicklung eines KI-basierten Software-Tools zur automatisierten Erkennung/Klassifizierung von Fischvideos, vorbereitend für die umfangreichen geplanten Videoerfassungen an den Pilotanlagen
- Erarbeitung fischökologisch/hydraulischer Vorgaben für die Notwendigkeit eines zweiten Ufereinstieges (inkl. Publikation)
- Fertigstellung des ersten Moduls (Fish-/No-fish-Erkennung) der automatisierten Videoerkennung
- Pilotstudie zur 3D-Erkennung von Fischbewegungen am Einstieg von FAA mit zwei Imaging-Sonaren (inkl. Publikation)

Ergebnisse

- Betrieb von 3DHN-Modellen zum Unterwasser der Pilotanlagen Eddersheim, Wallstadt und Dörverden (BAW)
- Ermittlung der technisch möglichen Leitströmungen und der testbaren Szenarien (inklusive study design) für die Pilotstandorte (anhand fischökologischer und hydraulischer Ableitungen)
- Erarbeitung einer Methode zur Ermittlung der notwendigen Dotation für individuelle Standorte (inkl. Publikation) und Einführen der Vorgehensweise im Handbuch „Ökologische Durchgängigkeit“ der WSV
- Fertigstellen des KI-Software-Tools zur automatisierten Videoerkennung
- weitere Planung und Bau der Pilotanlagen (siehe „FuE-Rahmenkonzept: Ökologische Durchgängigkeit“, Kapitel 4.1.2)
- Durchführen der Fischuntersuchungen zu Leitströmungen und Anzahl/Position der Einstiege (mit Video-/Reusenerfassung sowie mit Imaging-Sonar)
- Analyse der Daten, Publikation
- Überarbeiten der vorläufigen Vorgaben anhand der Ergebnisse
- Überführen der Erkenntnisse in die Fachberatung

Ausblick auf die nächsten Jahre

Publikationen zum Thema

- HENNING, M., HENEKA, P., ZINKHAHN, M., SCHÜTZ, C., PRINZ, F., HEIMANN, W. (2022): Abgerückte Einstiege für Fischaufstiegsanlagen. *Wasserwirtschaft* 6: 19 – 25
- HENEKA, P., ZINKHAHN, M., SCHÜTZ, C., WEICHERT, R. B. (2021). A Parametric Approach for Determining Fishway Attraction Flow at Hydropower Dams. *Water* 2021, 13, 743
- WEICHERT, R., KAMPKE, W., DEUTSCH, L., SCHOLTEN, M. (2017): Zur Frage der Dotationswassermenge von Fischaufstiegsanlagen an großen Fließgewässern. In S. Heimerl (Hrsg.), *Biologische Durchgängigkeit von Fließgewässern – Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft*, S. 111 – 119, ISBN 978-3-658-13989-6, © Springer Vieweg | Springer Fachmedien
- NIJSSEN, D., SCHÜTZ, C., SCHOLTEN, M. (2016): 3d Multibeam Fish Tracking At The Entrance Of A Fishway. In: *Proceedings of the 11th International Symposium on Ecohydraulics*. Feb 7 – 12 2016, Melbourne, Australia
- SCHÜTZ, C., HENNING, M., HERBST, M. (2015): How to investigate the influence of auxiliary discharge on the attraction of fishways. Talk at the Fish Passage Conference, Groningen, Niederlande, June 20 – 24, 2015

Projektlaufzeit	12/2014 – 12/2030
Auftraggeber	BMDV
Projekt-Nr.	M39630404122, M39630404120

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Cornelia Schütz
 E-Mail: schuetz@bafg.de
 Tel.: +49(0)261 1306 5021
 Referat U4 – Tierökologie

4.1.7 Passierbarkeit verschiedener Bautypen von Fischaufstiegsanlagen

Es gibt viele Bautypen für Fischaufstiegsanlagen (FAA): naturnah mutende Raugerinne, Anlagen aus Beton, Kombinationen verschiedener Bautypen, Sonderkonstruktionen wie Fischlifte. Welche können wir empfehlen?



Abbildung 113: Gewässerbreites Raugerinne mit Beckenstruktur an der Saale.

© M. Scholten / BfG

Die Passierbarkeit ist neben der Auffindbarkeit der zweite entscheidende Aspekt einer funktionierenden FAA. Sobald die Fische die FAA gefunden haben, stellt sich die Frage, wie sie verzögerungsfrei und schadlos ins Oberwasser kommen. Unterschiedliche Bautypen sind hier möglich. Verbreitet sind solche, bei denen die Fische den Höhenunterschied des Querbauwerkes aus eigener Kraft bewältigen müssen (z.B. Schlitzpass, Raugerinne). Seltener und nur bei extremen Randbedingungen kommen Sonderkonstruktionen wie Fischlift oder Fischschleuse zum Einsatz, die den Fisch aktiv aufwärts bringen (Fischlift, Fischschleuse).

Veranlassung

Angesichts der zahlreichen FAA, die an den Bundeswasserstraßen neu gebaut werden, wären standardisierte Bautypen ökonomisch. Dem entgegen stehen standortspezifische räumliche, ökologische und nutzungstechnische Randbedingungen, die

unterschiedliche Bautypen erfordern können. Für die Fachberatung der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) muss untersucht werden, wie effizient die Bautypen für den Fischaufstieg sind. Hydraulisch-technische Bemessungsvorgaben müssen konkretisiert und abgesichert werden.

Teilweise lässt sich dies basierend auf aktueller Literatur beurteilen, doch fehlen vergleichende Studien zur Effizienz der Bautypen. An der Pilotanlage Eddersheim sollen in der „Doppelstranganlage“ parallel verschiedene Bautypen verglichen werden (siehe „FuE-Rahmenkonzept: Ökologische Durchgängigkeit“, Kapitel 4.1.2). Auf dieser Basis werden verifizierte Empfehlungen zur Anwendung der einzelnen Bautypen durch die WSV abgeleitet. Mit gegenständlichen und numerischen Modellen werden Fragen zur Hydraulik bearbeitet (BAW) und Angaben zur hydraulisch-technische Bemessung der Anlagen konkretisiert.

Ziele

- Raugerinne: fischökologisch bewertete Bemessungsvorgaben entwickeln, Habitatwert charakterisieren
- Passierbarkeit von Schlitzpass-Alternativen vergleichend untersuchen (z.B. Rundbeckenpässe, kombinierte Bauweisen)
- Fischschleuse, Fischlift: ökologisch-technische Anforderungen identifizieren, bestehende Beispiele hinsichtlich ökologischer und wirtschaftlicher Effizienz auswerten, Empfehlungen ableiten
- langjährige Schwankungen bei der Fischpassage überwachen und analysieren

Die Ergebnisse gehen als BfG/BAW-Fachempfehlung des WSV-Handbuchs „Ökologische Durchgängigkeit“ direkt in die konkrete WSV-Planung ein.

Ergebnisse

- Basierend auf aktuellem Erkenntnisstand wurden von BfG/BAW vorläufige Festlegungen zu bevorzugten Bautypen (Raugerinne und Schlitzpass) für aktuelle FAA-Planungen der WSV getroffen.
- Es wurden von BfG/BAW Anforderungen für die Planung von Fischaufzügen und Fischschleusen zusammengestellt und veröffentlicht.

- An der FAA Koblenz wird seit mehr als 10 Jahren ein Videozähler betrieben. Während zunächst die Methode der Videoerfassung für Bundeswasserstraßen optimiert wurde, wird seither die Passage der FAA überwacht, um die natürliche Variabilität des Fischaufstiegs zu beobachten. Unter anderem wurden diurnale und saisonale Phänomene der Fischpassage im Rahmen einer Bachelorarbeit untersucht.

Für den besonders häufig verwendeten Bautyp „Vertikal-Schlitzpass“ werden Fragestellungen zur Passierbarkeit und hydraulischen Bemessung in einem gesonderten Projekt untersucht (siehe „Passierbarkeit von Schlitzpässen“, Kapitel 4.1.8).

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Die Videoüberwachung von Koblenz wird fortgeführt, die Daten werden in eine nachhaltige Datenbankstruktur überführt.
- Raugerinne: Die Habitatbedeutung von Raugerinnen wird ermittelt und hydraulische Bemessungsvorgaben werden erarbeitet.
- An der (geplanten) Doppelstranganlage der Pilotanlage Eddersheim werden verschiedene Bautypen gegen den Schlitzpass getestet.

Publikationen zum Thema

WEICHERT, R., MOCKENHAUPT, B., HEIMANN, W. (2016): Anforderungen an die Planung von Fischaufzügen und Fischschleusen. BAWBrief 02/2016, ISSN 2196-5900, 9 S.

BISPING, L. (2015): Fischwanderungen an der unteren Mosel – diurnale und saisonale Phänomene. Bachelorarbeit an der Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Landschafts-, Wasser- und Stoffhaushalt, Fachbereich 09: Agrarwissenschaft, Ökotoxikologie und Umweltmanagement. 91 S.

BfG/BAW 2021: Fachempfehlung zu Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Raugerinne – Regelbauweisen an Bundeswasserstraßen

Projektlaufzeit	01/2013 – 12/2030
Auftraggeber	BMDV
Projektpartner	Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Projekt-Nr.	M39630404132

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Cornelia Schütz
E-Mail: schuetz@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5021
Referat U4 – Tierökologie

4.1.8 Passierbarkeit von Schlitzpässen unterschiedlicher Geometrie und Hydraulik

Schlitzpässe sind die am häufigsten gebauten Fischaufstiegsanlagen (FAA). Trotz Planungsvorgaben gibt es aber noch Fragen zur Passierbarkeit unter verschiedenen hydraulischen und geometrischen Bedingungen.



Abbildung 114: FAA in Schlitzpass-Bauweise an der Stauanlage Koblenz/Mosel.

© BfG

Fischaufstiegsanlagen in Schlitzpass-Bauweise lassen sich planerisch gut bemessen und platzsparend bauen. Sie werden aus diesem Grund häufig errichtet, und es liegen viele wissenschaftliche Erkenntnisse zu diesem Bautyp vor. Trotzdem gibt es komplexe hydraulische Phänomene, deren Ursache und Auswirkung auf die Passierbarkeit unbekannt sind. Wie effizient passieren Fische unterschiedlicher Arten und Größen diese unterschiedlichen hydraulischen Bedingungen? Welche fischökologischen Anforderungen müssen an die hydraulische Bemessung gestellt werden, um ökologisch ausreichend funktional zu sein?

Veranlassung

Die Schlitzpassbauweise ist potenziell an vielen der über 200 geplanten FAA an den Bundeswasserstraßen einsetzbar. Allerdings braucht es klare Bemessungsvorgaben, um die ökologische Funktionalität zu gewährleisten.

Doch es gibt Unsicherheiten zur Passierbarkeit bei unterschiedlichen hydraulischen und geometrischen Bedingungen. Wie wirken sich unterschiedliche Strömungsmuster auf die Passierbarkeit aus? Wie beeinflussen Wendebecken den Fischaufstieg? Wie werden Strömungsschwankungen verursacht und beeinflussen sie die Fische?

Diese Fragen werden von der BfG anhand markierter Fische (HDX-Telemetrie) und Beobachtungen (Imaging-Sonar) an Pilotanlagen sowie an der ethohydraulischen Rinne untersucht. Die BAW nutzt gegenständliche und numerische Modelle, um die Schlitzpass-Hydraulik besser zu verstehen und liefert damit zentrale Grundlagen für die Bemessung und fischökologische Bewertung.

An der Pilotanlage Eddersheim wird eine „Doppelstranganlage“ geplant, in der mit Fischversuchen parallel verschiedene Schlitzpass-Varianten gegeneinander getestet werden (siehe „FuE-Rahmenkonzept: Ökologische Durchgängigkeit“, Kapitel 4.1.2).

Ziele

- Hydraulik verschiedener Schlitzpass-Ausprägungen analysieren (BAW)
- Fischpassierbarkeit verschiedener Schlitzpass-Geometrien ermitteln
- Passierbarkeit von Wendeböden analysieren
- Auswirkung der FAA-Länge und wechselnder Unterwasserstände untersuchen

Die Ergebnisse gehen als BfG/BAW-Fachempfehlung des WSV-Handbuchs „Ökologische Durchgängigkeit“ direkt in die konkrete WSV-Planung ein.

Ergebnisse

- Die hydraulischen Fragen zu Schlitzpässen wurden von der BAW gemeinsam mit dem KIT bearbeitet (BAW 2020).
- Für die fischökologischen Aspekte von Schlitzpässen wurden Untersuchungen durch die BfG durchgeführt:
 - An der FAA Koblenz wurde der Fischaufstieg mit HDX-Telemetrie aufgezeichnet. Über die Passagezeit der Tiere lassen sich Aussagen zur Passierbarkeit ableiten.
 - An der FAA Koblenz wurden Untersuchungen zu Fischpassagen durch ein Wendeböden mit Imaging-Sonar durchgeführt, ausgewertet und veröffentlicht.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Die HDX-Untersuchungen werden fertig ausgewertet und publiziert.
- An den Pilotanlagen wird eine Reihe von Untersuchungen stattfinden:
 - Anhand von HDX-Telemetrie werden Fragen zur FAA-Länge sowie zur Passage von Kanälen und Wendeböden untersucht.
 - An der Doppelstranganlage der Pilotanlage Eddersheim werden verschiedene Varianten von Schlitzpässen gegeneinander getestet.

Publikationen zum Thema

NIJSEN, D., PITSCH, M., HERBST, M., and MAHL, L. (2015): Ethohydraulics in turbulence: Fish behaviour in turning pools. In: Proceedings of the „International Conference on Engineering and Ecohydrology for Fish Passage 2015“, Groningen

PITSCH, M., MOCKENHAUPT, B., HERBST, M., and NIJSEN, D. (2015): Movement patterns of several fish species approaching and passing a vertical slot fishway. In: Proceedings of the „International Conference on Engineering and Ecohydrology for Fish Passage 2015“, Groningen

PITSCH, M., MOCKENHAUPT, B., CASTRO-SANTOS, T. R. (2014): Passage of native riverine fishes through geometrically different sections of a vertical slot fishway on the Moselle River, Germany. In: Proceedings of the 10th International Symposium on Ecohydraulics, Trondheim, Norway, June 23 – 27, 2014

Projektlaufzeit	01/2013 – 12/2030
Auftraggeber	BMDV
Projektpartner	Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Projekt-Nr.	M39630404131

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Cornelia Schütz
E-Mail: schuetz@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5021
Referat U4 – Tierökologie

4.1.9 Durchführung ethohydraulischer Untersuchungen zur Passierbarkeit von Sonderbauwerken für den Fischaufstieg

Wir beobachten Fischverhalten in der gläsernen Rinne der BAW, untersuchen damit konkrete Planungsfragen zu Fischaufstiegsanlagen (FAA) und beantworten sie im hydraulischen Kontext.



Abbildung 115: Fischbeobachtungen an der gläsernen Rinne.

© BfG / BAW

Fischaufstiegsanlagen 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 „Sonderbauwerke“ erforderlich, für die es derzeit keinen technischen Standard und kaum funktionierende Beispiele gibt. Um zu vermeiden, dass Fische diese Elemente 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 Anzahl und Lage von Einstiegen können abhelfen, erfordern aber besondere Konstruktionen in einer FAA. Für solche „Sonderbauwerke“ gibt es keinen ausreichenden Stand der Technik, sodass sich im Planungsprozess Unsicherheiten ergeben. Auch ist unklar, welche dieser Bauwerke für kleine Fischarten passierbar sind.

An einer speziellen ethohydraulischen Versuchsrinne der BAW werden FAA-Bereiche und deren Hydraulik im Naturmaßstab nachgebildet. Eine dazu von der BfG eingerichtete und betriebene Fischhaltung ermöglicht es, hier Versuche mit Wildfischen zu den verschiedenen Fragestellungen durchzuführen.

Im Freiland wird zudem die Fischpassage durch Sonderbauwerke der Pilotanlagen überwacht (HDX-Telemetrie, Imaging-Sonar) (siehe „FuE-Rahmenkonzept: Ökologische Durchgängigkeit“, Kapitel 4.1.2).

Ziele

Mit den einzelnen Versuchen werden konkrete Planungsfragen der WSV beantwortet und wichtige Bemessungsgrößen entwickelt, überprüft und angepasst. Dadurch wird die Planungssicherheit für funktionsfähige FAA erhöht, bei möglichst geringen Kosten. Es werden immer mehrere Fischarten getestet, um eine breite Übertragbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen. Die Ergebnisse fließen in konkrete Bemessungsempfehlungen für die WSV ein, die unmittelbar in der Fachplanung von FAA an Bundeswasserstraßen angewendet werden können.

Ergebnisse

- 2016 – 2017 wurden „Auswirkungen der Dotationszugabe auf die Passierbarkeit von FAA“ auf fünf Fischarten untersucht. Aus Ergebnissen zu verschiedenen Varianten einer Dotation im Einstiegsbereich einer FAA konnten „Bemessungsempfehlungen zur Dotation in Becken einer Fischaufstiegsanlage“ erarbeitet und an die WSV übermittelt werden. Diese Empfehlungen werden seither bei der Planung von FAA eingesetzt. Eine Publikation (peer reviewed) wurde veröffentlicht.
- Seit 2018 werden verschiedene Aspekte zur Passierbarkeit von FAA-Einstiegen durch kleinere Fische untersucht.
 - Der Passageerfolg bei vier verschiedenen Fließgeschwindigkeiten im Einstieg eröffnete die Versuchsreihe. Kritische Fließgeschwindigkeiten und Artunterschiede konnten ermittelt werden. Die Publikation der Ergebnisse ist in Vorbereitung.
 - 2020/2021 schlossen sich Versuche zu „Effekten von Sohlrauheit in FAA-Einstiegen“ an. Die aufschlussreichen Ergebnisse befinden sich in der Auswertung.
 - Zeitliche Fließgeschwindigkeitsschwankungen im Einstieg und ihr Einfluss auf die Fischpassage werden ab Herbst 2022 untersucht.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Die Ergebnisse zur „Passierbarkeit von FAA-Einstiegen bei verschiedenen Fließgeschwindigkeiten“ werden publiziert.
- Der Versuch „Effekte von Sohlrauheit in FAA-Einstiegen“ wird weiter ausgewertet und publiziert.
- Der Versuch „Zeitabhängige Strömungsprozesse in FAA-Einstiegen“ wird durchgeführt, ausgewertet und publiziert.
- Die Sonderbauwerke der Pilotanlagen werden mit HDX-markierten Fischen und Imaging-Sonar untersucht.

Die Ergebnisse gehen direkt in die Fachberatung der BfG zum Bau von FAA ein, u.a. durch entsprechende Fachempfehlungen im WSV-Handbuch: „Ökologische Durchgängigkeit“.



Abbildung 116: Ethohydraulische Versuchsrinne (rechts) und Hälterungsbereich für die Fische (Mitte). © BAW

Publikationen zum Thema

- Heynen, M., Schütz, C. (2022, in Druck). Belastbare fischökologische Untersuchungsergebnisse vor dem Hintergrund großer natürlicher Variabilität. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hrsg.): Die Variabilität natürlicher Prozesse – Eine Herausforderung bei der Planung von Fischaufstiegsanlagen. 7. Kolloquium zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit der Bundeswasserstraßen am 18./19. November 2021
- PITSCH, M., HEIMANN, W., BURGHARDT, G., HEYNEN, M. (2021): Colour marking of small fish with a marking stand for Dermojet. *MethodsX* 8: 5
- SCHÜTZ, C., HENNING, M., CZERNY, R., HERBST, M., PITSCH, M. (2021): Addition of auxiliary discharge into a fishway – A contribution to fishway design at barrages of large rivers. *Ecological Engineering*, Volume 167, 106257
- SCHÜTZ, C., HENNING, M. (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. 50 – 53
- DETERT, M., SCHÜTZ, C., CZERNY, R. (2018): Development and Tests of a 3D Fish-Tracking Videometry System for an Experimental Flume. In *River Flow 2018 – Ninth International Conference on Fluvial Hydraulics E3S Web Conf.* p. 03018

Projektlaufzeit	01/2015 – 12/2023
Auftraggeber	BMDV
Projektpartner	Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Projekt-Nr.	M39630404133

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Cornelia Schütz
E-Mail: schuetz@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5021
Referat U4 – Tierökologie

4.1.10 Verhalten von Fischen beim Fischabstieg und Klassifizierung der Abwanderwege bei Abflussaufteilung

Fische, die im Fluss abwärts wandern, müssen Querbauwerke überwinden. Wir finden heraus, welche Wege sie an diesen Wehr- und Kraftwerksstandorten nutzen, um sie dort effektiv schützen und stromab leiten zu können.



Abbildung 117: Blankaale müssen auf ihrer Laichwanderung ins Meer viele Hindernisse in Bundeswasserstraßen überwinden.

© D. Ingendahl / BfG

Die ökologische Durchgängigkeit muss sowohl für aufwandernde als auch für abwandernde Fische hergestellt werden, um die Ziele des Wasserhaushaltsgesetzes zu erreichen. An Standorten mit mehreren Querbauwerken teilt sich der Fluss in der Regel in mehrere Abflussarme auf, die theoretisch zur Abwanderung genutzt werden können. Hier müssen Korridore geschaffen werden, über die Fische schadlos abwärts gelangen. Um diese effizient planen und umsetzen zu können, sind Kenntnisse darüber notwendig, welche Abwanderwege die Fische wählen und wie sie sich beim Abstieg verhalten.

Veranlassung

Anders als beim Fischaufstieg (DWA-Merkblatt 509) gibt es für den Fischabstieg noch keinen allgemein anerkannten Stand der Technik. Vor allem Abstieg über Wehre, Verhalten bei Abflussaufteilung und Abstieg potamodromer Arten sind nur wenig untersucht. Grundlegende Fragen, die

bei der Planung von Fischabstiegshilfen durch die WSV (z.B. bei Wehrersatzbauten) gestellt werden, müssen daher im Rahmen entsprechender Untersuchungen geklärt werden.

Im Fokus steht vor allem zwei Aspekte des Verhaltens der Fische:

1. Welche Abflussarme wählen die Fische, um ein Querbauwerk abwärts zu überwinden?
2. Wie muss eine Abstiegshilfe gestaltet werden, damit sie von den Fischen genutzt wird?

Ziele

- Identifikation der wichtigsten Abwanderkorridore eines Standorts (Parameter anhand der Modellierung von Abfluss-Szenarien ermitteln und durch telemetrische Studien mit Fischen verifizieren)
- Weiterentwicklung eines methodischen Ansatzes zur Klassifikation von Abstiegskorridoren an Stauanlagen in Bundeswasserstraßen unter Berücksichtigung biologischer Untersuchungen

- Vorgaben zur Positionierung und Gestaltung der Abstieghilfen aus Beobachtungen von Fischen direkt beim Abstieg (Anwendung unterschiedlicher Erfassungsmethoden) ableiten

Ergebnisse

In einer Pilotstudie wurden am Main 184 Aale, die in einem externen Projekt im Auftrag der Uniper Kraftwerke GmbH besendert worden waren, mit eigenen Hydrophonen beim Abstieg über das Querbauwerk Eddersheim aufgezeichnet. Sowohl das Wehr als auch das Kraftwerk wurden als Abstiegsweg genutzt, allerdings in unterschiedlicher Intensität.

In enger Zusammenarbeit mit der BAW wurde 2021 ein Tool zu Klassifikation von Abstiegskorridoren entwickelt, welches auf der Basis fisch-ökologischer Anforderungen die Auswirkungen von Wehrersatz- oder Sanierungsmaßnahmen auf den Fischabstieg analysiert. Die Ergebnisse gehen direkt in die Fachberatung der WSV, insbesondere bei der Planung von systemkritischen Wehranlagen, ein.

Seit März 2022 wird die Nutzung verschiedener vertikaler Wanderhorizonte am Wehr Unkelmühle/Sieg untersucht. Es werden alle absteigenden Fischarten aufgenommen, der Fokus der Auswertung liegt auf den potamodromen Arten.



Abbildung 118: Schlauchwehr in Bannetze an der Aller – Untersuchungsstandort für den Fischabstieg.

© S. Ludwig / Aller-Oker-Lachsgemeinschaft e.V.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Das Projekt „Erfassung absteigender Fische an der Wasserkraftanlage Unkelmühle“ wird bis Ende 2022 durchgeführt und anschließend ausgewertet. Die Ergebnisse werden in die Vorgaben zum Fischabstieg an Wehren der WSV einfließen und wissenschaftlich publiziert.

Nach Fertigstellung der aktuell in Planung befindlichen Pilotanlage Eddersheim sind weitere Versuche mit Fischen zur Abflussaufteilung (Telemetrie) bzw. Untersuchungen zum Abstiegsverhalten im Nahbereich (Imaging-Sonar) geplant. Der Zeitplan ist allerdings abhängig von der Fertigstellung des Bauvorhabens FAA Eddersheim.

Publikationen zum Thema

ZASCHKE, M., INGENDAHL, D., SCHOLTEN, M., WEICHERT, R., SCHMITT-HEIDERICH, P. (2021): Bewertung der Auswirkung baulicher und betrieblicher Maßnahmen an Stauanlagen auf den Fischabstieg. BAWEmpfehlung, Ausgabe 2021. https://henry.baw.de/bitstream/handle/20.500.11970/107569/BAWEmpfehlung_SMFTool_2021.pdf

INGENDAHL, D., HEERMANN, L., EMDE, S., STAAS, S., TEICHERT, M., BORCHERDING, J. (2021): Aalabwanderung an der Wasserkraftanlage Unkelmühle – zwei Methoden, ein Ergebnis? Wasserwirtschaft 9-10

Projektlaufzeit	01/2014 – 12/2030
Auftraggeber	BMDV
Projektpartner	Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Projekt-Nr.	M39630404140

Ansprechpartner der BfG

Dr. Detlev Ingendahl

E-Mail: Ingendahl@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5886

Referat U4 – Tierökologie

4.1.11 Zeitlich-räumliche Relevanz des Fischabstiegs über Wehre und Schädigungspotenzial verschiedener Wehrtypen

Abwandernde Fische überwinden in Bundeswasserstraßen zahlreiche Wehre. Dabei gibt es Risiken, sich zu verletzen oder gar zu sterben. Wir untersuchen, unter welchen Bedingungen die Fische schadlos und ohne Verzögerung Wehre passieren.



Abbildung 119: Fischabstieg über Wehranlagen – immer ungefährlich?

© D. Ingendahl / BfG

Fische wandern im Laufe ihres Lebenszyklus im Fluss sowohl aufwärts als auch abwärts. Beim Abstieg müssen sie an Stauanlagen regelmäßig auch Wehre überwinden. Der Fischabstieg über Wehre wird in der Regel als unproblematisch angesehen. Tatsächlich besitzen aber auch manche Wehranlagen und Wehrtypen – je nach Konstellation – das Potenzial, Fische beim Abstieg zu schädigen oder zu töten. Welche Anforderungen sind an einen schadlosen und verzögerungsfreien Fischabstieg über Wehranlagen zu stellen? Welche Faktoren bilden das größte Risiko?

Veranlassung

Um die Ziele des Wasserhaushaltsgesetzes zu erreichen, sind neben dem Fischauf- auch der Fischabstieg zu gewährleisten. Im Rahmen von Ersatz- oder Instandsetzungsmaßnahmen von Wehranlagen der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) ist daher auch der Fischabstieg zu beachten. Verschiedene Maßnahmen sind denkbar, um den Fischabstieg schadlos zu gestalten, wie Bypässe, Wehrumgestaltung oder gezielte Wehrsteuerung. Das Schädigungspotenzial verschiedener Wehrtypen unter verschiedenen

hydraulischen Szenarien muss dafür bekannt sein. Hier spielen Faktoren wie die Überfallhöhe, Aufreißer am Wehr, Tosbeckengestaltung und Wasserpolster beim Aufprall eine Rolle. Während für einige Faktoren bereits gute Literaturgrundlagen vorhanden sind, um Fachempfehlungen auszusprechen (z.B. Fische folgen i.d.R. der Hauptströmung), müssen andere noch gezielt untersucht werden (notwendige Überfallhöhen an der Wehrkante, ausreichende Dicke des Wasserpolsters im Unterwasser).

Ziele

- Schädigungspotenziale verschiedener Wehrtypen ermitteln und parametrisieren
- Auswirkung der Überfallhöhe auf den Fischabstieg ermitteln
- Beratungstool für WSV weiterentwickeln, um Relevanz Fischabstieg für konkrete Wehrplanungen zu ermitteln
- Maßnahmen erarbeiten, um Fischschädigungen beim Abstieg zu minimieren (betrieblich und baulich) und für die Fachberatung verfügbar machen (z.B. als Beitrag zum Handbuch „Ökologische Durchgängigkeit“ der WSV)

Ergebnisse

Die im Projekt „Klassifizierung der Wanderwege für den Fischabstieg“ erarbeitete Vorgehensweise wurde hier für die Ermittlung der Fischschädigung weiterentwickelt, indem Abflusszeitreihen und Abstiegswahrscheinlichkeiten (Wanderzeiträume) mit fischartspezifischen Anforderungen an Überfallhöhe und Wassertiefe im Unterwasser verknüpft wurden.

Daraus können für verschiedene Abflüsse standortbezogene Schädigungswahrscheinlichkeiten bestimmt werden. Die Methode wurde konkret bereits an Standorten am Main (Wehrsanierung) und an der Lahn (Wehrersatz systemkritischer Bauwerke) zur Planung des Fischabstiegs eingesetzt.

Eine Pilotstudie an einem Schlauchwehr zur Beobachtung des Fischabstiegs hat die Möglichkeit bestätigt, Imaging-Sonare zur Erfassung absteigender Fische im Freiland einzusetzen. Die mit dieser Methode gewonnenen Erkenntnisse werden in die Anpassung und Weiterentwicklung des SMF-Verfahrens einfließen (statistische Modellierung des Fischabstiegs an Stauanlagen).

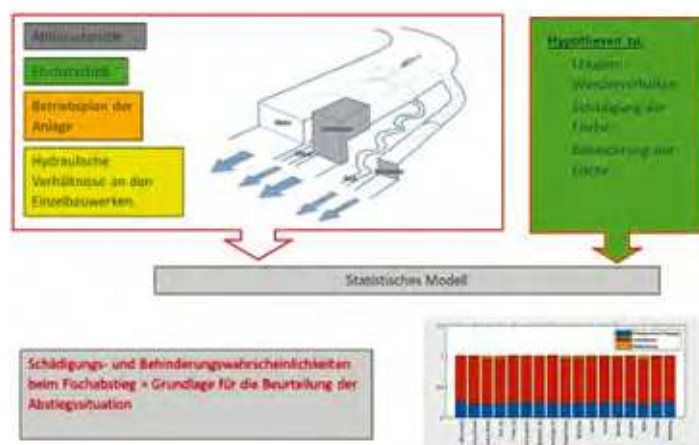


Abbildung 120: Schematische Darstellung möglicher Abstiegswege für Fische an Wehren in Bundeswasserstraßen sowie erforderlicher Eingangsgrößen für das SMF-Verfahren.

© M. Zschke / BAW

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Der Einsatz von Imaging-Sonaren an Wehrstandorten soll fortgeführt werden, um Erkenntnisse zum Verhalten und Abstieg von Fischen an Stauanlagen zu gewinnen.
- Das SMF-Verfahren wird bereits für die Beratung der WSV bei der Planung von Wehrsanierungen oder Wehrneubau eingesetzt, um den Bedarf für Fischschutz- und Abstiegsmaßnahmen am Standort einzuschätzen. Aufgrund der Erfahrungen aus der Beratung und von neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen soll das SMF-Verfahren gemeinsam mit der BAW weiterentwickelt werden.

Publikationen zum Thema

ZASCHKE, M., INGENDAHL, D., SCHOLTEN, M., WEICHERT, R., SCHMITT-HEIDERICH, P. (2021): Bewertung der Auswirkung baulicher und betrieblicher Maßnahmen an Stauanlagen auf den Fischabstieg. BAWEmpfehlung, Ausgabe 2021. https://henry.baw.de/bitstream/handle/20.500.11970/107569/BAWEmpfehlung_SMFTool_2021.pdf
BfG/BAW (2015): Stellungnahme zur Bewertung des Fischabstiegs für den Wehrneubau Obernau (Main). 49 S.

Projektlaufzeit	01/2014 – 12/2030
Auftraggeber	BMDV
Projektpartner	Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Projekt-Nr.	M39630404141

Ansprechpartner der BfG

Dr. Detlev Ingendahl
E-Mail: Ingendahl@bafg.de
Tel.: +49(0)261 1306 5886
Referat U4 – Tierökologie



5 Globaler Wandel und Klimawandel

Weltweit sind die Gesellschaften in vielen Lebensbereichen, wie Ernährung, Gesundheit, Haushalte, Energie, Industrie und Verkehr stark von Süßwasserökosystemen abhängig. 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 %). Sowohl anthropogene Einflüsse als auch der Klimawandel verändern den Wasserkreislauf nachhaltig und führen zu einer zeitlichen und räumlichen Umverteilung des Süßwasserdargebotes sowie zu Einbußen der Wasserqualität durch immer häufigere und intensivere Extremereignisse wie Hitzewellen, Dürren oder Starkregenfälle. Globaler Wandel in Form von zunehmender Landwirtschaft, Bevölkerungswachstum, Wirtschaftswachstum, zunehmender Flächenversiegelung und veränderten Konsumgewohnheiten mit Einfluss auf den Wasserge- und -verbrauch und die Wasserqualität führen zusammen mit den Auswirkungen des Klimawandels zu einem zunehmenden Wasserstress weltweit. 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. Neben den Bemühungen um die Erreichung der Ziele im Klimaschutz und in Bezug auf die Nachhaltigkeit muss es Ziel sein, die Klimaresilienz durch Innovationen im Umgang mit der Ressource „Wasser“ zu erhöhen. 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 Wandel (ICWRGC) die nachhaltige Entwicklung von Verkehr, Gewässerschutz und Wasserwirtschaft auf internationalem und nationalem Niveau. Operationell betreiben BfG und ICWRGC die internationalen Datenzentren für Abfluss (GRDC), Gewässergüte (GEMS/Water Data Centre) und seit neuestem das Internationale Bodenfeuchte-Netz-

werk (ISMN). Diese Datenzentren sind zentrale Anlaufstellen im Rahmen des globalen Klimamonitorings und die Grundlage einer Verwertungskette für Vorhersage- und Klimaprojektionsdienste und zahlreiche Forschungsaktivitäten. 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 Nexus“ mit aktuellen Schwerpunkten in Südafrika und Zentralasien. Auf nationaler Ebene betreibt die BfG im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel operationelle Vorhersage-, Prognose- und Projektionsdienste, deren Leistungen in vielen Bereichen nachgefragt werden. Es geht unter anderem um die Nutzung und ökologischen Funktionen der Bundeswasserstraßen unter Klimawandeleinfluss. Neben der Rolle der großen Flüsse als Verkehrsträger stehen die Lebensräume in und an den Flüssen und Küstengewässern im Fokus. Die erforderlichen Modelle zur Simulation von Verdunstung, Grundwasserneubildung, Abfluss, Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, Fest-, Nähr- und Schadstoffflüssen, Lebensräumen für Flora und Fauna und weiteren Größen werden in verschiedenen Forschungsprojekten entwickelt und stetig verbessert. Die Dienstleistungen werden nachgefragt durch die für das Umwelt- und Wassermanagement verantwortlichen Ministerien, Verwaltungseinheiten und Gremien des Bundes, der Bundes- und Nachbarländer, Universitäten und Forschungseinrichtungen, Vertreter der Wirtschaft, der Medien, der Kommunen und auch Bürger, die wegen der regionalen Auswirkungen des Klimawandels besorgt sind.

5.1 Drittmittel-finanzierte Gewässerforschung

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

Die Wechselwirkung zwischen Boden, Erosion, Sedimenttransport und Vegetation steuert die Reliefentwicklung entlang des bioklimatischen Gradienten der chilenischen Küstenkordillere.



Abbildung 122: Einfluss der Topografie auf die Vegetationsverbreitung in semiariden Gebieten in Chile.

© T. Hoffmann / BfG

Das Projekt zu den biogeomorphologischen Feedbacks ist in das interdisziplinäre, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Schwerpunktprogramm „EARTHSHAPE“ eingebunden und hat zum Ziel, die Interaktion zwischen Boden, Erosion, Sedimenttransport und Vegetation auf der Einzugsgebietssskala 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 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 Geomor-

phologie 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 verbessertes 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 zum Sedimenteintrag und dem Sedimenttransport in Flussgebieten und damit wichtige Erkenntnisse für das Sedimentmanagement liefern.

Ergebnisse

- Entgegen der oft beschriebenen negativen Korrelation zwischen Bedeckungsgrad und Nettoerosion wurde anhand einer Simulation gezeigt, dass eine sich entwickelnde Vegetationsdecke

unter bestimmten Umständen zur Erhöhung der Erosionsraten führen kann. Erst im Zusammenspiel zwischen Vegetation und allen Bodenparametern, die durch die Vegetation maßgeblich beeinflusst werden, entsteht eine Abnahme der Nettoerosion mit zunehmenden Bedeckungsgrad.

- Der Effekt von Vegetation auf den Sedimentaustrag aus einem Einzugsgebiet ist von mehreren Faktoren abhängig, u.a. der räumlichen Verteilung der Vegetation, der Veränderung bodenphysikalischer Parameter, welche durch das Vorhandensein von Pflanzen maßgeblich beeinflusst wird, und dem Bedeckungsgrad.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Auswertung von Sedimentproben zur Bestimmung bodenphysikalischer Parameter
- Bestimmung des Einflusses von Vegetation auf Bodeneigenschaften
- 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

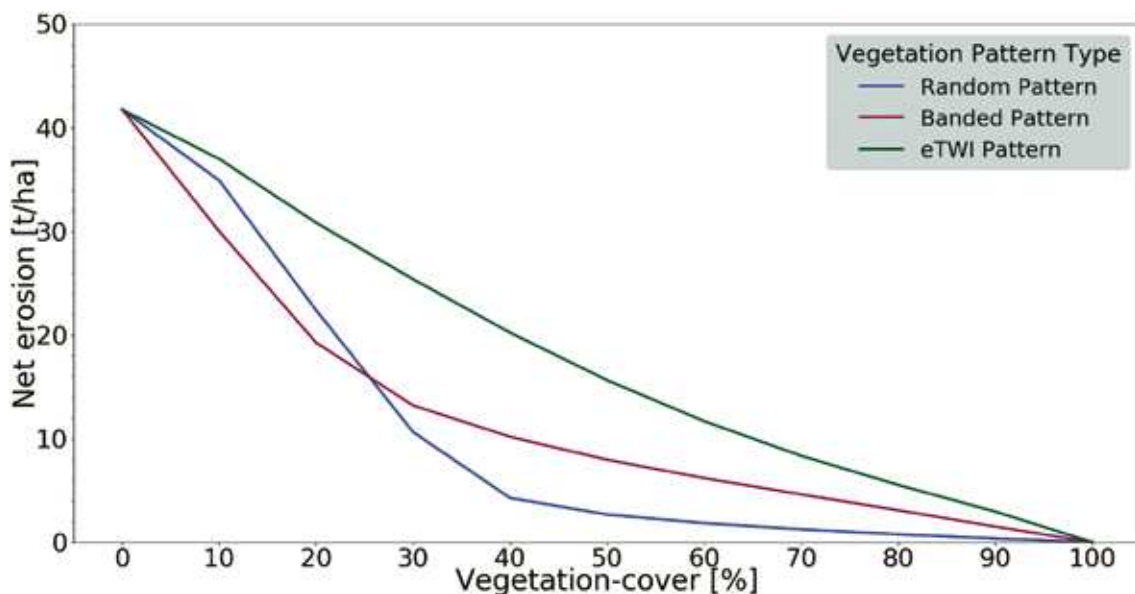


Abbildung 123: Abhängigkeit der Nettoerosion vom Bedeckungsgrad der Vegetation für unterschiedliche räumliche Muster der Vegetationsverteilung. © T. Hoffmann / BfG

Publikationen zum Thema

TERWEH, S., HASSAN, M. A., MAO, L., SCHROTT, L., HOFFMANN, T. O. (2021): Bioclimate affects hillslope and fluvial sediment grain size along the Chilean Coastal Cordillera. *Geomorphology*, 384. DOI: 10.1016/j.geomorph.2021.107700

KÜGLER, M. HOFFMANN, T. O., BEER, A. R., ÜBERNICKEL, K., EHLERS, T. A., SCHERLER, D., EICHEL, J. (2022): (LiDAR) 3D Point Clouds and Topographic Data from the Chilean Coastal Cordillera. V. 1.0. GFZ Data Services. <https://doi.org/10.5880/figeo.2022.002>

Projektlaufzeit	08/2019 – 07/2022
Fördermittelgeber	Deutsche Forschungsgemeinschaft
Projektpartner	Universität Utrecht, Physical Geography Universität Bonn, Geografisches Institut Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Geographie und Geoökologie Universidad de Concepcion, Chile, Facultad de Ciencias Forestales
Projekt-Nr.	M39610304093

Ansprechpartner der BfG

Dr. Thomas Hoffmann

E-Mail: Thomas.Hoffmann@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5592

Referat M3 – Gewässermorphologie, Sedimentdynamik und -management

5.1.2 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-Modells der Elbe von Tangermünde bis Geesthacht werden die Auswirkungen zukünftiger Schutzmaßnahmen länderübergreifend untersucht.

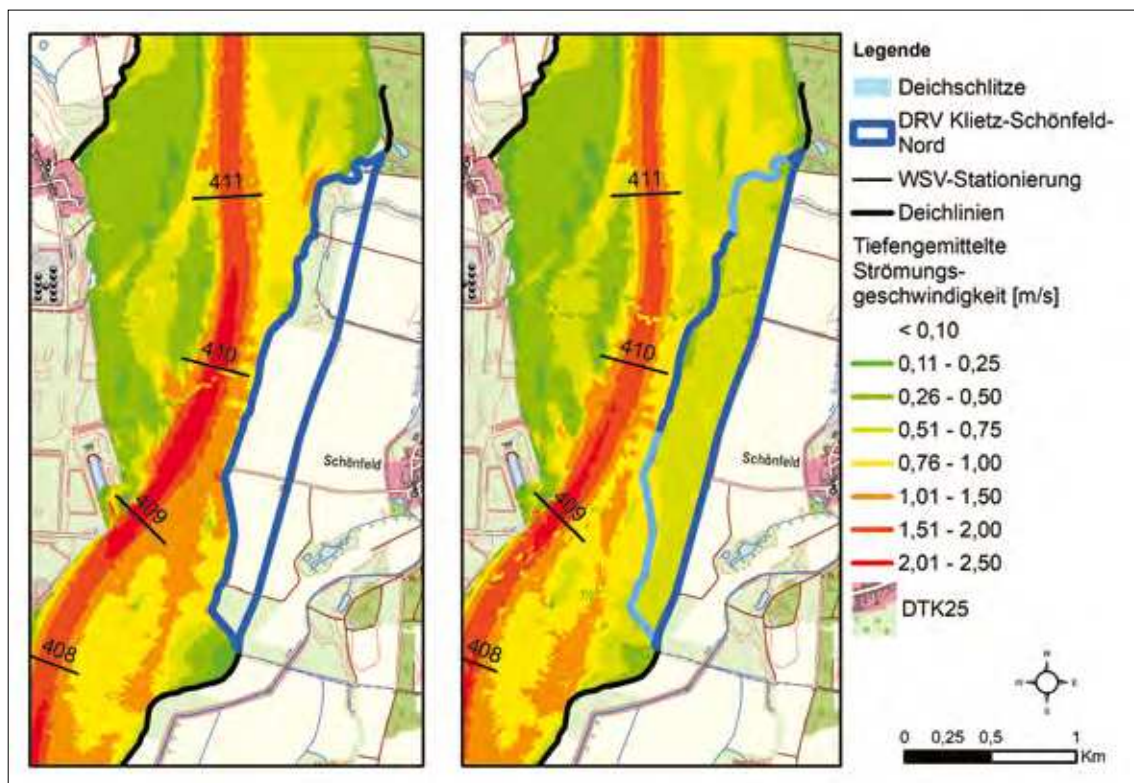


Abbildung 124: Ausschnitt des 2D-Modells im Bereich der zu untersuchenden Deichrückverlegung (DRV) Kietz-Schönfeld-Nord mit Darstellung tiefengemittelter Strömungsvektoren. Links: ohne DRV; Rechts: mit DRV

© BfG

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 zum Teil spürbar. Die Modellierung von unterschiedlichen vegetations- und topografie-

bezogenen 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-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen ein numerisches 2D-Modell der Elbe zwischen Wittenberge und Geesthacht erstellt und für Untersuchungen zur Wirkung abflussverbessernder Maßnahmen

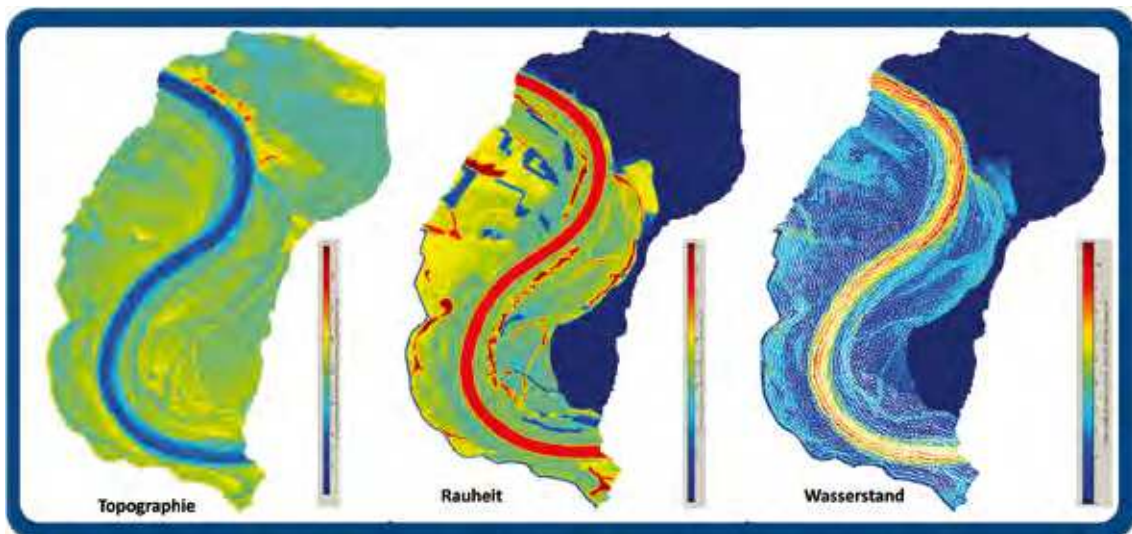


Abbildung 125: Ausschnitt des 2D-Modells der Elbe an der Wittenberge-Rühstädter Elbniederung.

© BfG

eingesetzt (Bericht BfG-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 (geplanten) 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 topografiebeeinflussenden und vegetationsbezogenen Maßnahmenoptionen, darunter Deichrückverlegungen, Gehölzrückschnitte und Bepflanzungen sowie die gesteuerte Flutung von Poldern, erfolgt mithilfe der Open-Source-Software Delft3D FM.

Ziele

Die hydraulische Modellierung spielt eine zentrale Rolle im Hinblick auf die Identifikation länderübergreifend abgestimmter Lösungen für den Hochwasserschutz an der Elbe und den Naturschutz in der Elbtalau. Das Ziel des Projektes ist es, die überregionalen Wirkungen zukünftiger Lösungsoptionen auf große Hochwasser an der Elbe zu beschreiben und bestmögliche Maßnahmenkombinationen zu identifizieren. Der Fokus liegt dabei auf der

- Untersuchung von abflussverbessernden (ungesteuerten) Maßnahmen (Deichrückverlegun-

gen, vegetationsbezogene Maßnahmen) und deren Kombinationen mit gesteuert eingesetzten Rückhalteräumen (Polder)

- 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 Fachcommunity 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.

Die Berechnung und Abstimmung von länderübergreifenden Wasserspiegellagen für häufige, mittlere und seltene Hochwasserereignisse sowie für den Bemessungsabfluss (Bericht BfG-2103) bilden den Referenzzustand und waren Grundlage für die Identifikation von Elbestrecken mit Freiborddefiziten. An diese schlossen sich hydraulische Berechnungen für etwa 50 Einzelmaßnahmen zur Wirksamkeit, d.h. ihre Auswirkungen auf die Wasserstände bei großen Hochwassern, an.

Die Einzelmaßnahmen sind in ausführlichen Steckbriefen dokumentiert, die Ergebnisse der Modellberechnungen in einem projektinternen Zwischenbericht.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Vor dem Hintergrund der identifizierten Freiborddefizite und in Kenntnis der jeweiligen Wirkung der Einzelmaßnahmen werden in der letzten Projektphase bis 2024 verschiedene geplante Maßnahmen im Projektgebiet in der Modellierung kombiniert und im Hinblick auf ihre großräumige, überregionale Wirksamkeit analysiert. Die Ergebnisse der im Jahr 2020 abgeschlossenen BfG-Projekte zum optimierten Einsatz der Havelpolder und des Stauregimes der Havel und Spree (Projekte für das Nationale Hochwasserschutzprogramm) sollen in diesen abschließenden Modellierungen ebenfalls berücksichtigt werden.

Darauf basierend können dann Empfehlungen zu länderübergreifend abgestimmten Lösungen für den Hochwasserschutz an der Elbe und den Naturschutz in der Elbtalaue entwickelt werden.

Publikationen zum Thema

PROMNY, M., HAMMER, M., HATZ, M., BUSCH, N. (2015): 2D-Modellierung an der unteren Mittelelbe zwischen Wittenberge und Geesthacht – Beschreibung der Strömungsverhältnisse und Wirkung von abflussverbessernden Maßnahmen auf Hochwasser der Elbe. Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde BfG-1848, Koblenz. URL: <http://doi.bafg.de/BfG/2015/BfG-1848.pdf>

HATZ, M., SCHRAMM, W. (2021): Einheitliche Grundlage für die Festlegung der Bemessungswasserspiegellagen der Elbe auf der freifließenden Strecke in Deutschland (2021). Synthesebericht über die Schlussfolgerungen und Festlegungen aus dem FGG-BfG-Projekt „Homogenisierung der langen HQ-Reihen an der Elbe“. Bundesanstalt für Gewässerkunde. BfG-2103, Koblenz. URL: <https://doi.bafg.de/BfG/2022/BfG-2103.pdf>

Projektlaufzeit	09/2016 – 02/2024
Fördermittelgeber	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt des Landes Mecklenburg-Vorpommern Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein Ministerium für Wissenschaft, Energie, Klimaschutz und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg
Projekt-Nr.	M39610204054

Ansprechpartner der BfG

Dr. Markus Promny

E-Mail: promny@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5028

M2 – Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

5.1.3 TRACE – Eingangsgrößen für Transportmodelle zur Vorhersage der Ausbreitung von radioaktiven Stoffen in großen Fließgewässern

Mit der Durchführung von Dispersionsversuchen in TRACE werden flusspezifische Fließzeiten und Dispersionen bestimmt, um die Grundlage für die Kalibrierung und Validierung von Ausbreitungsmodellen zu schaffen.

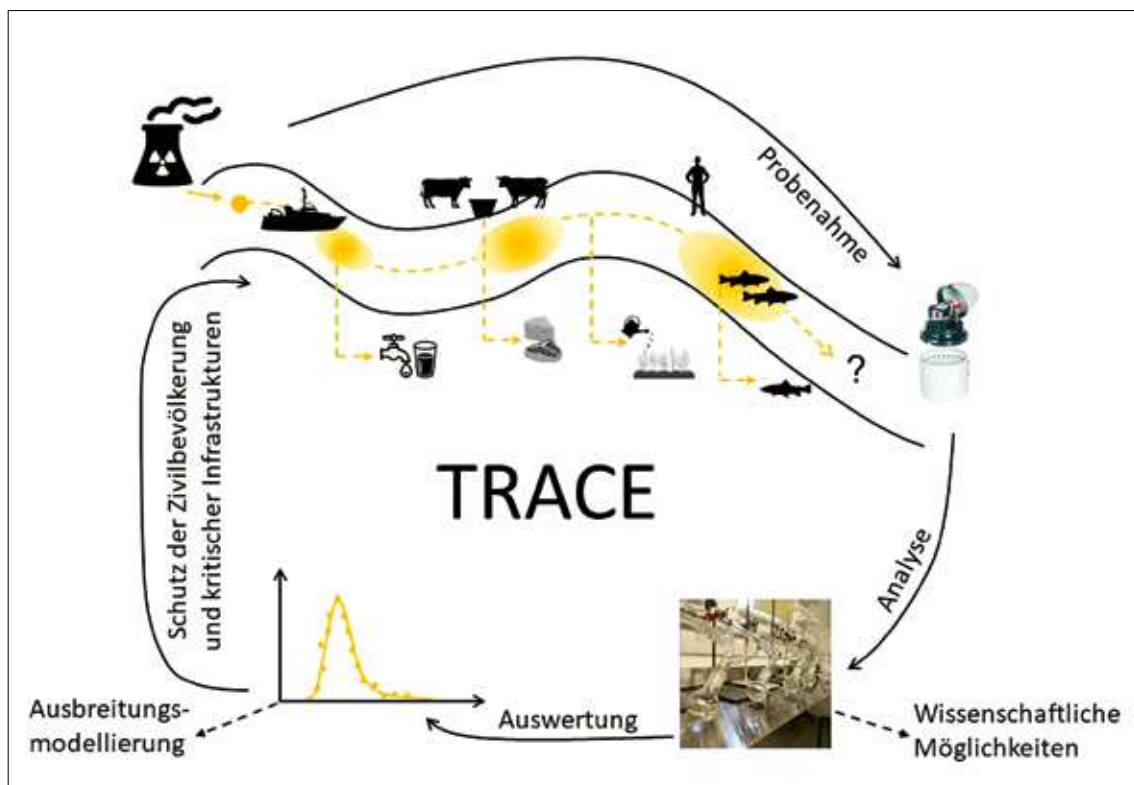


Abbildung 126: Workflow des Projektes TRACE.

© R. Völpe / BfG

Infolge einer unfallbedingten Freisetzung von radioaktiven Stoffen in das angrenzende Flusswasser ergeben sich etliche Expositionspfade, die zu einer äußeren und inneren Strahlenbelastung des Menschen führen können. Um die zivile Bevölkerung und kritischen Infrastrukturen rechtzeitig zu schützen, liefern Ausbreitungsmodelle entsprechende Informationen. Die Zuverlässigkeit dieser Modelle bedarf allerdings einer Kalibrierung und Validierung anhand von Messdaten mit geringen Unsicherheiten. Diese Daten werden in Dispersionsversuchen erhoben. Sie wirken somit den Defiziten im Bereich der Ausbreitungsmodellierung entgegen.

Veranlassung

Für eine belastbare Prognose des Stofftransportes und damit verbunden der Konzentrationserhöhungen und -durchgänge ist die möglichst genaue Kenntnis bestimmter, den Ausbreitungsmodellen zugrundeliegende Parameter der betroffenen Flusssysteme zwingend erforderlich. Ihre Bestimmung stellt jedoch eine große Herausforderung dar, denn die Beschreibung der Dispersionsprozesse in einem Fluss ist hochkomplex, direkt abhängig von der jeweiligen Flussmorphologie sowie von den sich ändernden hydrologischen Randbedingungen. Empirisch abgeschätzte Dispersionskoeffizienten bilden diese Prozesse oftmals nur unzureichend ab.

Durch die Durchführung von Dispersionsversuchen unter Verwendung des nahezu idealen Tracers Tritium werden Daten erhoben, die eine Bestimmung der flussspezifischen Fließzeiten und Dispersionen erlauben und eine mittelfristige Optimierung der Modelle ermöglichen. Damit schafft TRACE langfristig zusätzliches Wissen zum Schutz von Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser sowie von deren assoziierten Lebensräumen und -gemeinschaften.

Ziele

- Durchführung von Dispersionsversuchen an Weser, Ems, Neckar und Isar/Donau mit Tritium als Tracer
- Suche/Prüfung alternativer Tracer, z.B. anthropogen eingetragene Spurenstoffe
- Entwicklung und Validierung der elektrolytischen Anreicherungsanlage und Tritiumanalytik
- Bestimmung von Fließzeiten und Dispersion
- Validierung möglicher alternativer Tracer
- mittelfristige Kalibrierung und Validierung der Ausbreitungsmodelle

Ausblick auf die nächsten Jahre

Das für die Dispersionsversuche verwendete Tritium wird routinemäßig durch Kernkraftwerke eingeleitet. Aufgrund der geplanten Abschaltung der deutschen Kernkraftwerke bis Ende 2022 muss demnach die Durchführung der Versuche zeitnah abgeschlossen werden. Parallel wird für die genaue Bestimmung der Tritiumaktivitätskonzentrationen eine Anreicherungsanlage weiterentwickelt, sodass ein hoher Anreicherungsgrad erreicht wird. Die Analyse der Proben sowie Auswertung der Daten erfolgt im zweiten Projektjahr.

Projektlaufzeit 04/2022 – 03/2024
Fördermittelgeber BMBF
Projekt-Nr. M39620404015

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Rike Vöpel

E-Mail: voepel@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5933

Referat G4 – Radiologie und Gewässermonitoring

5.1.4 FRIEND-Water – Flow Regimes from International Experimental and Network Data

Das UNESCO FRIEND-Water Programm beschleunigt, teilt und transferiert Wissen und Innovationen in der Hydrologie in der ganzen Welt im Rahmen des Intergovernmental Hydrological Programme der UNESCO (IHP).



Abbildung 127: Übersichtskarte über die verschiedenen FRIEND-Water Regionen.

© UNESCO-IHP

FRIEND-Water ist ein Flagship-Programm des UNESCO-IHP und steht für „Flow Regimes from International Experimental and Network Data“. Es ist ein internationales Forschungsprogramm, das den Aufbau regionaler Netzwerke zur Analyse hydrologischer Daten unterstützt.

FRIEND-Water trägt zu den Themen Klimawandel, Risikoanalyse, Entscheidungsfindung und Anpassung in Flusseinzugsgebieten bei und ist hier an der Schnittstelle zwischen hydrologischer Grundlagenforschung und operationeller Hydrologie angesiedelt. Das FRIEND-Water Programme (FWP) ist in verschiedenen Regionen aktiv. Das ICWRGC hat die Koordinierung von EURO-FRIEND im Januar 2022 übernommen (Abb. 127).

Veranlassung

FRIEND-Water wurde bereits 1985 gegründet und während der 25. IHP-Ratssitzung im April 2022 auch für die neunte Phase des IHP mandatiert. Am ICWRGC ist die regionale Koordination von EURO-FRIEND seit dem 1.1.2022 angesiedelt. Aber bereits zuvor hat das deutsche IHP/

HWRP-Nationalkomitee diese Initiative langfristig unterstützt. Steuerungsgruppe des FWP ist das FRIEND-Water Intergroup Coordination Committee (FIGCC), das aus den verschiedenen regionalen Koordinatoren/-innen unter Vorsitz des UNESCO-IHP-Sekretariats zusammengesetzt ist. Das Sekretariat des FWP wird durch das UNESCO Centre ICIREWARD in Montpellier geführt.

Im Rahmen dieser Aufgabe am ICWRGC wird auch das Sekretariat der deutschen IHP/HWRP-Arbeitsgruppe „FRIEND/ERB“ geführt.

Ziele

- Das FWP unterstützt IHP IX, v.a. im Schwerpunktbereich 3 „Bridging the data knowledge gaps“.
- EURO-FRIEND engagiert sich wissenschaftlich in den beiden Projekten (P2) „Low Flow and Drought“ sowie (P3) „Large-scale variations in hydrological characteristics“.
- In den Projekten wird fachlicher Austausch befördert, z.B. durch die Organisation von Sessions bei EGU, IAHS-Konferenzen oder die Veranstaltung von Workshop-Serien.

- Kooperation mit ERB (Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins): Zusammenschluss von 22 europäischen Ländern, die langfristig gut instrumentierte Versuchs- und Repräsentativbecken für die hydrologische und Umweltforschung betreiben

Ergebnisse

Bereits in der Vergangenheit wurden zwei zentrale wissenschaftliche Konferenzen des FWP finanziell und inhaltlich unterstützt:

- 4th FRIEND/IAHS International Conference on the Hydrology of African Large River Basins, Cotonou, Benin, November 16 – 20, 2021
- 8th Global FRIEND-Water Conference „Hydrological Processes and Water Security in a Changing World“, Beijing, China, November 6 – 9, 2018

Die EURO-FRIEND-Gruppen organisieren jedes Jahr Sitzungen auf der EGU, z.B. 2022 über:

- „Hydrological extremes: from droughts to floods“ (HS2.4.4) oder
- „Understanding the links between hydrological variability and internal/natural climate variability“ (HS2.4.1)

In Projekt 3 findet 2022 eine monatliche Workshop-Serie mit ausgewählten Beiträgen zu „Large-scale variations in hydrological characteristics“ statt: <https://www.waterandchange.org/euro-friend-p3-workshop-2022/>.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Koorganisation der Global FRIEND-Water 2023 International Conference „Addressing Unsolved Problems in Hydrology for a Water-Secure World in a Changing Environment“, Dakar, Senegal
- Ausbau der Unterstützung laufender EURO-FRIEND-Projekte
- Förderung von Open Scientific Knowledge, insbesondere Interoperabilität und Reproduzierbarkeit in Aus- und Fortbildung
- Reduzierung der Informations-/Werkzeuglücke zwischen Wasserwissenschaft und operationeller Hydrologie, z.B. mit der WMO
- Unterstützung der weltweiten CAMELS-Initiativen (Catchment attributes and meteorology for large-sample studies)

Publikationen zum Thema

MAHE et al. (2021): The UNESCO FRIEND-Water program: accelerates, shares and transfers knowledge and innovation in hydrology across the world in the frame of the Intergovernmental Hydrological Program (IHP), <https://piahs.copernicus.org/articles/384/5/2021/>

Projektlaufzeit	Seit 01/2022
Fördermittelgeber	Deutsches IHP/HWRP-Nationalkomitee
Projekt-Nr.	M39600204203

Ansprechpartner der BfG

Dr. Stephan Dietrich

E-Mail: Dietrich@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5059

ICWRGC – Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel

5.1.5 Co-MICC – 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

Das offene Wissens- und Datenportal zu den Gefahren des Klimawandels für Süßwasser für Entscheidungsträger und Unternehmen

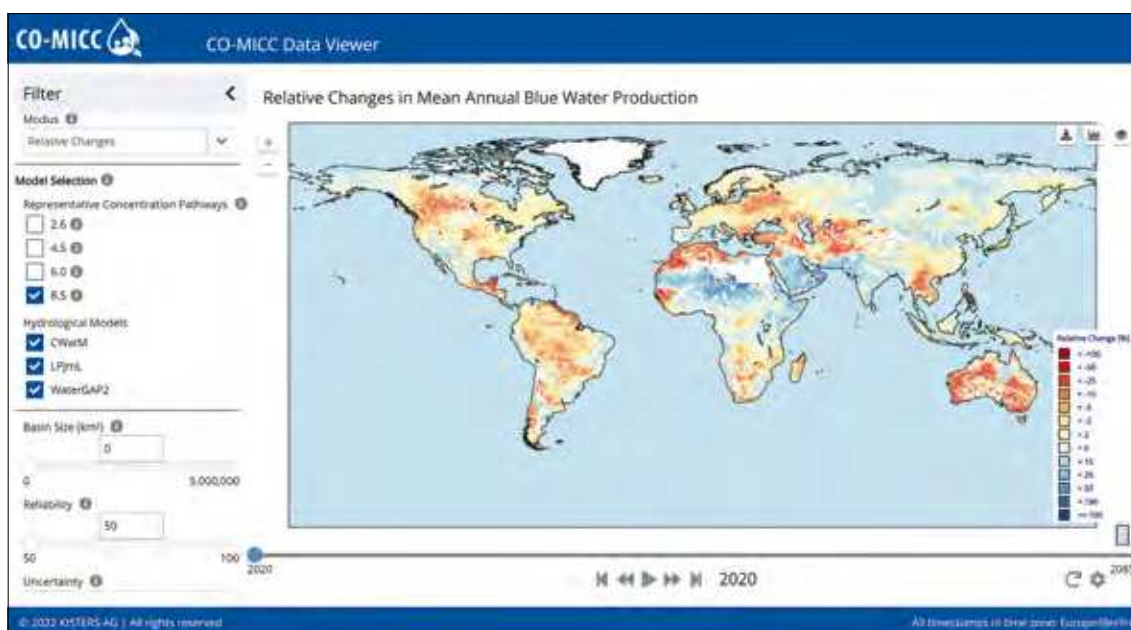


Abbildung 128: Das CO-MICC-Portal stellt Informationen von Multimodell-Ensembles zur Quantifizierung zukünftiger Änderungen von Klimawandel-Risiken bereit. © ICWRGC

Entwicklung und Pilotbetrieb eines Wissens- und Datenportals zu frischwasserbezogenen Gefahren des Klimawandels im Rahmen des BMBF-finanzierten Drittmittelprojekts (JPI Climate, ERA4CS 2018–2021). Der entwickelte Pilot-Klimadienst richtet sich an Wissenschaftler, Beratungsfirmen und Behörden und wird nach Projektabschluss während eines Übergangszeitraums von drei Jahren durch BfG/ICWRGC weiterbetrieben. Ziel ist ein langfristiger operationeller Dienst.

Veranlassung

Der Pilotklimaservice wurde im Rahmen des CO-MICC-Projekts (Projekt Nr. 863633) als Beitrag zu ERA4CS (JPI Climate mit Kofinanzierung durch die Europäische Union und das österreichische Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft) entwickelt. Der Dienst richtet sich an grenzüberschreitende Organisationen und Interessenvertreter, die auf verschiedenen räumlichen Skalen (global, grenzüberschreitende Region, Flusseinzugsgebiet) agieren.

Ziele

- gemeinsam mit Interessengruppen aus dem Wassersektor entwickeln (partizipative Workshops)
- globale Abdeckung
- gemeinsamer Modellierungsrahmen auf der Grundlage der ISIMIP-Initiative
- verbesserte Darstellung von Unsicherheiten im Zusammenhang mit Modellprojektionen
- PUNI-Methoden zur Nutzung von Daten auf verschiedenen räumlichen Ebenen (einschließlich der lokalen Ebene)
- basiert auf den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen über die Auswirkungen des Klimawandels
- Informationen auf globaler Ebene für regionale Risikobewertungen des Klimawandels

Ergebnisse

- Das Portal stellt Informationen von Multimodell-Ensembles zur Quantifizierung zukünftiger Änderungen von Klimawandel-Risiken bereit. Solche Ensembles wurden im Zuge der Arbeiten zur Initiative „Inter-Sectoral Impact Model Inter-comparison Project“ (ISIMIP) generiert, wofür eine Reihe von Klimamodellen als Input diverser globaler hydrologischer Modelle genutzt wurden.

- Dies wird als Information genutzt, um die Unsicherheiten von Klimaprojektionen zu quantifizieren. Der Umgang mit Unsicherheiten ist für Entscheidungsträger aber nach wie vor schwierig. Wichtigstes Ziel ist es, die unsicheren Modellierungsergebnisse in Wert zu setzen und geeignete Indikatoren für den Klimawandel und damit verbundenen Süßwasserrisiken bereitzustellen.
- Methoden, die gemeinsam mit Interessengruppen entwickelt wurden, um die Multimodell-Ensemble-Daten für die Bewertung von Risiken und Anpassungen an den Klimawandel bereitzustellen und zu nutzen.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Pilotbetrieb des CO-MICC Datenportals. Dieses wurde in einem BMBF-finanzierten Drittmittelprojekt (JPI Climate, ERA4CS 2018–2021) entwickelt und soll als Pilot-Klimadienst für Wissenschaftler, Beratungsfirmen und Behörden während eines Übergangszeitraums von drei Jahren betrieben werden. In diesem Zeitraum werden Lösungen für eine Weiterentwicklung und dauerhaften Betrieb sondiert.

Projektlaufzeit

07/2021 – 06/2025

Fördermittelgeber

BMBF

Projektpartner

Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Physische Geographie

International Institute for Applied Systems Analysis

Kisters AG

Le Mans Université, CNRS Joint Research Unit “Space and Society”

National Center for Scientific Research, Laboratoire de Météorologie

Dynamique du CNRS

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.

Projekt-Nr.

M39600204016

Ansprechpartner der BfG

Dr. Stephan Dietrich

E-Mail: dietrich@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5059

ICWRGC – Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel

5.1.6 GlobeWQ – Global Water Quality Analysis and Service Platform

Pilotprojekt zur Erstellung einer Analyse- und Service-Plattform für globale Wasserqualität

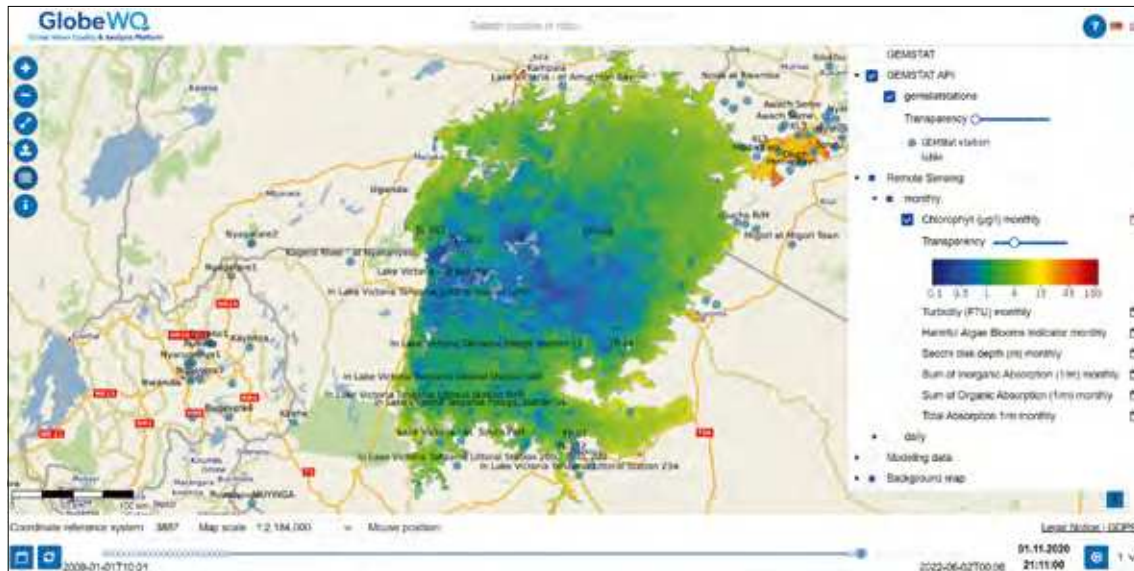


Abbildung 129: GlobeWQ Pilot „Global Water Quality Analysis and Service Platform“ für den Viktoria-See.

© <https://portal.globewq.info/>

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, deren 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 – in beispielhafter Weise – Anwendung einer integrierten und skalenübergreifenden Analyse- und Evaluierungsmethodik für Wasserqualität von Oberflächen- und Grundwasser
- Bereitstellung neuartiger Datensynthese von in situ gemessenen, modellierten und satellitengestützten Informationen
- Identifizierung existierender und sich entwickelnder Bedrohungen für die Wassersicherheit mit Fokus auf Wasserqualität

Ergebnisse

Das Projekt GlobeWQ entwickelt eine Informationsplattform mit dem Ziel, In-situ-Messdaten mit Beobachtungen aus der Fernerkundung und Computermodellen zur Simulation der Wasserqualität zu verknüpfen. Dadurch können Schwächen der einzelnen Methoden ausgeglichen werden, und es entsteht ein besseres, robusteres Bild des Zustands der Wasserqualität und deren Einflussfaktoren. GlobeWQ unterstützt die Aktivitäten der World Water Quality Alliance and trägt mit Datenprodukten (global und regional) zum World Water Quality Assessment bei.

Die GlobeWQ-Plattform befindet sich in Entwicklung. Derzeit (Stand Mai 2022) sind zwei regionale Testversionen (Victoriasee und Sevansee) verfügbar (<https://www.globewq.info/platform.html>).

Die regionalen Fallstudien orientieren sich am regionalen Informationsbedarf. Die Datenprodukte werden mit den Nutzern abgestimmt.

Für den Victoriasee zum Beispiel besteht Bedarf (ausgehend von der Bedarfsanalyse mit regionalen Stakeholdern) an möglichst aktuellen Informationen zu Algenblüten für den gesamten See. Hierfür werden Satellitendaten genutzt. Die Fernerkundungsdatenprodukte werden via Schnittstelle bei jedem Satellitenüberflug auf die Plattform eingespielt.

Derzeit befindet sich die Veröffentlichung der globalen modellbasierten Wasserqualitätsanalyse



Abbildung 130: Integration von In-situ-Daten, Fernerkundung und Modellierung in GlobeWQ.

© <http://www.globewq.info/>

von 1990 bis 2017 in Vorbereitung. Diese werden insbesondere das World Water Quality Assessment unterstützen. Neben Victoriasee und Sevansee wird eine weitere Fallstudie – das Einzugsgebiet der Elbe – bearbeitet. Für die die Elbe-Fallstudie fand im November 2021 ein virtueller Workshop mit der FGG Elbe statt. Hier wurden verschiedene Anknüpfungspunkte für GlobeWQ an die bestehenden Monitoringprogramme diskutiert, die in der Nachbereitung des Workshops konkretisiert und priorisiert wurden. Der Workshop hat gezeigt, dass eine geringe Akzeptanz bei der Nutzung von Modellergebnissen als Methode zur Bewertung der Wasserqualität vorherrscht.

Der Plan sieht vor, die Anwendung von Fernerkundung zum Gewässermonitoring auszubauen und insbesondere das In-situ-Monitoring während Niedrigwasserphasen zu unterstützen. Hierbei werden zunächst historische Daten ausgewertet. In Planung ist ebenfalls, Langzeittrends der saisonalen Muster auszuwerten, um so die Bewertung der Wirksamkeit von Maßnahmen, insbesondere zur Verminderung der Nährstoffeinträge, zu unterstützen.

Projektlaufzeit 01/2019 – 12/2022
Fördermittelgeber BMBF
Projektpartner Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH
Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Ingenieurhydrologie und
Wasserwirtschaft
EOMAP GmbH & Co. KG
Terrestris GmbH & Co. KG
UN Environment Programme
Umweltbundesamt
European Environment Agency
Projekt-Nr. M39600204504

Ansprechpartner der BfG

Philipp Saile

E-Mail: saile@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5305

ICWRGC – Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel

5.1.7 MedECC – Mediterranean Experts on Climate and environmental Change

Risiken im Zusammenhang mit Klima- und Umweltänderungen im Mittelmeerraum

Die Initiative „Mediterranean Experts on Climate and Environmental Change“ (MedECC) setzt sich dafür ein, dass die mit Umwelt- und Klimawandel verbundenen Risiken im Mittelmeerraum transparent und wissenschaftlich dargestellt werden und somit als Grundlage für die politische Entscheidungsbildung dienen. Das MedECC-Netzwerk besteht aus mehr als 600 Wissenschaftlern aus 35 Ländern und arbeitet vergleichbar wie das IPCC.

Veranlassung

- MedECC wurde 2021 als Mitglied der Mediterranean Commission for Sustainable Development aufgenommen, einem Multi-Stakeholder-Beratungsgremium der Vertragsparteien des Übereinkommens von Barcelona, unter der Schirmherrschaft von UNEP/MAP.
- MedECC trägt zur Leitinitiative für die „Mediterranean Strategy for Sustainable Development“ (Mittelmeerstrategie für nachhaltige Entwicklung) bei, genauer zu Ziel 4 (Bewältigung des Klimawandels als vorrangige Aufgabe für den Mittelmeerraum). Das ICWRGC ist aktiv in diese Initiative eingebunden.
- Frau Dr. Marianela Fader ist Mitglied der Lenkungsgruppe, Leitautorin der MedECC-Publikationen im Bereich Wasser und Betreuerin von Bildungsaktivitäten (hauptsächlich Masterarbeiten zu Themenbereichen, die für die Initiative von Interesse sind).



Abbildung 131: Der erste MedECC-Bewertungsbericht für den Mittelmeerraum (MAR1) wurde im November 2020 veröffentlicht. © medecc.org

Ziele

- Der erste Bewertungsbericht für den Mittelmeerraum (MAR1) wird von dem unabhängigen Netzwerk von Mittelmeerexperten für Klima- und Umweltveränderungen (MedECC) erstellt.
- In dem Bericht werden die besten verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse über Klima- und Umweltveränderungen und die damit verbundenen Risiken im Mittelmeerraum bewertet, um sie politischen Entscheidungsträgern, Interessengruppen und Bürgern zugänglich zu machen.
- MedECC will dazu beitragen, die Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik weiter zu entwickeln.

Ergebnisse

- MedECC hat den ersten Bewertungsbericht für den Mittelmeerraum (MAR1) im November 2020 veröffentlicht. Der Report ist in mehreren Sprachen erhältlich und es gibt eine Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger, die die Kernaussagen des MAR1 enthält.
- Dafür hat MedECC den Nord-Süd-Preis 2020 des Europarates erhalten.
- MedECC empfiehlt „die Einrichtung eines regionalen Schnittstellenmechanismus zwischen Wissenschaft und Politik (...) mit dem Ziel der Erstellung konsolidierter, regionaler, wissenschaftlicher Beurteilungen und Beratung zu Klimawandeltrends, -folgen sowie Anpassungs- und Risikominderungsoptionen“.
- Plan Bleu, bei dem das MedECC-Sekretariat untergebracht ist, ist für den Zeitraum 2022 – 2026 als Mitglied des European Topic Centre on Climate Change Adaptation aufgenommen worden.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- MedECC wird in erster Linie dazu beitragen, indem es eine Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Politik weiterentwickelt und Fallstudien zur Klima-ADAPT-Plattform beisteuert.
- MedECC wird weiterhin arbeiten und Sonderberichte zu folgenden Themen erstellen:
a) Risiken in Küstengebieten; b) Der Klima-Wasser-Energie-Nahrung-Ökosystem-Nexus; und c) Umweltwandel, Konflikte und Migration.
- Das ICWRGC wird hier die Arbeiten von Frau Prof. Dr. Fader mit seinen Möglichkeiten unterstützen. Sie wird die Arbeiten an der LMU München weiterführen.

Publikationen zum Thema

CRAMER, W., GUIOT, J., MARINI, K. (Hrsg) (2020): Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report. Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France. DOI 10.5281/zenodo.4768833

CRAMER, W., GUIOT, J., FADER, M. et al. (2018): Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. Nature Clim Change 8, 972 – 980. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2>

Projektlaufzeit	11/2016 – 06/2022
Fördermittelgeber	Bottom-up-Initiative
Projektpartner	Ludwig-Maximilians-Universität München, Lehrstuhl Physische Geographie und Nexus-Forschung
Projekt-Nr.	M39600204122

Ansprechpartner der BfG

Harald Köthe

E-Mail icwrgc@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5421

ICWRGC – Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel

5.1.8 SASSCAL PhD Programme – The Southern African Science Service Centre for Climate Change and Adaptive Land Management

Das ICWRGC baut zusammen mit der der Namibian University of Science and Technology ein Graduiertenprogramm „Integrated Water Resources Management (IWRM)“ im Rahmen von SASSCAL auf.



Abbildung 132: Veranstaltung zum Start des SGSP-Programms an der NUST.

© ICWRGC & NUST

Das BMBF-geförderte Southern African Science Service Centre for Climate Change and Adaptive Land Management (SASSCAL) hat das Graduate Studies Programme in Integrated Water Resources Management (SGSP-IWRM) eingerichtet, um die Forschungsagenda von SASSCAL und den Bedarf des regionalen Wassersektors an Wasserexperten/innen zu unterstützen.

Das Programm wird von der Namibian University of Science and Technology (NUST) gemeinsam mit dem ICWRGC durchgeführt. Das Programm wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und umfasst 15 Promotionsstudierende.

Veranlassung

Das übergeordnete Ziel des BMBF-geförderten SASSCAL-Graduiertenprogramms SGSP-IWRM ist die Entwicklung innovativer, exzellenter und kooperativer Bildung und Forschung auf Doktoranden-Ebene, ergänzt durch maßgeschneiderte Trainingsprogramme für Entscheidungsträger und Industrie. Die Rolle des ICWRGC liegt speziell in der Stärkung von Forschung, Lehre und Betreuung von Studierenden.

- Das ICWRGC wirkt aktiv an dem Entwurf des Ausbildungsprogrammes und der Forschungsthemen mit.
- Das ICWRGC agiert als Drehpunkt für anvisierte Studienaufenthalte (ca. 3 Monate) der Doktoranden in Deutschland und unterstützt die Zusammenarbeit im Forschungsnetzwerk Deutschland aktiv, d.h. beispielsweise Vermittlung von Co-Betreuungen in deutschen Forschungseinrichtungen für die Doktoranden.
- Weiterhin sollen gemeinsame Workshops mit den in Deutschland befindlichen Doktoranden organisiert werden.
- Die erforderliche personelle Ressource in Form einer Postdoc-Stelle wird durch SASSCAL am ICWRGC für 3,5 Jahre finanziert.

Ziele

- Das ICWRGC wirkt aktiv an Entwurf des Ausbildungsprogramms und der Forschungsthemen mit.
- Die Zusammenarbeit mit hydrologischen Diensten und wissenschaftlichen Partnern in Afrika wird gefördert und die Datenakquise für die Weltwasserdatenzentren des Global Terrestrial Networks – Hydrology (GTN-H) unterstützt.
- Zusammenarbeit in der Wasserforschung in Deutschland im Allgemeinen stärken
- direkte Unterstützung der Ziele von WMO, UNESCO und des Umweltprogramms der Vereinten Nationen in den Bereichen Kapazitätsförderung sowie internationaler Wissens- und Datenaustausch

Ergebnisse

- Der eigens für das SGSP-Programm eingerichtete Akademische und Wissenschaftliche Beratungsausschuss wählte 15 Doktoranden aus Namibia, Südafrika, Sambia, Botsuana und Angola.
- Die Promotionsstipendien wurden bei der Auftaktveranstaltung des Programms am 7. April 2022 vergeben.

- Das akademische Curriculum für IWRM-Blockkurse wird derzeit entwickelt.
- Der Wissenschaftsplan für das SGSP-Programm wurde fertiggestellt und die wissenschaftlichen Lehrstühle werden neu besetzt.
- Nationale, regionale und deutsche Doktorväter wurden identifiziert, und das Verfahren zur Zusammenführung von Studierenden und Zweitbetreuern ist im Gange.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Der akademische Lehrplan für IWRM-Blockkurse wird derzeit entwickelt und anschließend umgesetzt.
- Das ICWRGC wird den deutschen Mobilitätsplan fertigstellen und die Studenten werden Deutschland in der zweiten Hälfte des Jahres 2023 besuchen.
- Das ICWRGC wird sich an der Lehre der IWRM-Kurse beteiligen.
- Das ICWRGC wird bei der Entwicklung von Kurskursen helfen.
- Das ICWRGC wird das SGSP-Programm in Deutschland und darüber hinaus bekannt machen.

Projektlaufzeit 01/2021 – 12/2024
Fördermittelgeber BMBF
Projekt-Nr. M39600204502

Ansprechpartnerin der BfG

Dr. Luna Bharati

E-Mail: bharati@bafg.de

Tel.: +49(0)261 1306 5881

ICWRGC – Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel

Abkürzungsverzeichnis

ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler
AIS	Automatic Identification System
ANN	Artificial Neural Networks
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BIM	Building Information Modelling
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BLANO	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Nord- und Ostsee
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BQE	Biologische Qualitätselemente
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
CO ₂	Kohlendioxid
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DGM-W	Digitales Geländemodell des Wasserlaufes
DNA	Desoxyribonukleinsäure
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
DWD	Deutscher Wetterdienst
EG	Europäische Gemeinschaft
EGU	European Geosciences Union
ELAM	Eulerian-Lagrangian-Agent Method
ERB	Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins
ESA	European Space Agency
EU	Europäische Union
EU-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
FAA	Fischaufstiegsanlage
FFH	Flora-Fauna-Habitat
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
FRIEND	Flow Regimes from International Experimental and Network Data
FuE	Forschung und Entwicklung
FWP	FRIEND-Water Programme
GC	Gaschromatografie
GEMS	Global Environmental Monitoring System
GIS	Geografisches Informationssystem
GNSS	Global Navigation Satellite System
GRDC	Global Runoff Data Centre
GW	Grundwasser
HABAB	Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut aus Bundeswasserstraßen im Binnenland
HDX	Half Duplex Transponder
Hg	Quecksilber
HRMS	Hochauflösende Massenspektrometrie
HWRP	Hydrology and Water Resources Programme
ICWRGC	International Centre for Water Resources and Global Change

IAHS	International Association of Hydrological Sciences
IMO	International Maritime Organisation
ISI	International Sediment Initiative
ISIMIP	Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project
ISMN	International Soil Moisture Network
IWRM	Integrated Water Resources Management
KI	Künstliche Intelligenz
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LC	Flüssigchromatografie
LiDAR	Light Detection and Ranging
MAP	Mediterranean Action Plan
MEPC	Marine Environment Protection Committee
MIC	Microbial Induced Corrosion
NO _x	Stickoxide
NTS	Non-Target-Screening
NUTS	Nomenclature des unités territoriales statistiques
O ₂	Sauerstoff
ÖSL	Ökosystemleistung
OW	Oberflächengewässer
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PIANC	The World Association for Waterborne Transport Infrastructure
PM	Particulate Matter
PVC	Polyvinylchlorid
QAV	Quartäre Ammoniumverbindungen
RCP	Representative Concentration Pathways
RESI	River Ecosystem Service Index
SMF	Statistische Modellierung des Fischabstiegs an Stauanlagen
SMNP	Small Micro and Nano Plastic
SO _x	Schwefeloxide
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
TP	Teilprojekt
TWRL	Europäische Trinkwasserrichtlinie
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UBA	Umweltbundesamt
UMAP	Uniform Manifold Approximation and Projection
UN	United Nations
UNEP	United Nations Environment Programme
USV	Unmanned Surface Vehicle
UV	Ultraviolett
WLG	Wasser/Land-Grenze
WMO	World Meteorological Organisation
WNA	Wasserstraßen-Neubauamt
WSA	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung

Abbildungsverzeichnis

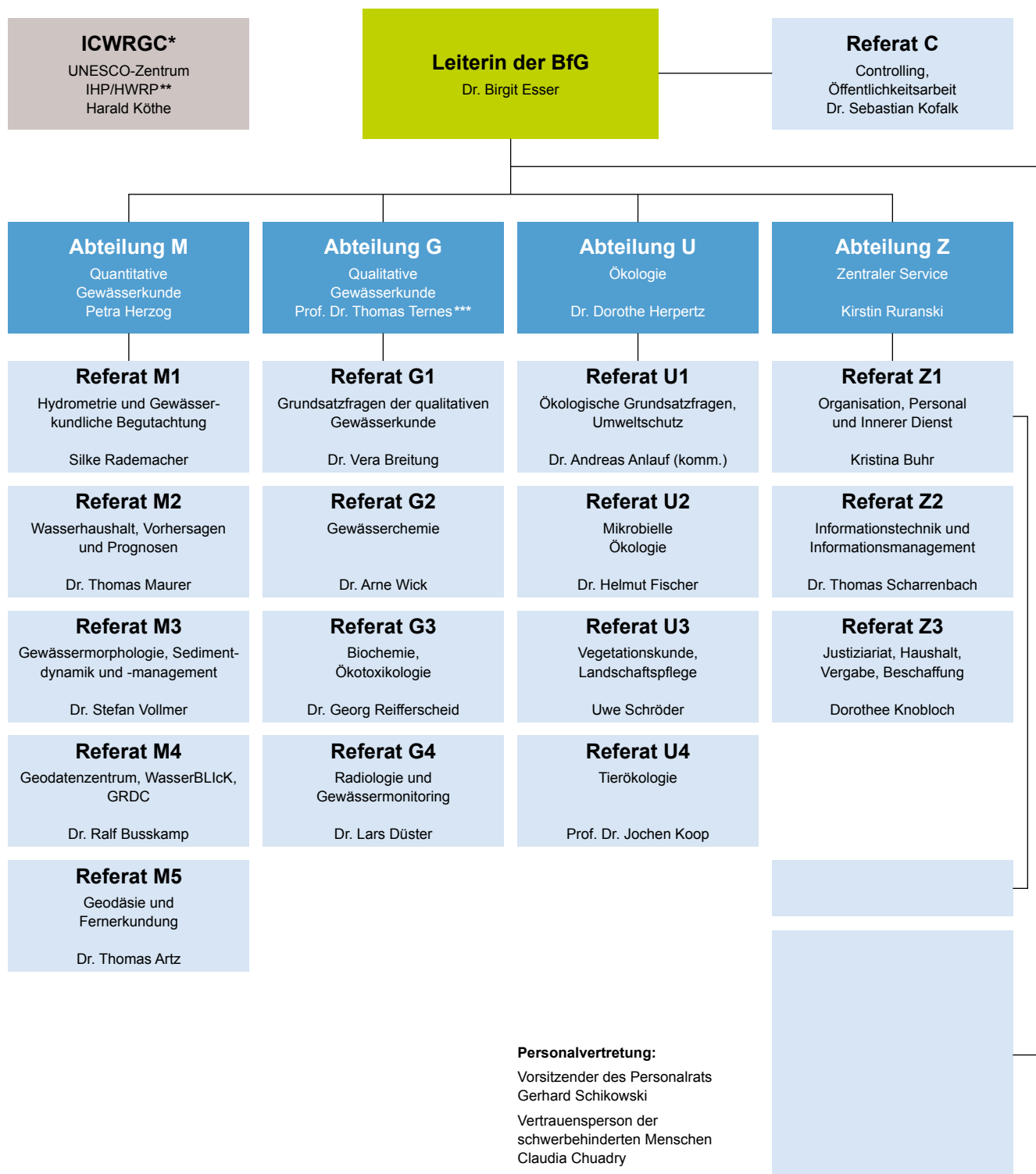
Abbildung 1:	Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirates der BfG	4
Abbildung 2:	Forschungs- und Entwicklungsetat der BfG von 2018 bis 2022	6
Abbildung 3:	Digitales Geländemodell des Wasserlaufs im Bereich des Jungferngrunds am Rhein (Rhein-km 551)	8
Abbildung 4:	Mikrosensormessungen in einer Korrosionspustel sowie Profile für H ₂ S, pH, E _h , O ₂	10
Abbildung 5:	Stahlcoupons nach fünf Wochen Exposition in Rhein und Mosel, Tortendiagramm der häufigsten Bakterienarten	11
Abbildung 6:	Ein Binnenschiff passiert die Station am Wormser Rheinufer, an der gas- und partikelförmige Luftschadstoffe sowie meteorologische Parameter gemessen werden	12
Abbildung 7:	Im Projekt wird mittels Messungen und Modellierungen der Beitrag der Binnenschifffahrt an der Luftschadstoffbelastung ermittelt und von anderen Quellen abgegrenzt	13
Abbildung 8:	Karte der Wassernutzungsbilanz 2019 aus Wassergewinnung und Wasserabgabe (und Bewässerungsmenge) auf Kreisebene	14
Abbildung 9:	Schematische Darstellung der Schwerpunktthemen des FuE-Projekts OptiVor	17
Abbildung 10:	Schematische Darstellung der Messkette	19
Abbildung 11:	Projektstruktur MescalMon	20
Abbildung 12:	Unterwasserdünen in einem stark überhöhten 3D-Modell eines Messstreifens	21
Abbildung 13:	Profilschnitt zeitversetzter Messungen in Fließrichtung zur Ableitung der Migrationsgeschwindigkeit	22
Abbildung 14:	Vertikale Schwebstoffverteilung in der Unterems bei Weener (km 7,2) während einer Tide	24
Abbildung 15:	Mobiler Messstrang zur Erfassung von Strömung und Schwebstoffgehalten in der Unterems	25
Abbildung 16:	Probenahme an der Weser für Tritiumuntersuchungen unterhalb des Atomkraftwerks Grohnde	26
Abbildung 17:	Erste Wasserflächenableitung aus Sentinel-1-Radardaten beim Niedrigwasser 11/2018	28
Abbildung 18:	F-SAR-basiertes, hochauflösendes DGM-W im Bereich Medemrinne / Tideelbe aus dem Jahr 2021	30
Abbildung 19:	Visualisierung unterschiedlicher Sedimente im Wattenmeer mittels UMAP-Merkmalreduktion (UMAP = Uniform Manifold Approximation and Projection)	31
Abbildung 20:	Schematische Darstellung eines datengetriebenen Modells für hydrologische Prognosezwecke	33
Abbildung 21:	Luftgestützte Erfassung des Messgebietes mittels zweier Drohnen mit unterschiedlichen Messsystemen	35
Abbildung 22:	Klassifizierte 3D-Punktwolke der luftgestützten Erfassung des Messgebietes (Niederwerth) mittels RIEGL VQ-840-G-Sensor	36
Abbildung 23:	Zentrale Begriffe im Kontext des Projektes MUG-Modell	37
Abbildung 24:	Front-End der Integrationsplattform des MUG-Modells mit vier Bausteinen	38
Abbildung 25:	Globale Verteilung der Messstationen des Internationalen Bodenfeuchtemessnetzes in der Ansicht des Web-Datenportals	40
Abbildung 26:	Anzahl der ISMN-Nutzer in den verschiedenen Staaten der Erde	41
Abbildung 27:	Zum Einsatz im Projekt kam unter anderem eine Drohne DJI Phantom 4 – mit hier nicht sichtbarer multispektraler Sensorik	42
Abbildung 28:	Basisklassifikation aus dem Projektgebiet Emmericher Ward (Befliegungsdatum 23.07.2019)	43
Abbildung 29:	Gekoppeltes UAV/USV-Tandemsystem für die Wasserstraßen	44
Abbildung 30:	Verschiedene Nutzungen verlangen unterschiedliche Datenanforderungen wie am Mittelrhein	45
Abbildung 31:	Der sogenannte Morphologische Raum sowie der daraus abgeleitete M90-Parameter werden zur Identifizierung morphologisch aktiver Bereiche genutzt, hier dargestellt für Rhein-km 508 – 510	46
Abbildung 32:	Eintragungsmuster organischer Spurenstoffe in der Mosel im Juli 2021 an der Messstation Koblenz	48
Abbildung 33:	Simulierte jährliche Erosion im Einzugsgebiet der Elbe sowie zukünftige Änderungen.	50
Abbildung 34:	Straße, Schiene, Wasserstraße und ihre Verkehrsnebenflächen (Böschungen, Ufer, Begleitgrün)	52
Abbildung 35:	Verkehrsträgerübergreifende Biodiversitätsförderung kann Synergien bei der Unterhaltung erzeugen	53
Abbildung 36:	Nutria (<i>Myocastor coypus</i>), Schwarzmaulgrundel (<i>Neogobius melanostomus</i>), Drüsiges Springkraut (<i>Impatiens glandulifera</i>)	55

Abbildung 37:	Häufige an Motorgüterschiffen und Sportbooten lebende Neobiota: die Quagga-Dreikantmuschel (<i>Dreissena rostriformis bugensis</i>)	56
Abbildung 38:	Binnenschiffe stoßen in freier Fahrt unterschiedliche Mengen an Luftschadstoffen aus	58
Abbildung 39:	Das Histogramm der gefahrenen Geschwindigkeiten lässt sich mit einer Normalverteilung modellieren	59
Abbildung 40:	Ansatz zur Laboruntersuchung und Bewertung von Baustoffen: Auf Freisetzungsversuche folgen verschiedene chemisch-analytische und ökotoxikologische Untersuchungen und eine integrative Bewertung der Ergebnisse	60
Abbildung 41:	Dynamische abnehmende Freisetzung von Avivagen gemessen am organischen Kohlenstoff (DOC) aus zwei Geotextilien innerhalb 10 Waschfraktionen	61
Abbildung 42:	Messeinrichtung zur automatisierten Erfassung von Schiffsschall	63
Abbildung 43:	Schallemissionen von Binnenschiffen in Abhängigkeit von der gefahrenen Geschwindigkeit und Schiffsgröße	64
Abbildung 44:	Flächenhafte Zustandserfassung mit unbemannten Messsystemen	65
Abbildung 45:	Überwachung einer Schleusenanlage mittels satellitengestützter Radarinterferometrie	66
Abbildung 46:	Biofouling am Bootsrumpf	67
Abbildung 47:	Workflow zum Nachweis von „Quorum-Sensing“-Signalmolekülen in Labor- und Umweltproben	68
Abbildung 48:	Der Einsatz von Scrubbern zur Reduzierung der SOx Emissionen von Schiffen verlagert die Verschmutzung aus der Luft in die Unterwasser-Meeresumwelt	70
Abbildung 49:	Farbcodierte Übersichtsdarstellung der Ergebnisse der Whole Effluent Toxicity	71
Abbildung 50:	Montage des Messrahmens mit Van-Dorn-Flaschen zur Entnahme von Schwebstoffproben	73
Abbildung 51:	Vergleich der Geschiebefrachten und Korngrößenverteilung durch verschiedene Messmethoden	74
Abbildung 52:	Zahlentafeln: Veröffentlichung der Daten ausgewählter Messstationen am Rhein und an seinen Nebenflüssen im Internet	75
Abbildung 53:	Bereitstellung von Stoffdaten-Blättern auf der Informationsplattform „Undine“ am Beispiel der Quecksilberkonzentration im Schwebstoff an fünf Messstationen entlang des Rheins	76
Abbildung 54:	Benutzerdefinierte Analyse des MUDAB-Datenbestandes	77
Abbildung 55:	Kartenanwendung zur Darstellung der Messstationen des Bund/Länder-Messprogramms	78
Abbildung 56:	Darstellung von kurzfristigen Belastungen durch coliforme Bakterien 2018	79
Abbildung 57:	Fischadler auf der Jagd	80
Abbildung 58:	Übergang zwischen Watt und einem mit Röhricht bewachsenen Ufer an der Tideelbe	82
Abbildung 59:	Die zu untersuchenden Faktoren und Wechselwirkungen am gezeitengeprägten naturnahen Ufer	83
Abbildung 60:	Experiment an der Universität Hamburg mit kontrastierenden Bedingungen in Hydrologie, Bodenart und Salinität	84
Abbildung 61:	Erodierende Vegetationskante in Krautsand an der Tideelbe mit Messsonden	85
Abbildung 62:	Längsverteilung der Zooplanktonbiomasse der Crustacea und Rotifera in Weser und Elbe sowie Lage der Fintenlaichgebiete	86
Abbildung 63:	Zeitlich-räumliche Verteilung des Habitateignungsindex für Fintenlarven in Weser und Elbe in 2016	87
Abbildung 64:	Umwelt-DNA in Gewässern zur taxonomischen Analyse, Erfassung der Biodiversität und ökologischen Bewertung	89
Abbildung 65:	Schematische Darstellung des generellen Ablaufs molekularbiologischer Methoden	92
Abbildung 66:	Zwei Schweinswale (<i>Phocoena phocoena</i>)	94
Abbildung 67:	Schweinswallautsequenz ohne und mit Hintergrundstörgeräuschen	95
Abbildung 68:	Die Köcherfliegenlarve nutzt blaues PET zum Köcherbau	96
Abbildung 69:	Mikroplastik in Kreiselschneckenarten	97
Abbildung 70:	Arbeitsablauf im Projekt SOURCE zur Untersuchung von Sediment- und Wasserproben entlang der Elbe	98
Abbildung 71:	Östrogene Effekte von per Dünnschichtchromatografie aufgetrennten Stoffen entlang eines Flussverlaufs	99
Abbildung 72:	Das Messboot „TINCA“ auf der Mosel während der ersten Schiffsbefahrung im Oktober 2020	100

Abbildung 73:	Konzentrationsverlauf des Süßstoffes Sucralose und der Grundwasserstand an der GW-Messstelle „GMS1“ (Staustufe Lehmen)	101
Abbildung 74:	Ein umfassendes, kontinuierliches Monitoring des Gewässerzustandes wird in MONDE 1 angestrebt ...	103
Abbildung 75:	Überblick über die Monitoring-Station der Zukunft mit den verschiedenen Analyse-Geräten und den gemessenen Parametern	104
Abbildung 76:	Platzierung einer Schwebstofffalle an der Elbe (Lutherstadt Wittenberg) im Mai 2022	106
Abbildung 77:	Beprobung von mittels Durchflusszentrifuge gesammeltem Schwebstoff aus der Elbe im Juni 2022 ...	107
Abbildung 78:	URSACHEN Messrahmen	108
Abbildung 79:	Messkampagne zur räumlichen Variabilität mit einem im Projekt entwickelten Messrahmen	109
Abbildung 80:	Der rechte Nebenarm ist viel kleiner und naturbelassener als die Fahrrinne (links) des Weser-Ästuars ...	110
Abbildung 81:	Mensch und Natur – Die vielfältigen und oft konkurrierenden Nutzungsansprüche an die Wasserstraße verlangen nach einem übergreifenden Bewertungssystem	112
Abbildung 82:	Darstellung von Ökosystemleistungen nach RESI, mit unterschiedlichen Detailgraden für die ÖSL-Berechnungen	113
Abbildung 83:	Weg der Spurenstoffe vom Eintrag in den Fluss bis zur Trinkwasseraufbereitung	115
Abbildung 84:	Charakterisierung sächsischer Oberflächengewässer und Identifizierung potenzieller Belastungsschwerpunkte unter Anwendung des NTS	117
Abbildung 85:	Schematischer Überblick über die komplexe Zusammensetzung von Schadstoffen in der Umwelt und ihre Verteilung in aquatischen Systemen	119
Abbildung 86:	Schematischer Überblick über die drei Aspekte Extraktion, Probenaufarbeitung und Datenaufzeichnung sowie -analyse einer NTS-Methode	120
Abbildung 87:	Non-Target-Screening-Daten werden in einem digitalen Archiv zusammengeführt, um diese integrativ auszuwerten	121
Abbildung 88:	Schematische Darstellung der Probenahme und Analytik zur Erfassung der QAV-Belastung in Gewässern	123
Abbildung 89:	Quagga-Muscheln (<i>Dreissena bugensis</i>) aus der Mosel vor der Probenaufbereitung für die Analyse auf QAV	124
Abbildung 90:	Projektlogo	125
Abbildung 91:	Logo des Projektes AiM	127
Abbildung 92:	Erweiterte Aufbereitung, Bewässerung und Spurenstoff-Verteilung	128
Abbildung 93:	Bestimmungsgrenzen mittels NTS und Verhalten ausgewählter Spurenstoffe	129
Abbildung 94:	Automatische Probenehmer an einer Mischwasserentlastung	130
Abbildung 95:	Untersuchungen zum Eintrag und Verbleib von Rodentiziden in der aquatischen Umwelt	132
Abbildung 96:	Visuelle Erfassung und anschließende hyperspektrale Identifizierung von Kunststoffobjekten	134
Abbildung 97:	Probenahme in Cuxhaven mit einem Mantanetz (335 µm)	136
Abbildung 98:	Numerische Untersuchung von Sedimentpackungen mit unterschiedlichen Formeigenschaften	138
Abbildung 99:	Die Lahn als Forschungsobjekt für die Untersuchung des Einflusses von Sedimenten auf die Gewässerqualität	140
Abbildung 100:	Das Bundesprogramm Blaues Band Deutschland wird als eines unter insgesamt siebzehn Vorzeigeprojekten im Rahmen des EU-Projekts MERLIN untersucht	142
Abbildung 101:	Das BBD-Modellprojekt Kühkopf-Knoblochsau am Rhein soll in MERLIN zur wissenschaftlichen Analyse des Beitrags von Renaturierungsmaßnahmen an großen Fließgewässern zu den europäischen Green-Deal-Kriterien untersucht werden	143
Abbildung 102:	Stillwasserbereich in einem Altarm des Rheins bei Rosennau	144
Abbildung 103:	Uferabschnitt an der Weser der Kategorie „Auwaldrelikt“ mit unregelmäßiger Uferlinie und Tierbauten (Bisam, Nutria)	146
Abbildung 104:	Standort Wallstadt am Main, wo einer der Pilotstandorte für Fischaufstiegsanlagen entstehen soll	148
Abbildung 105:	Übersicht über die Bearbeitung der einzelnen Projekte an Pilotanlagen sowie durch Labor- oder Modelluntersuchungen etc	149
Abbildung 106:	Bachforellen im Startbereich der ethohydraulischen Versuchsrinne	151

Abbildung 107:	Aufnahme aus dem Videozähler der BfG an der FAA Koblenz/Mosel	152
Abbildung 108:	Operatives Einsetzen eines Telemetriesenders in einen narkotisierten Fisch, Rücksetzen des besenderten Fisches in den Main	153
Abbildung 109:	Beispiel für die Verteilung detektierter Fische im Unterwasser des Querbauwerks Dörverden/Weser	154
Abbildung 110:	Leerung der Standardreuse an der FAA Rothenfels/Main	155
Abbildung 111:	Flussbarsch im Videozähler der BfG an der FAA Rothenfels/Main	156
Abbildung 112:	Beispiel Stauanlage; potenzielle Positionen von FAA-Einstiegen mit blauem Leitströmungssymbol gekennzeichnet	157
Abbildung 113:	Gewässerbreites Raugerinne mit Beckenstruktur an der Saale	159
Abbildung 114:	FAA in Schlitzpass-Bauweise an der Stauanlage Koblenz/Mosel	161
Abbildung 115:	Fischbeobachtungen an der gläsernen Rinne	163
Abbildung 116:	Ethohydraulische Versuchsrinne und Hälterungsbereich für die Fische	164
Abbildung 117:	Blankaale müssen auf ihrer Laichwanderung ins Meer viele Hindernisse in Bundeswasserstraßen überwinden	166
Abbildung 118:	Schlauchwehr in Bannetze an der Aller – Untersuchungsstandort für den Fischabstieg	167
Abbildung 119:	Fischabstieg über Wehranlagen – immer ungefährlich?	168
Abbildung 120:	Schematische Darstellung möglicher Abstiegswege für Fische an Wehren in Bundeswasserstraßen sowie erforderlicher Eingangsgrößen für das SMF-Verfahren	169
Abbildung 121:	Niedrigwasser am Rhein bei Rhöndorf (20. Juli 2022, Rhein-km 643)	170
Abbildung 122:	Einfluss der Topografie auf die Vegetationsverbreitung in semiariden Gebieten in Chile	172
Abbildung 123:	Abhängigkeit der Nettoerosion vom Bedeckungsgrad der Vegetation für unterschiedliche räumlichen Muster der Vegetationsverteilung	173
Abbildung 124:	Ausschnitt des 2D-Modells im Bereich der zu untersuchenden Deichrückverlegung Kliez-Schönfeld-Nord mit Darstellung tiefengemittelter Strömungsvektoren	175
Abbildung 125:	Ausschnitt des 2D-Modells der Elbe an der Wittenberge-Rühstädter Elbniederung	176
Abbildung 126:	Workflow des Projektes TRACE	178
Abbildung 127:	Übersichtskarte über die verschiedenen FRIEND-Water Regionen	180
Abbildung 128:	Das CO-MICC-Portal stellt Informationen von Multimodell-Ensembles zur Quantifizierung zukünftiger Änderungen von Klimawandel-Risiken bereit	182
Abbildung 129:	GlobeWQ Pilot „Global Water Quality Analysis and Service Platform“ für den Viktoria-See	184
Abbildung 130:	Integration von In-situ-Daten, Fernerkundung und Modellierung in GlobeWQ	185
Abbildung 131:	Der erste MedECC-Bewertungsbericht für den Mittelmeerraum wurde im November 2020 veröffentlicht	187
Abbildung 132:	Veranstaltung zum Start des SGSP-Programms an der NUST	189

Organigramm



* International Centre for Water Resources and Global Change
 ** Sekretariat für das UNESCO IHP/WMO HWRP-Nationalkomitee unter Vorsitz des Auswärtigen Amtes
 *** Zugleich Forschungsbeauftragter

Stand: 15.11.2022

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz

Postfach 20 02 53
56002 Koblenz

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