

# Bericht

# Beratungs- und FuE-Leistungen der BfG für das BMUV 2024/2025

Unterstützung des BMUV bei dessen Aufgabenwahrnehmung im Bereich Wasserwirtschaft einschließlich grenzüberschreitender und internationaler Zusammenarbeit

---

25.02.2025  
BfG-2216



**BfG** Bundesanstalt für  
Gewässerkunde



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit  
und Verbraucherschutz



Bericht

# **Beratungs- und FuE-Leistungen der BfG für das BMUV 2024/2025**

Unterstützung des BMUV bei dessen Aufgabenwahrnehmung im Bereich Wasserwirtschaft einschließlich grenzüberschreitender und internationaler Zusammenarbeit

---

**Kurztitel** Beratungs- und FuE-Leistungen der BfG für das BMUV 2024/2025

---

**Auftraggeber** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz  
Robert-Schuman-Platz 3  
53175 Bonn

Telefon      +49 228 99 305-0  
Telefax      +49 228 99 305-3225

E-Mail      [poststelle@bmuv.bund.de](mailto:poststelle@bmuv.bund.de)  
Internet      <http://www.bmuv.de>

---

**BfG-Nummer** BfG-2216

---

**DOI** **10.5675/BfG-2216**

# Impressum

---

<b>Herausgeber</b>	Bundesanstalt für Gewässerkunde Am Mainzer Tor 1 56068 Koblenz
Telefon	+49 261 1306-0
E-Mail	<a href="mailto:posteingang@bafg.de">posteingang@bafg.de</a>
Internet	<a href="http://www.bafg.de">www.bafg.de</a>
<b>Zitievorschlag</b>	BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (2025): Beratungs- und FuE-Leistungen der BfG für das BMUV 2024/2025 – Unterstützung des BMUV bei dessen Aufgabenwahrnehmung im Bereich Wasserwirtschaft einschließlich grenzüberschreitender und internationaler Zusammenarbeit. Bericht BfG-2216, Koblenz, 113 S. DOI: 10.5675/BfG-2216

---

**Bildnachweis Titelseite** Blick auf die Burg Pfalzgrafenstein bei Kaub, 20.04.2022.  
Quelle: Enno Nilson, BfG

---

## Erstellt im Rahmen der Verwaltungsvereinbarung

zwischen dem



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit  
und Verbraucherschutz

und dem



Bundesministerium  
für Digitales  
und Verkehr

vom Juli 2017 zur Unterstützung des BMUV bei dessen Aufgabenwahrnehmung im Bereich Wasserwirtschaft einschließlich grenzüberschreitender und internationaler Zusammenarbeit.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Impressum .....</b>	<b>4</b>
<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>5</b>
<b>Vorwort des BMUV .....</b>	<b>6</b>
<b>Vorwort der BfG .....</b>	<b>7</b>
<b>Ziele des BMUV-Maßnahmenprogramms .....</b>	<b>8</b>
101 Messstationen zur Gewässergüte .....	11
102 Weitergehende Bewertung von Gewässergütedaten .....	15
103 Organische Schadstoffe .....	19
104 Biodiversität großer Fließgewässer und Auen .....	24
105 Schadstoffe vom Fluss ins Meer .....	31
106 Bioakkumulation und Bioverfügbarkeit.....	37
107 Gewässerverträglichkeit chemischer Stoffe und technischer Produkte.....	43
108 Ökologisches Monitoring an Strömen .....	47
109 Allgemeine und spezielle Ökotoxikologie .....	53
110 Betreuung und Wartung des Alarmmodells Elbe .....	56
111 Flussgebietspezifische Schadstoffwirkungen.....	60
112 Schadstoffe in Flüssen – Prozesse und Modellierung .....	65
113 Grundlagen wasserwirtschaftlicher Planungen .....	69
114 Allgemeiner Wasserhaushalt.....	73
201 Berichtsportal WasserBLICK.....	78
301 Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel (ICWRGC) – UNESCO-Kategorie-2-Zentrum und nationales Sekretariat des IHP (UNESCO) und HWRP (WMO).....	81
302 Das GEMS/Water Datenzentrum (GWDC) im Internationalen Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel.....	89
401 Beratungs- und Modellierungsdienst NHWSP/ eNHWSP.....	95
501 Umweltprobenbank-Schwebstoffe .....	100
601 Niedrigwasserinformationssystem .....	103
701 Aufbau und Betrieb des Non-Target-Screening-Portals (NTS Portal) .....	107
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>111</b>

# Vorwort des BMUV

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) ist für das BMUV eine essenzielle Kooperationspartnerin im Bereich der Gewässerbewirtschaftung. Mit ihrer breit aufgestellten Fachexpertise und Mitarbeit bei wasserwirtschaftlichen Themen und Aufgaben unterstützt sie die Wasserwirtschaft in Deutschland, die durch den Klimawandel vor besonderen Herausforderungen steht, auf vielfältige Art und Weise.

Die BfG bringt seit vielen Jahren ihre Expertise für Deutschland in vielen Gremien der internationalen Flussgebietskommissionen ein, insbesondere in den Internationalen Kommissionen zum Schutz des Rheins und zum Schutz der Elbe. Die BfG trägt so maßgeblich zur Erarbeitung innovativer Tools bei.

Die BfG bietet sowohl im Bereich der Wasserqualität als auch der -quantität mit ihrem Wissen, der Bereitstellung von Daten und der Erarbeitung neuer Ansätze eine unverzichtbare Basis für die Erfüllung wasserwirtschaftlicher Aufgaben in Deutschland. Zu nennen ist die seit inzwischen 10 Jahren erfolgreiche Begleitung des Nationalen Hochwasserschutzprogramms (NHWSP) mit dem NHWSP-Dienst und des digitalen Planungsassistenten eNHWSP. In enger Zusammenarbeit und Abstimmung mit den Ländern hat die BfG für das NHWSP gemeinsame Modellsysteme für die Flussgebiete aufgebaut, einen bundesweit einheitlichen Untersuchungsansatz entwickelt und vergleichbare Wirkungsanalysen durchgeführt.

Ein weiteres Beispiel ist die noch vergleichsweise junge Entwicklung des Niedrigwasserinformationsystems NIWIS, das Anfang 2026 an den Start gehen soll. Der räumliche Überblick und die zeitliche Einordnung von Niedrigwasserereignissen basierend auf Messstationen wird eine bessere Bewertung der aktuellen Situation ermöglichen, nicht nur der Verwaltung, sondern allen Interessierten.

Besonders hervorzuheben ist auch das Non-Target-Screening im Rheineinzugsgebiet, das in enger Zusammenarbeit mit den Ländern eine Analysemethode der Zukunft bietet und eine stoffliche Bewirtschaftung von Gewässern ermöglicht, die den Herausforderungen durch immer neue Stoffe gerecht wird.

Für politische Entscheidungen wird eine solide und fundierte Datenbasis mit einem modernen Datenmanagement immer wichtiger. Die BfG hat mit dem WasserBLICK ein seit langem etabliertes Werkzeug geschaffen, das in dieser Hinsicht in der modernen Verwaltung nicht mehr wegzudenken ist.

Das Engagement der BfG und die Zusammenarbeit mit ihr wird national und international in der Wasserwirtschaft sehr geschätzt. Die gute Zusammenarbeit der BfG mit BMUV und den Ländern ist ein Erfolgsfaktor für die Wasserwirtschaft.

Ich freue mich auf die Fortsetzung unserer erfolgreichen Zusammenarbeit!



*Sibylle Pawlowski*

Dr. Sibylle Pawlowski  
Leiterin der Abteilung Wasserwirtschaft, Gewässer- und Bodenschutz,  
Meeresschutz

(Quelle: Rupert Oberhäuser)

# Vorwort der BfG

Seit ihrem Bestehen hat die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) ein interministerielles Mandat und ist seit der Gründung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUv) umfangreich für das BMUv tätig. Die BfG leistet als Bundeseinrichtung mit Forschungs- und Entwicklungsaufgaben im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) wissenschaftliche Arbeit und angewandte Forschung in den Bereichen Hydrologie, Gewässernutzung, Gewässerbeschaffenheit, Ökologie und Gewässerschutz. Dabei unterstützt sie das BMUv in seiner Aufgabenwahrnehmung mit einem Maßnahmenprogramm im Bereich Wasserwirtschaft, einschließlich grenzüberschreitender und internationaler Zusammenarbeit.

Zum Maßnahmenprogramm neu hinzugekommen ist im Jahr 2024 die Maßnahme 701 „Aufbau und Betrieb des Non-Target-Screening-Portals (NTS Portal)“. In diesem Vorhaben soll ein Prototyp eines Portals zur Archivierung und Auswertung von Non-Target-Daten weiterentwickelt und in den operativen Dienst überführt werden. Dies schafft ein neues Managementinstrument der chemischen Gewässerüberwachung für die Länder und den Bund, mit dessen Hilfe die Belastungen der Gewässer mit chemischen Schad- und Spurenstoffen aktuell und retrospektiv überregional betrachtet und bewertet werden können.

Zu Beginn des Jahres 2024 erörterten BMUv und BfG im Rahmen des jährlich stattfindenden BMUv-Sprechtags gemeinsam die aktuellen und zukünftigen Beiträge der BfG zur Nationalen Wasserstrategie (NWS). Hinweise, wie wir zur Zielerreichung der NWS beitragen (wollen), finden Sie an vielen Stellen dieses Berichtes.

Mit den Maßnahmen 301 „Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel“ und 302 „Weltdatenzentrum für Frischwasserqualität“ befördern BMUv und BfG die multilaterale Zusammenarbeit in den Wasserprogrammen der Vereinten Nationen. Hier werden hochaktuelle Themen wie Dürren, Überflutungen und Gewässerverschmutzung weltweit angegangen, die durch den globalen (Klima-)Wandel ausgelöst werden. Im Vordergrund der Arbeiten stehen dabei Forschung und Wissenstransfer durch den Austausch von Daten und Know-how mit internationalen Partnern, um weltweit die Wissensgrundlage für den nachhaltigen Schutz von Wasserressourcen und deren integrierter Bewirtschaftung im Sinne des Nachhaltigkeitsziels 6 zu schaffen.

Auch zu Beginn des Jahres 2025 wird die Nationale Wasserstrategie wieder Thema der gemeinsamen Besprechung sein, mit der wir die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen in den Bereichen Wasserwirtschaft einschließlich grenzüberschreitender und internationaler Zusammenarbeit gemeinsam angehen wollen. Wir wünschen Ihnen eine interessante Lektüre und freuen uns über Anmerkungen und Rückmeldungen zum vorliegenden Bericht.



  
Dr. Birgit Esser, Präsidentin der BfG



  
Prof. Dr. Thomas Ternes, Forschungsbeauftragter  
Leiter der Abteilung Qualitative Gewässerkunde

# Ziele des BMUV-Maßnahmenprogramms

**Die BfG unterstützt das BMUV im Rahmen von zwanzig verschiedenen Maßnahmen, die sich sechs Themenbereichen zuordnen lassen, bei seiner Aufgabenwahrnehmung im Bereich Wasserwirtschaft einschließlich grenzüberschreitender und internationaler Zusammenarbeit.**

Die Erkenntnisse des BMUV-Maßnahmenprogramms dienen der wissenschaftlichen Beratung des BMUV zu Fachthemen der deutschen, europäischen und internationalen Gewässerpolitik. Insbesondere wird das BMUV bei seinen Aufgaben auf nationaler/internationaler Flussgebietsebene unterstützt. Den Rahmen bilden hierbei die europäischen und nationalen Strategien und Vorgaben im Wasser- und Umweltbereich, wie beispielsweise die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL), die Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) oder die Agenda 2030 sowie die Nationale Wasserstrategie (NWS).

Das BMUV-Maßnahmenprogramm enthält derzeit sieben verschiedene Themenbereiche, deren wesentlichen Ziele nachfolgend dargestellt werden:

**Ziele von Themenbereich 1:** Messprogramm zur Überwachung der Gewässergüte grenzüberschreitender Flüsse sowie von Küstengewässern

- Besseres Verständnis über den Einfluss des Klimawandels und die dabei verursachten Extremergebnisse auf Wasserhaushalt und Gewässerqualität grenzüberschreitender Flussgebiete, um rechtzeitig angemessene Maßnahmen zur Verringerung der adversen Auswirkungen zu initiieren. Beispielsweise wird für Deutschland die Qualität von Abfluss- und Wasserbilanzen sowie von Wasserstands- und Abflussvorhersagen kontinuierlich verbessert, um Anwohner, Behörden und die Wasserwirtschaft auf die zu erwartenden Herausforderungen vorzubereiten.
- Das Verständnis zu Vorkommen, Verhalten und Wirkung anthropogener Schadstoffe in grenzüberschreitenden Flüssen, Übergangs- und Küstengewässern wird kontinuierlich und systematisch verbessert. Dies erlaubt es, effizientere Konzepte zur Reduzierung der Gewässerbelastungen durch Maßnahmen an diffusen und Punktquellen aufzustellen, um unsere Gewässer, das Grundwasser und das Trinkwasser vor Belastungen durch anthropogene Stoffe zu schützen.
- Das Verständnis der komplexen Wirkungen von Gewässer- und Auenstrukturen, Abflussregimen und Gewässergüte auf die langfristige Entwicklung der Artenvielfalt und der Biozönosen wird, auch unter Berücksichtigung von Extremereignissen und Klimawandel, fortlaufend verbessert und vertieft. Die Gründe für die Beeinträchtigung der Biodiversität der Fließgewässer aufzuklären, ist zwingend erforderlich, um angemessene Maßnahmen einleiten zu können, auch zur Umsetzung der Ziele der WRRL.

**Ziele von Themenbereich 2:** Elektronische Berichterstattung zu den wasserbezogenen EU-Richtlinien an die Europäische Kommission

- Die Wasserwirtschaftsverwaltungen in Deutschland haben in den letzten Jahren mit dem Berichtsportal WasserBLICK eine gemeinsame Infrastruktur geschaffen, um das elektronische Berichtswesen unter den nationalen, föderalen Strukturen zu ermöglichen. Im Ergebnis wurden alle elektronischen Berichterstattungen über das Berichtsportal WasserBLICK in der Vergangenheit von der EU-Kommission positiv bewertet. Dieses Niveau soll mit der Verfestigung der Maßnahme Berichtsportal WasserBLICK gehalten werden.

**Ziele von Themenbereich 3:** Internationale Zusammenarbeit, globaler Wandel und nachhaltige Entwicklung – das Thema Wasser

In Zeiten wachsender Herausforderungen für eine nachhaltige und gerechte Bewirtschaftung der Ressource Süßwasser werden die Aufgaben des ICWRGC und der globalen Wasserdatenzentren an ICWRGC und BfG auf die Umsetzung der wasserbezogenen UN-Nachhaltigkeitsziele (Agenda 2030) und der 2024 verabschiedeten Systemweiten Strategie der Vereinten Nationen für Wasser und Sanitärvorsorgung konzentriert und die Weiterentwicklung von Informationssystemen, Forschung und Bildung unterstützt. Dies soll auch zu einer Defragmentierung der komplexen VN-weiten Wasserdatenarchitektur und damit zu einer höheren Wirksamkeit der verfügbaren und eingesetzten Ressourcen dienen. Die deutschen Interessen und Kompetenzen werden gezielt und abgestimmt in die verschiedenen Wasserprogramme der Vereinten Nationen (VN), insbesondere zu UNESCO, WMO und UNEP, eingebracht. So wird z. B. über das GEMS/Water Datenzentrum das Thema Wasserqualität nicht nur für UNEP bearbeitet, sondern erzeugt über das ICWRGC auch Synergien und Vernetzung für Aktivitäten von UNESCO, WMO und andere VN-Einrichtungen. Gleichermaßen werden deutsche Forschungskompetenzen über eine stärkere Beteiligung in den internationalen Wasserprogrammen besser eingebracht und vernetzt. Mit einer verbesserten Kenntnis über die sich verändernde globale WasserVerteilung und deren Güte werden auch die Ziele der Nationalen Wasserstrategie, insbesondere des Schwerpunktes 10 „Gemeinsam die globalen Wasserressourcen nachhaltig schützen“, sowie die Strategien zur Klimaanpassung (DAS) und zur Biodiversität unterstützt.

**Ziele von Themenbereich 4:** Nachweise der überregionalen Wirksamkeit der Maßnahmen des Nationalen Hochwasserschutzprogramms (NHWSP) und Bereitstellung eines webbasierten Planungsassistenten eNHWSP – Aufbau, Entwicklung, Pflege und Betrieb eines Beratungs- und Modellierungsdienstes

Aufbau, Entwicklung, Pflege und Betrieb eines Bund-Länder-Beratungs- und Modellierungsdienstes, der auf vereinbartem Einsatzniveau aktuell gehaltene Nachweisinstrumente und Bearbeitungskapazitäten vorhält, um auf deren Basis Fragen des Bundes und der Länder zur überregionalen Wirksamkeit von im Rahmen des Nationalen Hochwasserschutzprogramms (NHWSP) geplanten Maßnahmen sehr viel zeitnäher und auf höherem Qualitätsniveau bearbeiten und beantworten zu können als heute möglich.

**Ziele von Themenbereich 5:** Durchführung der Routineprobenahme Schwebstoff für die Umweltprobenbank des Bundes (UPB)

Die Konzeption der Umweltprobenbank des Bundes (<https://www.umweltprobenbank.de/de/documents/11426>) sieht an den meisten Probenahmeflächen (PNF) an Flüssen seit 2005 auch die Probenahme von Schwebstoffen vor. Seit 2016 ist die BfG, Referat G4, mit der Aufgabe zur Probenahme von Schwebstoffen betraut. Die Verfahrensrichtlinien (SOP) und Probenahmestandorte müssen regelmäßig überprüft werden.

**Ziele von Themenbereich 6:** Nationales Niedrigwasserinformationssystem Deutschland (NND), Berichtsplattform Niedrigwasser – NIWIS (NND)

Der bestehende Bedarf an deutschlandweit einheitlichen Niedrigwasserinformationen soll durch eine neue deutschlandweit homogene und umfassende Berichtsplattform Niedrigwasser gedeckt werden. Diese Plattform soll über die reine Information zu Pegelständen hinausgehen und sich nutzerspezifisch anpassen lassen. Ziel ist es, verschiedene Nutzergruppen aktueller, besser und umfassender direkt informieren zu können und Experten/-innen bei ihrer Beratungstätigkeit zu unterstützen.

**Ziele von Themenbereich 7:** Aufbau und Betrieb des Non-Target-Screening-Portals (NTS Portal)

Im Rahmen dieses Themenbereiches wird ein Datenportal für Non-Target-Daten verschiedener Labore weiterentwickelt und in den operativen Betrieb überführt. Bestandteil des Portals ist zudem eine Spektrenbibliothek mit qualitätsgesicherten Massenspektren von mittlerweile mehr als 1.500 Spurenstoffen und Recherche- und Auswertefunktionen. Mit dem NTS-Datenportal wird eine retrospektive überregionale Suche und Priorisierung von Umweltschadstoffen ermöglicht, um nationale und internationale Initiativen zur Erfassung und Minimierung stofflicher Belastungen (u. a. Nationale Wasserstrategie, Null-Schadstoff-Aktionsplan) zu unterstützen. Im Rahmen des IKSР-Sonderprojektes zum Non-Target-Screening im Rheineinzugsbiet (2024-2029) werden zudem tägliche Non-Target-Messungen für die Unterstützung eines Frühwarnsystems unternommen. Zur Validierung der Daten beteiligt sich die BfG an Ringversuchen. Weitere Schwerpunkte sind die Mitwirkung an der Identifizierung neuer Substanzen und neuer Entwicklungsaufgaben. Ebenso wird zur Berichterstattung der Ergebnisse des IKSР-Sonderprojektes beigetragen.

# 101 Messstationen zur Gewässergüte

**Die Erfassung des Gewässerzustands mit adäquater zeitlicher Auflösung ist die Voraussetzung für die Bestimmung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen. Diese Zusammenhänge sind entscheidend, um daraus Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustands abzuleiten. In einer dynamischen Umwelt mit sich ändernden Bedingungen wie Lufttemperatur und stofflichen Einflüssen auf die Gewässer müssen Strategien und Werkzeuge im Gewässermonitoring stetig weiterentwickelt werden.**

Forschung und Entwicklung sind die Basis für das gewässerchemische (Online-)Monitoring, welches wiederum eine essenzielle Eingangsgröße zur Beurteilung des Gewässerzustands ist. Gewässeranalytische Fragestellungen und das Monitoring zur Wasserbeschaffenheit werden aus diesem und weiteren Projekten zusammengeführt und dienen auch dazu, verschiedene Ziele der Nationalen Wasserstrategie zu erfüllen. Ohne eine präzise zeitlich hochauflöste Kenntnis der Wasserqualität ist es nicht möglich, Entscheidungsgrundlagen, Begleitmonitoring oder Erfolgskennzahlen für Ziele bzw. Projekte wie den Null-Schadstoff-Aktionsplan, die Klimaresilienz, den Spurenstoffdialog oder das Ausrollen einer vierten Reinigungsstufe in Kläranlagen verlässlich zu erstellen. In Zeiten substanzialer Klimaveränderungen ist eine resiliente ökologische und anthropogene Nutzung der Ressource Wasser zu planen und vorzunehmen.



Abbildung 1: Reinigung einer Trübungssonde  
(Quelle: Alexander Zavarsky, BfG)

Die Grundlage stellt der Betrieb der beiden Messstationen Koblenz/Rhein und Koblenz/Mosel dar, welche über Jahrzehnte verlässliche Basisdaten für die Bewertung der Wasserqualität liefern und als erste mit neuerprobter Technologie nachgerüstet werden. Die Forschungsplattform am Standort der BfG in den Kaiserin-Augusta-Anlagen zur Erprobung zukunftsweisender Wassertechnologien ist weiterhin in Betrieb. Darüber hinaus bestehen bundesweit Kooperationen mit Landesbehörden zu gewässerchemischen Fragestellungen und dem Betrieb von Messstationen, was sich u. a. bei der Klärung der Ursache für die Oder-Katastrophe 2022 bezahlt gemacht hatte.

## Veranlassung

Die durchgeführten Arbeiten liefern Beiträge zur Verfügbarkeit und Anwendung neuer messtechnischer Entwicklungen unter realen Bedingungen. Hier liegt ein Fokus auf der Verbesserung der Vergleichbarkeit der in der Fläche erhobenen Daten. Diese Vergleichbarkeit ist vor allem für Online- und Laborverfahren wichtig, um qualitätsgesicherte Datensätze aus beiden Bereichen vereinigen zu können. Der Ausbau der eingesetzten Messverfahren wird unter der Beachtung von Robustheit, Verringerung der Ausfallzeiten, Erweiterung des Parameterspektrums und Verlängerung der Wartungsintervalle durchgeführt. Im Speziellen wird auch die Eignung der Messverfahren und Infrastrukturen auf die Änderungen des Abflussregimes und die Wassertemperatur abgestimmt.

Bei neuen Messstrategien unter Anwendung automatisierter oder teil-automatisierter Systeme werden die Vernetzung der Verfahren und das Datenmanagement bis hin zur Prognosefähigkeit auf den neuesten Stand gebracht. Dabei ist es wichtig, standardisierte Datenformate und Schnittstellen einzubinden. Denn nur dadurch kann, auch bei Verwendung unterschiedlicher Systeme, ein automatisierter, bruchfreier Austausch zwischen Behörden, Abteilungen und Arbeitsgruppen sowie eine effiziente Datenspeicherung gewährleistet werden. Für die BfG ist die OpenData-Richtlinie bindend und wird von Anfang an, vom Messgerät startend, mitgedacht.

Vorrangiges Ziel ist es, hochresiliente, zeitlich hochauflöste Systeme zu etablieren, um auf zukünftige Herausforderungen wie z. B. Niedrigwasserperioden oder den Klimawandel bestmöglich vorbereitet zu sein. Außerdem sollen hinreichend robuste Innovationen zum Einsatz in der Fläche bereitgestellt werden und somit über die Flussgebietsgemeinschaften und Schutzkommissionen nationale und internationale Monitoringnetze gestärkt werden.

## Ziele

Mittelfristige strategische Ziele:

- erhöhte Informationsdichte, Qualität und Verlässlichkeit der Messnetze zur Gewässergüte
- erhöhte Robustheit der Messstationen und Verfahren im Zuge der Klimakrise und im Sinne der NWS
- Weiterentwicklung vorhandener Messnetze zur zeitlich hoch aufgelösten Beurteilung des Gewässerzustands
- Erweiterung der Zusammenarbeit mit den Bundesländern auf den Gebieten automatisierter Messstationen und dem Datenaustausch
- Überführung von Offline-Konzepten in Online-Verfahren
- Ressourcenschonung durch Online-Verfahren
- Standardisierung von Schnittstellen und Datenformaten. Diese Standardisierung ist internationalisiert, um EU-weite und internationale Kooperationen einzubinden

## Ergebnisse

Das Messprogramm am Rhein wurde kontinuierlich weiterentwickelt und betrieben, um nationale und internationale Ziele zu erreichen. Hierzu gehört der Betrieb der Messstationen Koblenz/Rhein und Koblenz/Mosel für verschiedene Messprogramme und Überblicksüberwachungen im Rahmen der EU-WRRL. Wir unterstützen auch die Messaktivitäten verschiedener Bundesländer, indem wir Datensätze vervollständigen und Beratung zur Messtechnik anbieten. Um ein robustes Monitoring zu gewährleisten, entwickeln wir Verfahren für Multianalyttechniken im Monitoring. Die Datenbank wird kontinuierlich weiterentwickelt, um die Plausibilisierung, Qualitätssicherung und Datenbereitstellung sicherzustellen. Wir betreiben auch eine experimentelle Gewässermonitoringplattform, in der wir neue Technologien testen können. Ein wichtiger Aspekt unseres Arbeitens ist die Qualitätskontrolle. Hierzu gehörte im Berichtszeitraum der qualitative Vergleich unterschiedlicher Schwebstoffsammler und die Erarbeitung eines Vorschlags zur besten Praxis (vgl. Maßnahme 501). Wir nutzen auch eine 24/7 taugliche Industriedurchlaufzentrifuge, um Schwebstoffe in hoher zeitlicher Auflösung zu gewinnen und erarbeiten momentan eine Publikation zum Vergleich des neuen und alten Verfahrens. Die Datenübertragung wurde in Teilen von zyklisch auf Echtzeit umgestellt, damit wir schneller auf Veränderungen reagieren können. Um die Kommunikation zwischen den verschiedenen Messgeräten sicherzustellen, entwickelten wir Modbus-Server in der offenen Programmiersprache Python. Wir setzen auch Spektralsonden ein, welche wichtige Informationen zur Nitratkonzentration und zu Summenparametern kontinuierlich liefern. Ein weiterer Schwerpunkt unseres Arbeitens war die Initiierung eines Messnetzaustausches am Rhein mit dem Treffen der Stationsbetreiber an der Elbe als Vorbild. Hierzu gehörte der Austausch von Erfahrungen, Methoden und Ergebnissen zwischen den verschiedenen Teilnehmenden des Netzwerks um Mehrarbeit zu reduzieren und die Vergleichbarkeit der Verfahren zu erhöhen. Die Aktivität konnte erfolgreich verstetigt werden.

## Verwertung der Ergebnisse

Neben dem BMUV wird intensiv mit den Internationalen Kommissionen zum Schutz des Rheins, der Elbe und der Mosel und Saar (IKSR, IKSE, IKSMS) sowie mit verschiedenen Bundesländern kooperiert. Eine enge Zusammenarbeit besteht zusätzlich mit den Projekten „Weitergehende Bewertung von Gewässergütedaten“ (Maßnahme 102) und „Organische Schadstoffe“ (Maßnahme 103).

Mithilfe der Ergebnisse werden Anfragen von verschiedenen Institutionen zur Datenlieferung aus unseren Datenbanken und Messstationen u. a. EAWAG, UBA und verschiedenen (internationalen) Universitäten und Hochschulen bearbeitet. Die Daten zu den Algen aus der Station Koblenz/Mosel werden intern und extern bereitgestellt. Durch die Bereitstellung von Sauerstoff- und Temperaturdaten wird der Alarmplan Donau unterstützt.

Innovationen aus der gewässerchemischen experimentellen Plattform werden bei hinreichender Robustheit per Publikation und im direkten Austausch Anwenderinnen und Anwendern im In- und Ausland zur Verfügung gestellt. Ein Erfolg ist, dass bei Neubauten bzw. Modernisierungen von Messstationen immer ein Erfahrungsaustausch mit anderen Betreibern stattfindet, um schon begangene Fehler zukünftig zu vermeiden und optimale Messkonzepte weiterzugeben.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Wir planen, unsere laufenden Aktivitäten fortzusetzen und die Resilienz im Sinne der Nationalen Wasserstrategie zu erhöhen, um entscheidungsrelevante Informationen verlässlich bereitstellen zu können. Dabei unterstützen wir weiterhin die Bundesländer bei ihren Monitoringaufgaben und transferieren, unter anderem über die Flussgebietsgemeinschaften und Schutzzkommissionen, unser Wissen aus Forschung und Entwicklung in die Praxis. Wir übernehmen weiterhin Verantwortung in der Gremienarbeit, damit im Zuge der Klimakrise eine Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen erfolgen kann. Dabei setzen unsere Aktivitäten bei den notwendigen Grundlagen zur Umsetzung der NWS an. Dazu gehört konkret die Abstimmung mit den in den Gremien beteiligten Staaten und Bundesländern bezüglich der Datenhaltungs- und -weitergabekonzepte in der Gewässerchemie. Wir setzen dabei auf die internationalen Standards des Open Geospatial Consortium, wobei wir Machine2Machine-Kommunikation, Plattformunabhängigkeit, Internationalisierung und GIS-Eignung berücksichtigen.

Darüber hinaus planen wir, unsere bestehenden Konzepte zur zeitnahen und hochaufgelösten Gewässercharakterisierung weiterzuentwickeln. Wir werden auch neue Messkonzepte in der Oberflächenmesstechnik testen, wie z. B. Surface Plasmon Resonance.

Außerdem planen wir den Einsatz von automatisierten Messsystemen für die Bakterienstämme *E. coli* und *Enterokokken* am Rhein. Unsere Daten sammeln und bearbeiten wir und geben diese an die Region Koblenz/Mosel und Koblenz/Rhein an die FGG Rhein, IKSR und das UBA weiter.

Zudem werden wir die Daten in vereinfachter Form zukünftig automatisiert bereitstellen, um ein noch breiteres Nutzerpublikum zu erreichen.

## Produkte

- DUESTER, L., BREITUNG, V., BRINKE, M., BUCHINGER, S., DIERKES, G., DIETRICH, C., HAHN, J., JEWELL, K.S., KLEISINGER, C., LOEFFFLER, D., RADNY, D., REIFFERSCHEID, G., SCHÄFER, S., SCHLUESENER, M.P., SCHMIDT, A., SCHWANDT, D., SCHÜTTLER, A., STOFFELS, M., VOELPEL, R., WICK, A., WIEDERHOLD, J., ZAVARSKY, A., TERNES, T.A. (2024): Qualitative hydrology: a review of the last quarter century and a glimpse into the future from the perspective of the Division G of the Federal Institute of Hydrology. Environmental Sciences Europe 36(1): 44. DOI: 10.1186/s12302-024-00874-0  
<https://doi.org/10.1186/s12302-024-00874-0>

Ansprechperson der BfG  
Dr. Alexander Zavarsky  
Referat G4 Radiologie und Gewässermonitoring  
Tel.: +49 (0)261 1306 5934  
E-Mail: [zavarsky@bafg.de](mailto:zavarsky@bafg.de)

# 102 Weitergehende Bewertung von Gewässergütedaten

Analyse, Datentransport, Auswertung und Bewertung von Kenngrößen der Wasserbeschaffenheit sind die Voraussetzung für die erfolgreiche langfristige Umsetzung von Monitoringprogrammen und den daraus abzuleitenden Maßnahmen. Eine steigende Informationsdichte bei gleichzeitigem Bedürfnis nach höher aufgelösten Daten zur Bewertung und Prognose im Zuge sich ändernder Systeme bedarf neuer Lösungen bei der Analyse und Bereitstellung von Information für Wissenschaft, Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit. Ohne eine signifikante Weiterentwicklung in diesem Bereich wird es nicht möglich sein, die verschiedenen Ziele der Nationalen Wasserstrategie, welche mit der Qualität des Oberflächenwassers verbunden sind, zu erreichen. Zukünftigen Verteilungskonflikten kann nur mit der rechtzeitigen Bereitstellung von Informationen begegnet werden, welche gemeinsam mit der Maßnahme 101 ein zentrales Ziel der Maßnahme 102 ist.

Das Projekt befasst sich, neben Routineleistungen wie zum Beispiel der Datenhaltung für die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) und dem Messprogramm für hydrologische Extremereignisse der Flussgebietsgemeinschaft Elbe, mit der Weiterentwicklung gewässerchemischer Auswerte-, Datentransport-, Datenhaltungs- und Bereitstellungsmethoden. Es ist eng mit der BMUV-Maßnahme 101 „Messstationen zur Gewässergüte“, den beteiligten internationalen Flussgebietskommisionen sowie den nationalen Flussgebietsgemeinschaften und Bundesländern verknüpft.



Abbildung 2: Bootsanleger/Messfloß BfG (Quelle: Referat G4, BfG)

## Veranlassung

Analytik, Darstellung, Bereitstellung und Interpretation stofflicher Gewässerbelastungen sowie die Bewertung der Folgen der wasserwirtschaftlichen Rahmengesetzgebung unterliegen kontinuierlichen technischen und politischen Veränderungen. Die Vergleichbarkeit langjähriger Daten zu ermöglichen, ist eine große Herausforderung. Daher ist es notwendig, u. a. für die Bearbeitung von Messprogrammen, fortwährend das wissenschaftlich Machbare mit dem gesetzgeberisch Notwendigen zu verbinden. Bei Extremereignissen wird der Bedarf an zeitnäher Beantwortung gesellschaftsrelevanter Fragen besonders deutlich. Als Routineleistung wird durch das Projekt u. a. die Datenbank für das IKSR-Rheinmessprogramm Chemie sowie die Informationsplattform Undine vorgehalten und für die jeweiligen Berichte ausgewertet.

## Ziele

- Überarbeitung und Erweiterung des Rheinmessprogramms Chemie der IKSR, für die Schaffung einer umfassenderen und immer aktuellen Datenbasis
- Koordination des Rheinmessprogramms Chemie und Vorsitz der Expertengruppe Monitoring der IKSR
- Anpassung der Maßnahmenschwerpunkte an aktuelle Fragestellungen aus dem BMUV, dem UBA sowie der Nationalen Wasserstrategie, den Flussgebietsgemeinschaften und internationalen Flussgebietskommisionen
- Konsolidierung und Erweiterung der fachlichen Basis durch Bearbeitung von thematisch verwandten Forschungsprojekten
- Erarbeiten, testen und implementieren von Konzepten zur zeitgemäßen Verarbeitung und Bereitstellung von Daten
- Aufnahme, Verarbeitung und Bewertung von Online- und Atline-Daten in annähernder Echtzeit
- Unterstützung der Aufgaben im Bereich der Schadstoffreduzierung bezüglich der MICROMIN-Aktivitäten im Rahmen des Programms „Rhein 2040“ der IKSR
- Pflege und Ausbau der Informationsplattform Undine, als eine zentrale Plattform für historische und aktuelle Daten, sowie für Informationen rund um die großen Flüsse Deutschlands

## Ergebnisse

Die Messwerte des Rheinmessprogramm Chemie aus dem Messjahr 2022 wurden abschließend bearbeitet und über die Zahlentafeln der IKSR veröffentlicht. Weiterhin sind bis zum gesetzten Stichtag, Ende August 2024, die meisten Messwerte aus dem Messjahr 2023 eingegangen und plausibilisiert worden. Im betrachteten Zeitraum wurde der IKSR Bericht 296 „Rheinstoffliste 2024-2025“ veröffentlicht.

In Vorbereitung für den anstehenden Rheinwasserqualitätsbericht 2021-2023 wurden die erforderlichen Daten bereitgestellt. Im Rahmen der MICROMIN-Aktivitäten, wo es um die Bewertungen zu Zielsetzungen im Bereich der Schadstoffreduzierung geht, erfolgte eine Auswertung der Messdaten vor gegebener Stoffe sowie die Bereitstellung der Ergebnisse über die Trendentwicklung dieser Indikator stoffe am Rhein an die MICROMIN-Berichtsgruppe.

Zusätzlich wurden unterschiedliche Anfragen aus der (internationalen) Öffentlichkeit, von Universitäten und Behörden beantwortet und ggf. Daten bereitgestellt.

Weitere wichtige Ergebnisse konnten bei der kontinuierlichen Weiterentwicklung der Informationsplattform Undine erzielt werden. Hier wurden u. a. die langjährigen Porträts über die stoffliche Entwicklung im Rheingebiet für die FGG Rhein aktualisiert. Weitere Überarbeitungen erfolgten im Bereich der Pegelseiten und Messstationen. Im Themenbereich der Extremereignisse am Rhein erfolgten Ergänzungen zum Eishochwasser von 1784 und dem Niedrigwasser von 2018.

## Verwertung der Ergebnisse

BMUV, UBA, internationale Flussgebietskommissionen, nationale Flussgebietsgemeinschaften sowie die Landesumweltämter sind Nutzer der Leistungen. Die Online-Zahlentafeln der IKSР werden von der (Fach-)Öffentlichkeit genutzt. Undine gibt allen Interessierten einen Überblick über qualitative und quantitative hydrologische Aspekte zu Extremereignissen in den Flussgebieten Elbe, Oder, Rhein, Weser, Donau und Ems und setzt diese in den historischen Kontext. Direkte Verknüpfungen zur Nationalen Wasserstrategie sind zu folgenden Kapiteln gegeben:

- II.1: „Wir wissen was andere emittieren werden“
- II.4: „Wir wissen was außerhalb des Regelmonitorings vorliegt und vervollständigen damit das Bild“
- II.6: „Wir liefern die Erfolgskontrolle im Gewässermonitoring, z. B. MICROMIN-Aktivität für getroffene Maßnahmen“
- II.7: „Wir gehen in der zeitnahen Beschreibung des Gewässerzustands voran und teilen unser Wissen“
- II.8: „Wir verbessern Frachtberechnungen und vervollständigen unser Wissen zur Stoffvielfalt“
- II.9: „Wir liefern Wissen über das Regelmonitoring hinaus, um alle nachgeordneten Prozesse zu fördern“
- II.10: „Wissen teilen, prognostizieren und warnen zur Vermeidung von Konflikten. Wasserpolitik als Friedenspolitik“

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Im kommenden Jahr wird u. a. der IKSР-Fachbericht 209 „Darstellung der Entwicklung der Rheinwassertemperaturen auf der Basis validierter Temperaturmessungen von 1978 bis 2011“ aktualisiert. Dabei werden auf der einen Seite Daten bis Ende 2023 und auf der anderen Seite neue Zeitreihen seit 1911 analysiert. Für das Jahr 2025 sind die Veröffentlichung des „Rheinwasserqualitätsberichts 2021-2023“ sowie die Veröffentlichung des Berichtes „Reduzierung von Mikroverunreinigungen im Rheineinzugsgebiet – erster Zwischenbericht der MICROMIN-Aktivitäten“ mit den Ergebnissen zur Trendentwicklung ausgewählter Kenngrößen am Rhein seit 2016, in Planung.

Die anstehenden Berichte leisten einen wesentlichen Beitrag zur Erfassung des gewässerchemischen Ist-Zustands des Rheineinzugsgebietes sowie zum besseren Verständnis der Entwicklung der Schadstoffbelastungen und klassischer Gewässergütedaten. Diese Informationen liefern wichtige Hinweise, auch im Hinblick auf die Nationale Wasserstrategie und ihre Ziele bis zum Jahr 2050. Sie bieten einen regelmäßigen Beitrag zur Erarbeitung weiterer strategischer Maßnahmen, sowohl für die Wasserwirtschaft inkl. der von ihr zu ergreifenden Maßnahmen, für eine qualitativ hochwertige Wasserversorgung der Bevölkerung als auch für Entscheidungsträger im Zuge sich verknappender Ressourcen, um die Steuerung von Maßnahmen und Regelungen für Emittenten im Einzugsgebiet vorzunehmen.

Das IKSР-Programm „Rhein 2040“ und die hieraus resultierende MICROMIN-Aktivität zielt, wie die Nationale Wasserstrategie und weitere Initiativen des Bundes und der Länder, auf eine nachhaltige Bewirtschaftung und Schutz des Allgemeingutes Wasser ab. Hierdurch werden Synergien geschaffen. Im Rahmen der MICROMIN-Aktivität werden kontinuierlich weiterführende Anpassungen, Untersuchungen und Auswertungen zu langjährigen Trends der Schadstoffkonzentrationen erforderlich und zu entwickeln sein. Ein weiterer großer Schritt wird die Anbindung des Internetauftritts in Form der Zahlentafeln an das neue Datenbanksystem „UBIS“ sowie die damit einhergehende Überarbeitung und

Neukonzeption der Online-Datenbereitstellung für Dritte sein. Auch zukünftig wird die Erhebung, Bearbeitung und Bereitstellung der Monitoringdaten aus dem Rheinmessprogramm Chemie der IKSР ein wichtiger Bestandteil bleiben. Die öffentliche Bereitstellung dieser Daten wird von wissenschaftlicher Seite (inter)national häufig genutzt. Besonders die langfristigen Datenreihen, die für viele Parameter bereitgestellt werden, sind essenziell wichtig für die Bewertung der Auswirkungen der veränderten Klimabedingungen und unterstützen die Einschätzung und Bewertung von Maßnahmen.

Für die Informationsplattform Undine stehen weitere inhaltliche Aktualisierungen sowie die Ergänzung von flussgebietsbezogenen Überblicksseiten zu aktuellen Messwerten der elektrischen Leitfähigkeit und des pH-Werts an. Mit der Verknüpfung von Informationen aus den Bereichen Hydrometeorologie, qualitativer und quantitativer Gewässerkunde, mit Fokus auf den Extremfällen Hochwasser und Niedrigwasser, leistet die Informationsplattform Undine einen öffentlichkeitswirksamen Beitrag zur Stärkung des Bewusstseins für die Ressource Wasser sowie zum Thema naturnaher Wasserhaushalt / Wasserknappheit der Nationalen Wasserstrategie.

## Produkte

- SCHWANDT, D., HÜBNER, G. (2024): Hydrologische Extremereignisse früher und heute – Informationsplattform Undine. Gewässerschutz-Wasser-Abwasser 257. Aachen  
<https://www.isa.rwth-aachen.de/go/id/wsod>
- IKSР Bericht 296 „Rheinstoffliste 2024-2026“  
<https://www.iksr.org/de/oeffentliches/dokumente/archiv/fachberichte/fachberichte-einzeldarstellung/296-rheinstoffliste-2024-2026>
- DUESTER, L., LIVROZET, N., POTURALSKI, S., STOETTER, T., GERLOFF, A.-L., HEINTZ, M.D. (2024): The ICPR measuring programme chemistry and its monitoring approach – a look back and a glimpse of the future. Water International 49(3-4), 446-454.  
DOI: 10.1080/02508060.2024.2321691  
<https://doi.org/10.1080/02508060.2024.2321691>

## Weitere Informationen

- <https://iksr.bafg.de/iksr/>
- <https://undine.bafg.de/>

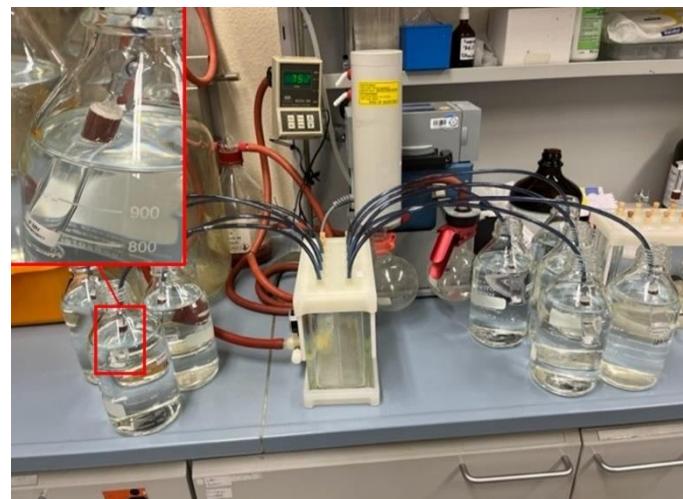
Ansprechperson der BfG  
Dr. Rike Vöpel  
Referat G4 Radiologie und Gewässermonitoring  
Tel.: +49 (0)261 1306 5933  
E-Mail: [voelpel@bafg.de](mailto:voelpel@bafg.de)

# 103 Organische Schadstoffe

**Die Nationale Wasserstrategie und der Sachverständigenrat für Umweltfragen benennt die Risiken durch anthropogene Stoffeinträge als eines der zentralen Herausforderungen der Umweltpolitik. In dem Projekt „Organische Schadstoffe“ werden Untersuchungen zum Vorkommen und Umweltverhalten organischer Schadstoffe in grenzüberschreitenden Gewässern durchgeführt. Zudem werden Belastungsschwerpunkte und Trendentwicklungen erfasst und sowohl neue hochsensitive Analyseverfahren für spezifische Stoffgruppen als auch Non-Target-Verfahren für ein schnelles Screening auf aktuell ca. 1.500 Substanzen entwickelt.**

Das Projekt „Organische Schadstoffe“ erarbeitet die Grundlagen zur Bewertung des Verhaltens und Vorkommens von Schadstoffen in Gewässern. Es werden hochmoderne Analyseverfahren etabliert und damit die Belastung grenzüberschreitender Gewässer sowohl mit regulierten als auch mit sogenannten neuartigen organischen Schad- und Spurenstoffen untersucht. Zudem wird das Verhalten der Schadstoffe in Bezug auf Sorption und Abbau aufgeklärt. Mithilfe eines derartigen Prozessverständnisses kann der Verbleib ausgewählter Stoffe (Bildung von Transformationsprodukten, Akkumulation im Sediment etc.) abgeschätzt werden.

Seit einigen Jahren werden mithilfe von Non-Target-Verfahren auch verstärkt bisher unbekannte Stoffe als Gewässerkontaminanten identifiziert und hinsichtlich ihres Vorkommens und Umweltverhaltens untersucht.



*Abbildung 3: Anordnung zur blindwertreduzierten Festphasenextraktion (SPE) von Bisphenol A und Analoga aus Wasserproben (Quelle: Emily Fischer, BfG)*

## Veranlassung

Die Belastung oberirdischer Gewässer mit verschiedenen Umweltchemikalien wird aktuell und in Zukunft weitgehend nach den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) beurteilt. Doch wie auch in der Nationalen Wasserstrategie festgestellt wird, ist die Belastung der Gewässer durch Stoffeinträge aus unterschiedlichen Quellen wie Industrie, Kommunen und Landwirtschaft weiterhin zu hoch. Neben diesen weitgehend gut untersuchten prioritären Schadstoffen werden eine Vielzahl weiterer organischer Spurenstoffe wie z. B. Arzneistoffe und Industriechemikalien in Fließgewässern, Grundwasser und Trinkwasser detektiert. In der Europäischen Union sind aktuell (Stand 31.08.2024) mehr als 22.700 chemische Substanzen im Rahmen von REACH (EU-Verordnung 1907/2006; Europäische Chemikalienverordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe) registriert. Hinzu kommen zahlreiche biologisch aktive Substanzen wie Arzneistoffe, Biozide und Pestizide, die im Rahmen anderer Verordnungen registriert sind, sowie Chemikalien, die jährlich in Mengen von weniger als einer Tonne hergestellt oder importiert werden. Noch komplexer wird es durch Transformationsprodukte, die in der Umwelt, in der Abwasserreinigung oder auch in industriellen Prozessen gebildet werden. Des Weiteren sind auch noch eine Vielzahl natürlicher Toxine zu berücksichtigen, die insbesondere von bestimmten Cyanobakterien und Algen gebildet werden können. Aufgrund der großen Anzahl an potenziellen organischen Gewässerkontaminanten ist die umfassende Charakterisierung der chemischen Gewässerbelastung eine besondere Herausforderung. Für viele

Substanzen sind zudem die Eintragsquellen und ihr Umweltverhalten bisher noch nicht oder unzureichend untersucht. Vor diesem Hintergrund wird in dem Projekt das Ziel der Nationalen Wasserstrategie, die Kenntnisse über Stoffe und Stoffgruppen zu verbessern, unterstützt durch „neu konzipierte Monitoringsysteme“ und „analytische Verfahren für die Abwasser- und Gewässerüberwachung“. Dazu sollen auch ganz konkrete Aktionen des Aktionsprogramms Wasser der Nationalen Wasserstrategie unterstützt werden (siehe Ziele). Zudem orientieren sich die Arbeiten im Rahmen der Maßnahme auch an den Anforderungen von PARC (2022 - 2029), das EU-kofinanzierte F&I (Forschung und Innovation) Partnerschaftsprogramm für die Bewertung von Risiken durch Chemikalien, an dem sich die BfG beteiligt.

## Ziele

- Entwicklung und Validierung neuer leistungsfähiger Methoden zum sensitiven Nachweis von organischen Spurenstoffen und Mikroplastik in Wasser, Schwebstoff- und Sedimentproben
- Detektion und Identifizierung von bisher als Umweltkontaminanten nicht bekannten Spurenstoffen mit Non-Target-Screening
- Untersuchung des Vorkommens und Verhaltens (Abbau, Sorption, Remobilisierung) „neuartiger Spurenstoffe“ in grenzüberschreitenden Flüssen
- Identifizierung von Transformationsprodukten und Abbauwegen
- Unterstützung des Aktionsprogramms Wasser der Nationalen Wasserstrategie:
  - Identifizierung von Eintragsquellen und Erarbeitung von Konzepten zur Minimierung der Fließgewässerbelastungen (Aktion 36)
  - Durchführung von Trenduntersuchungen zur Priorisierung von Schadstoffen und Evaluierung der Effizienz von Maßnahmen zur Eintragsminimierung z. B. im Rahmen der MICROMIN-Aktivität der IKSР zur Prüfung des Ziels einer Reduktion von Spurenstoffeinträgen in den Rhein (Aktion 26)
  - Bereitstellung von Daten zum Vorkommen und zum Stoffverhalten u. a. zur Unterstützung des Spurenstoffdialogs (Aktion 25)
- Unterstützung von PARC: Durchführung von Probenahmen und Analysen (u. a. Non-Target-Screening) sowie Unterstützung von Initiativen im Bereich der Qualitätssicherung von Non-Target-Daten

## Ergebnisse

### Schwebstoff-Trendmonitoring

Im Rahmen der Expertengruppe (EG) MICROMIN der IKSР wurde ein Vorschlag für ein Trendmonitoring mit Schwebstoffen zur Unterstützung der Überprüfung der Zielvorgabe, bis 2040 eine 30-prozentige Reduktion der Spurenstoffemissionen im Rhein zu erreichen, ausgearbeitet und abgestimmt. Derzeit werden Schwebstoff-Jahresmischproben des Rheins aus der Umweltprobenbank des Bundes (UPB) der Messstationen Weil, Koblenz und Bimmen auf bis zu 60 ausgewählte Substanzen aus verschiedenen Anwendungsbereichen (u. a. Arzneistoffe, Pflanzenschutzmittel, Biozide, Industriechemikalien) analysiert. Für dieses Projekt wurden neue Analysemethoden u. a. für den quantitativen Nachweis von 80 Pestiziden, Bioziden und Transformationsprodukten mittels LC-MS/MS und 9 Phenolbenzotriazolen mittels GC-MS/MS entwickelt und validiert. Die ersten Trenergebnisse für den Zeitraum von 2016 bis 2021 für 30 Substanzen liegen nun vor.

Die Pestizide Metolachlor, Terbutylazin und sein Transformationsprodukt Desethylterbutylazin sowie die Arzneimittel Sotalol und Fexofenadin wiesen im gesamten Referenzzeitraum an allen drei Messstationen Konzentrationen unter der Bestimmungsgrenze auf. Infolgedessen erfolgt zukünftig keine weitere Betrachtung dieser Substanzen.

Die Konzentrationen typischer abwasserbürtiger Stoffe (wie z. B. Arzneistoffe) nahmen konsistent mit dem zunehmenden Anteil an gereinigtem Abwasser im Rheinverlauf von Weil nach Bimmen zu, wie am Beispiel von Venlafaxin ersichtlich ist (jeweils Mittelwert 2016 bis 2021, Weil:  $3,6 \pm 0,3 \mu\text{g}/\text{kg}$ ; Koblenz:  $10 \pm 1 \mu\text{g}/\text{kg}$ ; Bimmen:  $13 \pm 2 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Die Mehrheit der untersuchten Arzneimittel wies im betrachteten Zeitraum eine gleichbleibende Konzentration im Schwebstoff auf. Eine Ausnahme stellt hier Sitagliptin dar. Im gemessenen Zeitraum war ein signifikanter Anstieg der Konzentrationen zu verzeichnen (Abbildung 4). In Weil stieg die Konzentration von  $17 \mu\text{g}/\text{kg}$  auf  $19 \mu\text{g}/\text{kg}$  (11 %), in Koblenz von  $40 \mu\text{g}/\text{kg}$  auf  $53 \mu\text{g}/\text{kg}$  (25 %) und in Bimmen von  $59 \mu\text{g}/\text{kg}$  auf  $66 \mu\text{g}/\text{kg}$  (11 %). Dieser Trend ließ sich bereits in unseren älteren Messdaten aus den Jahren 2005 bis 2014 erkennen (Boulard et al. 2020, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115366>) und ist auf eine weiterhin anhaltende Zunahme des Verbrauchs von Sitagliptin zurückzuführen.

Industriechemikalien, wie beispielsweise Methoxymethyltriphenylphosphonium (MeOMe-TPP), werden in signifikanten Mengen an einer Stelle in den Rhein eingeleitet. Die Konzentrationen von MeOMe-TPP lag in Weil nahe der Bestimmungsgrenze von  $0,06 \mu\text{g}/\text{kg}$  und zeigten einen tendenziell abnehmenden Trend (von  $0,2$  auf  $0,1 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Aufgrund der industriellen Einleitungen zwischen Weil und Koblenz (Schluesener et al. 2015, <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03926>) wurden in Koblenz etwa 150-mal höhere Konzentrationen und auch ein steigender Trend (von  $30$  auf  $50 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) nachgewiesen.

### **Entwicklung einer hochsensitiven Methode zum Nachweis von Bisphenolen**

Bisphenol A (BPA) wurde von der Europäischen Kommission als reproduktionstoxisch der Kategorie 1B eingestuft und zudem aufgrund seiner Eigenschaften als endokriner Disruptor für die menschliche Gesundheit und für die Umwelt gemäß des europäischen Chemikalienrechts als besonders besorgnis-erregende Substanz (Substance of Very High Concern, SVHC) identifiziert. Bisphenol A (BPA)-Ersatzstoffe werden zudem in PARC als Stoffgruppe priorisiert, da auch die Mehrzahl der Ersatzstoffe im Verdacht steht, wie BPA die Reproduktion und das Hormonsystem von Wirbeltieren zu beeinträchtigen oder bereits als endokrine Disruptoren identifiziert wurden.

Des Weiteren soll BPA in die Liste der prioritären Stoffe nach Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) aufgenommen werden. Während der ursprüngliche Entwurf eine Jahresschnitt-Umweltqualitätsnorm (JD-UQN) von  $34 \text{ pg/L}$  vorsah (COM(2022) 540 final), liegt die JD-UQN im aktuellen Vorschlag bei  $170 \text{ pg/L}$ . Doch auch der Nachweis dieser Konzentration stellt eine signifikante Herausforderung für die Messung selbst dar. Zudem müssen Kontaminationen während der Probenvorbereitung im Labor sowie der Probenahme erheblich reduziert werden.

Daher wurde eine innovative Analysemethode entwickelt, welche den sicheren Nachweis und die Quantifizierung von BPA und 15 analogen Verbindungen im Ultraspurenbereich ( $\text{pg}/\text{L}$ -Bereich) in Gewässern ermöglicht. Grundlage dieser Methode ist eine speziell angepasste Festphasenextraktionsmethode (engl. Solid Phase Extraction, SPE), mit der die Substanzen nahezu blindwertfreie aus Wasserproben extrahiert und angereichert werden (Abbildung 3). Die Messung erfolgt mittels Flüssigkeitschromatographie gekoppelt an Tandem Massenspektrometrie (LC-MS/MS). Gegenwärtig wird die Methode abschließend validiert. Die bisherigen Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Bestimmungsgrenze (BG) für BPA bei ca.  $300 \text{ pg/L}$  liegen wird. Eine noch weitere Reduzierung wird angestrebt, ist aber aufgrund der ubiquitären Blindwerte limitiert. Obgleich die aktuell erreichte BG noch um ca. einen Faktor von 2 über der potenziell neuen JD-UQN liegt, stellt die Methode hinsichtlich ihrer Sensitivität eine deutliche Verbesserung im Vergleich zu der Mehrzahl der bisher verfügbaren Messmethoden dar. Zudem ist mit hinreichender Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass aufgrund des ubiquitären Vorkommens die BPA-Konzentrationen in (fast) jedem Gewässer oberhalb

der BG liegen. Um die Eignung der Methode zu bestätigen, ist vorgesehen, diese in den kommenden Jahren im Rahmen eines umfangreichen Messprogramms einzusetzen. Zu dem wird die Methode in 2025 noch für die Untersuchung von Sedimenten und Schwebstoffen weiter-entwickelt. Die gewonnenen Daten können dann für eine Bewertung von BPA, Analoga und Ersatz-stoffen herangezogen werden.

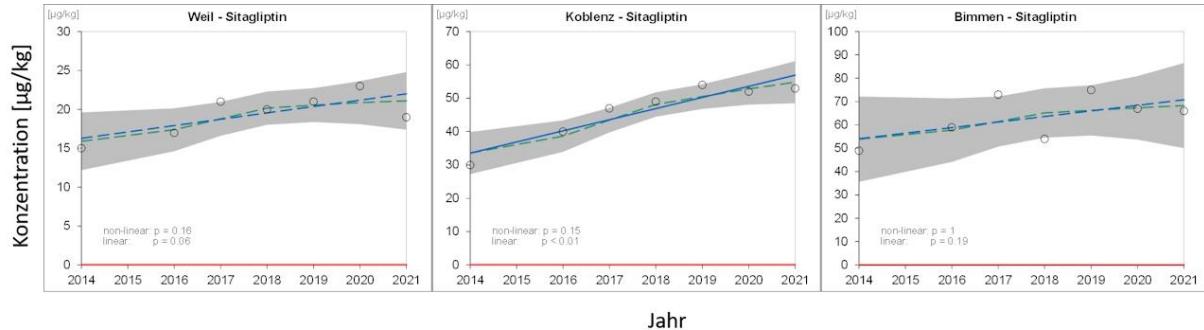


Abbildung 4: Konzentrationen von Sitagliptin in Schwebstoffen der Messstationen Weil, Koblenz und Bimmen am Rhein der Jahre 2014 bis 2021. Die Daten aus 2014 wurden aus Boulard et al. (2020) entnommen

## Verwertung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Schwebstoffuntersuchungen werden der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) übergeben und in der Kleingruppe „Trendanalyst“ im Bereich der MICROMIN-Aktivitäten weiter diskutiert und ausgewertet. Ziel ist es, mithilfe der Trends in Schwebstoffen einen wertvollen Beitrag zur Überprüfung des 30%igen Reduktionsziels für Spurenstoffe (Mikroverunreinigungen) im Rhein zu liefern. Details werden in einem ersten Bericht der EG zusammengefasst. Des Weiteren wurden dem Spurenstoffzentrum Wasser- und Schwebstoffmessdaten für die Erstellung von Stoffdossiers zur Verfügung gestellt.

Die neue Analysenmethode für Bisphenole wird in 2025 für das Rheinmessprogramm der BfG eingesetzt. Hauptnutzer sind hier neben dem BMUv die IKSR und das Land Rheinland-Pfalz. Zudem werden Initiativen zur Bewertung von Bisphenol-Analoga im Rahmen des Europäischen Forschungsverbunds PARC unterstützt. Des Weiteren wurden in 2025 Probenahmen für das PARC-Arbeitspaket 4.2. durchgeführt und Proben der Partner in PARC mittels Non-Target-Screening untersucht.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Erhebung von für Stoff- und Maßnahmenbewertungen relevanten Monitoringdaten zur Unterstützung des Aktionsprogramms Wasser
- Etablierung eines Dauermessprogramms an ausgewählten Stationen großer Flüsse (Target- und Non-Target) in Ergänzung zum Rheinmessprogramm an der Station Koblenz
- Weiterentwicklung der MICROMIN-Messmethoden und Messung weiterer Proben (2022-2040)
- Weiterentwicklung der Analysenmethode für Bisphenole zur Untersuchung von Schwebstoffen und Sedimenten
- Untersuchung der Belastung deutscher Flüsse mit Bisphenolen
- Untersuchung der Quellen, des Vorkommens und des Umweltverhaltens partikelgebundener Spurenstoffe wie z. B. PFAS und neuer Flammschutzmittel im Flussverlauf großer deutscher Ströme wie Elbe und Rhein

- Unterstützung der Länder/IKSR bei der Analyse/Bilanzierung von Mikroplastik
- Kontinuierliches Non-Target-Screening von Proben der BfG-Messstation Koblenz/Rhein zur Identifizierung bisher unbekannter Spurenstoffe im Rhein
- Untersuchung der Sorption und des aeroben und anaeroben Abbauprozesses von Schad- und Spurenstoffen
- Ableitung von Maßnahmen zur Eintragsminimierung

## Projektpartner

- Europäische Projektpartner innerhalb PARCs (Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals)
- Umweltbundesamt (UBA)

## Produkte

- MORA, D., SCHLÜSENER, M., FISCHER, H., KLEINTEICH, J., SCHULZ, M., TERNES, T., THIEL, J., WICK, A., KRENEK, S. (2024): From genes to toxins: Profiling *Prymnesium parvum* during a riverine harmful algal bloom. Harmful Algae. 136 (2024) 102644.  
DOI: 10.1016/j.hal.2024.102644  
<https://doi.org/10.1016/j.hal.2024.102644>
- WIEDERHOLD, J., BUCHINGER, S., DÜSTER, L., FISCHER, H., HAHN, J., HELMS, M., HERMES, N., JEWELL, K., KLEINTEICH, J., KRENEK, S., LÖFFLER, D., MORA, D., RADEMACHER, S., SCHLÜSENER, M., SCHÜTZE, K., WAHRENDORF, D.S., WICK, A., TERNES, T. (2023): Investigation of the fish die-off in the Oder River in August 2022. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht BfG-2143\_EN.  
[https://doi.org/10.5675/BfG-2143\\_EN](https://doi.org/10.5675/BfG-2143_EN)

Anprechperson der BfG  
Dr. rer. nat. Michael Schlüsener  
Referat G2 Gewässerchemie  
Tel.: +49 (0)261 1306 5930  
E-Mail: schluesener@bafg.de

# 104 Biodiversität großer Fließgewässer und Auen

**Strömungs- und Sedimentationsverhältnisse formen in Flusslandschaften ein Mosaik von Habitaten. So bilden sich Lebensbedingungen für eine potenziell große Vielfalt von Tier- und Pflanzenarten, die grundlegend für diverse ökosystemare Leistungen großer Fließgewässer und Auen sind. Ihr Schutz und ihre Entwicklung sind für die Nationale Biodiversitätsstrategie, die Nationale Wasserstrategie und die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie von hoher Bedeutung. In dieser BMUV-Maßnahme wird anhand der Biodiversität die ökologische Integrität der Habitatstrukturen entlang lateraler Gradienten vom Fluss in die Aue analysiert und bewertet. Das Verfahren identifiziert Defizite, leitet geeignete Maßnahmen ab und bewertet ökologische Verbesserungen.**

Große Flüsse wurden in Europa und weltweit vielfach zum Schutz vor Hochwasser, zur Nutzung durch Landwirtschaft und Schifffahrt sowie zur Entwicklung wirtschaftlicher Infrastruktur intensiv umgestaltet: So schränkt z. B. der Bau von Uferbefestigungen und Deichen die natürlichen, hydromorphologischen Prozesse in Flüssen und Auen vielerorts ein. Fluss- und auentypische Habitatstrukturen degenerieren und vereinheitlichen. Laufverkürzungen und damit einhergehende Erhöhungen des Gefälles führen in vielen Abschnitten zu einer Gewässerbetteintiefung und damit zu einer zunehmenden hydraulischen Entkopplung von Fluss und Aue und einem absinkenden Grundwasserspiegel. Als eine Folge nimmt die Fläche typischer Habitate und damit die Biodiversität der Flusslandschaften deutlich ab.



Abbildung 5: Oderaue bei Reitwein – Altwasser (2022)

(Quelle: Olga Kolychalow, BfG)

Biodiversität selbst stellt eine Ökosystemleistung von Gewässern und deren Auen dar, ist aber auch die Grundlage für zahlreiche weitere Leistungen des Ökosystems. Die Nationale Biodiversitätsstrategie 2030 (NBS, BMUV 2024) identifiziert die Binnengewässer und ihre Auen als „Hotspot“ der Biodiversität und betont die Bedeutung der Flüsse und ihrer Auen für die Ökosysteme. Die deutliche Steigerung der Artenvielfalt in diesen Lebensräumen wird als strategisches Ziel zur Umsetzung nationaler und internationaler Biodiversitätsziele formuliert, deren Erreichung über die NBS-Indikatoren „Artenvielfalt und Landschaftsqualität“, „Zustand der Flussauen“ und „Ökologischer Gewässerzustand“ ermittelt wird.

Allerdings bilden alle drei NBS-Indikatoren den Zustand der Biodiversität und Lebensräume nur anhand einzelner sehr grober Kenngrößen ab. So liefert die Bestandsgröße ausgewählter Vogelarten der Binnengewässer den NBS-Indikator „Artenvielfalt und Landschaftsqualität“ ab, während andere typische Organismengruppen bisher unberücksichtigt bleiben. Der Indikator „Zustand der Flussauen“ wird anhand einer Übersichtsbewertung der hydromorphologischen Standortbedingungen gebildet und adressiert die spezifischen Habitatbedingungen der lateralen Konnektivität (des Fluss-Ufer-Auengradienten) noch unzureichend. Der Indikator „Ökologischer Gewässerzustand“ bilanziert den Anteil der Wasserkörper in einem guten bzw. sehr guten Zustand anhand der biologischen Qualitätsbewertung nach Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Allerdings ist diese Bewertung auf das eigentliche Fließgewässer begrenzt und schließt die Arten und Lebensräume der Flussauen komplett aus.

An diesen Lücken setzt die BMUV-Maßnahme 104 „Biodiversität großer Fließgewässer und Auen“ an, indem sie Biodiversitäts-Indikatoren entwickelt, welche die ökologische Integrität der Habitatstrukturen entlang des lateralen Gradienten charakterisieren. Dabei nutzt sie spezielle Indikatorarten aus aquatischen, amphibischen und terrestrischen Auenhabitaten, wie Libellen, Amphibien und Vogelarten, welche die Ausprägung der lateralen Konnektivität in den Auen und Auengewässern anhand der Lebensstrategien der Arten widerspiegeln. Hierbei wird die laterale Konnektivität zum einen über den hydrologischen Gradienten anhand der Bodenfeuchte (von nass zu trocken) sowie über die abfluss- und grundwasserbedingte Anbindung der Auengewässertypen sowie zusätzlich über die Sukzessionsstadien der Auengewässer, der amphibischen und terrestrischen Auenhabitare (von bewuchsfreien Pionierstandorten bis zum Auenwald) abgebildet.

Die Analyse dieser Biodiversitätsindikatoren ermöglicht eine stärker differenzierte Bewertung der ökologischen Integrität der Fluss-Ufer-Auenlebensräume, identifiziert fehlende Habitate und konkretisiert notwendige Maßnahmen, um die Biodiversität in den Flusslandschaften nachhaltig zu steigern.

Auf diesem Wege leisten die Arbeiten in der BMUV-Maßnahme 104 einen Beitrag zur Umsetzung der NBS und unterstützen bei der Umsetzung und Bewertung zielgerichteter WRRL-Maßnahmen an großen Fließgewässern. Zudem adressieren sie insbesondere das Themenfeld III.2 „nachhaltige Gewässerbewirtschaftung weiterentwickeln“ (konkret Aktionen 21, 23, 24) der Nationalen Wasserstrategie (NWS, BMUV 2024).

## Veranlassung

Die Biodiversität der ursprünglich artenreichen Flusslandschaften ging in der Vergangenheit deutlich zurück. Beispielsweise stehen heute zahlreiche typische Auenarten auf der Roten Liste Deutschlands oder einzelner Bundesländer. Auch die EU hat den Handlungsbedarf erkannt. So ist es Ziel der Wasserrahmenrichtlinie, den guten ökologischen Zustand von Fließgewässern zu erreichen, und mit der EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur, als Schlüsselement der EU-Biodiversitätsstrategie 2030, sollen Maßnahmen eingeleitet werden, um wichtige Ökosysteme zu stärken und Ökosysteme in schlechtem Zustand in Teilen wiederherzustellen. Insbesondere die Auen bieten wichtige Lebensräume und Potenziale, um auch die Zielerreichung nationaler Strategien zu unterstützen. Um aber die Bedarfe für und Erfolge von Renaturierungs- und ökologischen Entwicklungsmaßnahmen an den großen Fließgewässern und in ihren Auen besser abschätzen und bewerten zu können, wird ein Bewertungssystem benötigt, das die aquatischen, amphibischen und terrestrischen Lebensräume von Auen berücksichtigt und ihre Besiedlung entsprechend der auentypischen Anforderungen in Abhängigkeit von der lateralen Konnektivität bewertet. Mithilfe eines solchen Bewertungssystems könnte die WRRL-Umsetzung unterstützt werden. Vor allem würde aber auch eine Überprüfung des Auenzustands entsprechend der tatsächlichen Besiedlung ermöglicht, um sowohl das Erreichen der ökologischen Integrität der Auen als auch eine Verbesserung des Auenzustands im Sinne der Biodiversitätsstrategie und der Nationalen Wasserstrategie zu fördern.

## Ziele

- Identifizierung geeigneter Indikatorarten verschiedener aquatischer, amphibischer und terrestrischer Organismengruppen, welche die Auswirkungen der lateralen Konnektivität auf die Habitatstruktur der Auen entlang der großen Flüsse widerspiegeln
- Entwicklung und Anwendung eines Verfahrens zur Bewertung der ökologischen Integrität von Flusslandschaften unter Berücksichtigung der lateralen Konnektivität (der Fluss-Ufer-Auen-Gradienten) unter Anwendung auentypischer Indikatorarten in Abhängigkeit von der natürlichen Abflussdynamik

- Weiterentwicklung beziehungsweise Ergänzung vorhandener NBS-Indikatoren für das NBS Ziel 10.1 „Artenvielfalt und Landschaftsqualität in Binnengewässern und Auen deutlich steigern“
- Ableitung konkreter Maßnahmenvorschläge in ausgewählten Abschnitten großer Flüsse und Bundeswasserstraßen, um die Zielerreichung der nationalen und internationalen Biodiversitätsstrategien, der Nationalen Wasserstrategie, der Wasserrahmenrichtlinie sowie weiterer Richtlinien wie z. B. der FFH- und Vogelschutzrichtlinie bzw. von NATURA 2000) zu unterstützen
- Perspektivisch: konkrete Erprobung und Anwendung des Bewertungssystems auch an Bundeswasserstraßen zur Abschätzung der Erfolge von umgesetzten Maßnahmen z. B. im Rahmen des wasserwirtschaftlichen Ausbaus gemäß WRRL, von Renaturierungsmaßnahmen gemäß BBD oder auch des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz (ANK)

## Ergebnisse

Im Rahmen der BMUV-Maßnahme 104 wird ein Bewertungsverfahren für Auen als Bestandteil von Flusslandschaften entwickelt. Um den Bestand und die Besiedlung von auentypischen Habitaten, die in Abhängigkeit von hydromorphologischen Prozessen entstehen sowohl zu erfassen als auch zu bewerten, wurden zunächst auenrelevante Biotoptypen identifiziert, die sowohl den hydrologischen als auch den Sukzessionsgradienten abbilden. Zudem wurden Tiergruppen ausgewählt, die eine differenzierte Nutzung der unterschiedlichen Strukturen wie Rohböden, verschiedene Verlandungsstrukturen bzw. -stufen in Auengewässern bis hin zu unterschiedlichen Auwaldstrukturen abbilden. Anhand des Nutzungsverhaltens der ausgewählten Tiergruppen hat sich eine grobe übergeordnete Einteilung von Biotoptypen sowie mehrere differenzierte Einteilungen der Habitate für einzelne Tiergruppen als zielführend herausgestellt.

Als übergeordnete Kategorien der Biotoptypen wurden aquatische Habitate, Pionierstandorte, Röhrichte, Seggen, Niedermoore (regional), Weichholz- und Hartholzauen identifiziert. Die aquatischen und Waldbiotope werden bei Bedarf abhängig von den Indikatorgruppen weiter nach ihren Sukzessionsstadien unterteilt. Bei manchen Tierarten und Tiergruppen lassen sich keine eindeutigen Aufteilungen zwischen der Nutzung von Weichholz- und Hartholzauen vornehmen. Ähnliches gilt für einige Arten in Bezug auf Röhrichte und Seggen. Daher werden diese Habitate bei Bedarf als Waldhabitare oder als Verlandungszonen zusammengefasst. Biotope, die stark von der potenziell natürlichen Vegetation (pnV) abweichen, werden als auenuntypisch klassifiziert. Feuchtwiesen entstehen durch Nutzung und Entwässerung von Sümpfen und (Nieder-)Mooren. Sie sind menschlichen Ursprungs, werden jedoch als ökologisch wertgebende Sekundärbiotope (Ausweichlebensräume) in die Bewertung einbezogen.

Das Bewertungsverfahren wird beispielhaft bereits während seiner Entwicklung anhand von Daten aus der EU-Donaustudie zwischen Straubing und Vilshofen getestet, da hierfür eine umfangreiche Datenabdeckung für die im Verfahren zu betrachtenden Habitare vorliegt. Das Untersuchungsgebiet (UG) umfasst eine Fläche von 12.650,6 ha und schließt sowohl die aktive als auch die rezente Aue ein. Die Biotoptypenkartierung aus den Jahren 2010/2011 (ArGe Danubia 2012) kann alle auenrelevanten Habitattypen wie oben definiert im Untersuchungsgebiet belegen. Den geringsten Anteil machen Uferstauden (0,01 %, relativ typische Habitate), gefolgt von Seggen (0,2 %) und Pionierstandorten (inkl. einjähriger Flora) aus (0,87 %; Abbildung 6). Den größten Anteil nehmen aquatische Habitate ein (13,74 %), gefolgt von der Weichholz- (6,34 %) und der Hartholzaue (4,61 %).

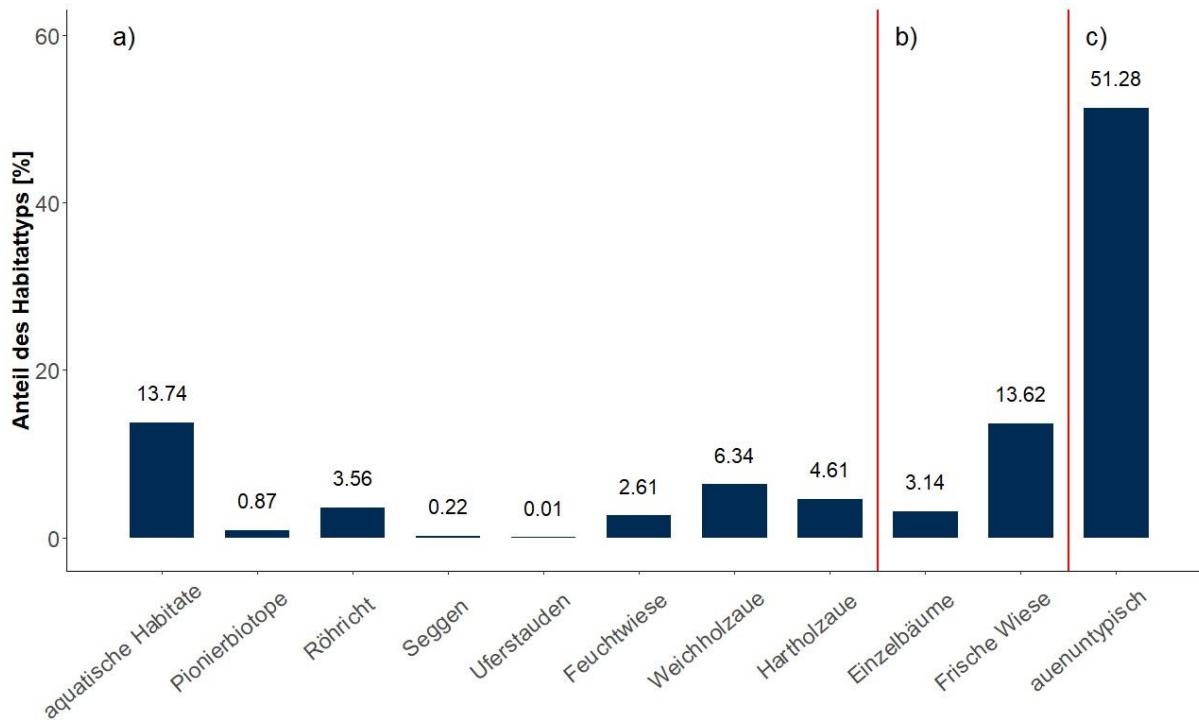


Abbildung 6: Anteil von auentypischen und auenuntypischen Habitaten in der Donauaue (Straubing und Vilshofen)  
a) auentypische Habitate, b) anthropogen veränderte Habitate, c) auenuntypische Habitate: sehr stark veränderte Biotoptypen (Quelle: ArGe Danubia 2012)

Demnach werden 32,25 % der Gesamtfläche von auentypischen Biotopen bedeckt. Etwas trockenere Biotoptypen wie frische Wiesen, nehmen 16,46 % der Fläche ein. Hierbei handelt es sich um kein typisches Auenhabitat. Eine auenuntypische Bodennutzung, wie z. B. durch Siedlung, Acker oder Nadelforst, erfolgt auf 51,28 % der Untersuchungsfläche. In der aktiven Aue liegt der Anteil der auenuntypischen Habitate bei nur 27 %.

Als wichtige Indikatoren wurden Brutvögel identifiziert. Vögel legen ihre Nester in unterschiedlichen Strukturen an, die sich anhand der Höhe, der genutzten Strukturen und der Bauweise unterscheiden können. Die Ergebnisse zeigen, dass im UG Strukturen vorhanden sind, die es allen Brutgilden (Gruppen von Arten, die ähnliche Nester bauen) ermöglichen, für sie geeignete Nester anzulegen (Schlemmer, 2012). So wurden Brutvogelarten nachgewiesen, die Brutröhren anlegen, Schwimmnester in Auengewässern bauen, frei in Röhricht und Bäumen (Freibrüter), am Boden (Bodenbrüter; nasser, feuchter und trockenerer Habitate) oder in Baumhöhlen (Altbäume) brüten. Somit waren weitestgehend alle Strukturen für den Nestbau vorhanden.

Anhand der Standortwahl der nachgewiesenen Brutvogelarten lässt sich ableiten, dass ihnen alle oben als auentypisch identifizierten Sukzessions- und Feuchtestufen für den Nestbau und die Fortpflanzung sowohl zur Verfügung standen als auch von ihnen angenommen wurden (Abbildung 7). Dazu zählen Pionierhabitale wie Steilwände und Kiesbänke, land- und wasserseitige Verlandungszonen sowie unterschiedliche Auwaldstandorte (Waldrand, lichte Wälder, feuchte Wälder, Altholzbestände, strukturreiche Waldlandschaften; hier nicht dargestellt).

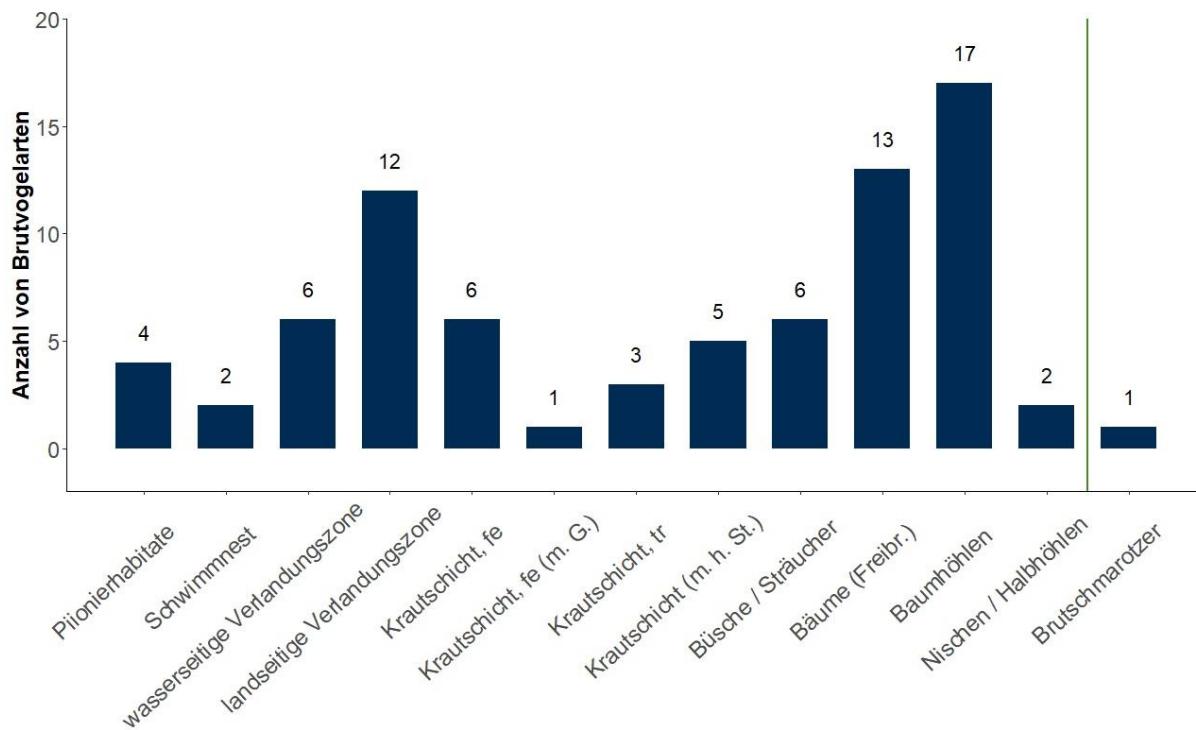


Abbildung 7: Strukturen und Habitate in der Donauaue (Straubing und Vilshofen) nach Sukzessionsverlauf und abnehmendem Feuchtegehalt, die von Brutvögeln für die Anlage ihrer Nester genutzt werden (Quelle: Schlemmer 2012)

Die Gruppe der Arten, die in der Krautschicht bzw. in niedriger Vegetation brütet, setzt sich aus typischen Arten nasser und feuchter Standorte zusammen, die normalerweise in Sümpfen und Niedermooren (entwässert als Feuchtwiesen) brüten (Kiebitz, Bekassine, Großer Brachvogel) und Arten, die eher in trockenen Gebieten bzw. in Steppen beheimatet sind (Rebhuhn, Wachtel, Feldlerche). Letztere gelten in Deutschland als Kulturfolger und brüten i. d. R. im Grünland und auf Ackerflächen. Als ursprüngliche Steppenarten zeigen sie eine abschnittsweise Trockenlegung der Donauaue an und werden als auenuntypische Arten gewertet.

Vögel bieten einen guten Überblick über das Vorkommen von übergeordneten typischen Auenhabitaten. Weitere Tiergruppen zeigen feinere Abstufungen von ausgewählten Habitattypen an. Daher wird derzeit die Kategorisierung entsprechend den Sukzessionsstadien der Auengewässer (anhand der Libellenfauna) und von Pionierstandorten und Kleingewässern (Amphibien) weiter aufgegliedert. Darüber hinaus soll eine Bewertung kürzere Teilabschnitte umfassen (10 km-Länge), um ein genaueres Bild über Zustand und Verbesserungsbedarf einzelner Abschnitte zu erhalten. Eine abschließende Bewertung wird demnach erst nach der Klassifizierung aller relevanten Indikatorgruppen vorgenommen.

Da grundlegende ökologische Funktionen eines Ökosystems sichergestellt werden müssen, um einen guten ökologischen Erhaltungszustand zu gewährleisten, wird zusätzlich daran gearbeitet, ökologische Funktionen von Arten, die für ein funktionierendes Ökosystem notwendig sind, sowie Insekten (als Bestäuber und wichtige Beutetiere) in das Bewertungssystem sinnvoll zu integrieren und dennoch ein pragmatisches Verfahren zu behalten.

## Verwertung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten spezifizieren die NBS-Indikatoren im Handlungsfeld Binnengewässer, Auen und Moore der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt 2030 und tragen zu einer differenzierteren Bewertung der Biodiversität in den großen Flüssen und Auen bei. Hierdurch ermöglichen sie das Ziel, im Handlungsfeld 10.1 der NBS 2030 und die Defizite zur Zielerreichung im Hinblick auf die großen Flüsse und ihrer Auen zu konkretisieren und notwendige Maßnahmen in den betroffenen großen Flüssen und Bundeswasserstraßen zu identifizieren und abzugrenzen.

Dieser Ansatz verknüpft damit die Erreichung der Ziele der Nationalen Biodiversitätsstrategie mit den Anforderungen der Ziele gemäß Wasserrahmenrichtlinie, indem die Synergie konkreter Maßnahmen im Rahmen des wasserwirtschaftlichen Ausbaus mit den Maßnahmen zur Erreichung der NBS messbar identifiziert werden können.

Besondere Anknüpfungspunkte ergeben sich darüber hinaus zum Themenfeld II.3 der Nationalen Wasserstrategie „Nachhaltige Gewässerbewirtschaftung weiterentwickeln – guten Zustand erreichen und sichern“. Die Identifizierung von Auenflächen in einem guten aber auch unzureichenden Erhaltungszustand liefert fachliche Grundlagen, um den Flächenbedarf für die Auenentwicklung (Aktion 21) zu bestimmen. Darüber hinaus kommen die Ergebnisse weiterer Aktionen wie 23 und 24 „Maßnahmen zur Renaturierung, Bewahrung, ökologischen Aufwertung und Wiederanbindung von Auen“ und „Blaues Band Deutschland stärken“ der NWS zugute.

Die erarbeiteten Grundlagen können bei der Planung von Entwicklungskonzepten und Bewirtschaftungsplänen im Rahmen der Umsetzung der WRRL, des Gesamtkonzepts Elbe, dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz oder weiterer Renaturierungsmaßnahmen für die gezielte Förderung bestimmter Arten und die Vernetzung von Auen mit dem Hauptstrom genutzt werden.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

In den kommenden Jahren soll im Rahmen der BMUV-Maßnahme eine Bewertungsgrundlage für aquatische, amphibische und terrestrische Auenhabitata bzw. für Flusslandschaften auf Grundlage von auentypischen und perspektivisch flusstypischen Habitaten und Tierarten entwickelt und an Bundeswasserstraßen angewandt werden (Bezug zur NWS Themenfeld II.3, Aktionen 21, 23, 24).

Darüber hinaus werden Kriterien zur gezielten Förderung bestimmter Arten, Artenmerkmale und Lebensgemeinschaften durch Anpassung der Anbindungssituation z. B. im Rahmen von Renaturierungsmaßnahmen erstellt. Dafür sollen Empfehlungen für die Wiederanbindung von Auengewässern in Bezug auf relevante Fluss- und Auenbewohner entwickelt werden. Hierbei werden insbesondere Kriterien identifiziert, die zum einen für oder gegen eine Anbindung von vorhandenen Auengewässern sprechen, z. B. der Nachweis unterrepräsentierter auentypischer Arten oder Habitate. Drüber hinaus wird auch die anzustrebende relative Anbindungshäufigkeit (ober- wie unterirdisch) identifiziert, um fehlende Auenhabitata bzw. Strukturen und typische Auenarten zu fördern (Bezug zur NWS Themenfeld II.3, Aktionen 23 & 24).

Des Weiteren soll der Einfluss von Abflussänderungen in den Bundeswasserstraßen im Zuge des Klimawandels oder menschlich bedingter Absenkungen des Grundwasserspiegels in Auen auf die Fluss- und Auenbewohner abgeschätzt werden.

Ferner werden Untersuchungen und Bewertungen von relevanten Tiergruppen an Bundeswasserstraßen und Auen in die Arbeit der BfG in übergreifenden Arbeiten der BfG zum Thema Biodiversität eingebettet. Zusammen mit der BMUV-Maßnahme 108 sollen molekulargenetische Techniken (Umwelt DNA) als alternative bzw. ergänzende Methoden zur Erfassung von bewertungsrelevanten aquatischen, amphibischen und merolimnischen Organismen, wie z. B. Libellen, Amphibien oder Süßwas-

sermollusken, entwickelt und perspektivisch mit Freilandproben validiert werden. Dies würde eine Vereinfachung der Bestandserfassung entsprechender Arten bei der Anwendung des sich derzeit in der Entwicklung befindenden Bewertungssystems ermöglichen.

## Produkte

- KOLYCHALOW, O., SCHÖLL, F.X. (2023): Evaluation of the ecological status of the river Danube and its floodplain in Germany through implementation of the macrozoobenthos-based assessment by Graf and Chovanec (2016). Gesellschaft für Limnologie (DGL). Ergebnisse der Jahrestagung 2022 (Konstanz), Essen.  
[https://www.dgl-ev.de/cms/upload/dokumente/Publikationen/DGL-TB\\_Konstanz\\_2022\\_komplett\\_WEB.pdf#page=171](https://www.dgl-ev.de/cms/upload/dokumente/Publikationen/DGL-TB_Konstanz_2022_komplett_WEB.pdf#page=171)
- KOLYCHALOW, O. (2020): Laterale Konnektivität und Jungfischgemeinschaften der Auengewässer der Mittelelbe. Überblick über die Untersuchungsgewässer, Methoden und Jungfischbestände. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht BfG-2053.  
<http://doi.bafg.de/BfG/2020/BfG-2053.pdf>
- KOLYCHALOW, O., LANDWÜST, C., WIELAND, S., PITSCHE, M., GERISCH, M., ANLAUF, A., KOOP, J. (2018): Konzept zur Untersuchung von Auswirkungen der hydrologischen Konnektivität auf die Zusammensetzung der Fischfauna von Auengewässern der Mittelelbe. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht BfG-1946.  
[http://bibliothek.bafg.de/dokumente/GS\\_1863.pdf](http://bibliothek.bafg.de/dokumente/GS_1863.pdf)

Ansprechperson der BfG

Olga Kalychalow

Referat U4 Tierökologie

Tel.: +49 (0)261 1306 5954

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

# 105 Schadstoffe vom Fluss ins Meer

## Vom Fluss ins Meer: Quellen, Identifizierung und Verbleib neuartiger Schadstoffe

**Flüsse und Ästuare sind wichtige Eintragsquellen für Schadstoffe in die Küstengewässer und die Meeresumwelt. Kenntnisse über die Art der Schadstoffe und ihre Eintragsfracht sowie die Verteilung sind für die Erreichung eines guten Umweltzustands der Nord- und Ostsee erforderlich. Ziel des Projektes sind der Nachweis von (neuartigen) Schadstoffen, die primär über die Flüsse in den Küstenbereich eingetragen werden, sowie deren Verteilung und Umweltverhalten (Sorption, Transformation) zu untersuchen. Zudem wird nach Tracersubstanzen gesucht, mit denen der Schadstoffeintrag flussspezifisch verfolgt werden kann.**

In dem Projekt „Schadstoffe vom Fluss ins Meer“ werden das Vorkommen und die Verteilung prioritärer Schadstoffe und bisher unzureichend untersuchter neuartiger Spurenstoffe wie z. B. Arzneistoffe, per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS), UV-Filtersubstanzen etc. in den Ästuaren und den Küstengewässern untersucht. Es geht dabei insbesondere darum, den Kenntnisstand zu den Belastungsschwerpunkten und -trends sowie zu den Einträgen, zum Umweltverhalten und zum Transport zu verbessern. Dadurch sollen wesentliche Grundlagen für eine umfassendere Bewertung der stofflichen Belastungen in diesen äußerst bedeutsamen und sensiblen Ökosystemen erarbeitet werden. Zudem werden Ergebnisse in einen internationalen Kontext gestellt und im Hinblick auf die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) bewertet.



Abbildung 8: Blick auf das Wattenmeer bei Ebbe  
(Quelle: Christian Kochleus, BfG)

## Veranlassung

Ein guter Umweltzustand von Nord- und Ostsee ist Voraussetzung zur Erfüllung der Vorgaben der MSRL und der WRRL. In Deutschland wird die Umsetzung der MSRL gemeinschaftlich von Bund und Küstenländern im Rahmen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Nord- und Ostsee (BLANO) koordiniert und durchgeführt. Neben der nationalen Umsetzung der MSRL gehören aber auch Angelegenheiten der regionalen Meeresschutzabkommen OSPAR (Nordsee) und HELCOM (Ostsee) zu deren Aufgaben. Innerhalb der BLANO sind verschiedene Arbeitsgruppen etabliert, die sich den fachlichen Aufgaben widmen. Für das Ziel, einen guten Umweltzustand von Nord- und Ostsee zu erreichen, müssen hierbei besonders auch die Flüsse und Ästuare als wichtige Eintragsquellen beachtet werden. Wie unter anderem in der Nationalen Wasserstrategie festgestellt, ist die Belastung der Flüsse durch Stoffeinträge aus unterschiedlichen Quellen wie Industrie, Kommunen und Landwirtschaft weiterhin sehr hoch. Eintrag, Verteilung, Akkumulation sowie Abbau und Transport von Schadstoffen spielen hierbei eine wichtige Rolle für die Abschätzung einer möglichen Gefährdung der Ökosysteme. In den sensiblen Ästuar- und Küstenbereichen ist die Dynamik der Schadstoffbelastungen immer noch unzureichend verstanden. Zudem wurden in den letzten 20 Jahren vermehrt neue sogenannte Spurenstoffe in Fließgewässern detektiert. Für eine Vielzahl dieser Stoffe liegen bisher aber immer noch keine oder nur wenige Untersuchungen zu Einträgen und zur Verteilung in den Küstengewässern vor. Durch den Nachweis von prioritären Schadstoffen und neuartigen Spurenstoffen sowie Untersuchungen zur Sorption und Bioakkumulation sollen deshalb auch „Grundlagen für eine stärkere Reduktion von landseitigen Einträgen in die Meeresgewässer“ (Aktion 63 des Aktionsprogramms der Nationalen Wasserstrategie) geschaffen werden.

## Ziele

- Nachweis von prioritären Schadstoffen und neuartigen Spurenstoffen, die primär über die Flüsse in den Küstenbereich eingetragen werden, in Wasser-, Sediment- und Biotaproben
- Untersuchung der Verteilung der Schad-/Spurenstoffe im Küstenbereich und Identifizierung von Belastungsschwerpunkten
- Identifizierung der für den Küstenbereich relevanten Eintragsquellen ausgewählter Schad-/Spurenstoffe
- Untersuchung des Sorptions- und Abbauverhaltens ausgewählter Schad-/Spurenstoffe in küstennahen Gewässern
- Untersuchung des Potenzials von Schad-/Spurenstoffen bezüglich Bioakkumulation und Biomagnifikation
- Entwicklung von Non-Target-Verfahren zum umfassenden Schadstoff-Screening in Küstengewässern
- Unterstützung des Aktionsprogramms Wasser der Nationalen Wasserstrategie: Grundlagen für eine stärkere Reduktion von landseitigen Einträgen in die Meeresgewässer schaffen (Aktion 63)

## Ergebnisse

### Beprobung Schleswig-Holsteiner Watt - Ergebnisse Schadstoffanalysen

Im März 2022 und 2023 wurden im schleswig-holsteinischen Watt (Elbmündung und Meldorf-Bucht bis Büsum) Sedimentproben mittels Greifern bzw. Spaten entnommen und auf Schad-/Spurenstoffe untersucht (Abbildung 8). Ziel der Kampagne war zu eruieren, wie und mit welchen Schad-/Spurenstoffen das Watt belastet bzw. wie groß der Einfluss der Tideelbe auf die Sedimentqualität der Watten ist. Das Analytikspektrum umfasste „klassische“ persistente Schadstoffe wie Metall(oid)e, polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), die Gruppe der DDX und polychlorierte Biphenyle (PCBs), die u. a. im Zuge von Unterhaltungsmaßnahmen untersucht werden müssen. Zudem wurde ein Screening auf bisher weniger untersuchte neuartige Spurenstoffe mittels eines Non-Target-Ansatzes durchgeführt.

#### „Klassische“ persistente Schadstoffe:

Generell ist davon auszugehen, dass das schleswig-holsteinische Watt, insbesondere im Elbmündungsbereich, vom Schadstoffaustrag beeinflusst wird, da die Elbe schadstoffbelastete Sedimente in die Nordsee austrägt. Mit zunehmender Entfernung zur Elbmündung nehmen die Schadstoffgehalte in der Regel ab. Bei den hier untersuchten „klassischen“ Schadstoffen handelt es sich um elbtypische Schadstoffe wie z. B. Quecksilber (Hg), Hexachlorbenzol (HCB) und die Gruppe der DDX, deren Quellen hauptsächlich im tschechischen Einzugsgebiet der Elbe oder im Binnenbereich des deutschen Einzugsgebietes liegen (Heise et al. 2007). Abbildung 9 zeigt die Verteilung der Belastung für Hg und HCB im Untersuchungsgebiet. Generell sind die Schadstoffgehalte im Vergleich zu den Sedimenten aus dem stromauf liegenden Bereich der Tideelbe auf einem niedrigen Niveau, z. T. um die Hälfte niedriger als im inneren Ästuar und unterhalb von GÜBAK-Richtwerten. Eine Beeinflussung durch Baggergutverbringungen in einen nahe gelegenen Verbringstellbereich ist nicht auszuschließen, aber nicht eindeutig nachweisbar, da sich auch die aus der Elbe ausgetragenen Schadstoffe dort ablagern.

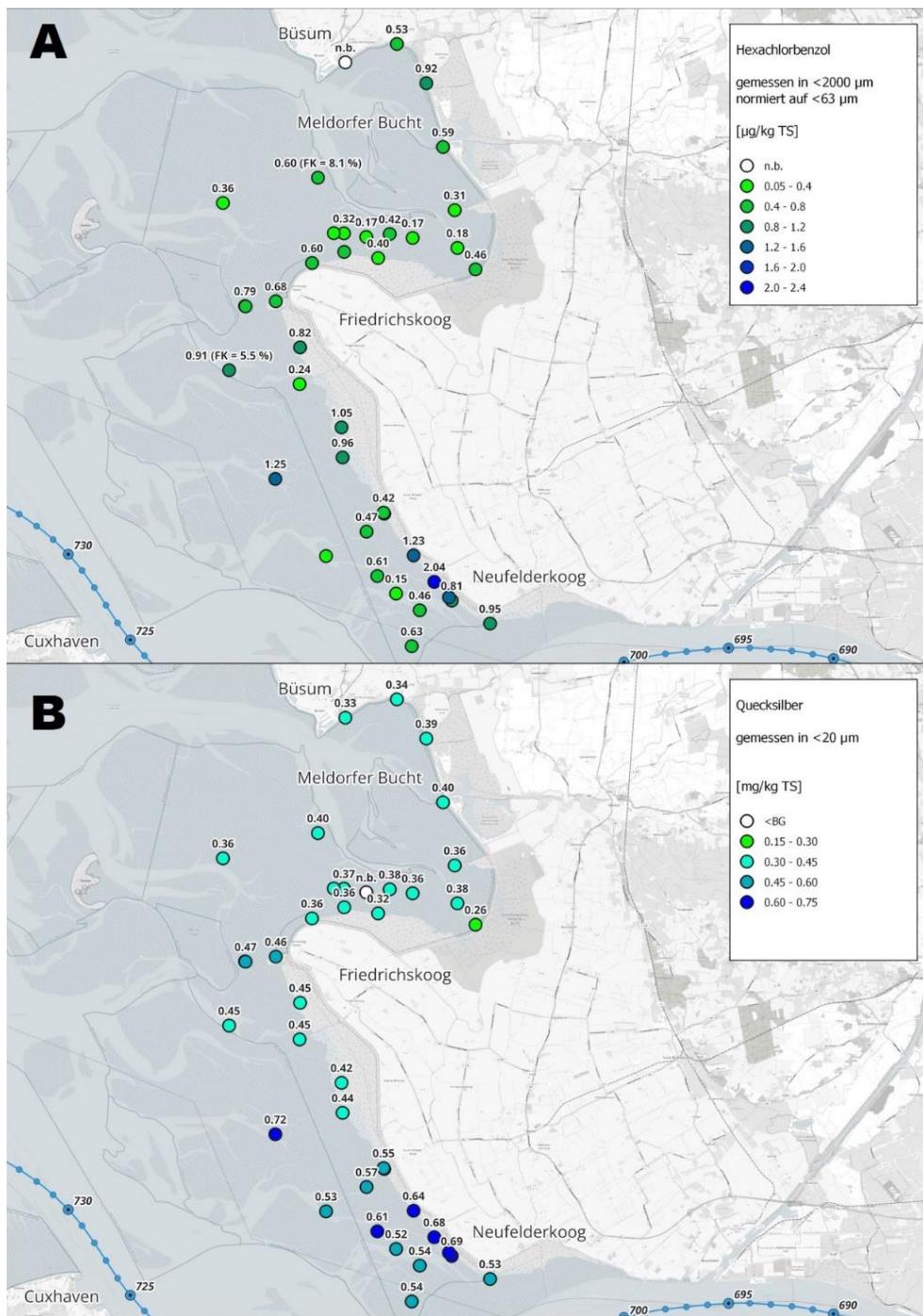


Abbildung 9: Verteilung der Schadstoffgehalte entlang der schleswig-holsteinischen Küste anhand der Beispiele A: Hexachlorbenzol (HCB, gemessen in der < 2000 µm Fraktion und normiert auf < 63 µm) und B: Quecksilber (Hg, gemessen in der < 20 µm Fraktion). Durch die Normierung liegen einzelne Bestimmungsgrenzen (BG) über den in anderen Proben oberhalb der BG liegenden Werten (Quelle: Christian Kochleus, BfG)

#### Spurenstoff-Screening:

Zur Erfassung eines breiten Spektrums neuartiger Spurenstoffe wurden Extrakte der Sedimentproben mittels LC-HRMS analysiert und in den Analysendaten über einen Abgleich mit einer an der BfG entwickelten Spektrenbibliothek nach Spurenstoffen gescreent. Über diesen Ansatz konnten 85 Spurenstoffe (u. a. Arzneimittel, Industriechemikalien, Biozide, Kunststoffadditive) nachgewiesen werden. Als Beispiel sollen hier zwei Industriechemikalien dargestellt werden: zum einen der elbtypische Stoff Tetrabutylphosphonium ( $Bu_4P^+$ ), dessen spezifische Eintragsquelle in der Tideelbe liegt, und Metoxymethyltriphenylphosphonium ( $MeOMetPhP^+$ ), der spezifisch über den Rhein eingetragen wird (Ondruch et al. 2023) (Abbildung 10).

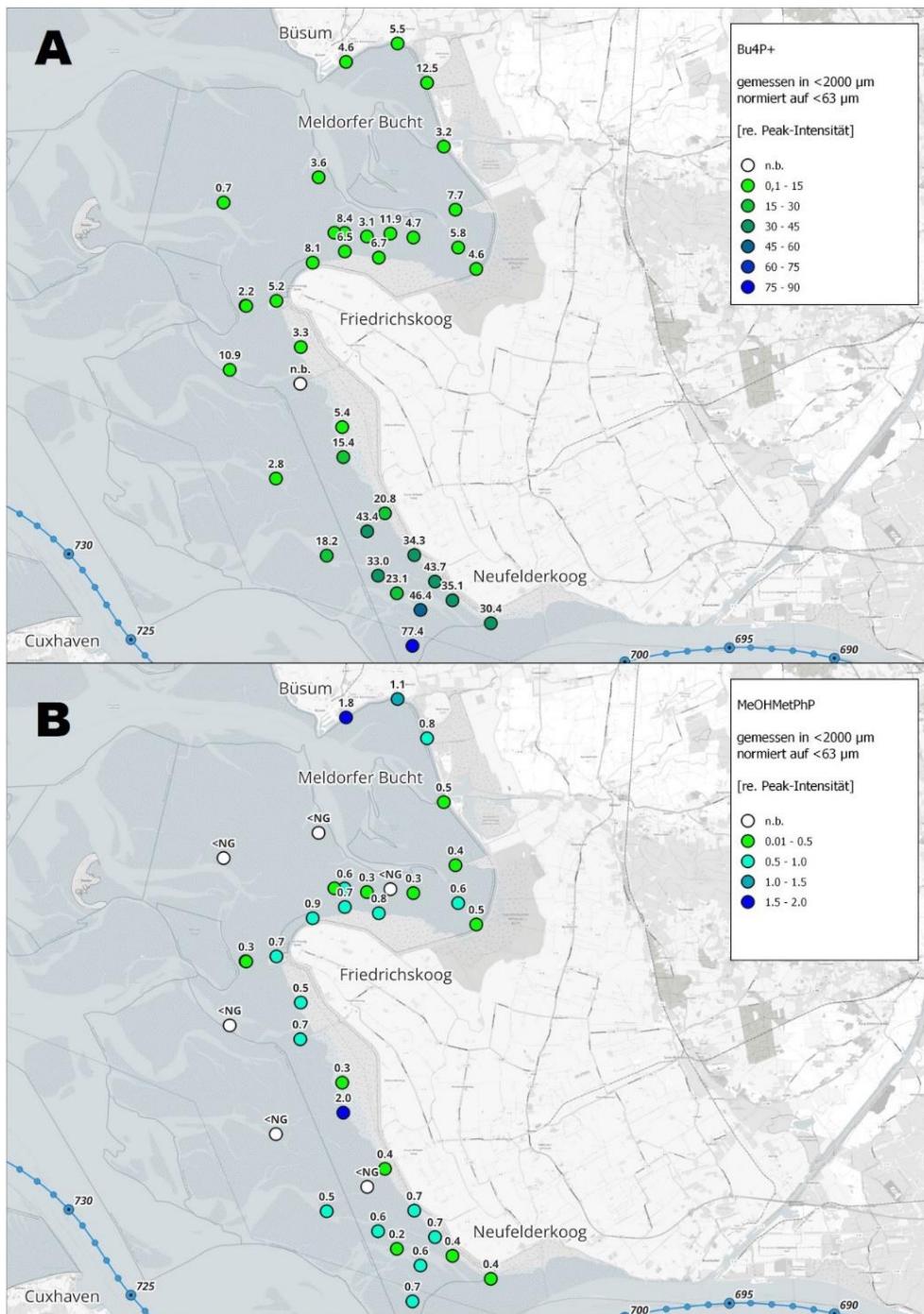


Abbildung 10: Verteilung der Spurenstoffgehalte als relative Peak-Intensität von A: Tetrabutylphosphonium ( $Bu4P^+$ ) und B: Methoxymethyltriphenylphosphonium ( $MeOMetPhP^+$ ) jeweils gemessen in der < 2000 µm Fraktion und normiert auf < 63 µm, n. b.: nicht bestimmbar (Quelle: Christian Kochleus, BfG)

$Bu4P^+$  weist in etwa die gleiche Verteilung wie Hg auf: im Mündungsbereich höhere Konzentrationen als weiter Richtung Norden an der Küste entlang. Im Gegensatz dazu finden sich höhere Gehalte der rheinspezifischen Substanz  $MeOMetPhP^+$  vor allem im Bereich der Meldorf-Bucht. Die Meldorf-Bucht gilt als Sedimentationsbereich, sodass sich dort feinkörnige, u. U. schadstoffbelastete Sedimente ablagern können. Die Ablagerung von mit rheinspezifischen Substanzen belasteten Partikeln ist durchaus konsistent zur generellen Strömungsrichtung in der Nordsee, die, angefangen am Rhein-Delta, in Richtung Nordosten und Norden an der Küste West-, Ost- und Nordfrieslands entlang verläuft.

### Schadstoffanalyse in Robbenblutproben

Zwischen Dezember 2019 und April 2021 wurden in der Tideelbe 10 Seehunde durch die Tierärztliche Hochschule Hannover im Auftrag der BfG gefangen, um ihnen Blutproben zu entnehmen und sie zu besiedern. Die Blutproben wurden auf per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS), Metall(oid)e, PCBs und PAKs analysiert. Ein breites Spektrum an Schadstoffen konnte nachgewiesen werden. Die Summen der linearen Perfluoroktanverbindungen (PFOS) reichten von 54 bis 290 ng/ml, Quecksilber von 336 bis 980 ng/ml, PCB 153 von 2,0 bis 36 ng/ml und die Summen an PAK von 2,0 bis 117 ng/ml. Die Ergebnisse lagen in der gleichen Größenordnung wie in vorherigen Studien (Kakuschke 2010, Ahrens 2009). Die Schadstoffmuster und -konzentrationen waren zwischen den einzelnen Tieren teilweise sehr unterschiedlich. Ob diese Unterschiede in einem größeren Zusammenhang zu den mithilfe der Sender aufgezeichneten Bewegungsprofilen oder den ebenfalls erfassten klinischen Parametern stehen, wird aktuell im Rahmen einer weitergehenden statistischen Analyse der Daten untersucht.

### Verwertung der Ergebnisse

Neben dem BMUV werden Teile der Ergebnisse dem nationalen Küstenmessprogramm im Rahmen der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Nord- und Ostsee (BLANO) sowie dem Joint Assessment and Monitoring Programme von OSPAR gemeldet. Weitere Nutzer sind die Flussgebietsgemeinschaften, die Wasserchemische Gesellschaft, die Küstenbundesländer Schleswig-Holstein, Hamburg, Bremen, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern sowie das UBA.

### Ausblick auf die nächsten Jahre

- Nachweis und Quantifizierung von organischen Schad-/Spurenstoffen und Mikroplastik, eingetragen primär über Binnenwasserstraßen
- Erhebung von Stoff- und Maßnahmenbewertungen relevanter Monitoringdaten zur Unterstützung des Aktionsprogramms Wasser
- Weiterführende vertiefende Analysen zum Vorkommen von quartären Phosphonium- und Ammoniumverbindungen sowie weiterer neuartiger Spurenstoffe in Sedimenten/Schwebstoffen und ihrer Akkumulation in marinen Organismen
- (Weiter-)Entwicklung von Non-Target-Methoden für den Küstenbereich
- Ermittlung des Schad-/Spurenstoffeintrages in die Deutsche Bucht und die Ostsee
- Abbau organischer Schad-/Spurenstoffe in Sediment/Wasser-Systemen
- Untersuchung der Abhängigkeit der Sorption von Partikeleigenschaften und Salzgehalten
- Analytische Qualitätssicherung, Teilnahme an Ringversuchen

### Projektpartner

- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

## Literatur

- HEISE, S., KRÜGER, F., BABOROWSKI, M., STACHEL, B., GOETZ, R., FÖRSTNER, U. (2007): Bewertung der Risiken durch Feststoffgebundene Schadstoffe im Elbeeinzugsgebiet. Im Auftrag der Flussgebietsgemeinschaft Elbe und Hamburg Port Authority, erstellt vom Beratungszentrum für integriertes Sedimentmanagement (BIS/TuTech) an der TU Hamburg-Harburg. 349 Seiten. Hamburg.
- AHRENS, L., SIEBERT, U., EBINGHAUS, R. (2009): Temporal trends of polyfluoroalkyl compounds in harbor seals (*Phoca vitulina*) from the German Bight, 1999–2008. *J. chemosphere*. 2009.03.053. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2009.03.053  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.03.053>
- KAKUSCHKE, A., VALENTINE-THON, E., GRIESEL, S., GANDRASS, J., LUZARDO, O., BOADA, L., PEÑA, M., GONZÁLEZ, A., GREBE, M., PRÖFROCK, D., ERBSLOEH, H., KRAMER, K., FONFARA, S., PRANGE, A. (2010): First health and pollution study on harbor seals (*Phoca vitulina*) living in the German Elbe estuary. *J. Marine Pollution Bulletin*. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2010.07.011.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.07.011>

## Produkte

- ONDRUCH, P., SCHLUESENER, M., DIERKES, G., JEWELL, K., KIRCHGEORG, T., HASENBEIN, S., TERNES, T., WICK, A. (2023): Occurrence and distribution of emerging micropollutants in the central part of the German Bight. *J. Marine Pollution Bulletin*. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.115427.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115427>

Ansprechperson der BfG

Dr. Georg Dierkes

Referat G2 Gewässerchemie

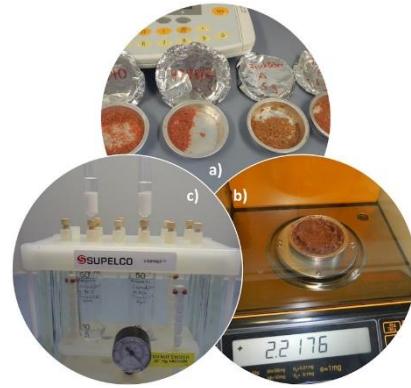
Tel.: +49 (0)261 1306 5007

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

# 106 Bioakkumulation und Bioverfügbarkeit

**Es gibt eine große Anzahl anthropogener Spurenstoffe in der aquatischen Umwelt. Aber welche dieser Stoffe sind für Wasserorganismen gefährlich? Und welche werden von Wasserorganismen aufgenommen und reichern sich über die Nahrungskette an?**

Viele Umweltschadstoffe können beispielsweise über die Nahrung oder das sie umgebende Wasser von aquatischen Lebewesen aufgenommen und angereichert werden. Dieser Prozess wird als Bioakkumulation bezeichnet. Die Bioakkumulation kann zu negativen Auswirkungen auf einzelne Organismen aber auch auf Ebene der Populationen führen. Umgekehrt sind jedoch nicht alle in der aquatischen Umwelt vorkommenden anthropogenen Spurenstoffe bioverfügbar, da sie beispielsweise in Gewässern stark an Sedimente und Schwebstoffe gebunden sind. Für die Bewertung anthropogener Spurenstoffe in der Umwelt ist daher die Untersuchung ihrer Bioverfügbarkeit und ihres Bioakkumulationspotenzials wichtig.



*Abbildung 11: Aufarbeitung von Biotaproben für die chemische Analyse anthropogener Spurenstoffe im Labor a) gefriergetrocknete Proben, b) Einwaage einer gefriergetrockneten Probe, c) Aufreinigung von Probenextrakten mittels Aluminiumoxidsäulen (Quellen: Christel Möhlenkamp, BfG (Fotos); Sabine Schäfer, BfG (Abbildung))*

## Veranlassung

Rückstandsanalytische Untersuchungen von Spurenstoffen in Organismen (Biota) sind ein Werkzeug, um deren Bioverfügbarkeit und Bioakkumulation sowie die chemische Gewässerqualität zu bewerten. So wurden in der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) Grenzwerte (Umweltqualitätsnormen) für verschiedene persistente organische Stoffe und Schwermetalle in Fischen und wirbellosen Tieren festgelegt, die regelmäßig überwacht werden müssen. Ein weiteres Werkzeug ist die Anwendung sogenannter Passivsammler, die Schadstoffe in einer Referenzphase, z. B. in einem Polymer, anreichern. Passivsammler erfassen die über die Wasserphase aufnehmbaren, also bioverfügbaren Konzentrationen und ermöglichen somit eine Bewertung der Bioverfügbarkeit von Umweltschadstoffen.

## Ziele

- Schaffung von Grundlagen für die Konzeption von Monitoringmaßnahmen gemäß nationaler und europäischer Gesetzgebung (WRRL, MSRL)
- Bewertung bioakkumulativer Effekte in aquatischen Organismen
- Etablierung, Optimierung und Weiterentwicklung von Methoden zur Untersuchung von Bioakkumulation und Bioverfügbarkeit
- Einsatz von Passivsammlern für das chemische und ökotoxikologische Gewässermonitoring und Bewertung der Ergebnisse

## Ergebnisse

### Rückstandsanalytische Untersuchungen in Toprädatoren zur Bewertung der Schadstoffanreicherung in der aquatischen Nahrungskette

Durch die Anreicherung von Schadstoffen entlang der Nahrungskette (Biomagnifikation) kann es zu sehr hohen Konzentrationen in Toprädatoren kommen. So wurde in Europa der Populationsrückgang von Fischottern (*Lutra lutra L.*), einem semi-aquatisch lebenden Topräder des aquatischen Nahrungsnetzes, ab den 1950er Jahren mit der Anreicherung von polychlorierten Biphenylen (PCB) und Organochlorpestiziden (OCP) in Verbindung gebracht (Mason & Macdonald 1994). Beide Stoffgruppen weisen u. a. eine hohe chronische Toxizität auf, weshalb der Einsatz von PCB (Behnke et al. 2018) und vielen OCP (z. B. BRD 1972) in Deutschland seit mehr als 30 Jahren verboten ist.

Um einen Überblick über die aktuelle Belastungssituation dieses streng geschützten Toprädators in Deutschland mit PCB und OCP zu erhalten, wurden in einer ersten Untersuchung Leberproben ( $N = 94$ ) von Fischottern aus Niedersachsen, Sachsen und Schleswig-Holstein aus den Jahren 2018 bis 2021 (Niedersachsen ab 2005) chemisch-analytisch untersucht. Die Leberproben stammten von tot aufgefundenen Fischottern (vorwiegend Verkehrspfer), die der BfG im Rahmen einer Studie (Regnery et al. 2024) im FuE-Vorhaben FKZ 3720 64 409 0 durch das Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, das Otter-Zentrum Hankensbüttel und das Museum der Westlausitz Kamenz für Rückstandsanalysen zur Verfügung gestellt wurden.

Die Gesamtkonzentrationen der aufsummierten 7-Indikator-PCB (Summe der PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180) lagen im Lebergewebe der Fischotter zwischen 0,7 und 170 mg/kg bezogen auf den Fettgehalt, mit einem Median von 11,9 ( $\pm 28$ ) mg/kg Lipid (Abbildung 12). Wie auch in anderen Studien (z. B. Espositio et al. 2020) machten die höher chlorierten PCB-Kongenere 138, 153 und 180 den Großteil der PCB-Belastung in den Fischotterlebern aus, während die PCB 28 und 52 nur in einzelnen Proben im Konzentrationsbereich der Bestimmungsgrenze detektiert wurden (Abbildung 13).

Vergleich der PCB-Belastung in der Leber von Ottern mit verschiedenen Schwellenwerten

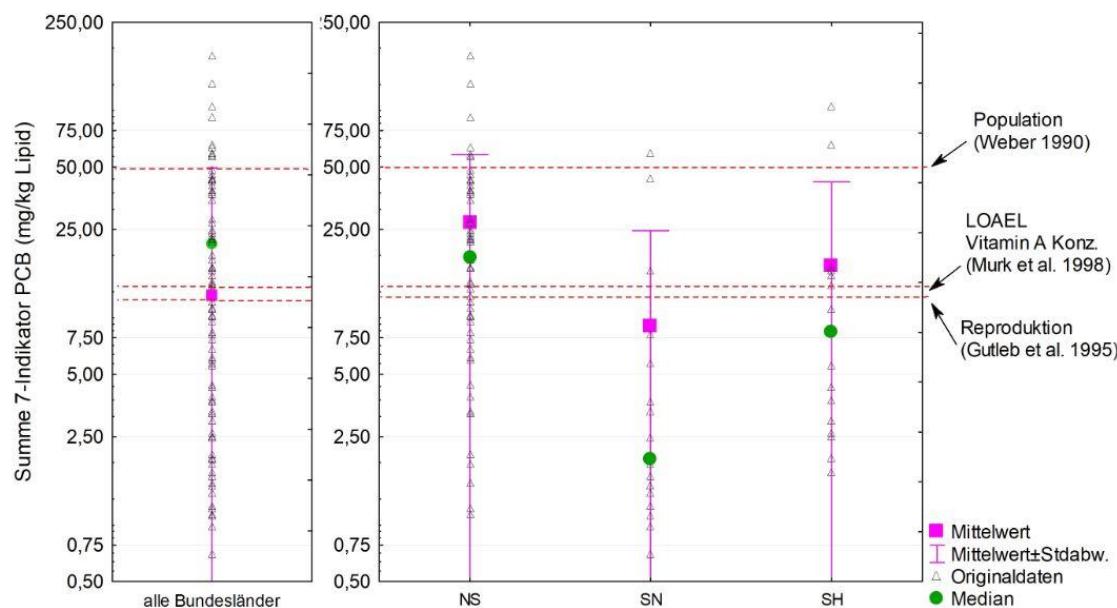


Abbildung 12: Konzentrationen der Summe an 7-Indikator-PCB bezogen auf das Lipidgewicht in der Leber von Fischottern im Vergleich zu in der Literatur diskutierten toxikologischen Grenzwerten. Die Konzentrationen sind sowohl für alle untersuchten Bundesländer als auch für die Bundesländer Niedersachsen (NS), Sachsen (SN), Schleswig-Holstein (SH) getrennt dargestellt (Quelle: Sabine Schäfer, BfG)

### Gemessene PCB-Gehalte in der Leber von Fischottern

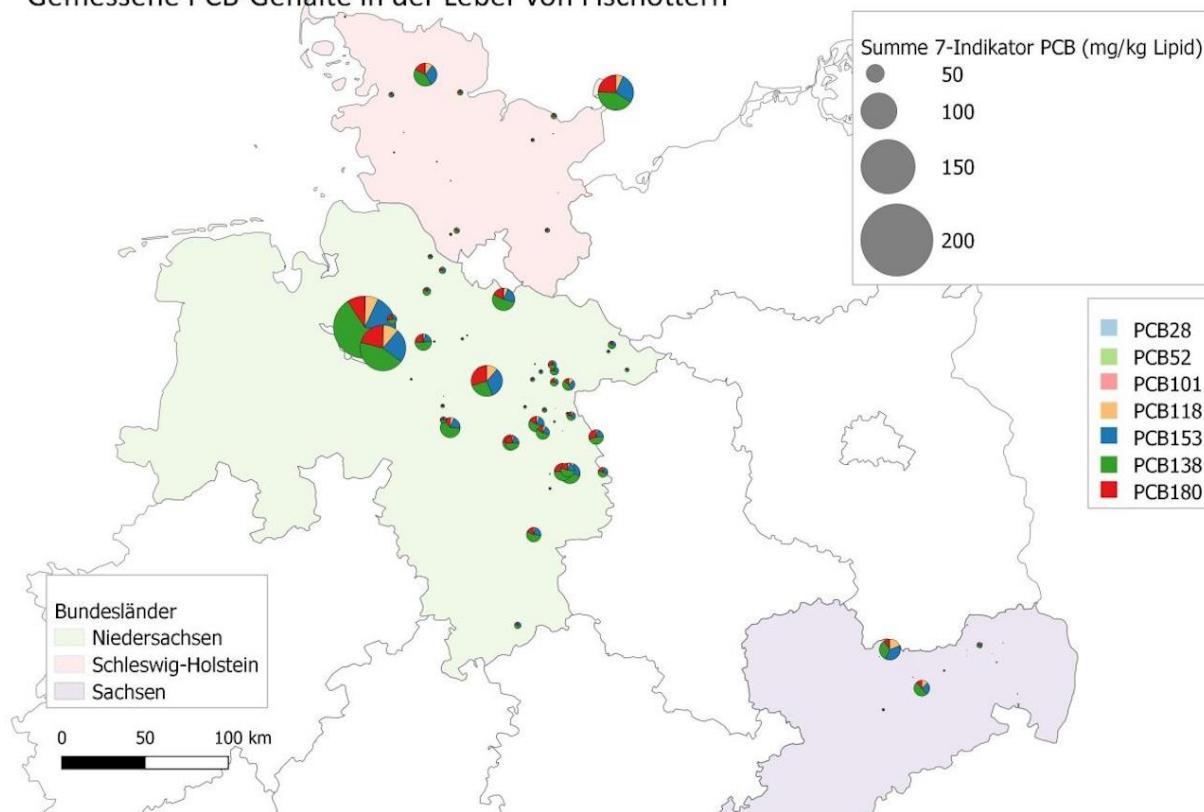


Abbildung 13: Gemessene Gesamtkonzentrationen der aufsummierten 7-Indikator-PCB bezogen auf das Lipidgewicht sowie das Muster der nachgewiesenen PCB-Kongenere in den Lebern von Fischottern aus Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Sachsen (Quelle: Sabine Schäfer, BfG)

PCB und auch andere OCP stehen im Verdacht, bei Säugern Störungen der Reproduktion und des Immunsystems hervorzurufen (Kannan et al. 2000). Die Wirkung der PCB-Kongenere auf Otter wird, wie bei anderen Wirbeltieren, durch die Bindung an den Ah-Rezeptor vermittelt. Die Beeinträchtigung der Reproduktion wird wahrscheinlich durch die Wirkung der PCB als endokrin aktive Substanzen auf den Steroidmetabolismus verursacht (Schmid et al. 2010). Darüber hinaus wird eine höhere Infektanfälligkeit von Ottern infolge von Vitamin-A-Mangel in der Leber auf die Exposition mit PCB in Verbindung gebracht (Kannan et al. 2000).

Es werden unterschiedliche kritische Konzentrationen für PCB in der Literatur diskutiert: So beobachteten Weber (1990) (zitiert in Gutleb 1995) einen Rückgang von Fischotter-Populationen bei mittleren PCB-Konzentrationen in der Leber von mehr als 50 mg/kg Lipidgewicht. Als tolerable Gehalte für die Reproduktion des Fischotters wurden Populationsmittelwerte von 10 mg/kg Lipidgewicht vorgeschlagen (Gutleb et al. 1995). Für die Reduktion der hepatischen Vitamin-A-Konzentrationen in der Leber von Ottern haben Murk et al. (1998) NOAEL<sup>1</sup> und LOAEL<sup>2</sup> von 4 bzw. 11 mg/kg Lipidgewicht ermittelt. Im Rahmen dieser Untersuchungen war die PCB<sup>3</sup>-Konzentration in mehreren Individuen höher als diese Grenzwerte (Abbildung 13). In Niedersachsen und Schleswig-Holstein lag auch die mittlere PCB-Konzentration in den Fischotterlebern über den Schwellenwerten für die Reproduktion und die hepatische Vitamin-A-Konzentration.

Eurasische Fischotter ernähren sich vorwiegend von Fischen, aber auch Amphibien, Nager, Krebstiere und Vögel zählen je nach Saison und Verfügbarkeit zu ihrem Beutespektrum (Reuther 2001, Boyi 2022). Für die Ernährung von Fischottern haben Boscher et al. (2010) Schwellenwerte für PCB in Fischen abgeleitet: Werte der aufsummierten PCB-Konzentrationen im Gesamtisch ab 0,05 mg/kg

<sup>1</sup> NOAEL – No Observed Adverse Effect Level, Dosis ohne beobachtete schädliche Wirkungen

<sup>2</sup> LOAEL – Lowest Observed Adverse Effect Level, niedrigste Dosis mit beobachteten schädlichen Wirkungen

<sup>3</sup> 13 PCB-Kongenere (PCB 18, 28, 31, 44, 52, 101, 118, 138, 149, 153, 170, 180, 194, 209)

Frischgewicht gelten als kritisch für die Reproduktion des Fischotters, während ab 0,145 mg/kg Frischgewicht das Überleben der Art gefährdet sein könnte. Im Umweltmonitoring werden Schadstoffkonzentrationen in Fischen in der Regel in der Muskulatur oder im Lebergewebe quantifiziert, daher können diese Daten nur näherungsweise für eine Abschätzung des Risikos für Fischotter herangezogen werden. In Fischen aus deutschen Fließgewässern wurden PCB-Konzentrationen gemessen, die zum Teil über den von Boscher et al. (2010) diskutierten Schwellenwerten des Fischotters liegen. In Niedersachsen wurden Konzentrationen an PCB zwischen 0,003 und 0,330 mg/kg Frischgewicht in der Muskulatur von Fischen gemessen (Ballin et al. 2000). Auch in der Muskulatur von Brassen aus der Elbe lagen die Konzentrationen an 6-Indikator-PCB in 2016 zwischen 0,007 und 0,146 mg/kg Frischgewicht und an 6 von insgesamt 17 Messstellen über dem oben genannten Grenzwert von 0,05 mg/kg Frischgewicht. In Mecklenburg-Vorpommern wurde der Grenzwert für die Reproduktion mit maximal 0,009 mg/kg Frischgewicht im Muskelgewebe von Fischen hingegen nicht erreicht (Gräwe & Engelke 2018).

Obwohl das Herstellen und Inverkehrbringen von PCB in Deutschland Ende der 1980er Jahre verboten wurde (Behnke et al. 2018), führt die PCB-Belastung von Fischen nach wie vor zu einer Anreicherung dieser langlebigen anthropogenen Spurenstoffe im aquatischen Nahrungsnetz, wie die Ergebnisse dieser ersten Untersuchung zeigen. Ob die ermittelten PCB-Gehalte zu einer Gefährdung von Fischotterpopulationen in Deutschland beitragen, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

## Verwertung der Ergebnisse

Neben dem BMUV ist der aktuelle Hauptnutzer der Maßnahme das Umweltbundesamt. Außerdem werden die Ergebnisse vom BMDV, den Wasserstraßen und Schifffahrtsämtern und der Hamburg Port Authority (HPA) genutzt. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in Diskussionen zu europäischen Gesetzgebungen wie beispielsweise die Revision der WRRL ein.

Diese BMUV-Maßnahme trägt zur Zielerreichung der Nationalen Wasserstrategie bei, indem sie die Aktionen 25, 26, 28, 31 unterstützt. Diese dienen im Wesentlichen dazu, Risiken durch Stoffeinträge in Gewässer zu begrenzen, um langfristig eine Beeinträchtigung von Ökosystemen oder der menschlichen Gesundheit auszuschließen (Thema 4 „Risiken durch Stoffeinträge begrenzen“). Auch trägt die Maßnahme im Rahmen der Aktion 63 zum Schutz von Nord- und Ostsee vor stofflichen Einträgen von Land bei (Thema 8 „Meeresgebiete (Nord- und Ostsee) intensiver vor stofflichen Einträgen vom Land schützen“).

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Die rückstandsanalytischen Untersuchungen in Topprädatoren zur Bewertung der Schadstoffanreicherung in der Nahrungskette werden fortgeführt. Ein Schadstoffmonitoring in Biota aus dem Tide- und Küstenbereich ist in Planung, um beispielsweise stoffliche Einträge in die Küstengewässer besser zu überwachen. Auch sollen Transpositionsexperimente genutzt werden, um die chemische Gewässerqualität beispielsweise in Pilotprojekten zu untersuchen. Für die Erfassung der chemischen Gewässerqualität und der Untersuchung der Bioverfügbarkeit von Schadstoffen in Gewässerökosystemen sollen weiterhin Passivsammler eingesetzt werden. In Labortesten werden künftig auch neuartige Methoden wie beispielsweise das passive Dosieren angewandt, um die Schadstoffanreicherung schwer wasserlöslicher hydrophober Chemikalien in aquatischen Organismen zu untersuchen. Für ein besseres Verständnis der Bioverfügbarkeit und der Anreicherung anthropogener Spurenstoffe in aquatischen Organismen werden die Arbeiten stetig konzeptionell und methodisch weiterentwickelt.

## Projektpartner

- Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung (ITAW) der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover
- Museum der Westlausitz Kamenz
- Otter-Zentrum Hankensbüttel
- ecossa
- Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU)
- Umweltbundesamt (UBA)

## Danksagung

Wir danken Dr. Julia Regnery (BfG) für die Organisation und Bereitstellung der Proben und Begleitdaten sowie die Diskussion der Ergebnisse. Des Weiteren danken wir dem Umweltbundesamt für die Finanzierung des FuE-Vorhabens FKZ 3720 64 409 0, durch das für diese BMUV-Maßnahme Probenmaterial zur Verfügung gestellt werden konnte. Unser besonderer Dank gilt Prof. Prof. h.c. Dr. Ursula Siebert und Dr. Simon Rohner vom Institut für Terrestrische und Aquatische Wildtierforschung der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, Olaf Zinke vom Museum der Westlausitz Kamenz, Astrid Kiendl und Daniela Lahn von der Aktion Fischotterschutz e. V. des Otter-Zentrums Hankensbüttel und Paul Lippitsch vom Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz sowie allen anderen an der Sammlung und Untersuchung der Fischotter beteiligten Mitarbeitenden.

## Literatur

- BALLIN, U., BARTELTT, E., BISENISU, S., BRUNS-WELLER, E., EFFKEMANN, S., HEEMKEN, O.P., KNOLL, A., MELLES, D., MAEYER, L., NEUHAUS, H., WENZEL, C. (2020): Abschlussbericht: Schadstoffmonitoring in Flussfischen aus niedersächsischen Flussabschnitten (Teil I: Schadstoffe). 16 S.
- BEHNKE, A., BÖHNHARDT, A., BUSSIAN, B.M., BLONDZIK, K., DAUERT, U., FETTIG, I., GÄRTNER, P., GIESE, E., JUHRICH, K., KONIETZKA, R., KNETSCH, G., KOSCHORRECK, J., MARKARD, C., MINKOS, A., MORISKE, H.-J., PLICKERT, S., PIRNTKE, U., RAPPOLDER, M., SCHMIDT, S., SCHRÖTER-KERMANI, C., UTERMANN, J. (2018): Dioxine und dioxinähnliche PCB in Umwelt und Nahrungsketten. Hintergrund. Oktober 2018. ISSN 2363-829X. 48 S.
- BOSCHER, A., GOBERT, S., GUIGNARD, C., ZIEBEL, J., L'HOSTE, L., GUTLEB, A.C., CAUCHIE, H.-M., HOFFMANN, L., SCHMIDT, G. (2010): Chemical contaminants in fish species from rivers in the North of Luxembourg: Potential impact on the Eurasian otter (*Lutra lutra*). *J. chemosphere* 78, 785-792. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2009.12.024. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.12.024>
- BOYI, J. O., HEÑE, E., ROHNER, S., SÄURICH, J., SIEBERT, U., GILLES, A., & LEHNERT, K. (2022): Deciphering Eurasian otter (*Lutra lutra* L.) and seal (*Phoca vitulina* L.; *Halichoerus grypus* F.) diet: Metabarcoding tailored for fresh and saltwater fish species. *Molecular ecology*, 31(19), 5089-5106. DOI: 10.1111/mec.16635. <https://doi.org/10.1111/mec.16635>
- BRD (1972): Gesetz über den Verkehr mit DDT (DDT-Gesetz) Bundesgesetzblatt. Teil 1 Z 1997 A. Ausgegeben zu Bonn am 10. August 1992. Nr. 82, 5 S.

- ESPOSITO, M., DE ROMA, A., D'ALESSIO, N., DANESE, A., GALLO, P., GALIERO, G., SANTORO, M. (2020): First study on PCBs, organochlorine pesticides, and trace elements in the Eurasian otter (*Lutra lutra*) from southern Italy. *Sci Total Environ* 749, 141452. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141452.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141452>
- GRÄWE, D., ENGELKE, C. (2018): Auswertung der Befunde bestimmter Schadstoffe des WRRL Monitorings in Fischen aus Gewässern Mecklenburg-Vorpommerns, Monitoring 2013–2017, Güstrow. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern 2018, Heft 4. 30 S.
- GUTLEB, A.C. (1995): Umweltkontaminanten und Fischotter in Österreich - eine Risikoabschätzung für Lutra Lutra (L., 1758.), Veterinärmedizinische Universität Wien, Wien, 216 pp
- KANNAN, K., BLANKENSHIP, A.L., JONES, P.D., GIESY, J.P. (2000): Toxicity Reference Values for the Toxic Effects of Polychlorinated Biphenyls to Aquatic Mammals. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 6, 181-201. DOI: 10.1080/10807030091124491.  
<https://doi.org/10.1080/10807030091124491>
- MASON, C.F., MACDONALD, S.M. (1994): PCBs and organochlorine pesticide residues in otters (*Lutra lutra*) and in otter spraints from SW England and their likely impact on populations. *Science of the Total Environment*, 144, 305-312. DOI: 10.1016/0048-9697(94)90450-2.  
[https://doi.org/10.1016/0048-9697\(94\)90450-2](https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90450-2)
- MURK, A.J., LEONARDS, P.E., VAN HATTUM, B., LUIT, R., VAN DER WEIDEN, M.E., SMIT, M. (1998): Application of biomarkers for exposure and effect of polyhalogenated aromatic hydrocarbons in naturally exposed European otters (*Lutra lutra*). *Environ Toxicol Pharmacol* 6, 91-102. DOI: 10.1016/s1382-6689(98)00026-x.  
[https://doi.org/10.1016/s1382-6689\(98\)00026-x](https://doi.org/10.1016/s1382-6689(98)00026-x)
- PFEIFER, M. (2019): Schadstoffrückstände in Fischprädatoren: Ergebnisse einer Untersuchung in Sachsen. *Rundschau für Fleischhygiene und Lebensmittelüberwachung*. 10/2019. 335-338.
- REGNERY, J., ROHNER, S., BACHTIN, J., MÖHLENKAMP, C., ZINKE, O., JACOB, S., WOHLSEIN, P., SIEBERT, U., REIFFERSCHEID, G., FRIESEN, A. (2024): First evidence of widespread anticoagulant rodenticide exposure of the Eurasian otter (*Lutra lutra*) in Germany. *Science of the Total Environment*, 907, 167938. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.167938.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167938>
- REUTHER, C. (2001): Fischotterschutz in Schleswig-Holstein. Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein. 28 S.
- SCHMID, P., ZENNEGGER, M., DÜBENDORF, E., HOLM, P., PIETSCH, C., BRÜSCHWEILER, B., KUCHEN, A., STAUB, E., TREMP, J. (2010): Polychlorierte Biphenyle (PCB) in Gewässern der Schweiz. Daten zur Belastung von Fischen und Gewässern mit PCB und Dioxinen, Situationsbeurteilung, Bern

## Weitere Informationen

- [https://www.bafg.de/DE/3\\_Beraet/3\\_Exp\\_qualitaet/Bioverfuegbarkeit\\_Bioakkumulation\\_G3/bioverfuegbarkeit\\_bioakkumulation\\_node.html](https://www.bafg.de/DE/3_Beraet/3_Exp_qualitaet/Bioverfuegbarkeit_Bioakkumulation_G3/bioverfuegbarkeit_bioakkumulation_node.html)
- <https://www.tiho-hannover.de/itaw/forschung/projekte-aquatisch/aktuelle-projekte/strategisches-monitoring-von-rodentizid-rueckstaenden-in-fischottern>
- <https://www.umweltbundesamt.de/themen/passive-probenahme-spuert-chemikalien-in-fluessen>

Ansprechperson der BfG

Dr. Sabine Schäfer

Referat G3 Biochemie, Ökotoxikologie

Tel.: +49 (0)261 1306 5375

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

# 107 Gewässerverträglichkeit chemischer Stoffe und technischer Produkte

Chemische Stoffe und technische Produkte können unsere Gewässer nachteilig beeinflussen. Die im Gewässer lebende Flora und Fauna kann dadurch sowohl kurz- als auch langfristig beeinträchtigt werden. Bei einer umweltbezogenen Bewertung von Stoffen und Produkten muss nicht nur die Nutzungsphase berücksichtigt werden, sondern ihr gesamter Lebenszyklus – angefangen bei der Herstellung über den Transport und die Nutzungsphase bis hin zu einer Wiederverwertung oder der finalen Entsorgung. Um gezielte Einschätzungen zur Gewässerverträglichkeit treffen zu können, sind umfassende Untersuchungen und Daten zur den mit den Stoffen und Produkten verbundenen Umweltwirkungen erforderlich.

In dieser BMUV-Maßnahme werden gezielt mögliche Risiken und Beeinträchtigungen der Umwelt durch Produkte und technisch eingesetzte Chemikalien untersucht und hinsichtlich ihrer potenziellen Schadwirkung auf die aquatische Umwelt bewertet. Grundlage für die Einschätzungen bilden entweder bereits veröffentlichte oder eigens erhobene Daten. Auf Basis dieser Daten können schließlich konkrete, umweltbezogene Fragestellungen beantwortet werden.

## Veranlassung

Bei der Nutzung der Gewässer durch den Menschen oder bei anthropogenen Eingriffen ist zum Schutz der Gewässer ein vorsorgendes Handeln erforderlich. Eine maßgebliche Grundlage ist hierbei die Bewertung chemischer Stoffe oder technischer Produkte in Bezug auf ihre Ökotoxizität und ihre Gewässerverträglichkeit. Anhand von ökotoxikologischen Daten können somit evtl. erforderliche Anforderungen abgeleitet und formuliert werden.

Bei Einschätzungen zum Transport oder zur Lagerung von Produkten kann es erforderlich sein, Maßnahmen zur Minderung von Emissionen zu definieren.

Im Fall einer unbeabsichtigten Freisetzung von Stoffen, z. B. in Folge einer Havarie oder eines Schadstoffunfalls, sind bereits im Vorfeld vorbereitend Maßnahmen und Handlungskonzepte zu erarbeiten, um so im Ereignisfall eine Gefährdung oder eine nachteilige Beeinträchtigung der Umwelt möglichst gezielt reduzieren zu können.



Abbildung 14: Geborgene Hecksektion des havarierten Mehrzweckfrachters Verity (Quelle: Havariekommando)

## Ziele

- Bewertung der Verträglichkeit von chemischen Stoffen und technischen Produkten für die Gewässer
- Ein- und Umstufung von Chemikalien und von Transportgütern unter Berücksichtigung relevanter Umweltaspekte
- Weiterentwicklung der Mess- und Bewertungsverfahren für Baumaterialien und für verschiedenartige Transportgüter
- Strategische Vor- und Nachsorge bei aktuellen Havarien und bei Schadstoffunfällen im Küsten- und Binnenbereich – bedarfsabhängig kann auch eine aktive Beratung und Zuarbeit erforderlich sein
- Beratung zu produktbezogenen Einzelanfragen, z. B. zur Einschätzung der Umweltverträglichkeit, zur sachgemäßen Handhabung oder bei einer unbeabsichtigten Freisetzung von schädlichen Stoffen in die Umwelt

Die in dieser BMUV-Maßnahme bearbeiteten Themen überschneiden sich mit verschiedenen in der Nationalen Wasserstrategie des Bundes formulierten Zielen und unterstützen diese. Insbesondere für die Aktionen 25, 26, 27 und 34 gibt es inhaltlich gemeinsame Schwerpunkte. Die genannten Aktionen zielen alle darauf ab, die Qualität der Gewässer zu erhalten oder zu verbessern, indem Schadstoffe bzw. Schadstoffeinträge in Gewässer reduziert werden. Die Umsetzung erfolgt sowohl in der Nationalen Wasserstrategie als auch in dieser Maßnahme auf verschiedenen Ebenen, beispielsweise durch eine Stärkung der Überwachung und die Formulierung konkreter Vorgaben zur Minimierung bzw. Reduktion von Schadstoffeinträgen. Zudem beinhaltet die Nationale Wasserstrategie an mehreren Stellen präventive Maßnahmen die das Havarie- und Störfallmanagement verbessern sollen.

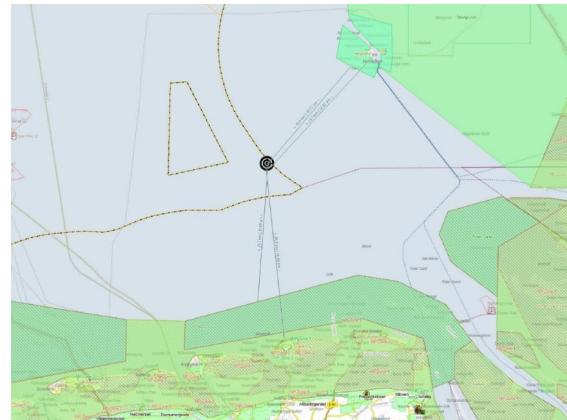
## Ergebnisse

Zu den Themenbereichen der BMUV-Maßnahme 107 gehen regelmäßig Anfragen ein, die im Rahmen dieser Maßnahme bearbeitet werden. Die sich hieraus ergebenden Fragestellungen decken verschiedene Themenfelder ab, die jedoch alle unmittelbar diversen Aspekte der Gewässerverträglichkeit von chemischen Stoffen und technischen Produkten betreffen.

Diese fachliche Breite wird durch die nachfolgende Übersicht über die im Rahmen der BMUV-Maßnahme 107 in den letzten drei Jahren bearbeiteten Sachverhalte ersichtlich.

- 2021–2022:  
Mitarbeit bei Bearbeitung einer Anfrage zur Einstufung der Wassergefährlichkeit von Altschotter sowie Formulierung von Vorschlägen zu Auflagen an Verladestellen.
- 01.2022:  
Einschätzung zur Behandlung und zur Entsorgung von Badebeckenwassern von Fahrgastschiffen und Einschätzung vorhandener Umweltrisiken für Fließgewässer bei Abgabe.
- 06.2022:  
Bearbeitung einer Anfrage zu relevanten Kriterien und Anforderungen an das Material bei Produktion schwimmender PV-Anlagen mit Sicht auf die aquatische Umwelt.
- 07.2022 & 11.2022:  
Stellungnahme zum geplanten Einsatz industriell hergestellter Wasserbausteine (aus Kupferschlaake) bei Sanierungsmaßnahmen in Schutzgebieten der Elbe.

- 09.2022 & 04.2023:  
Umweltfachliche Einschätzung zur Toxizität eines Härtestabilisators bei Einsatz in Tunneln und Abschätzung möglicher Auswirkungen auf Oberflächengewässer und Grundwasser.
- 07.2023:  
Beratung zu dem in der Nordsee havarierten Autotransporter Freemantle Highway, u. a. zum Einsatz und zu den Auswirkungen von Dispergatoren im möglichen Falle einer Ölfreisetzung.
- 09.2023:  
Beratung zu und Auswertung eigener Untersuchungsergebnisse für die Anwendung des Was serlinsentestes bei der Produktbewertung von Weichgelen.
- 10.2023:  
Beratung zu und Einschätzung der Gefährlungspotenziale für die Meeressumwelt durch den havarierten Mehrzweckfrachter Verity nach der Kollision mit dem Containerschiff Polesie (Abbildung 14 und Abbildung 15).
- 11.2023:  
Beantwortung einer Anfrage der WSV zum Einsatz und zur Anwendung eines Reinigungsproduk tes mit dem Hauptwirkstoff Kaliumhydroxid.
- 2022–2024:  
Untersuchungen zum Fischsterben in der Oder und Ermittlung möglicher Ursachen der aufgetrete nen toxischen Belastungen (Bericht auf Deutsch und Englisch).
- 2023–2024:  
Konzeption, Zusammenstellung und Versuche für ein Testkit zur praktischen und schnellen Prü fung von Dispergator-Produkten auf Effektivität und Wirksamkeit vor einer Applikation zur Ölbe kämpfung.
- 03.2024:  
Beantwortung einer Anfrage zur Materialbeschaffenheit für die Produktion von schwimmenden Ölabsorbern.
- 06.2024:  
Beratung eines Fischerei-/Umweltverbandes zu Monitoringoptionen in einem mit Mineralöl und In dustrieabwässern belasteten Flussökosystem mit angegliederter Sumpflandschaft.



*Abbildung 15: Position der Havarie der Schiffe Verity und Polesie am 24.10.2023 nördlich der ostfriesischen Inseln und südwestlich von Helgoland (Quelle: BfG, Auszug VSP-System)*

## Verwertung der Ergebnisse

Neben dem BMUV sind verschiedene andere Behörden die Hauptnutzer der Leistungen aus dieser Maßnahme. So nutzt u. a. auch das Havariekommando in Cuxhaven, das für die Vorsorge und Bekämpfung von Schadstoffunfällen und Großschadenslagen im marinen Bereich zuständig ist, die durch diese Maßnahme gewonnenen Erkenntnisse. Außerdem erfolgt eine Mit- und Zuarbeit in verschiedenen nationalen und internationalen Gremien (z. B. Sachverständigenausschüsse). Des Weiteren werden einzelfallbezogene Fachanfragen aus Politik, von Unternehmen und aus der Öffentlichkeit im Rahmen dieser Maßnahme bearbeitet.

Auch trägt diese BMUV-Maßnahme zu der Zielerreichung der Aktionen 25, 26, 27 und 34 der Nationalen Wasserstrategie bei. Diese dienen dazu, den Schutz der aquatischen Ökosysteme langfristig zu sichern und zu gewährleisten. Durch die angestrebte Reduktion von Schadstoffeinträgen und die Verbesserung des Risikomanagements wird ein wichtiger Beitrag zum nachhaltigen Schutz der Wasserressourcen ermöglicht.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Fortführung der konzeptionellen Arbeiten zur Untersuchung und Bewertung von chemischen Stoffen und technischen Produkten und zur Harmonisierung der in den verschiedenen Regelungsbe reichen eingesetzten Bewertungsmethoden
- Auswertung von wissenschaftlichen Untersuchungen zu den Erkenntnissen bei Schadstoffunfällen und Havarien, dies umfasst auch Betrachtungen zu den potenziellen Bekämpfungsmaßnahmen. Hierbei gewonnene Erkenntnisse werden in bestehende Strategie- und Vorsorgekonzepte der Unfallbekämpfung integriert
- Erarbeitung von Konzepten zur Vermeidung und Verminderung von Schadstoffeinträgen und von negativen Umweltauswirkungen bei dem regelkonformen Einsatz verschiedener technischer Produkte

Ansprechperson der BfG  
Dierk-Steffen Wahrendorf  
Referat G3 Biochemie, Ökotoxikologie

Tel.: +49 (0)261 1306 5286  
E-Mail: [wahrendorf@bafg.de](mailto:wahrendorf@bafg.de)

# 108 Ökologisches Monitoring an Strömen

**Große Flüsse sind komplexe Ökosysteme und verändern sich in Zeitskalen von Stunden bis Jahrtausenden. Dies wird zunehmend überlagert durch anthropogene Stressoren. Eine nachhaltige Bewirtschaftung der Gewässer unter Bewahrung und Wiederherstellung ihrer Biodiversität ist ein Ziel der Nationalen Wasserstrategie und setzt voraus, Veränderungen infolge dieser Belastungen zu verstehen und von der natürlichen Variabilität zu trennen. Dazu muss der Mensch die Gewässerökosysteme oder Ausschnitte davon über lange Zeiträume beobachten. Die BfG führt seit Jahrzehnten mit bewährten und innovativen Methoden ein umfassendes Langzeitmonitoring des Makrozoobenthos an deutschen Strömen durch, die auch als Bundeswasserstraßen genutzt werden.**

In Mitteleuropa unterliegen die Gewässer einer vielfältigen Nutzung durch die menschliche Gesellschaft und haben teils eine hohe wirtschaftliche Bedeutung. Dies gilt in Deutschland insbesondere auch für die als Bundeswasserstraßen genutzten Ströme.

Diese Ströme sind aber auch komplexe und dynamische Ökosysteme, sie sind Lebensraum und Wanderkorridor für viele Arten und darüber hinaus auch Nahrungsressource für Tiere der angrenzenden Lebensräume. Einige dieser zahlreichen Ökosystemleistungen stehen scheinbar im Widerspruch zueinander: Der Schutz der biologischen Vielfalt in den Flüssen bei gleichzeitiger Gewährleistung der menschlichen Nutzungen, wie Hochwasserschutz, Schifffahrt oder biologische Selbstreinigung, ist eine Herausforderung, die nur mithilfe einer integrierten und nachhaltigen Herangehensweise adressiert werden kann. In nationalen wasserbezogenen Strategien, Programmen und Rechtsetzungen sowie in denen der EU wird darauf besonderes Augenmerk gelegt. So ist eines der zehn Hauptthemen der Nationalen Wasserstrategie (BMUV 2024) die Weiterentwicklung einer nachhaltigen Gewässerbewirtschaftung.

Das ökologische Langzeit-Monitoring von Strömen ermöglicht Aussagen zur langfristigen Entwicklung der biologischen Vielfalt. Es schafft aber auch eine essenzielle Grundlage für regelmäßig anstehende ökologische Zustandsbewertungen sowie zur Überprüfung der Zielerreichung gemäß Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Zwei der aussagekräftigsten Indikatoren für die Güte des ökologischen Gewässerzustands sind das Makrozoobenthos (MZB, d. h. die wirbellosen Tiere der Gewässersohle) und die Fische. Viele Fischarten benötigen längere freifließende Gewässerstrecken für ihren Lebenszyklus und sind deshalb ein wichtiger Indikator für die longitudinale Durchgängigkeit, die in vielen Strömen durch Querbauwerke eingeschränkt ist. Fischaufstiegsanlagen bilden hier eine Möglichkeit, die Passierbarkeit wieder zu verbessern und darüber hinaus zur Erfassung von Wanderfischen beizutragen.

Das MZB ist weniger mobil und deshalb ein hervorragender Indikator für lokale Belastungen, da viele Arten besondere ökologische Ansprüche haben und empfindlich auf bestimmte Stressoren reagieren. Die meisten der MZB-Arten haben eine lange Generationszeit von einem Jahr oder mehr, die Antwort der Lebensgemeinschaft auf schädigende Umwelteinflüsse erfolgt somit „zeitlich integriert“, d. h. einzelne Belastungereignisse sind oft noch längere Zeit durch den Ausfall einer ganzen Generation sichtbar. Im Umkehrschluss erfolgt auch die Wiederbesiedlung durch das MZB nach der Reduktion einer Belastung oder dem Abschluss einer Renaturierung zeitverzögert und eine Verbesserung des ökologischen Zustands ist meist erst nach mehreren Jahren nachweisbar. Langzeitmonitoring ist deshalb aufgrund seiner Standardisierung ein sehr gut geeignetes Werkzeug zur Erfolgskontrolle. Bei



Abbildung 16: Süßwasser-Röhrenkrebs (*Chelicorophium robustum*), ein invasives Neozoon in Bundeswasserstraßen. Länge 4-9 mm (Quelle: Susanne Worischka, BfG)

ausreichender zeitlicher und räumlicher Auflösung und Erhebung zusätzlicher Umweltdaten kann es darüber hinaus Aufschluss über Trends, wahrscheinliche Belastungsfaktoren (z. B. Klimawandel, Neobiota) und ihre Wechselwirkungen untereinander geben. Somit ermöglicht es auch die Priorisierung von Maßnahmen und unterstützt eine effiziente Gewässerbewirtschaftung.

Die BfG führt im Rahmen der BMUV-Maßnahme 108 ein ökologisches Langzeitmonitoring an Bundeswasserstraßen durch. Neben regelmäßigen standardisierten Bestandserhebungen des MZB seit 1992 und der Fische seit 2015 finden auch weitergehende ökologische Untersuchungen an ausgewählten Bundeswasserstraßen statt. Die Maßnahme 108 leistet somit einen wesentlichen Beitrag zum Vollzug der Umweltgesetzgebung bezüglich der Ökologie großer Fließgewässer und ebenso zur Erreichung von Zielen der Nationalen Wasserstrategie.

## Veranlassung

Die Umweltkatastrophe durch den Großbrand in einer Chemikalien-Lagerhalle der Sandoz AG nahe Basel 1986 führte zur völligen biologischen Verödung des Rheins. Dies war der Anlass für den Start des faunistischen Langzeitmonitorings durch die BfG, um die genauen Auswirkungen der Katastrophe auf das Makrozoobenthos und auch die anschließende Wiederbesiedlung des Rheins nachvollziehen zu können. Dies ist beispielhaft für einen bewussteren Umgang mit der Umwelt und insbesondere den Gewässern in Deutschland und Europa, der gegen Ende des 20. Jahrhunderts einsetzte und sich beispielsweise in der WRRL manifestierte. Seit ihrem Inkrafttreten im Jahr 2000 werden Fließgewässer auf gesetzlicher Grundlage regelmäßig hinsichtlich ihres ökologischen Zustands bzw. Potenzials (Letzteres bei erheblich veränderten Wasserkörpern wie es die meisten Bundeswasserstraßen sind) bewertet und müssen dazu regelmäßig beprobt werden. Die Erreichung des guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials für alle bewertungspflichtigen Gewässer hat weiter erhöhte Bedeutung bekommen, da sie im strategischen Thema II.3 der Nationalen Wasserstrategie (NWS) verankert wurde. Die NWS bündelt und vernetzt unter diesem Thema zahlreiche Aktionen, die der Weiterentwicklung der nachhaltigen Gewässerbewirtschaftung dienen, unter anderem die Stärkung des seit 2017 laufenden ökologischen Bundeswasserstraßen-Programms „Blues Band Deutschland“ (NWS Aktionsprogramm, Aktion 24). Mit der Nationalen Strategie zur Biologischen Vielfalt, NBS 2030, besteht ebenfalls ein enger Zusammenhang aufgrund der möglichen Synergien. Nicht zuletzt sollen gemäß der EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur ab 2024 die Anstrengungen zur Umkehr der dramatischen Trends in allen Ökosystemen, also auch den Flüssen, auf eine weitergehende gesetzliche Grundlage gestellt werden.

Die sehr großen Flüsse weisen stark ausgeprägte Defizite hinsichtlich der Erreichung des guten ökologischen Potenzials auf. Durch ihre Größe und intensive Nutzung bedingt besitzen sie viele Besonderheiten, die eine von kleineren Fließgewässern getrennte Betrachtung notwendig machen. Die Bewertungs-Indizes müssen sich daher für sehr große und kleinere Fließgewässer unterscheiden, um eine sinnvolle Aussage zu ermöglichen. Um den Anforderungen der WRRL adäquat gerecht werden zu können, wurden und werden im Rahmen dieser Maßnahme Methoden und Verfahren für die ökologische Bewertung der großen deutschen Flüsse wie z. B. der Potamontypie-Index (PTI) erarbeitet, in einem iterativen, andauernden Prozess mit den Nutzern zur Anwendungsreife gebracht und bedarfsoorientiert weiterentwickelt.

Der fortschreitende wissenschaftliche Kenntnisstand ermöglicht – unter Beibehaltung der notwendigen Standardisierung – eine fortlaufende Erweiterung und Innovation der Methoden zur Datenerhebung und zur Bewertung. Diese ist wichtig angesichts der Veränderungen in den Gewässern durch den globalen Wandel. Beispielsweise sind grenzüberschreitende Wasserstraßen wichtige Korridore für invasive gebietsfremde Arten (Neobiota), die über Flüsse und Kanäle aktiv einwandern oder mit Schiffen und anderen Vektoren passiv eingeschleppt werden. Die 2014 in Kraft getretene EU-Verordnung zu invasiven Arten schreibt insbesondere Präventionsmaßnahmen vor, die jedoch ohne eine effektive

Früherkennung nicht möglich sind. MZB-Langzeitmonitoring bietet auch hier einen sehr guten Ansatzpunkt. Mittlerweile wurden auch innovative molekulare Erfassungsmethoden wie die Beprobung von Umwelt-DNA (eDNA) in das Monitoring integriert und stellen eine wichtige Ergänzung zu den bewährten Methoden dar. Auch vor dem Hintergrund, dass die bewährten Methoden relativ zeitaufwändig hinsichtlich Probenahme und der Erfordernisse bei der Probenbearbeitung sind, wird die weitere Erprobung und Etablierung der molekularen Methoden in der Maßnahme 108 intensiv vorangetrieben.

Das umfangreiche ökologische Monitoring der BfG ist somit nicht nur eine zentrale Säule zur Erfassung der Biodiversität in den Bundeswasserstraßen, sondern leistet auch einen wichtigen Beitrag zu den Bundesprogrammen der langfristigen Überwachung der Biodiversität und ökologischen Güte der Gewässer in Deutschland.

## Ziele

- Langzeit-Monitoring zur Erfassung der Biodiversität in grenzüberschreitenden Strömen mit klassischen Verfahren sowie Entwicklung und Etablierung innovativer Methoden (molekulargenetischer Techniken wie eDNA)
- Weiterentwicklung von Bewertungsverfahren zur Evaluierung des ökologischen Zustands sehr großer Flüsse (Typologie, Referenzzustände, Erfassung, ökologisches Potenzial, Bewertung von Neobiota)
- Unterstützung der Umsetzung der Nationalen Wasserstrategie, Aktionsprogramm Wasser, durch Bereitstellung biologischer Daten und Einbringung von Expertise (betrifft v. a. Aktionen 24, 46, 69, 75 und 77)
- Bereitstellung der fachlichen Grundlage für die gezielte Planung effizienter ökologisch ausgerichteter Maßnahmen und die Beurteilung ihrer Wirksamkeit
- Stärkung und weiterer Ausbau der Vernetzung mit nationalen und internationalen Akteuren hinsichtlich der Schaffung von Standards, der Koordination und der Nutzung von Synergien

## Ergebnisse

Im Rahmen der Maßnahme 108 wurde der Datenbestand zur Fauna der großen als Bundeswasserstraßen genutzten Flüsse in den vergangenen Jahren weiter ausgebaut und bildet eine unersetzliche Basis für die Quantifizierung und Bewertung der aquatischen Biodiversität. Dies stellt die Grundlage für die gesetzlich verpflichtenden Gewässerbewertungen deutscher Ströme gemäß WRRL dar. Zudem konnten aus diesen Daten wichtige Erkenntnisse über Entwicklungen, Trends und Wirkzusammenhänge gewonnen werden. Unter anderem wurde die im Folgenden beschriebene Langzeit-Studie zur Oberelbe ausgewertet.

Die meisten Flussökosysteme sind multiplen Stressoren ausgesetzt, die die Zusammensetzung und Funktionalität der aquatischen Lebensgemeinschaften beeinflussen. Die qualitative und quantitative Entwicklung des Makrozoobenthos der Elbe der letzten 30 Jahre wurde einer tiefgehenden statistischen Analyse unterzogen, um Trends und Kausalzusammenhänge in solch einem komplexen Wirkgefüge zu identifizieren. Mithilfe eines im Rahmen der BMUV-Maßnahme 108 von 1992 bis 2019 erhobenen Makrozoobenthos-Datensatzes des 65 km langen Abschnitts der Oberen Elbe zwischen Schmilka und Dresden wurden die Auswirkungen der Einwanderung gebietsfremder Arten sowie Temperatur, Abfluss, Phosphor, pH-Wert und weiterer abiotischer Variablen auf die taxonomische und funktionelle Zusammensetzung des Benthos untersucht. Insgesamt wurden 561 Datensätze ausgewertet. Durch den Bau und die Inbetriebnahme von Kläranlagen sowie den Rückgang der industriellen

Produktion nach dem Mauerfall verbesserten sich die Sauerstoffverhältnisse in der Elbe und die Artenzahl nahm zu. Viele charakteristische Flussarten, die in der Elbe als ausgestorben oder stark dezimiert galten, gehören heute wieder zum festen Bestandteil der Fauna der Oberen Elbe (z. B. *Heptagenia sulphurea*, *Psychomyia pusilla*, *Unio tumidus* etc.). Auf der anderen Seite haben auch zahlreiche Neozoen und Ubiquisten, gefördert durch anthropogene Einflüsse wie die erhöhte Wassertemperatur (*Corbicula fluminea*), wasserbauliche Maßnahmen und Wasserinhaltsstoffe zur Vergrößerung der Artenvielfalt der Elbe beigetragen. Ab 2002 ist bei der Analyse der mittleren Artenzahlen pro Untersuchungsbereich ein Abwärtstrend zu erkennen, der inzwischen in eine Stabilisierung der Artenzahl auf moderatem Niveau übergegangen ist. Man beobachtet jedoch grundlegende taxonomische und funktionale Veränderungen in der Gemeinschaft, vor allem eine Verlagerung der dominierenden Ernährungstypen von Sammlern zu Filtrieren und Opportunisten sowie einen steigenden Anteil von Taxa, die höhere Temperaturen bevorzugen. Weitere statistische Auswertungen legen nahe, dass die Veränderung durch die Einwanderung neuer gebietsfremder Tierarten sowie durch das gestiegene Temperaturniveau der Elbe verursacht wird und die Stabilität der Ökosystemfunktionen dadurch eher abgenommen hat. Die Studie unterstreicht einmal mehr die Bedeutung langfristiger Überwachungsdaten (Worischka et al. 2023).

Im Rhein hat die BfG 2024 im Rahmen ihres Langzeitmonitorings erneut einen Großteil der Makrozoobenthos-Proben für das sechsjährliche internationale Rheinmessprogramms der IKSR zur Verfügung gestellt. Erstmals wurden hierbei molekulargenetische Techniken (Umwelt-DNA) zusätzlich zur standardisierten konventionellen Methodik nach einem koordinierten Schema angewandt. Dies dient der Etablierung der neuen Methoden und auf Basis einer Gegenüberstellung mit den MZB-Proben der gegenseitigen Validierung. Organismische und genetische Proben werden 2024/25 ausgewertet und vergleichend dargestellt.

## Verwertung der Ergebnisse

Die durchgeföhrten Arbeiten dienen unmittelbar dem Vollzug von gesetzlichen Vorschriften, Verordnungen und Richtlinien, wie der Erfüllung der Berichtspflicht für die WRRL. Sie tragen jedoch ebenso zur Umsetzung der Nationalen Wasserstrategie bei (Thema II.3 „Nachhaltige Gewässerbewirtschaftung weiterentwickeln“), vor allem hinsichtlich einer stetig verbesserten und an neue globale Herausforderungen angepassten Bewertung des ökologischen Potenzials großer Fließgewässer. Direkte Beziehungen ergeben sich zu folgenden Punkten des Aktionsprogramms der NWS:

- „Blaues Band Deutschland stärken“ (Aktion 24)
- „Wasserkraft gewässerschonend gestalten“ (Aktion 46)
- „Qualifizierung der Gewässerunterhaltenden zur Entwicklung einer Kultur der integrierenden Gewässerunterhaltung“ (Aktion 69)
- „Zusammenarbeit bei der internationalen Umsetzung eines nachhaltigen Wasserressourcenmanagements“ (Aktion 75)
- „Unterstützung bei der Vermeidung von Wasserverschmutzung und Übernutzung sowie dem Schutz und der Wiederherstellung wasserbasierter Ökosysteme und deren Biodiversität“ (Aktion 77)

Die biologischen Daten bilden in diesem Kontext eine notwendige Ergänzung zu abiotischen Monitoring-Programmen der BfG und anderer Institutionen (chemisch-physikalische Umweltdaten, Überwachung von Einträgen wie z. B. Spurenstoffe) und umgekehrt. Kombinierte Daten ermöglichen Einblicke in kausale Zusammenhänge und unterstützen so die zielgerichtete Ausarbeitung und Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung des Zustands und zum Schutz der Biodiversität der Gewässer und indirekt auch der Auen. Eine Langzeit-Studie zum Makrozoobenthos der Oberelbe unter dem Einfluss

anthropogener Stressoren wurde in einer international renommierten Fachzeitschrift veröffentlicht (Worischka et al. 2023) und bereits mehrfach zitiert. Die Studie wurde außerdem auf dem 13. Symposium for European Freshwater Sciences vorgestellt.

Die Daten und Erkenntnisse aus dem Langzeitmonitoring werden in themenbezogene nationale und internationale Arbeitsgruppen eingebracht. In dieser Weise wird eine enge Vernetzung und Abstimmung mit Anwendern und Entscheidungsträgern sowie eine synergetische Nutzung des Maßnahmenoutputs herbeigeführt. Dies betrifft z. B die Mitwirkung in der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA; EK Biologie der Fließgewässer und EK Hydromorphologie), in Ausschüssen des Deutschen Instituts für Normung (DIN-Ausschüsse) oder auch in verschiedenen internationalen Flussgebietskommissionen. Hier ist insbesondere die IKSР Expertengruppe B-MON zu nennen, über die sich die BfG aktiv in das Fortführen des internationalen Rheinmessprogramms einbringt. So hat sie wie in den vorherigen Berichtszyklen weiterhin die Federführung beim Bericht „Makrozoobenthos des Rheins“ übernommen, der auf Basis der 2024/25 erhobenen Daten bis Ende 2025 erstellt wird.

Zahlreiche Daten-Anfragen von Behörden der Bundesländer und diverse Forschungseinrichtungen verdeutlichen den hohen Bedarf an biologischen Langzeitdaten für verschiedenste Nutzungen. Ein aktuelles Beispiel dafür ist die Untersuchung der Auswirkungen der biologischen Katastrophe in der Oder und die nachfolgende ökologische Regeneration im Rahmen des anlassbezogenen Sonderuntersuchungsprogramms ODER~SO durch mehrere führende wissenschaftliche Institute des Bundes, zu dem die BfG MZB-Monitoringdaten aus Vorjahren beiträgt.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Die von der BfG erhobenen Langzeitdaten zur MZB-Besiedlung von Rhein und Elbe sind eine Besonderheit, da es nur wenige vergleichbar lange Zeitreihen für deutsche und europäische Ströme gibt. Das Langzeitmonitoring zur Erfassung der Makrozoobenthos großer Ströme wird deshalb standardisiert weitergeführt, um auch in Zukunft auf einer aussagekräftigen Datenbasis für Bewertung und Kausalanalyse aufbauen zu können. Das bestehende Monitoring von MZB und Fischen wird künftig stärker miteinander vernetzt und koordiniert. Perspektivisch ist es fachlich geboten, weitere Organismengruppen einzubeziehen, v. a. Makrophyten (Wasserpflanzen), Meiofauna (Tiere des Sandlückensystems) sowie auch Plankton (Algen und freischwebende wirbellose Tiere) und Mikroorganismen (Bakterien, Pilze, Viren), um den ökosystemaren Zusammenhängen stärker Rechnung zu tragen und die erforderliche systemische Betrachtung zu erleichtern. So können Querbauwerke nicht nur für Fische Wanderhindernisse sein, sondern auch für einige MZB-Arten. Wasserpflanzen sind ein wichtiger Lebensraum für MZB und Fische und zugleich auch eine direkte und indirekte Nahrungsquelle (Aufwuchssträger). Generell rückt die Perspektive ganzer Nahrungsnetze und damit auch der Aspekt der Land-Wasser-Vernetzung zunehmend in den Fokus der nachhaltigen Gewässerbewirtschaftung. Dem wird auch durch eine stärkere BfG-interne Vernetzung mit der BMUV-Maßnahme 104 Rechnung getragen.

Soweit es ressourcentechnisch leistbar ist, sollen weitere Bundeswasserstraßen (z. B. Oder) in das Monitoringprogramm integriert werden, da bei vielen Institutionen ein immenser Bedarf an Langzeitdaten zur Kausalanalyse und Entscheidungshilfe besteht. Hierbei ist die Nutzung von Synergien mit den Bundesländern unabdingbar. Auf diese Weise wäre auch die räumliche Abdeckung ganzer Wasserstraßen effizienter möglich.

Die in der Maßnahme entwickelten Verfahren zur Bewertung des ökologischen Zustands bzw. Potenzials großer Flüsse dienen der Umsetzung der WRRL und sind damit weiterhin wichtige Werkzeuge für die integrierte Gewässerentwicklung insbesondere der Bundeswasserstraßen. Als solche werden sie kontinuierlich weiterentwickelt und an globale Herausforderungen wie Klimawandel und invasive Neobiota angepasst. So sollte es beispielsweise eine weiterführende Aufgabenstellung in der Maß-

nahme 108 sein, praxisorientierte und präventive Strategien zur Kontrolle und Minimierung von Beeinträchtigungen durch Neobiota zu entwickeln, insbesondere hinsichtlich einer Früherkennung neu einwandernder gebietsfremder Tierarten. Auch in diesem Kontext wird die Entwicklung und Validierung innovativer komplementärer Methodiken weiter vorangetrieben. Dies betrifft vor allem die Weiterentwicklung molekulargenetischer Techniken für das Monitoring verschiedener Organismengruppen sowie den Einsatz von KI für das Monitoring von Fischwanderungen an Aufstiegsanlagen.

Mit den Arbeiten in der Maßnahme 108 wird angestrebt, Grundlagen für eine fachlich fundierte Umsetzung der Nationalen Wasserstrategie und der EU-WRRL beizusteuern sowie eine räumlich und zeitlich übergreifende Verfügbarkeit hochwertiger aquatischer Daten zu gewährleisten, die einen Mehrwert für Akteure in Verwaltungen und Wissenschaft erbringen.

## Produkte

- WORISCHKA, S., SCHÖLL, F., WINKELMANN, C., PETZOLDT, T. (2023): Twenty-eight years of ecosystem recovery and destabilisation: Impacts of biological invasions and climate change on a temperate river. *Science of the Total Environment*, 875, 162678.  
DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.162678.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162678>

Ansprechperson der BfG

Dr. Susanne Worischka

Referat U4 Tierökologie

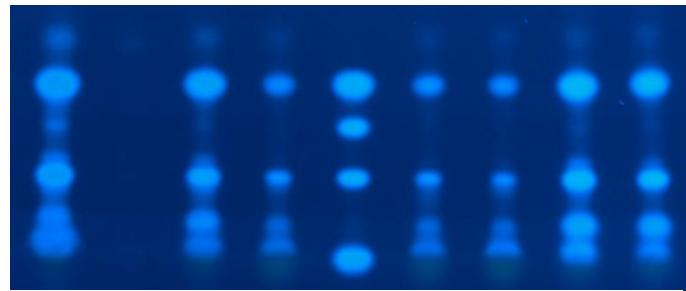
Tel.: +49 (0)261 1306 5267

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

# 109 Allgemeine und spezielle Ökotoxikologie

**Wasser ist eine wichtige Ressource für den Menschen und zugleich Lebensraum von Tieren und Pflanzen. Menschliches Handeln belastet Wasser mit Schadstoffen, die Auswirkungen auf Organismen und Lebensgemeinschaften haben können. Es bedarf daher Verfahren, die eine Gefährdung rechtzeitig erfassen und damit mögliche, irreversible Schäden zu verhindern helfen.**

Die Maßnahme „Allgemeine und spezielle Ökotoxikologie“ untersucht Schadstoffe hinsichtlich ihrer möglichen Auswirkungen auf Organismen und Lebensgemeinschaften. Dazu werden biologische Wirkungen von Schadstoffen genutzt, um die dafür notwendigen Mess- und Bewertungsmethoden zu entwickeln. Ferner wird die Standardisierung der entwickelten Methoden vorangetrieben, damit diese im Rahmen des Umweltgesetzesvollzugs genutzt werden können.



*Abbildung 17: Östrogene Profile von angereicherten Oberflächenwasserproben einer europäischen Probenahmekampagne, die mit einem dünnenschichtbasierten In-vitro-Biotest gemessen wurden  
(Quelle: Marina Ohlig, BfG)*

## Veranlassung

Bei der Umsetzung des deutschen Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) sowie der WRRL und der MSRL sowie deren möglicher Weiterentwicklung spielen ökotoxikologische Testverfahren eine zentrale Rolle bei der Bewertung von Schadstoffen, aber beispielsweise auch im Hinblick auf die Bewertung von Abwasser. Ökotoxikologische Testverfahren liefern Informationen zur biologischen Wirkung von Stoffen, die durch eine chemische Analytik nicht erbracht werden können. Neben der Anwendung und Normierung von Testverfahren zur Bewertung von Umweltproben liegt ein Fokus der Arbeiten auf der Weiter- und Neuentwicklung von Methoden, um die Verfahren auf den Stand des Wissens zu bringen. Gleichzeitig werden diese „alltagstauglich“ gemacht und Bewertungsansätze entwickelt, um die Nutzung im regulatorischen Kontext zu ermöglichen.

## Ziele

- Neu- und Weiterentwicklung von ökotoxikologischen Testverfahren nach dem Stand des Wissens
- Standardisierung von Testverfahren der allgemeinen und spezifischen Ökotoxikologie (derzeitiger Schwerpunkt sind bioanalytische Verfahren zu endokrinen Wirkungen)
- Erarbeitung von Konzepten zur Implementierung ökotoxikologischer Testverfahren in gesetzliche Regelwerke mit dem Schwerpunkt auf Nutzbarmachung von Wirktesten auf Ebene der europäischen WRRL und MSRL

## Ergebnisse

Das an der BfG maßgeblich mitentwickelte Verfahren zur Detektion östrogener Verbindungen in Umweltproben mittels einer Kopplung von Dünnschichtchromatographie und spezifischen, hefebasierten In-vitro-Verfahren wird aktuell im NA 119-01-03-05-13 AK standardisiert und eine entsprechende technische Spezifikation erarbeitet. Auf der Grundlage des Arbeitsdokuments wurde eine internationale Validierungsstudie unter Beteiligung von fünf Laboren durchgeführt. Dazu wurde u. a. eine Rheinwasserprobe untersucht, die mit 5 pg/L 17 $\alpha$ -Ethinylestradiol (EE2) dotiert war. Diese Konzentration entspricht für EE2 den Anforderungen an analytische Detektionsgrenzen gemäß der EU-WRRL, nach denen die Bestimmungsgrenze für Analyten bei oder unterhalb 30 % der festgesetzten Umweltqualitätsnorm liegen müssen. Alle teilnehmenden Labore konnten das dotierte EE2 nachweisen, das in der undotierten Rheinprobe nicht enthalten war. Über alle Labore wurde im Mittel eine EE2-Konzentration von 6,9 pg/L ermittelt, mit einer prozentualen Streuung von 55 % (siehe Abbildung 18). Die Ergebnisse eines Labors wurden aufgrund eines zu hohen Blindwerts nicht berücksichtigt. Die Erfahrungen der teilnehmenden Labore fließen in die Finalisierung des technischen Standards ein, der voraussichtlich im Jahr 2025 in deutscher und englischer Sprache veröffentlicht wird. Diese technische Spezifikation wird als Grundlage für eine Standardisierung im Rahmen von ISO und CEN dienen.

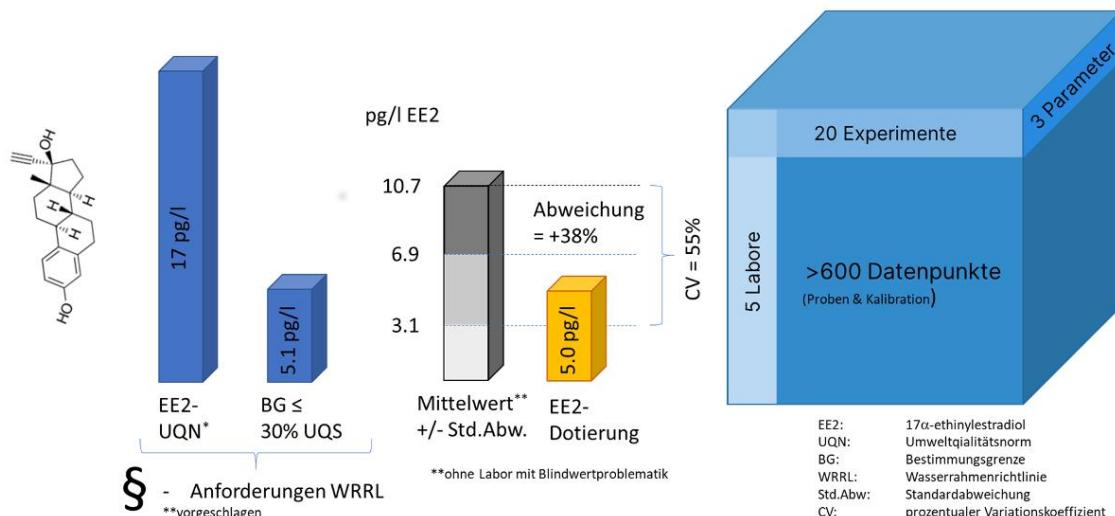


Abbildung 18: Grafische Zusammenfassung der Ringtestergebnisse zur Entwicklung eines technischen Standards für einen effektbasierten Test zum Nachweis östrogenartiger Verbindungen in Kombination mit Dünnschichtchromatografie (p-YES)

Dieses Verfahren wird durch die BfG im Rahmen der BMUV-Maßnahme 109 für die EU-Initiative PARC (Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals) zur Untersuchung von Oberflächen- und Abwasser sowie Bodenproben eingesetzt. So wurden durch Partner der Initiative EU-weit Proben aus Fließgewässern gewonnen, die nach Anreicherung sowohl chemisch-analytisch als auch mittels verschiedener Biotestverfahren charakterisiert werden. Damit wird eine Basislinie für die untersuchten Parameter definiert, um z. B. zu einem späteren Zeitpunkt den Erfolg von Maßnahmen zur Reduktion des Eintrags von Chemikalien in die Umwelt bewerten zu können.

## Verwertung der Ergebnisse

Bislang entwickelte und standardisierte (DIN, ISO, CEN) Testverfahren werden als national und international abgestimmte Werkzeuge zur Erfassung und Bewertung von Schadwirkungen im Wasserkreislauf und darüber hinaus genutzt. Die Arbeiten dienen der praktischen Entwicklung, Optimierung und Normierung von Werkzeugen für die zukünftige nationale und europäische Gewässerschutzpolitik und zur Umsetzung von Anforderungen, die in der Umweltgesetzgebung und in Verwaltungsvorschriften wie z. B. § 57 WHG, Abwasserverordnung (AbwV), Abwasserabgabengesetz (AbwAG) und der Industrieemissions-Richtlinie (IED) sowie in Handlungsanweisungen, wie beispielsweise der Neufassung der Handlungsanweisung zum Umgang mit Baggergut (HABAG), dargelegt sind.

Insgesamt trägt diese BMUV-Maßnahme deutlich zum strategischen Thema „Risiken durch Stoffeinträge begrenzen“ der Nationalen Wasserstrategie (NWS) bei, indem sie verschiedene Aktionen der NWS adressiert oder perspektivisch unterstützen kann. Dies sind insbesondere die Aktionen 25 (Spurenstoffdialog fortführen und inhaltlich weiterentwickeln) und 26 (Null-Schadstoff-Aktionsplan begleiten und umsetzen) indem mit der Entwicklung, Standardisierung und Anwendung effektbasierter Methoden zur Erfassung und Bewertung von Gewässerbelastungen ein zur chemischen Analytik komplementärer Ansatz entwickelt wird, der dem Bedarf nach ganzheitlicheren Bewertungsverfahren für Gewässerqualität Rechnung trägt. Mit der Entwicklung effektbasierter Schwellenwerte wird die Aktion 28 (Weitere Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik festschreiben) unterstützt. Zu diesem Thema hat sich die BfG im Rahmen dieser BMUV-Maßnahme zusammen mit verschiedenen Partnern und innerhalb verschiedener Verbünde, z. B. mit dem Joined Research Centre der EU, dem Oekotoxzentrum der Schweiz oder dem EU-NORMAN Network und der PARC-Initiative, intensiv eingebbracht. Darüber hinaus lassen sich die in der Maßnahme adressierten effektbasierten Methoden auch im Zusammenhang mit den Aktionen 31 (Sanierung schadstoffbelasteter Sedimente in den Gewässersystemen fördern), 36 (Vierte Reinigungsstufe) und perspektivisch der Aktion 54 (Stärkung der Wasserwiederverwendung) einsetzen.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Fortführung der methodischen Entwicklungsarbeiten für ein besseres mechanistisches Verständnis toxischer Effekte (Fokus hormonelle Wirkungen/endokrine Disruption)
- Fertigstellung der nationalen Standardisierung des dünnenschichtbasierten Yeast Estrogen Screen und Fortsetzung der Arbeit auf ISO-Ebene
- Erarbeitung einer CEN-Norm entsprechend der ISO 11350 (Ames-Fluktuationstest)
- Arbeiten zu den Möglichkeiten der Nutzung von Biertestverfahren bei der Gewässerüberwachung im Zusammenhang mit der Aktivität „effektbasierte Methoden“ der WG-Chemicals und der EU-PARC Initiative

Ansprechperson der BfG  
Dr. Sebastian Buchinger  
Referat G3 Biochemie, Ökotoxikologie  
Tel.: +49 (0)261 1306 5316  
E-Mail: [buchinger@bafg.de](mailto:buchinger@bafg.de)

# 110 Betreuung und Wartung des Alarmmodells Elbe

**Im Falle einer unfallbedingten Gewässerbelastung liefern Alarmmodelle eine schnelle Einschätzung der Ausbreitung der Schadstoffe. Fundierte Kenntnisse der Transportgeschwindigkeit und der Dispersion von Stoffen in dem Gewässer bilden hierfür die Grundlage.**

Seit 1997 hat die BfG, unterstützt durch das BMUv und in Kooperation mit deutschen und tschechischen Partnern, das Alarmmodell Elbe (ALAMO) entwickelt und fortlaufend praxisorientiert angepasst. Im Jahre 2004 wurde ALAMO in den Internationalen Warn- und Alarmplan Elbe integriert und im Jahr 2017 um die Nebenflüsse Moldau/Vltava und Saale erweitert.

ALAMO dient der Vorhersage der Ausbreitung von Schadstoffen in der Elbe. Im Falle einer unfallbedingten Gewässerbelastung ermöglicht es, den Zeitpunkt des Eintreffens, die Dauer sowie die Maximalkonzentration einer Schadstoffwolke flussabwärts des Unfallortes abzuschätzen. Diese Prognosen bieten den Unterliegern entscheidende Informationen, um im Alarmfall frühzeitig Maßnahmen zu ergreifen, die Folgeschäden vermeiden oder minimieren können. ALAMO trägt somit erheblich zur Verbesserung des Gewässerschutzes und der internationalen Zusammenarbeit im Elbe-Einzugsgebiet bei.



Abbildung 19: Anmischen des Tracerfarbstoffs vor einem Experiment zur Bestimmung des Stofftransports.  
(Quelle: Povodi Vltavy)

## Veranlassung

Unfallbedingte Gewässerverunreinigungen stellen ein großes Umweltrisiko für Fließgewässer wie die Elbe (tschechisch Labe) dar. Die Wasserrahmenrichtlinie fordert daher u. a. die Nutzung von Frühwarnsystemen im Falle unfallbedingter Gewässerverunreinigung. Das Alarmmodell Elbe ist seit 2004 Teil des Internationalen Warn- und Alarmplans Elbe und dient der automatisierten Erstellung von Alarmberichten der Hauptwarnzentralen, die sich in der Tschechischen Republik (Hradec Králové) und in Deutschland (Dresden, Magdeburg, Potsdam und Hamburg) befinden. Die nationale und internationale Zusammenarbeit dient bei schädlichen Einleitungen zur Alarmierung, Warnung und Gefahrenabwehr.

## Ziele

- Wartung, Pflege und Weiterentwicklung des in den Hauptwarnzentralen entlang der Elbe eingesetzten Alarmmodells Elbe (ALAMO) zur Unterstützung des Internationalen Warn- und Alarmplans Elbe
- Praxisorientierte Anpassung der Software ALAMO unter Einbeziehung der durch die Hauptwarnzentralen bei Einsatz und Handhabung des Alarmmodells Elbe gemachten Erfahrungen
- Ausweitung des Alarmmodells Elbe auf den weiteren Nebenfluss Bílina
- Kalibrierung des Modellabschnitts Bílina des Alarmmodells Elbe bei hohem Abfluss mittels eines geeigneten Tracers

## Ergebnisse

Von der IKSE wurde 2018 beschlossen, den tschechischen Nebenfluss Bílina ebenfalls in das Modell zu integrieren. Zur Bestimmung der Transportgeschwindigkeiten und Dispersion müssen an der Bílina bei drei unterschiedlichen hydrologischen Situationen In-situ-Feldmessungen vorgenommen werden. Im Jahr 2022 konnten von der BfG die notwendigen Tracermessungen (Abbildung 19) bei niedrigen und mittleren Abflüssen mit einem geno- und ökotoxikologisch unbedenklichen Fluoreszenzfarbstoff durchgeführt werden. Geeignete Bedingungen bei hohem Abfluss in der Bílina hat es seit Beginn der Feldexperimente noch nicht gegeben.

Mit den aus den Feldmessung gewonnenen Daten wurden die zur Modellkalibrierung notwendigen Informationen, u. a. Dispersionskoeffizienten, wirksame Fließgeschwindigkeiten und typische Abflusssituationen in Zusammenarbeit mit der IKSE durch die BfG berechnet oder zusammengetragen. Im Anschluss konnte die Kalibrierung von ALAMO für den Nebenfluss Bílina für niedrige und mittlere Abflüsse erfolgreich durch die BfG durchgeführt werden.



Abbildung 20: Karte des Alarmmodells Elbe mit den enthaltenen Flüssen Elbe, Moldau, Bílina und Saale. Farblich dargestellt sind die Meldebereiche der internationalen Hauptwarnzentralen (Quelle: IKSE)

Die zur Integration eines neuen Nebenflusses in ALAMO notwendige Softwareanpassung wurde im Juli 2024 von der BfG an einen Dienstleister vergeben. Im Rahmen des Auftrages wurden weitere Anpassungen der Software und der grafischen Nutzeroberfläche integriert. Im Vorfeld wurden hierfür im Rahmen einer Umfrage von den internationalen Warn- und Alarmzentralen Verbesserungsvorschläge abgefragt.

Die gewünschten und entsprechend vorgenommenen Anpassungen dienen insbesondere zwei Zielen. Zum einen wurde die Benutzungsfreundlichkeit erhöht. Beispielsweise können Konzentrations-Ganglinien nun direkt aus anderen Programmen übernommen werden, anstatt sie manuell eingeben zu müssen. Dies reduziert den Aufwand und minimiert potenzielle Fehlerquellen bei der Dateneingabe.

Andere Anpassungen dienen der Verringerung des zukünftigen Wartungs- und Pflegeaufwand. Änderungen im Internationalen Warn- und Alarmplan Elbe führten bisher dazu, dass die Berichtsausgabe in ALAMO entsprechend angepasst werden musste. In der neuen Version wurde die Ausgabe auf die ALAMO-relevanten Ergebnisse beschränkt und somit zukünftige Wartungsarbeiten verringert.

Die Erfahrung hat zudem gezeigt, dass die in ALAMO hinterlegte Liste potenzieller Verursacher in der Praxis nicht verwendet wird. Da die Pflege dieser Liste mit Aufwand verbunden ist, wurde von der AG Unfallbedingte Gewässerbelastung der IKSE beschlossen, diese Liste aus ALAMO zu entfernen. Die Eingabe aller notwendigen Angaben ist weiterhin uneingeschränkt möglich.

Bei der Integration der Bílina wurde weiterhin großer Wert darauf gelegt, dass sich ändernde oder neu berechnete Parameter, z. B. nach Durchführung des noch ausstehenden Tracerexperiments an der Bílina bei hohem Abfluss, ohne weitere Vergabe durch die BfG angepasst und über die IKSE an die Warn- und Alarmzentralen verteilt werden kann.

Der Abschluss der Arbeiten erfolgte im November 2024, sodass das verbesserte ALAMO an die IKSE übergeben und den Warn- und Alarmzentralen entlang der Elbe zur Verfügung gestellt werden kann.

Abbildung 21: Bildschirmfoto der Eingabemaske für den Ort der Gewässerverunreinigung in ALAMO. In der neuen Version ist die Eingabe eines Eintrags in die Bílina hinzugekommen

## Verwertung der Ergebnisse

Mit dem Alarmmodell ALAMO wird das BMUv im Kontext europäischer und internationaler Zielsetzungen insbesondere bei der Wahrnehmung der Aufgaben in der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE, Arbeitsgruppe Havarie) unterstützt. Die Hauptnutzer sind die im internationalen Warn- und Alarmplan der Elbe festgelegten fünf internationalen Hauptwarnzentralen, davon eine in der Tschechischen Republik (Hradec Králové) und vier in Deutschland (Dresden, Magdeburg, Potsdam und Hamburg).

Die BfG bringt ihre Expertise im Bereich der Alarmmodelle nicht nur in die Zusammenarbeit mit der IKSE ein, sondern unterstützt auch andere internationale Flussgebietskommissionen wie die IKSР (Rhein), IKSD (Donau) und IKSО (Oder). In Workshops und Expertengruppen bietet die BfG fundierte Beratung an, um die Weiterentwicklung oder Neugestaltung von Alarmmodellen für diese Flüsse zu fördern. Diese Zusammenarbeit basiert auf den umfangreichen Erfahrungen, die mit dem ALAMO-System gesammelt wurden, und zielt darauf ab, maßgeschneiderte Lösungen für die besonderen Anforderungen jedes Flusssystems zu entwickeln.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Die noch ausstehende Tracermessung an der Bílina bei hohem Abfluss soll durchgeführt werden, sobald die hydrologischen Voraussetzungen gegeben sind. Als nächster möglicher Zeitraum für die Hochwassermessungen ist das Frühjahr 2025 während der Schneeschmelze vorgesehen. Sobald die ausstehende Messung vorliegt, wird der Nebenfluss Bílina für das Alarmmodell Elbe seitens der BfG abschließend kalibriert, in ALAMO eingepflegt und der IKSE das erweiterte Modell zur Verfügung gestellt.

Im Zuge der Erweiterung von ALAMO sind Schulung des mit der Nutzung von ALAMO betrauten Personals durch die BfG in den Jahren 2024 und 2025 terminiert.

Die Beratung von Expertengruppen weiterer Flussgebietskommissionen (IKSR, IKSD und IKSO) bezüglich Weiterentwicklung oder Neugestaltung von Alarmmodellen wird von der BfG auch in den nächsten Jahren fortgeführt.

## Produkte

- SOMMER, S., SCHEUFEN, T. (2023): Erweiterung des Alarmmodells Elbe (ALAMO) – Moldau/Vltava, Saale, Bílina, BfG-Bericht 2151. DOI: 10.5675/BfG-2151

### Ansprechperson der BfG

Dr. Svenja Sommer

Referat M1 Hydrologische Grundsatzangelegenheiten, Hydrometrie und Gewässerphysik

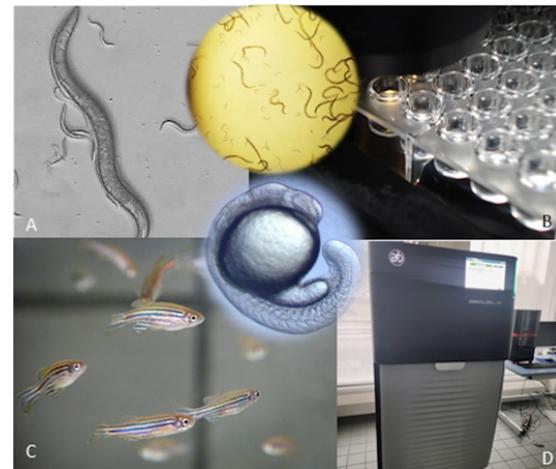
Tel.: +49 (0)261 1306 5279

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

# 111 Flussgebietsspezifische Schadstoffwirkungen

**Schadstoffe in Wasser und Sediment beeinträchtigen den chemischen und den ökologischen Zustand eines Gewässers und mindern die relevanten Leistungen des Ökosystems. Für eine bessere Bewertung von Schadstoffbelastungen nutzt das Projekt das zunehmende Verständnis der mechanistischen Grundlagen von Ursache-Wirkungszusammenhängen, um neue methodische Werkzeuge für eine verbesserte ökotoxikologische Gewässerüberwachung zu entwickeln.**

Mit dieser Maßnahme treibt die BfG die Entwicklung von Verfahren voran, die die Schadstoffbelastung der Bundeswasserstraßen und ihrer Nebengewässer anhand der spezifischen Schadstoffwirkungen realistisch abbilden, charakterisieren und somit bewertbar machen. Dabei werden die spezifischen Wirkungen der Schadstoffe mithilfe von bioanalytischen Methoden auf unterschiedlichen biologischen Ebenen, von den molekularen toxikologischen Zielstrukturen bis hin zu den Zellen, Geweben und Organen, in aquatischen Modellorganismen untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen unterstützen die Aufklärung der kausalen Verknüpfungen zwischen schadstoffinduzierten Störungen von Zellsignalwegen und einer daraus resultierenden adversen, populations- und somit ökologisch-relevanten Wirkung und verbessern so die Bewertung des potenziellen Schadstoffrisikos.



*Abbildung 22: Bildcollage: Modellorganismen, Mikrotiterplatte, Sequenziergerät. Die Collage zeigt die im Projekt untersuchten Modellorganismen (A: *C.elegans*; C: Zebrafisch), einen Ausschnitt einer Mikrotiterplatten mit 96 Kavitäten (C) und das long-read Sequenziergerät (D: PacBio Sequel IIa) zeigt. Die beiden kreisförmigen Bildausschnitte stellen die Mikroskopsicht auf *C. elegans* in Flüssigkultur (Bild oben) und auf einen 24h alten Zebrafischembryo (Bild unten) dar.*

## Veranlassung

Die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) setzt Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zum Schutz der Oberflächengewässer um und formuliert die rechtlichen Vorgaben für die Zielerreichung „guter Gewässerzustand“. Unter anderem sind in der Verordnung die Umweltqualitätsnormen (UQN) für flussgebietsspezifische Schadstoffe (Anlage 6) festgelegt, die neben den prioritären Schadstoffen (Anlage 8) als unterstützende Qualitätskomponenten zur Bewertung des ökologischen Zustands bzw. des ökologischen Potenzials eines Gewässerabschnitts herangezogen werden. Bisher führten die Maßnahmen zur Umsetzung der WRRL an den Bundeswasserstraßen und ihren Nebengewässern zu keiner wesentlichen Verbesserung ihres überwiegend schlechten Potenzials oder Zustands. Die zunehmend komplexere Belastung der Gewässer mit neuartigen Spurenstoffen, die zu den prioritären und flussgebietsspezifischen Schadstoffen hinzukommen, ist ein Einflussfaktor, der oft Erfolge von gewässerstrukturellen und renaturierenden Maßnahmen verhindert. Maßnahmen, wie z. B. Auenrenaturierungen, bergen zudem die Gefahr, Schadstoffe aus Sedimenten freizusetzen, mit unbekannten Folgen für den ökologischen Zustand des Gewässers. Die Gewässer sind mit sehr heterogenen und diversen Mischungen von vielfach noch unbekannten oder nicht erfassten Mikroschadstoffen belastet, die zu chronischen Schadstoffwirkungen in aquatischen Pflanzen und Tieren führen können, die schwer und oft gar nicht abschätzbar sind. Hier sind innovative, ökotoxikologische Test-

methoden gefragt, die die Summenwirkung der Schadstoffmischungen erfassen und somit ein Gefährdungspotenzial aufzeigen können. Die Ergebnisse solcher Testmethoden können in integrative neue Risiko-Bewertungsansätze einfließen, die spezifische molekulare, zelluläre und organismische Schadstoffwirkungen mit adversen Effekten verknüpfen – auch unter Einbeziehung anderer relevanter Stressoren. Diese sogenannten IATAs (integrated approaches for testing and assessment) versprechen eine verlässliche, evidenzbasierte Folgenabschätzung und erlauben die gezielte Ableitung von risikominimierenden Handlungsanweisungen. Ein wichtiger Bestandteil solcher integrativer Bewertungsansätze sind die Adverse-Outcome-Pathways (AOPs), die systematisch das wissenschaftliche Verständnis von schadstoffinduzierten Schlüsselereignissen auf mehreren biologischen Ebenen nutzen, um populationsgefährdende Folgen zu extrapolieren. Eine AOP-basierte ökotoxikologische Bewertung birgt ein enormes Potenzial für die Untersuchung von schadstoffassoziierten Effekten, auch im Rahmen des Gewässermonitorings. Dafür werden allerdings nicht-traditionelle Testverfahren, sogenannte NAMs (new approach methodologies), benötigt. Die Arbeiten der Maßnahme sind daher auch ausgerichtet auf die Anforderungen von PARC (2022-2029), das EU-kofinanzierte F&I (Forschung und Innovation) Partnerschaftsprogramm für die Bewertung von Risiken durch Chemikalien, an dem sich die BfG beteiligt.

## Ziele

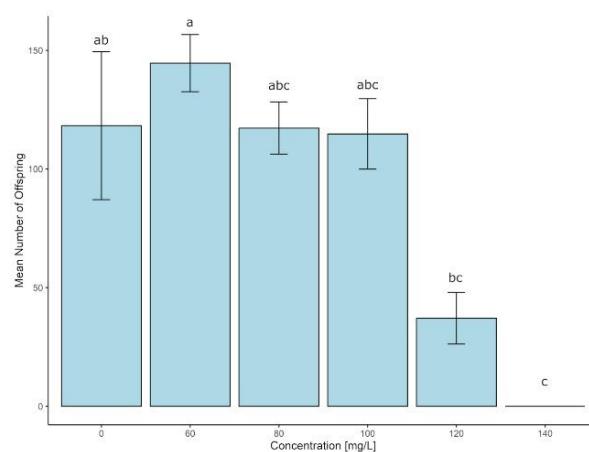
- Entwicklung, Validierung und Etablierung von bioanalytischen (insbesondere molekularbiologischen und mikroskopischen) NAMs für eine AOP-basierte Bewertung von Schadstoffbelastungen (ereignis-, maßnahmen- oder monitoringbezogen) mit derzeitigem Fokus auf endokrine und neurotoxische Wirkungen
- Entwicklung von geeigneten NAMs mit den Modellorganismen *Danio rerio* (Zebrafisch/Zebrabärbling) und *Caenorhabditis elegans* (Fadenwurm/Nematode) für die Testung von Bisphenol-Ersatzstoffen. Die Bisphenol A (BPA)-Ersatzstoffe werden in PARC als Stoffgruppe priorisiert, da die Mehrzahl der Ersatzstoffe im Verdacht steht, wie BPA die Reproduktion und das Hormonsystem von Wirbeltieren zu beeinträchtigen oder bereits als endokrine Disruptoren identifiziert wurden. Die BPA-Ersatzstoffe sind damit ein Beispiel für die „regrettable substitution“ eines besonders besorgniserregenden Stoffes gemäß der REACH-Verordnung
- Entwicklung von Testansätzen zur Untersuchung multipler Stressoren mithilfe der entwickelten NAMs in Kombination mit einer effektbasierten Analytik und traditionellen ökotoxikologischen Testmethoden
- Charakterisierung von Schadstoffbelastungen in den Flusseinzugsgebieten von Elbe, Rhein, Oder oder Donau, als Begleitung von Maßnahmen und zwecks Erfolgskontrolle

## Ergebnisse

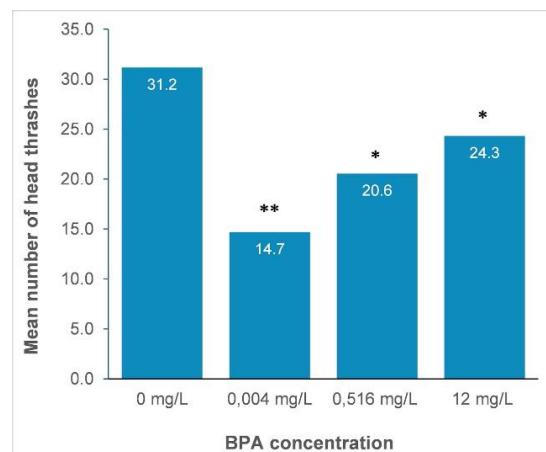
Um die oben beschriebenen Untersuchungen realisieren zu können, entwickeln und etablieren wir neue ökotoxikologische Testverfahren (NAMs). Dazu wurde eine neue Infrastruktur in den Laboren der BfG etabliert: Laborräume für die Kultivierung von Zebrafischen und den Fadenwurm *Caenorhabditis elegans* sowie für die next generation long-read DNA-Sequenzierung wurden eingerichtet und Life-Imaging Methoden mit hochauflösender Fluoreszenzmikroskopie und Videoanalyse sind durchführbar. Aktuell werden NAMs mit *C. elegans* erarbeitet, die sich eignen, um die spezifischen Wirkungen von Bisphenol-Ersatzstoffen auf molekularer, zellulärer und organismischer Ebene zu charakterisieren. Als ein erster Schritt wurde in Anlehnung an die ISO-Norm 10872:2021-12 zur „Bestimmung der toxischen Wirkung von Sediment- und Bodenproben auf Wachstum, Fertilität und Reproduktion von *Caenorhabditis elegans* (Nematoda)“ eine alternative Versuchsdurchführung für wässrige Medien

etabliert, bei der Mikrotiterplatten (mit 96 Kavitäten) und eine Flüssigkultur für *C. elegans* verwendet werden. Dies ermöglicht einen höheren Probendurchsatz bei der Testung von wässrigen Proben und eine individuelle Analyse einzelner Würmer (bis zu 96 Würmer parallel pro Platte) innerhalb eines Tests. Ferner erfolgte ein Versuch, die Nahrung von *C. elegans* von Bakterien (*E. coli*) auf ein künstliches (axenisches) Flüssig-Komplettmedium umzustellen, um so zum einen Nährstoffe für die Testorganismen kontrolliert variieren zu können und zum anderen die Bakterien als möglichen Störfaktor bei der Testung (durch bakterielle Aufnahme und Metabolisierung der Testsubstanzen) auszuschließen (Abbildung 23). Es gelang, *C. elegans* mit dem axenischen Medium für die Dauer eines Tests am Leben zu erhalten, allerdings mit verminderter Wachstum und Reproduktion. Die Methode ist aufwendig und bedarf sterilem Arbeiten und ist aus diesem Grund nur für die Untersuchung sehr spezifischer Forschungsfragen zu nahrungs- und metabolismusabhängigen Schadstoffeffekten geeignet. Sollten sich im Rahmen des Projektes derartige Fragestellungen ergeben, kann dieser axenische Testansatz weiterverfolgt und optimiert werden. Hinsichtlich mikroskopischer, bildgebender Analysen von zellulären und morphologischen sowie verhaltensbiologischen Effekten bei *C. elegans* werden derzeit geeignete Endpunkte erprobt. Mittels Videoanalyse können u. a. die schlagenden Kopfbewegungen (sog. head thrashes) quantifiziert werden (Abbildung 24). Die Quantifizierung der head thrashes bei *C. elegans* gelten nach aktuellem Forschungsstand als ein Indikator für eine neurotoxische Wirkung. Ein einheitliches Protokoll für die Erfassung dieses Testendpunktes gibt es derzeit allerdings noch nicht. Daher wurde das am häufigsten in der Literatur verwendete Zeitfenster von 20 s für die Analyse der head thrashes gewählt. Für die Substanzen BPA und Bisphenol S (BPS) konnten ab Testkonzentrationen von 4 µg/L bzw. 24 mg/L Veränderungen bei der Anzahl der head thrashes pro 20 s gezeigt werden. Für BPA nahmen die head thrashes ab, für BPS interesseranterweise dagegen zu. Die Wirkmechanismen von BPA und BPS, die die head thrashes von *C. elegans* beeinflussen, sind noch unzureichend aufgeklärt, daher sollen im Rahmen des Projektes Untersuchungen auf Gentranskriptionsebene erfolgen. Ferner wird versucht, die Videoanalyse für die head thrashes zu automatisieren. Erste Versuche hierzu mit einem open source Python-basierten Skript wurden durchgeführt.

Insgesamt werden neben BPS bis zu zwölf weitere BPA-Ersatzsubstanzen mit *C. elegans* zunächst auf Wachstums- und Reproduktionseffekte gemäß der ISO-Norm 10872:2021 und in Anlehnung eines Protokolls nach Wittkowski et al. (2020) im wässrigen Medium und im Sediment untersucht. Für Bisphenol E (BPE) und Bisphenol AP (BPAP) ist dies für das wässrige Medium bereits erfolgt und es wurde RNA aus den Nematoden isoliert, die als komplementäre cDNA sequenziert werden wird.



*Abbildung 23: Einfluss von Bisphenol A (BPA) auf die Reproduktion von *C. elegans* in flüssigem Kulturmedium, nach 96 h Exposition. Die Buchstaben über den Balken kennzeichnen die statistische Signifikanz ( $p < 0,05$ ; Kruskal-Wallis). Bei gleichen Buchstaben besteht kein signifikanter Unterschied*



*Abbildung 24: Einfluss von Bisphenol A (BPA) auf die mittlere Anzahl an Kopfbewegungen (head thrashes) von *C. elegans* in flüssigem Kulturmedium, nach 72 h Exposition. Die Sternchen über den Balken kennzeichnen die statistische Signifikanz (\* ( $p < 0,05$ ); \*\* ( $p < 0,01$ ); \*\*\* ( $p < 0,001$ ); Kruskal-Wallis)*

## Verwertung der Ergebnisse

Ein zentrales Element der Maßnahme ist die Erarbeitung konzeptioneller Grundlagen und Methoden zur Weiterentwicklung der WRRL. Durch die Beteiligung an PARC fließen die Ergebnisse auch in dieses Projekt ein und leisten so einen Beitrag zu der Entwicklung neuer Werkzeuge und Ansätze für die Risikobewertung und das Monitoring insbesondere von neuen Schadstoffen. Mit PARC ist die BfG aktiv in die Erarbeitung von Methoden und Bewertungskonzepten im Sinne der EU-Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit und den „Null-Schadstoff-Aktionsplan“ (European Commission, COM(2021) 400) eingebunden. Somit unterstützt die Maßnahme 111 zugleich die Aktion III.4. „Risiken durch Stoffeinträge begrenzen“ der Nationalen Wasserstrategie (BMUV 2023), denn die Ergebnisse und Produkte aus PARC fördern die Anpassung des rechtlichen Rahmens für ein „risikofreies“ Chemikalienmanagement (Aktionen 26, 27 und 28), und PARC entwickelt ein Frühwarnsystem für stoffliche Einträge und Risiken auf europäischer Ebene (Aktion 33).

Alle Ergebnisse, Methoden und Produkte der Maßnahme dienen der Information und Beratung des BMUV mit seinen nachgeordneten Behörden und werden letztendlich auch den Bundesländern, den Flussgebietsgemeinschaften und der EU-Kommission zur Nutzung und Verwertung zur Verfügung stehen.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Innovative NAMs mit den genannten Modellorganismen werden kontinuierlich weiterentwickelt und anhand von Einzelschadstoffen und Gemischen erprobt und standardisiert. Die innerhalb von PARC priorisierte Schadstoffgruppe der Bisphenol A-Ersatzstoffe wird dabei im Fokus stehen. Daraus ergeben sich auch Schwerpunkte hinsichtlich der Wirkmechanismen, die durch die neuen NAMs erfasst werden sollen. Die Mehrzahl der BPA-Ersatzstoffe gilt als endokrine Disruptoren und reproduktionstoxische Stoffe. Ferner haben Studien in vielen Fällen auch eine Schadwirkung auf das Immun- und das Nervensystem zeigen können. Die neu entwickelten NAMs werden ferner für Adverse Outcome Pathway (AOP)-basierte ökotoxikologische Bewertungsansätze genutzt werden, die auch für Sedimente und Schwebstoffe sowie für die Anwendung auf komplexe Schadstoffmischungen geeignet sein können. Der Einfluss von anderen Stressoren (z. B. klimatische Veränderungen), neben den Schadstoffen, auf adverse Effekte in Wasserorganismen soll für ausgewählte Flussgebiete ebenfalls beleuchtet werden.
- Systematische (multivariate) Analysen von bereits erhobenen und neuen Monitoringdaten (Wasser, Sediment, Biota) für die Flusseinzugsgebiete von Elbe, Rhein, Donau oder Oder sollen mit dem Ziel durchgeführt werden, adverse Schadstoffeffekte auf Lebensgemeinschaftsebene retro- und prospektiv identifizieren zu können (Proof of Concept). Mit diesem Ansatz könnten sich im Sinne der strategischen Ziele der BfG (Strategie „BfG 2030“) Schadstoffbelastungen als ein maßgeblicher Einflussfaktor auf die Biodiversität identifizieren lassen.

## Projektpartner

- Europäische Projektpartner innerhalb PARCs (Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals)
- Umweltbundesamt (UBA)
- Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)
- Goethe Universität Frankfurt
- ecossa

## Literatur

- WITTKOWSKI, P., VIOLET, N., OELGESCHLÄGER, M., SCHÖNFELDER, G., VOGL, S. (2020): A quantitative medium-throughput assay to measure *Caenorhabditis elegans* development and reproduction. STAR Protocols, Vol.1(3). DOI: 10.1016/j.xpro.2020.100224.  
<https://doi.org/10.1016/j.xpro.2020.100224>.

Ansprechperson der BfG

Dr. Martina Fenske

Referat G3 Biochemie, Ökotoxikologie

Tel.: +49 (0)261 1306 5281

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

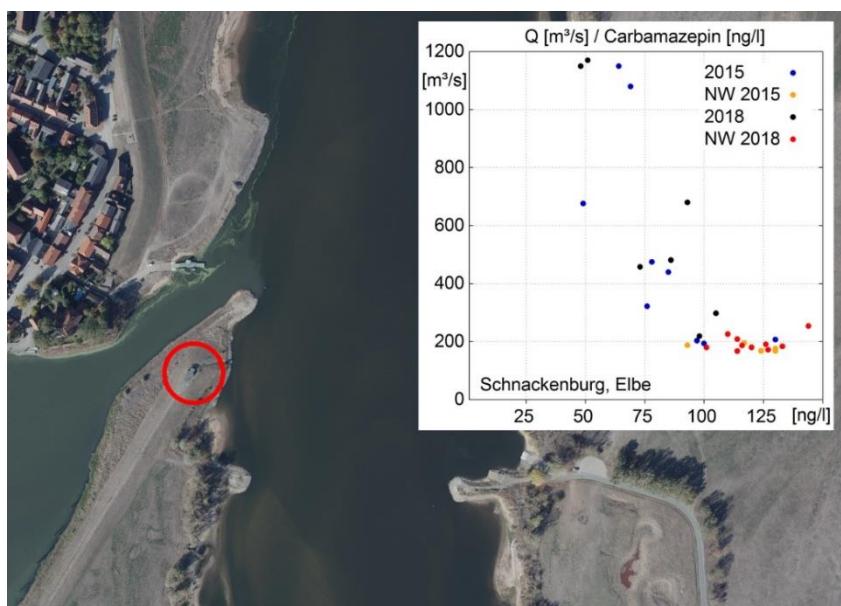
# 112 Schadstoffe in Flüssen – Prozesse und Modellierung

**Die Wasserbeschaffenheit unserer Flüsse wird durch eine stetig wachsende Anzahl an Schadstoffen beeinflusst. Untersuchungen zu Herkunft, Transport und Verbleib dieser Stoffe sind daher von großer ökologischer und wasserwirtschaftlicher Bedeutung.**

Für ausgewählte Schadstoffe werden Einträge, Transportprozesse (z. B. Lösung und Sorption, Retention, Remobilisierung) sowie Abbauverhalten im Gewässer analysiert. Dabei stehen Schadstofftransport und -bilanzierung bei Hoch- und Niedrigwasser im Vordergrund. Diese Phasen besonders starker und besonders geringer Wasserführung bilden den Rahmen für extreme Ausprägungen des Gewässerchemismus und der Schadstofffrachten. Die Analyse dieser Zustände, deren Ändereungsdynamik und der ihnen zugrunde liegenden Prozesse ist gewässerökologisch und wasserwirtschaftlich von großer Bedeutung. Die Kenntnisse fließen in die Weiterentwicklung von Stofftransport- bzw. Gewässergütemodellen für große Flussgebiete ein und dienen der Beantwortung wassergüte-wirtschaftlicher Fragestellungen.

## Veranlassung

Schadstoffbilanzen für Flussgebiete zeigen teilweise erhebliche Diskrepanzen zwischen Ein- und Austrag. Um die Schadstoffbelastung von Flüssen und den Eintrag in die Meeressumwelt valide quantifizieren zu können, sind deshalb neben belastbaren Emissionsdaten auch Kenntnisse zum Schadstofftransport notwendig (Abbildung 25). Prozesse, die zur Transformation oder zum temporären/dauerhaften Rückhalt in Fluss und Aue führen, müssen beschrieben, quantitativ ausgewertet und modellgerecht aufbereitet werden. Bei der anschließenden Modellierung werden Flussabschnitte identifiziert, in denen Überschreitungen von Grenz-/Richtwerten auftreten können. Ferner erfolgt eine modellbasierte Beurteilung der Effizienz von Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffbelastung. Beispielsweise können die Effekte einer (partiellen) Schadstoffsubstitution beim Hersteller und Verbraucher, einer Sanierung von Altlasten oder einer verbesserten Abwassertechnologie (z. B. vierte Reinigungsstufe bei Klärlagen) simuliert werden.



**Abbildung 25:** Carbamazepin-Konzentrationen der Elbe bei Schnackenburg (Messstation im roten Kreis) beim Niedrigwasser (NW) 2015 und 2018 sowie an weiteren Beprobungsterminen dieser Jahre versus Durchfluss am Pegel Wittenberge  
(Quellen: NLWKN (Messwerte Carbamazepin), WSV (Durchfluss), Havariekommando (Luftbild), 5. Oktober 2018)

## Ziele

- Verbesserung des Prozessverständnisses für Schadstofftransport und -retention im Fließgewässer, insbesondere bei hydrologischen Extremereignissen
- Modellierung der Konzentration und des Transports von Schadstoffen im Gewässernetz
- Identifikation konservativer Schadstoffe, die als Tracer dienen können
- Räumliche Ausweisung von Belastungsschwerpunkten
- Abschätzung der Wirksamkeit von Handlungsoptionen zur Minimierung des Eintrags von Schadstoffen in die Gewässer
- Vorschläge zur Optimierung des Schadstoffmonitorings (räumlich und zeitlich)

## Ergebnisse

Die vorhandene, auf den Gewässerabschnitt des Rheins zwischen Karlsruhe (Rhein-km 359) und Lobith (Rhein-km 862) bezogene Anwendung des deterministischen Gewässergütemodells QSim der BfG (QSim-Modellinstanz Rhein) wurde für die Modellierung des Schadstofftransports erweitert. Für den spezifischen Aufbau des eindimensionalen Modells und erste Bilanzierungen liegt der Fokus zunächst auf der Kenngröße Chlorid, für das eine hohe Datendichte vorliegt und das im Gewässer konservativ transportiert wird. Chlorid kann neben der elektrischen Leitfähigkeit als Leitparameter für die Salinität angesehen werden. Perspektivisch wird damit auch der Weg für die Modellierung von vorwiegend gelösten, schwer abbaubaren organischen Spurenstoffen bereitet.

Während der ausgeprägten Niedrigwasserphasen des Rheins in der jüngeren Vergangenheit wurde deutlich, dass auch die Salzbelastung des Rheins weiterhin Aufmerksamkeit verdient, sei es als Stressor für salzempfindliche Gewässerorganismen, als potenzieller Problemstoff für die Trinkwasseraufbereitung oder als Korrosionsförderer an Baumaterialien. Abbildung 26 zeigt die typische Aufkonzentration von Chlorid im Rhein bei Niedrigwasser.

Neben den Chlorideinträgen aus den großen Nebengewässern des Rheins, die in der QSim-Modellinstanz bereits als Eintragspfad erfasst waren, sind auch relevante, direkt in den Rhein entwässernde, anthropogene Punktquellen einzubeziehen. Daher wurden als neue Modell-Randbedingungen Eingabemöglichkeiten für die Emissionen aus den rund 30 großen kommunalen Kläranlagen ( $> 100.000$  Einwohner) ergänzt, die auf dem Modellabschnitt direkt in den Rhein einleiten. Ferner wurden auf Grundlage von Daten des Umweltbundesamtes

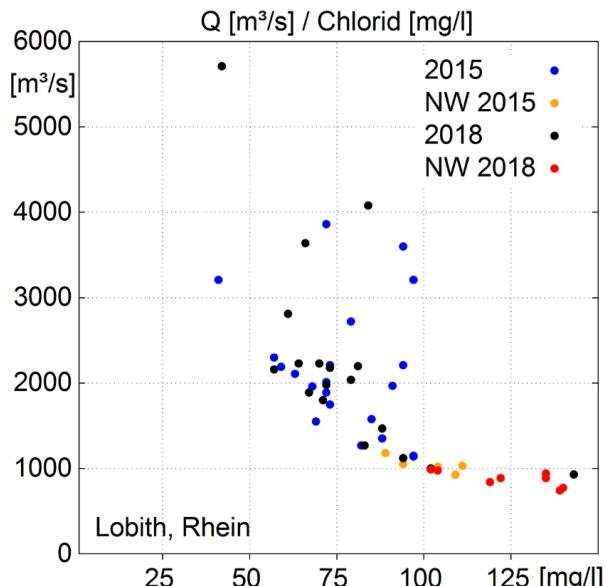


Abbildung 26: Chloridkonzentration des Rheins bei Lobith im Bezug zum Durchfluss (Q) beim Niedrigwasser (NW) 2015, NW 2018 sowie an den weiteren Beprobungsterminen dieser Jahre (nach Hübner & Schwandt 2021)

aus dem „Pollutant Release and Transfer Register“ ([www.thru.de](http://www.thru.de); Jahre 2021 und 2022) diejenigen Direktelinierer am Rhein aus Industrie und Bergbau identifiziert, deren Chlorid-Emissionen in das Gewässer über dem meldepflichtigen Schwellenwert von 2 Millionen kg pro Jahr liegen. Auch für diese ca. 15 Direktelinierer wurden Eingabemöglichkeiten im Modell geschaffen. Derzeit sind die

spezifischen Randbedingungen der Modellinstanz für die Chloridmodellierung am Rhein komplett aufgebaut und die Gewässergütedaten für die Jahre 2021 und 2022 weitgehend eingepflegt, Modellierungsergebnisse liegen jedoch noch nicht vor.

Zu den im Gewässergütemodell QSim berücksichtigten Kenngrößen gehört auch die elektrische Leitfähigkeit als weiterer Indikator für die Salinität. Anhand längerer Datenreihen können messstellenspezifisch in der Regel enge Korrelationen zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und der Chloridkonzentration aufgezeigt werden. Da die elektrische Leitfähigkeit an vielen Messstationen kontinuierlich erfasst wird, ergeben sich Ansatzpunkte, um die Chloridkonzentration perspektivisch auch modellhaft über den Weg der Leitfähigkeitsmessung abzubilden (Abbildung 27).

Im Zusammenhang mit geplanten Erweiterungen der Informationsplattform Undine (vgl. BMUV-Maßnahme 102) wurden Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessungen an großen Flüssen in Deutschland im Zeitraum der Jahre 2000 bis 2022 zusammengestellt und statistisch ausgewertet. Ziel dieser Untersuchungen ist neben der messstellenspezifischen Kategorisierung aktueller Messwerte der Leitfähigkeit auf der Informationsplattform Undine die Beschreibung wesentlicher Einflussfaktoren (Durchfluss, Saisonalität, Witterung, Streusalzeinfluss). Für die Elbe und den Oberrhein liegen bereits publizierte Ergebnisse vor (Hübner & Schwandt, 2024), weitere sind in Bearbeitung. An allen bisher ausgewerteten Messstationen zeigen sich signifikante negative Korrelationen zwischen dem Durchfluss und der Leitfähigkeit. Während an der Elbe im betrachteten Zeitraum kein signifikanter Trend der Leitfähigkeit vorlag, war dies am Oberrhein bei Karlsruhe der Fall. Hier nahm die elektrische Leitfähigkeit vor allem aufgrund der Schließung der letzten elsässischen Kalibergwerke signifikant ab (Abbildung 27).

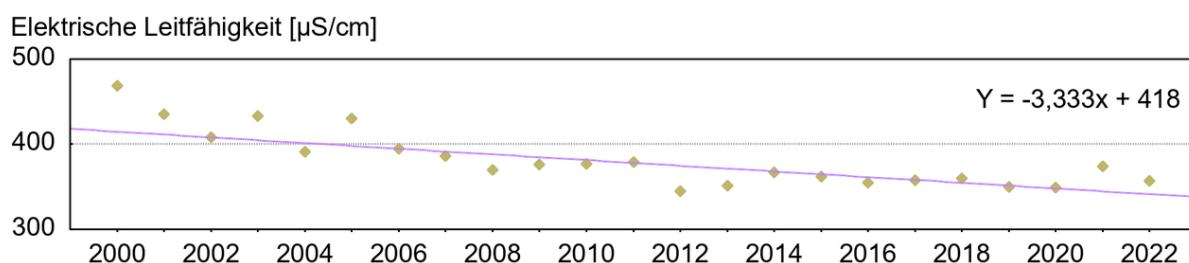


Abbildung 27: Elektrische Leitfähigkeit des Oberrheins, Messstation Karlsruhe (Rhein-km: 359,2) Median der Tagesmittelwerte in den Jahren 2000 bis 2022 und Trendgerade (Sen's Slope); signifikant fallender Trend (Mann-Kendall: ( $z(S)$ ): -4,49;  $p < 0,00001$ ) (nach Hübner & Schwandt 2024; Datengrundlage: LUBW, Stand: Okt. 2023)

## Verwertung der Ergebnisse

In Abstimmung mit BMUV und UBA werden die Projektergebnisse auch von der FGG Elbe, der FGG Rhein, Landesbehörden und Forschungsinstitutionen genutzt. Für die (Fach-)Öffentlichkeit werden ausgewählte Ergebnisse aufbereitet und publiziert. Weiterhin erfolgt eine Unterstützung von Facharbeitsgruppen der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall). Perspektivisch sollen auch Untersuchungen im Sinne der Spurenstoffstrategie des Bundes erfolgen. Die Projektergebnisse tragen zur Weiterentwicklung modellgestützter Flussgebietsanalysen bei, geben Hinweise zur Optimierung des Gewässergütemonitorings und liefern Grundlagen für Schadstoff-Minimierungskonzepte. Insgesamt unterstützen Prozessverständnis, verbesserte Modellierung und die generierten Daten das Ziel der Nationalen Wasserstrategie, das von Schadstoffen im Gewässer ausgehende Risiko besser einzuschätzen und zu vermindern. Der besondere Fokus auf den Gewässerchemismus bei Hoch- und Niedrigwasser schafft darüber hinaus Grundlagen für die Erarbeitung wasser-gütwirtschaftlicher Resilienzkonzepte gegen die Folgen des Klimawandels.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

In den nächsten Jahren wird die Analyse der Hauptbelastungsquellen und der Stoffströme in der Elbe und im Rhein für Schwermetalle/Arsen, Chlorid und organische Spurenstoffe bei Hoch- und Niedrigwasser fortgeführt. Der Transport von Schwermetallen/Arsen, Chlorid und weitgehend konservativen organischen Spurenstoffen wird mit dem Gewässergütemodell QSim auch für den Rhein modelliert. Fortlaufend wird die modellhafte Abbildung von reaktiven Transportprozessen im Gewässer (Sorption/Desorption, Photolyse, Hydrolyse, biochemischer Abbau) verbessert und im Gewässergütemodell QSim implementiert. Die entwickelten Vorgehensweisen werden auf weitere Flussgebiete übertragen.

Die laufenden und weiterhin geplanten Untersuchungen verbessern das Verständnis zum Stoffverhalten und -transport im Fluss und dienen somit dem Ziel der Nationalen Wasserstrategie, die Risiken durch Stoffeinträge zu begrenzen. Im Einklang mit dieser Strategie stärkt die Modellierung großer Flussabschnitte den Datentransfer bzw. die Datenzusammenführung von Bund, Ländern, Kommunen und Privatwirtschaft. Die modellhafte Abbildung und Simulation des Stofftransports spiegelt die zeitliche und räumliche Eintragsdynamik wider, unterstützt die einzugsgebietsweite Stoffbilanzierung und detektiert die stärksten Belastungsquellen. Auf dieser Basis können gemäß der Nationalen Wasserstrategie auch fundierte Konzepte für einen effektiveren Meeresschutz vor Schadstoffeinträgen aus dem Binnenland erarbeitet werden.

## Literatur

- HÜBNER, G., SCHWANDT, D. (2024): Elektrische Leitfähigkeit in Elbe und Oberrhein: Trend, Einflussfaktoren und Klassifizierung. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Hennef  
<https://doi.org/10.14617/for.hydrol.wasbew.45.24>
- HÜBNER, G., SCHWANDT, D. (2021): Salz- und Spurenstoffbelastung von Elbe und Rhein beim Niedrigwasser 2015 und 2018. In: BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (2021): Die Niedrigwassersequenz der Jahre 2015 bis 2018 in Deutschland – Analyse, Einordnung und Auswirkungen. Mitteilung Nr. 35: 295-321, Koblenz.  
[https://doi.bafg.de/BfG/2020/BfG\\_Mitteilungen\\_35.2021.pdf](https://doi.bafg.de/BfG/2020/BfG_Mitteilungen_35.2021.pdf)

## Weitere Informationen

### • <https://undine.bafg.de>

Ansprechperson der BfG

Dr. Daniel Schwandt

Referat G1 Grundsatzfragen der qualitativen Gewässerkunde

Tel.: +49 (0)261 1306 5479

E-Mail: schwadt@bafg.de

# 113 Grundlagen wasserwirtschaftlicher Planungen

**Beobachtete und modellierte hydrologische, hydrometeorologische und wasserwirtschaftliche Datenprodukte, zugehörige Auswertemethoden und die nutzergerechte Bereitstellung sind Voraussetzung für jegliche Beratung zu Fragen der wasserwirtschaftlichen Planung. Die BMUV-Maßnahme 113 „Grundlagen wasserwirtschaftlicher Planungen“ unterstützt die BMUV-Maßnahme 114 „Allgemeiner Wasserhaushalt“ im Hinblick auf die Pflege von Datengrundlagen und die Implementierung technischer Arbeitsabläufe, Auswertungsmethoden und die Informationsbereitstellung. Sie trägt damit wesentlich zur Fortschreibung und Weiterentwicklung zentraler Informationen für die Wasserwirtschaft Deutschlands bei.**

Beobachtungen und Modellierungen hydrologischer, hydrometeorologischer und wasserwirtschaftlicher Daten entwickeln sich sowohl zeitlich als auch inhaltlich fort, wie auch die Informationstechnik. Entsprechend müssen daraus abgeleitete Datenprodukte aktualisiert und dabei verwendete Auswertee- und Bereitstellungsmethoden weiterentwickelt werden.

Darüber hinaus entwickeln sich auch die Informationsbedarfe weiter. Das BMUV hat unter intensiver Mitarbeit weiterer Bundesressorts (BMDV, BMEL, BMI, BMG, BMWK, ...) nationale Strategien mit Wasserbezug aufgesetzt, die einen wichtigen Rahmen für das wasserwirtschaftliche Planen und Handeln in den kommenden Dekaden setzen. Im Kontext der Nationalen Wasserstrategie (NWS, seit 2023) und der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (seit 2008, erweitert 2024), aber auch weiterer Programme, wie dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK, seit 2023), ergeben sich neue Nutzeransprüche, die die Komplexität der natürlichen und anthropogenen Faktoren des wasserwirtschaftlichen Systems (Klima- und Nutzungswandel) sowie die Skalenübergänge zwischen verschiedenen Planungsebenen (national, regional, lokal) gezielt adressieren.



Abbildung 28: Beweidete Wiese bei Leer, Ostfriesland  
(Quelle: Enno Nilson, BfG)

## Veranlassung

Der Austausch hydrologisch-wasserwirtschaftlicher Informationen zwischen den föderalen, nationalen und internationalen wasserwirtschaftlichen Behörden, Gremien und Forschungsinstitutionen sowie ihre Bereitstellung für die behördliche Netzwerkarbeit und Öffentlichkeit gewinnt immer mehr an Bedeutung und wird von der Wasserrahmenrichtlinie und der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (WRRL und HWRM-RL) sowie vom Wasserhaushaltsgesetz (WHG) auch explizit gefordert. Weitere noch auszuarbeitende Schnittstellen und Datenbedarfe ergeben sich aus der Operationalisierung der nationalen wasserbezogenen Strategien wie der Nationalen Wasserstrategie (NWS) und der erweiterten, vorsorgenden Anpassungsstrategie (DAS2.0). Zu nennen ist hier insbesondere die Kooperation und der damit einhergehende Datenaustausch zwischen den Behörden des Bundes und der Länder in Bezug auf die erste (und grundlegende) Aktion des NWS-Aktionsprogramms „Prognosefähigkeit der Wasserhaushaltsanalysen verbessern“ (Aktion 1). Diese Aktion wird durch das Portfolio der BfG unmittelbar adressiert. Hierzu sind neben Aufbau, Unterhalt und Betrieb der notwendigen informationstechnischen Infrastruktur der Datenbestand und die Auswertemethoden zu pflegen sowie auch neue Fachdatensätze, die die thematischen Inhalte komplexer raum-zeitlicher hydrometeorologischer, hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Sachverhalte aufzeigen, zu erarbeiten.

## Ziele

- Pflege hydrometeorologischer und hydrologischer Punkt- und Flächendaten mit Bezug zur Einzugsgebietshydrologie
- Pflege von Wasserwirtschafts- und -nutzungsdaten mit Bezug zur Einzugsgebietshydrologie
- Weiterentwicklung von Datenerhebungsmethoden und statistischen Verfahren zur Aus- und Bewertung hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Sachverhalte
- Erstellung von hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Simulationsgrundlagen und thematischen Karten
- Technische Pflege und Entwicklung von Informationssystemen bzw. anderen entscheidungsunterstützenden Werkzeugen für überregionale wasserwirtschaftliche Analysen

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Maßnahme 113 „Grundlagen wasserwirtschaftlicher Planungen“ liegen vor allem in technischer Form, d. h. in Form von Datenprodukten, Auswertungen und Skripten vor. Die Verwertung in Berichten, Gremien und Internetdiensten erfolgt in großen Teilen über die Maßnahme 114 „Allgemeiner Wasserhaushalt“ und ist im nachfolgenden Abschnitt dargestellt.

Eine wichtige Basis für wasserwirtschaftliche Planungen sind aktuelle, qualitätsgesicherte und unmittelbar nutzbare hydrometeorologische Daten. Im Rahmen der Maßnahme 113 wurde auf verschiedene Weise hieran gearbeitet: Zum einen wurde ein BfG-eigener mitteleuropaweiter hydrometeorologischer Rasterdatensatz (SE-AMOBS) fortgeschrieben. Dieser Datensatz ist hinsichtlich Auflösung und Format auf die Bedarfe der Wasserhaushaltsmodelle der BfG optimal angepasst und für aktuelle Einschätzungen zum Zustand des Wasserhaushalts in Deutschland unerlässlich. Zum anderen wurde an der Ausdefinition eines konsolidierten, aber jeweils zeitlich verzögert bereitgestellten Referenzproduktes des DWD mitgearbeitet. Diese mitteleuropaweiten HYdrometeorologischen RAsterdatensätze (HYRAS 5<sup>2</sup> km<sup>2</sup> und HYRAS-DE 1<sup>2</sup> km<sup>2</sup>) wurden in ihrer aktuellen Version (Zeitraum 1951–2020 und Niederschlag 1931–aktuell, Tageswerte) in den BfG-Datenbestand übernommen. Schließlich beteiligt sich die BfG an der Aufbereitung und Validierung der von der European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT) im Rahmen der Hydrological Satellite Application Facility (H SAF) bereitgestellten satellitenbasierten Datensätzen zu Niederschlag, Schnee und Bodenfeuchte.

Auch hydrologische Datengrundlagen wurden und werden weiterentwickelt. Dies bezieht sich zum einen auf den Bereich der Wasserhaushaltssimulationen. Im Berichtszeitraum wurde u. a. die Erhebung von Daten zu Talsperren, Wasserüberleitungen etc. und Überführung in vom Wasserhaushaltsmodell LARSIM lesbare Formate fortgeführt. Ferner wurden bundesweite Wasserhaushaltssimulationen durchgeführt und die Ergebnisse bzw. Auswertungen bereitgestellt. Zielstellungen waren dabei die BfG-Berichterstattungen zu Extremereignissen und für BfG-eigene Forschungsvorhaben sowie Fragestellungen verschiedener weiterer Bundesbehörden und Forschungseinrichtungen. Beispielsweise wurde gemeinsam mit dem Umweltbundesamt (UBA) und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ein Modellverbund für das kombinierte Wasserhaushalts- und Nährstoffmonitoring aufgesetzt (LARSIM-MoRE, Abbildung 29). Zum anderen wurden Entwicklungen in Bezug auf die Informationserweiterung der „Vergangenheit“ weitergetrieben. In einem Kooperationsvorhaben mit dem Geographischen Institut der Universität Bonn (GIUB) wurde die Arbeit an historischen Hoch- und Niedrigwassermarken und deren Interpretation fortgesetzt. Diese wissenschaftliche Zusammenarbeit läuft unter dem Titel „HistG-Historisches Gedächtnis des Rheins“ und vereint Forschungsaspekte der historischen Hydrologie mit konkreten Fragestellungen der Hochwasserrisikobewertung.

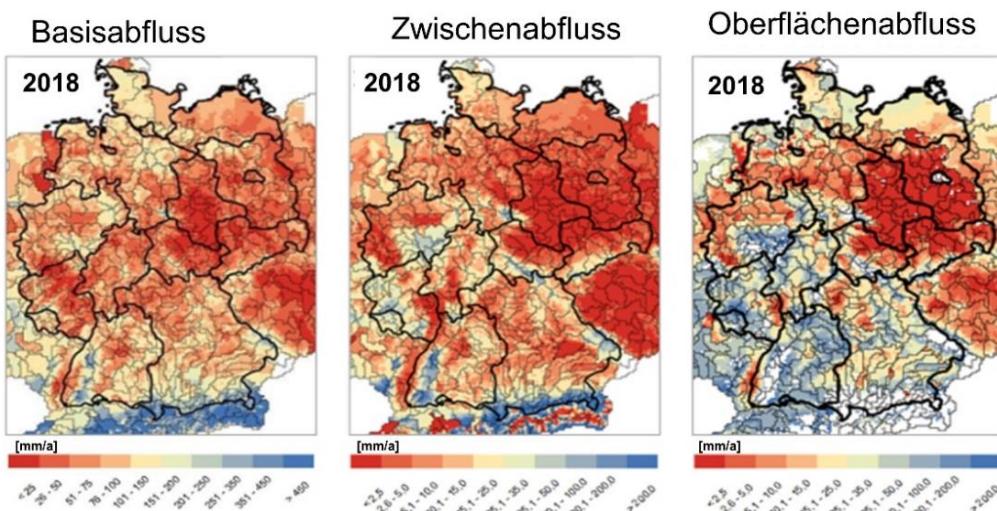


Abbildung 29: Mit dem großräumigen Wasserhaushaltsmodell LARSIM-ME berechnete Flächenmittel der Abflusskomponenten der Flussgebiete Mitteleuropas für das Trockenjahr 2018. Eingezeichnet sind die für die Stoffeintragsmodellierung (MoRE) verwendeten Einzugsgebiete sowie die Grenzen der Bundesländer (Quelle: BfG)

Neben den datentechnischen Arbeiten wurde auch fachlich-inhaltlich an den Grundlagen wasserwirtschaftlicher Planungen in Deutschland mitgearbeitet. Hierzu gehörten Visualisierungen und Analysen hydrometeorologischer Größen zur Unterstützung der Berichterstattung zu hydrologischen Extremereignissen, methodische Beiträge und die Beratung von Bund-Länder-Arbeitsgruppen hinsichtlich des Umgangs mit Klimaprojektionen und Pflege des Bestandes regionaler Klimaprojektionen, die Mitarbeit und Bereitstellung von Daten für die Monitoringberichte zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt und der Kleingruppe „Klimaindikatoren“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und die Mitarbeit an der Entwicklung eines Prototyps eines Hydrologischen Informationssystems der Internationalen Kommission für die Hydrologie des Rhein gebietes (KHR/CHR).

## Verwertung der Ergebnisse

Die technischen Grundlagenarbeiten und Ausarbeitungen der vorliegenden BMUv-Maßnahme 113 „Grundlagen wasserwirtschaftlicher Planungen“ kommen über die konzeptionelle, integrierende sowie Schnittstellen- und Gremienarbeit der BMUv-Maßnahme 114 „Allgemeiner Wasserhaushalt“ den Berichtspflichten Deutschlands sowie nationalen und internationalen Gremien zugute. Zu nennen sind hier die im Geschäftsbereich des BMUv koordinierten Berichte in Bezug auf die verfügbaren Wasserressourcen sowie u. a. das DAS-Behördennetzwerk, die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser und die internationalen Flussgebietskommissionen, insbesondere von Rhein und Elbe.

Neben Bundes- und Landesbehörden werden auch Universitäten ebenso wie die entsprechenden Institutionen des benachbarten Auslandes durch die Bereitstellung von Daten aus der Maßnahme 113 unterstützt. Somit wird zur Kohärenz von Datengrundlagen und Transparenz von Methoden beigetragen, die für Fragen des Wasserhaushaltes, der hydrologischen Klimafolgenforschung sowie dem Hoch- und Niedrigwasserrisikomanagement eingesetzt werden.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Fortschreibung und Pflege der hydrometeorologischen Datensätze, insbesondere Konsolidierung der regionalen Klimaprojektionen inklusive Daten der Generation „6. IPCC Sachstand“
- Weiterführung der Akquisition und Aufbereitung hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Daten
- Aktualisierung der Abfluss- und Wasserbilanz für die neue Klimareferenznormalperiode 1991–2020
- Überführung der bei Forschungsvorhaben (KHR-ASG Projekt, WETRAX+ und BMBF KIMoDIs) gewonnenen Datensätze und Methoden in den BfG-Daten- und -Methodenbestand zum Gebietswasserhaushalt
- Begleitung des Kooperationsvorhabens mit dem GIUB zur wissenschaftlichen Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der historischen Hydrologie (HistG-Historisches Gedächtnis des Rheins)
- Unterstützung der Umsetzung der nationalen Strategien mit Wasserbezug, insbesondere der Aktionen der Nationalen Wasserstrategie

## Projektpartner

- EUMETSAT HSAT Projektkonsortium
- Umweltbundesamt (UBA)
- Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (CHR/KHR)
- Geographisches Institut der Universität Bonn (GIUB)

## Weitere Informationen

- <https://hsaf.meteoam.it/>
- <https://bmbf-lurch.de/Verbundprojekte/Verbundprojekte/KIMoDIs.html>
- <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/zusammenfuehrung-der-bundesweiten-modellierung-von>

Ansprechperson der BfG

Dr. Enno Nilson

Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

Tel.: +49 (0)261 1306 5325

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

## 114 Allgemeiner Wasserhaushalt

**Das Monitoring sowie Projektionen der Wasservorräte Deutschlands auf Basis von Beobachtungsdaten und Simulationsmodellen sind essenziell für wasserwirtschaftliches Handeln. Die BMUV-Maßnahme „Allgemeiner Wasserhaushalt“ liefert zentrale Informationen zu den verfügbaren Wasserressourcen Deutschlands sowohl in der Vergangenheit als auch unter Szenarien mit veränderten Rahmenbedingungen. Sie ist damit ein zentraler Baustein für die strategische Steuerung wasserbezogener Entwicklungen auf Bundesebene und schließt entsprechende Vernetzungsaktivitäten ein.**

Die Bestandsaufnahme (Monitoring) der Wasservorräte Deutschlands dient der Erfüllung vielfältiger nationaler und internationaler Berichtspflichten. Sie liefert entscheidende Grundlagen für die Umsetzung nationaler wasserbezogener Strategien wie der Nationalen Wasserstrategie (NWS, seit 2023) und der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS, seit 2008, erweitert 2024). Die Quantifizierung der Auswirkungen anthropogener Maßnahmen und des globalen Klimawandels auf den Wasserhaushalt und insbesondere das Abflussregime in Vergangenheit und Zukunft verlangen die Entwicklung und den Einsatz mathematischer Simulationsmodelle und Verfahren.



Abbildung 30: Rhein bei Basel mit der historischen „Mittleren Rheinbrücke“ (Quelle: Enno Nilson, BfG)

### Veranlassung

Für die vielfältigen wasserwirtschaftlichen Belange bei der Umweltplanung, insbesondere für Fragen des Hochwasser-, Niedrigwasser- und Dürremanagements, ist die Kenntnis über das heutige und zukünftige raum-zeitliche Schwankungsverhalten der Wasserhaushaltsskomponenten unabdingbar. Auf dieser Grundlage lassen sich abgelaufene Extremereignisse hinsichtlich der Ursache-Wirkungsbeziehungen einordnen. Weiterhin können anhand von Prognosen und Szenarienrechnungen zukünftige Zustände evaluiert und die Wirkung potenzieller Maßnahmen abgeschätzt sowie darauf basierend möglichen Fehlentwicklungen rechtzeitig entgegengewirkt werden. Diese Aufgaben stehen in direktem Zusammenhang mit Herausforderungen, die der Bund ressortübergreifend u. a. in der Nationalen Wasserstrategie (NWS) oder auch der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) adressiert. Die BMUV-Maßnahme 114 kann unmittelbar zur ersten (und grundlegenden) Aktion der NWS „Prognosefähigkeit der Wasserhaushaltssanalysen verbessern“ beitragen.

So werden im Rahmen der BMUV-Maßnahme 114 „Allgemeiner Wasserhaushalt“ kontinuierlich notwendige Monitoringverfahren und Simulationsumgebungen für Wasserhaushaltssanalysen betrieben und hinsichtlich neuer Informationsbedarfe weiterentwickelt. Die zunehmende Dynamik der Entwicklungen des Wasserhaushalts infolge des globalen Wandels, insbesondere des Klimas und der Nutzungen sowie das gehäufte Auftreten wasserwirtschaftlicher Extremsituationen erfordern neben Kontinuität und einem intensiven Dialog in den relevanten Gremien eine hohe Aktualität und intensive Pflege von Daten und Methoden. Die BMUV-Maßnahme „Allgemeiner Wasserhaushalt“ wird daher durch eine zweite Maßnahme, 113 „Grundlagen wasserwirtschaftlicher Planungen“, unterstützt.

## Ziele

- Entwicklung und Pflege mathematischer Wasserhaushalts- und Flussgebietsmodelle nach dem Stand des Wissens und unter Einbeziehung von Satellitendaten
- Quantifizierung der Auswirkungen anthropogener Maßnahmen auf den Wasserhaushalt von Flussgebieten, insbesondere der Quantifizierung und Attributierung möglicher Klimaänderungen
- Pflege, Entwicklung und Verbesserung von Methoden zur Wasserstands- und Abflussvorhersage und -projektion
- Erstellung flussgebiets- und bundesweiter Abfluss- und Wasserbilanzen und spezieller Monitoring-Produkte, z. B. in Form eines Indikatorsystems für die DAS
- Abstimmung der Analysen und Erörterung der Ergebnisse in nationalen und internationalen Gremien

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Maßnahme 114 „Allgemeiner Wasserhaushalt“ liegen in Form von Analysen und Produkten, Modellentwicklungen und Forschungsarbeiten vor. Die Verwertung erfolgt in Berichten, Gremien und Internetdiensten und ist im folgenden Abschnitt dargestellt.

Zu den wichtigsten **Analysen und Produkten** gehören die Fortschreibung der bundesweiten Abfluss- und Wasserbilanzen inklusive dem Jahr 2023 und Simulationsrechnungen u. a. zur Erstellung von Klimawandel-bedingten Abflussprojektionen. Auf dieser Basis erfolgt die Beratung im Rahmen des Wasserhaushaltsmonitorings und der hydrologischen Klimafolgenanalyse im Kontext der DAS und NWS. Auch Situations- und Ursachenanalyse in Bezug auf bundesweit relevante hydrologische Extremereignisse werden durchgeführt; z. B. zu den Hochwasserereignissen 2023 und 2024 (in Vorbereitung).

In Bezug auf die **Modellentwicklung** ist die vertiefte Validierung und prozessorientierte Weiterentwicklung des bestehenden Wasserhaushaltsmodells LARSIM ME zu erwähnen, das neben dem Bundesgebiet auch die hydrologisch relevanten internationalen Einzugsgebiete abdeckt. Im Berichtszeitraum erfolgten Entwicklungen insbesondere im Hinblick auf die Anforderungen seitens des UBA-KIT-Verfahrens MoRe zum bundesweiten Stoffeintragsmonitoring sowie zur Simulation in Tieflandgebieten am Beispiel des Eidergebietes. Des Weiteren wurde bereits an der nächsten Generation eines Wasserhaushaltsmodells gearbeitet. Das neuartige Modellframework HydPy erlaubt es, die jeweils in einem Einzugsgebiet relevanten spezifischen hydrologischen Prozesse gezielt zu implementieren. Auch hier wurden Module für Fragestellungen der Tieflandhydrologie getestet und weiterentwickelt (am Beispiel des Eider- und Treenegebietes). Im Umfeld der Simulationswerkzeuge wurde ferner intensiv an der Optimierung und Automatisierung der umfangreichen Arbeitsabläufe für das Pre- und Postprocessing der hydrologischen Klimafolgenuntersuchungen gearbeitet. Diese Arbeiten wurden im Rahmen des DAS-Basisdienstes durchgeführt.

Darüber hinaus wurden verschiedene **Forschungsthemen** weitergetrieben. Hierzu gehört die Weiterführung des BMBF-Forschungsprojektes „KI-basiertes Monitoring-, Datenmanagement- und Informationssystem zur gekoppelten Vorhersage und Frühwarnung vor Grundwasserniedrigständen und -versalzung“ (KI-MoDI) und die Unterstützung der KHR/CHR bei der Ableitung „Sozio-ökonomischer Szenarien für das Rheingebiet“ (wissenschaftliche Beratung) sowie bei der Erstellung aktualisierter Abflussprojektionen (FF Konzipierung und Mitarbeit Projekt „RheinBlick 2027“).

## Modellentwicklung

- Vertiefte Validierung und prozessorientierte Weiterentwicklung des Wasserhaushaltsmodells LARSIM ME insbesondere auch in Hinblick auf die Anforderungen seitens des UBA-KIT-Verfahrens MoRe zum bundesweiten Stoffeintragsmonitoring sowie zur Simulation in Tieflandgebieten am Beispiel des Eidergebietes
- Weiterentwicklung und Pflege eines neuartigen Modellierungsrahmens für Wasserhaushaltsmodelle (Modellframework HydPy) im Hinblick auf Fragestellungen der Tieflandhydrologie (derzeit in Testung am Beispiel des Eider- und Treenegebietes)
- Optimierung der umfangreichen Arbeitsabläufe für das Pre- und Postprocessing der hydrologischen Klimafolgenuntersuchungen im Rahmen des DAS-Basisdienstes

## Forschung

- Weiterführung der Bearbeitung des BMBF-Forschungsprojektes „KI-basiertes Monitoring-, Datenmanagement- und Informationssystem zur gekoppelten Vorhersage und Frühwarnung vor Grundwasser-niedrigständen und -versalzung“ (KIMoDIs)
- Unterstützung der KHR/CHR bei der Ableitung „Sozio-ökonomischer Szenarien für das Rheingebiet“ (wissenschaftliche Beratung), dem Aufbau eines hydrologischen Informationssystems für das internationale Rheineinzugsgebiet (technische Beratung) sowie bei der Erstellung aktualisierter Abflussprojektionen (FF Konzipierung Projekt „RheinBlick 2027“)

## Verwertung der Ergebnisse

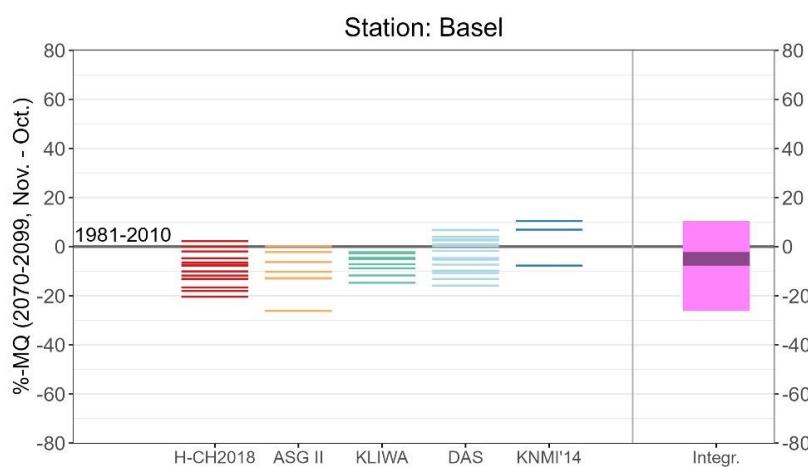
Die BfG-generierten **Analysen und Produkte** zum Wasserhaushaltsmonitoring werden für die routine-mäßige wasserressourcenbezogene Berichterstattung durch das Umweltbundesamt (UBA), die Europäische Umweltagentur (EEA), das Statistische Bundesamt (Destatis), das Statistische Amt der Europäischen Union (Eurostat) und die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) genutzt. Auch Basisinformationen der Nationalen Wasserstrategie, wie die Angaben zu den erneuerbaren Wasserressourcen, fußen auf den Analysen der BfG.

**Analysen und Produkte** auf Basis der wasserhaushaltsbezogenen Klimawandelprojektionen der BfG sowie die gewonnen Ergebnisse in der **Modellentwicklung** und **Forschung** sind Grundlage für die Diskussion wasserwirtschaftlicher Aspekte in nationalen und internationalen Gremien (z. B. FGG Elbe, FGG Rhein, IKSR, IKSE), im DAS-Behördennetzwerk, in der LAWA und auf Ebene einzelner oder Gruppen von Bundesländer(n) (z. B. KLIWA).

Nachfolgend sind konkrete aktuelle Verwertungsaktivitäten der Zusammenarbeit zusammengestellt:

- Nationale Wasserstrategie, Ziel II.1 „Den naturnahen Wasserhaushalt schützen, wiederherstellen und dauerhaft sichern – Wasserknappheit und Zielkonflikten vorbeugen“: Angaben zu den erneuerbaren Wasserressourcen Deutschlands für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2020 sowie die Einzeljahre 2018 und 2020 (Hinweis: In der NWS ist die Sekundärquelle der Daten, das Umweltbundesamt, angegeben; die BfG ist die Primärquelle)
- LAWA, Ständiger Ausschuss Klimawandel (LAWA-AK): Obmannschaft der Ad-hoc-Kleingruppe „Berichtszyklen“ (2023); Überlegungen mit dem Umgang der (teilweise ungünstigen) Überlagerung von Datenbereitstellungs- und Berichtszyklen nach IPCC, DAS, EG-HWRM-RL und EG-WRRL; Ergebnis: Bericht und LAWA-Positionspapier
- LAWA, Ständiger Ausschuss Klimawandel (LAWA-AK): Obmannschaft der Kleingruppe „Klimawandelbericht“ (2024-2026); Aktualisierung des LAWA-Klimawandelberichts und der Mustertexte für EG-HWRM-RL und EG-WRRL

- KLIWA, Arbeitsgruppe Hoch- und Niedrigwasser: Abstimmung von Ansätzen zur extremwertstatistischen Bewertung projizierter Klimafolgen
- Aktive Mitarbeit im DAS-Behördennetzwerk: Begleitung/Beratung zur Entwicklung der „Vorsorgenden Anpassungsstrategie“ (u. a. Cluster Wasser)
- Aktive Unterstützung und Beratung der FGG Elbe und der IKSE bei der Abstimmung der Einschätzung des Einflusses von Klimaänderungen auf den Hochwasserabfluss im Elbe-Einzugsgebiet und der Berücksichtigung des Klimawandels im Rahmen der EU-HWRRL; Organisation, Moderation, Fachbeiträge zu Workshops in Prag (IKSE) und Torgau (FGG Elbe)
- Mitarbeit in der IKSR im Rahmen der Klima-Expertengruppe (EG HCLIM) zur Aktualisierung der Abflussszenarien im Rheineinzugsgebiet (Abbildung 31) auf der Grundlage neuester Erkenntnisse über den Klimawandel; Hauptautorenschaft des Berichts und zentrale Datenauswertung.



*Abbildung 31: Projizierte relative Änderungen der mittleren jährlichen Abflüsse der Klimanormalperioden 2070 bis 2099 gegenüber der Zeitreihe 1981 bis 2010 für den Rheinpegel Basel. Vergleichend dargestellt sind die Ergebnisse von Ensembles hydrologischer Abflussprojektionen (Emissionszenario RCP 8.5) von fünf verschiedenen aktuellen Projekten im Rheineinzugsgebiet sowie einer Zusammenführung der Ergebnisse in Form einer Bandbreitendarstellung. Der helle Bereich spiegelt die gesamte Bandbreite wider, während der engere dunkle Bereich die Schnittmenge der Projektionen aller Gruppen abgrenzt*

- Organisation eines BfG-Kolloquiums zur Unterstützung der Nationalen Wasserstrategie am 11. und 12. September 2024 in Koblenz; Titel „Wasserressourcen Deutschlands im Wandel – Herausforderungen und Anpassungsmöglichkeiten“. Akteure aus verschiedenen Bundesressorts, Bundesländern, Wirtschaft und Verbänden

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Mitarbeit an Aktion 1 („Prognosefähigkeit der Wasserhaushaltanalysen verbessern“) des Aktionsprogramms zur Operationalisierung der Nationalen Wasserstrategie (NWS ab S. 83). Diese grundlegende Aktion soll kurzfristig eingeleitet werden. Sie liefert zentrale Grundlagen für die Zielstellung 1: „Den naturnahen Wasserhaushalt schützen, wiederherstellen und dauerhaft sichern – Wasserknappheit und Zielkonflikten vorbeugen“
- Erarbeitung eines Konzeptes zur Überarbeitung der bestehenden Arbeitsabläufe, Datengrundlagen und Berechnungsverfahren zur Erfüllung von neuen Anforderungen in Zusammenhang mit der Nationalen Wasserstrategie; insbesondere in Bezug auf die Zielstellung (NWS, S. 22), die Arbeiten und Erfahrungen der zuständigen Oberbehörden des Bundes zu bündeln und in Zusammenarbeit mit den zuständigen Landesbehörden zu nutzen

- Fortsetzung der regelmäßigen Erstellung von flussgebiets- und bundesweiten Abfluss- und Wasserbilanzen und speziellen Monitoringprodukten
- Fortführung der methodischen Entwicklungs- und Validierungsarbeiten der mitteleuropaweiten Wasserhaushaltsmodellierung mit dem Ziel, die Prognosefähigkeit der mitteleuropaweiten Wasserhaushaltsmodelle und die raum-zeitliche Differenzierung von Abfluss- und Wasserbilanzen zu erhöhen
- Berechnung und Konsolidierung von Abflussprojektionen auf der Grundlage verfügbarer neuer regionaler Klimaprojektionen (6. IPCC-Sachstandbericht) für die Stromgebiete Deutschlands im Rahmen des DAS Basisdienstes
- Bearbeitung des BMBF-Forschungsprojektes „KIMODIS“ und Überführung der Projektergebnisse zu deren Nutzung in der Wasserhaushaltsmodellierung und zum Monitoring
- Wissenschaftliche Begleitung des EU-HORIZON Projektes „STakeholders for Adaptive, Resilient and Sustainable Water Management and SES“ (STARS4Water) als assoziierter Partner
- Unterstützung der KHR/CHR bei der Ableitung „Sozioökonomischer Szenarien für das Rheingebiet“
- Mitarbeit im KHR-Projekt „RheinBlick 2027“, das abgestimmte hydrologische Methoden und Zukunfts-szenarien für das internationale Rheineinzugsgebiet erstellt
- Weiterführung der BfG-eigenen Arbeiten zur Verlängerung der Vorhersagehorizonte der Niedrig- und Mittlwasservorhersage und diesbezügliche Kooperation mit den Bundesländern (z. B. in der LAWA AH EG zum Länderhochwasseportal (LHP))

## Projektpartner

- Rijkswaterstaat, Niederlande
- Deltares, Niederlande
- Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (CHR/KHR)
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
- Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)

## Produkte

- <https://bmbf-lurch.de/NewsKIMoDIs.html>

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

# 201 Berichtsportal WasserBLick

**Das Berichtsportal WasserBLick dient der Unterstützung der elektronischen Berichterstattung zu den wasserbezogenen EU-Richtlinien an die Europäische Kommission.**

Die Zuständigkeit für die wasserwirtschaftlichen Aufgaben liegt vorrangig bei den Ländern. Die EU-Berichterstattung zu den wasserbezogenen Richtlinien obliegt dem BMUV. Somit lässt sich die Berichterstattung nur als gesamtstaatliche Aufgabe realisieren. Bund und Länder haben sich vor diesem Hintergrund auf den gemeinsamen Betrieb der Plattform WasserBLick verständigt. Das BMUV trägt das Berichtsportal WasserBLick, die Länder das Fachportal WasserBLick, die BfG realisiert den Gesamtbetrieb

The screenshot shows the WasserBLick portal interface. The top navigation bar includes links for Home, Terminkalender, Service, Navigator, Suchen, Was ist neu?, Erste Schritte, and Anmelden/Login. Below the navigation is a search bar labeled 'WasserBLICK'. The main content area is divided into two main sections:

- Fachportal:** This section contains a 'Top-Themen' sidebar with links to 'www.WASSER-DE.de' and 'Hochwasserrisikokarte der EU-Wasserhaushaltssichtlinie veröffentlicht'. The main area lists 'Termin'e with entries from September 2023 to November 2023, such as '2. LAWA WIKI Informationsveranstaltung' and '8. Sitzung KG NIWIS'.
- Berichtsportal:** This section has a 'Kartenprodukte' sidebar with links to 'Thematische Karten WRRL' and 'WRRL - Wasserblöckebriefe'. The main area displays 'Hochwasserkarten der HWRM-RL' with a map showing various risk zones across Germany.

At the bottom of the page, there is a footer with links for Top, Drucken, Impressum, Kontakt, Datenschutzerklärung, Über WasserBLick, Erklärung zur Barrierefreiheit, and Barriere melden.

Abbildung 32: Portal WasserBLick

## Veranlassung

Die Verpflichtung zur Berichterstattung der Mitgliedstaaten zu den wasserbezogenen EU-Richtlinien ist in diesen Richtlinien geregelt. Die Gültigkeit der Richtlinien ist i.d.R. zeitlich nicht befristet. Die Außenvertretung in wasserwirtschaftlichen Belangen und damit auch die Berichterstattung zu den wasserbezogenen EU-Richtlinien obliegt dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV). Eine nicht adäquate Umsetzung der Berichtspflichten zu den EU-Richtlinien kann Konsequenzen nach sich ziehen, bis hin zu einem Vertragsverletzungsverfahren der EU-Kommission gegen die Bundesrepublik Deutschland.

## Ziele

Das Berichtswesen zu den wasserbezogenen EU-Richtlinien ist zwischenzeitig auf ein rein elektronisches Berichtsverfahren umgestellt worden. Die Wasserwirtschaftsverwaltungen in Deutschland haben zeitgleich mit dem Berichtsportal WasserBLick eine gemeinsame IT-Infrastruktur geschaffen, um das elektronische Berichtswesen unter den föderalen Strukturen zu ermöglichen. Das übergeordnete Ziel der Maßnahme ist die für alle Verwaltungsebenen effiziente und termingerechte nationale Berichterstattung an die EU-Kommission.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Maßnahme lassen sich vorzugsweise online im Web-Portal WasserBLICK (<https://www.wasserblick.net/>) einsehen. Das Web-Portal vereint zwei organisatorische Aspekte. Das Fachportal WasserBLICK wird als Intranet zum Austausch von Informationen der Wasserwirtschaftsverwaltungen genutzt. Das Berichtsportal WasserBLICK stellt eine bundesweit operative Geodateninfrastruktur (GDI-Wasser) zur Verfügung. Ein besonderes Interesse im Berichtsportal WasserBLICK richtet sich auf den Zugang der von den Ländern freigegebenen Daten zu den Berichtszeitpunkten der elektronischen Berichterstattung (Meilensteindatenbestände). Der Download der Daten setzt einen WasserBLICK-Account voraus, dieser wird jedem Interessenten zur Verfügung gestellt. Im Jahr 2019 wurde ein weiteres Kooperationsprodukt der staatlichen Institutionen der deutschen Wasserwirtschaft veröffentlicht. Mit Wasser-DE (<https://www.wasser-de.de>) geht eine übersichtlich aufbereitete Web-Präsentation online, die insbesondere die Informationen und Produkte (Wasser-Maps, -Apps und -Daten) der verschiedenen Verwaltungsebenen im Umfeld der Umsetzung der wasserbezogenen EU-Richtlinien für die Öffentlichkeit anbietet. Ein im Zusammenspiel der Plattform WasserBLICK und Wasser-DE in 2023 fertiggestelltes Feature unterstützt die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) bei der Veröffentlichung ihrer Publikationen und macht diese erstmals zeitgleich online im Volltext recherchierbar.

The screenshot shows the Wasser-DE website interface. At the top, there's a blue header bar with the logo 'Wasser-DE' and the text 'Zentraler Informationsknoten Wasserwirtschaft Deutschland'. Below the header, there are search fields and navigation links for 'Startseite' and 'Recherche'. On the left, a sidebar menu includes 'Räumliche Suche', 'Timeline', 'Filter' (selected 'Richtlinie'), 'Produkte', 'Zuständigkeit' (selected 'Wasser (LAWA)'), and other categories like 'EU', 'Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaften', and 'Fluss- und Meeresgebiete'. The main content area displays a list of documents under 'Liste der Dokumente (215)'. The first item is 'Umsetzungsstand der Maßnahmen nach Wasserrahmenrichtlinie', followed by 'LAWA-Bericht zu Mikroplastik-Partikeln in Gewässern', 'Aktualisierung und Anpassung der LAWA-Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie, Kapitel Grundwasser', 'Handlungsanleitung für ein harmonisiertes Vorgehen bei der Einstufung des chemischen Zustands der Oberflächenwasserkörper', 'Rahmenkonzeption Monitoring - Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen', and 'Integriertes Sedimentmanagement in Flusseinzugsgebieten - Teil A Positionspapier'. To the right of the document list, there is a vertical column of five small images related to water management and environmental issues.

Abbildung 33: Auszug aus der Publikationsliste der LAWA in Wasser-DE

Seit 2024 können über eine Programmierschnittstelle (API) Inhalte von Wasser-DE wie die Bewirtschaftungspläne nach der WRRL einfach und standardisiert abgerufen werden. So können nachnutzende Systeme schnell und zuverlässig auf kuratierte Inhalte zugreifen und neue Produkte kreieren.

## Verwertung der Ergebnisse

Mit Unterstützung des Berichtsportals WasserBLICK kommt der Bund seiner gesetzlichen Verpflichtung der Berichterstattung zu den wasserbezogenen EU-Richtlinien nach. Das Umweltbundesamt (UBA) als nachgeordnete Behörde im Geschäftsbereich des BMUV nutzt u. a. die Daten aus dem WasserBLICK bei der Erstellung seiner wasserbezogenen Produkte für die Öffentlichkeitsarbeit.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Entwicklung weiterer nationaler Produkte zur Präsentation und Nutzung der (Berichts-)Daten der Wasserwirtschaftsverwaltungen in Deutschland
- Umsetzung der elektronischen Berichterstattung zur Wasserrahmenrichtlinie, Hochwasserrisiko-managementrichtlinie, Meeressstrategie-Rahmenrichtlinie, Badegewässerrichtlinie und Trinkwasserrichtlinie gemäß richtlinienspezifischem Berichtsturnus
- Die Zielerreichung der Nationalen Wasserstrategie (NWS) wird insbesondere in der Aktion 61 unterstützt, indem der Zentrale Informationsknoten Wasserwirtschaft Deutschland (Wasser-DE) kontinuierlich für einen einfachen Zugang zu gewässerrelevanten Daten ausgebaut wird. Die vorhandene Dateninfrastruktur des Berichtsportals WasserBLICK wird mit neuen Daten-APIs erweitert und so für den Datenaustausch von Maschine zu Maschine noch einfacher nutzbar.

## Weitere Informationen

- <https://www.wasserblick.net>
- <https://www.wasser-de.de>

Ansprechperson der BfG  
Stephan Hofmann  
Referat M4 Geodatenzentrum, WasserBLICK, GRDC  
Tel.: +49 (0)261 1306 5243  
E-Mail: [hofmann@bafg.de](mailto:hofmann@bafg.de)

# 301 Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel (ICWRGC) – UNESCO-Kategorie-2-Zentrum und nationales Sekretariat des IHP (UNESCO) und HWRP (WMO)

50 Jahre internationales Engagement an der BfG. Vor 50 Jahren wurde das nationale Sekretariat für die Wasserprogramme der UNESCO und der WMO an der BfG angesiedelt. Im Jahr 2014 erhielt das nationale Sekretariat die Anerkennung als UNESCO-Kategorie-2-Zentrum und die neue Bezeichnung ICWRGC. Im gleichen Jahr wurde das GEMS/Water Datenzentrum in Betrieb genommen. Gemeinsam mit der BfG stellt das ICWRGC mit seinen globalen Wasserdatenzentren sowie seiner Forschungs- und Ausbildungskompetenz die Grundlage für angewandte Forschung, die der Politikberatung und der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an den globalen Wandel dient.



Abbildung 34: Gruppenbild der Mitarbeiter des ICWRGC bei der BfG-Veranstaltung zum 50. Jubiläum des Deutschen IHP/HWRP Sekretariats. (Quelle: Dominik Rösch, BfG)

Das ICWRGC agiert als Scharnier in einem Dreieck zwischen den drei Bereichen Wissenschaft und Bildung, Datenbetrieb und Dienstleistungen sowie Empfehlungen an und von Politikern und Entscheidungsträgern.

Alle unsere Aktivitäten gehören zu diesen drei Bereichen und verbinden sie, z. B. wenn wissenschaftliche Aktivitäten (Forschungsprojekte) operationelle Werkzeuge hervorbringen, die in einen permanenten operationellen Dienst überführt werden sollen. Umgekehrt werden Daten aus globalen Wasserdatenzentren für Forschungsaktivitäten zur Verfügung gestellt. In jedem Fall sollten die Produkte aus der Wissenschaft oder den operationellen Diensten die Entscheidungsfindung unterstützen, wo immer sie benötigt werden.

## Veranlassung

Das Zentrum ist beim Sekretariat des deutschen Nationalkomitees (NK) für die Wasserprogramme von UNESCO-IHP und der WMO angesiedelt, welches die Arbeit des Zentrums entsprechend den von der Regierung und Förderorganisationen bereitgestellten Ressourcen unterstützt. Durch die Erweiterung des Mandates integriert das ICWRGC das geschäftsführende Sekretariat des NK mit Inhalten aus Forschung und Bildung zum Thema Hydrologie und globaler Wandel sowie aus der engen Zusammenarbeit mit den globalen Datenzentren. Der Verwaltungsrat des Zentrums übt dabei die fachliche, programmatische und wissenschaftliche Aufsicht aus.

Mit diesen Kompetenzen und als nationales Sekretariat für die internationalen Wasserprogramme sind wir in den internationalen und zwischenstaatlichen Wassersektor mit Mandaten von UNESCO, WMO und UNEP ausgestattet, pflegen die Zusammenarbeit mit weiteren UN-Einrichtungen und unterstützen fachlich die Ziele des organisationsübergreifenden Mechanismus der Vereinten Nationen „UN-Water“. Das ICWRGC hat mit seiner Rolle im UN-Wassersystem, seinen fachlichen Fähigkeiten und seiner internationalen Anerkennung in der UN-Wasserfamilie ein Alleinstellungsmerkmal. Dafür werden wir von sechs Bundesministerien, die uns als Nationalkomitee unter der Führung des Auswärtigen Amtes mit einem wissenschaftlichen Beirat fachaufsichtlich leiten, grund- und projektfinanziert.

Zur Dokumentation und Beschreibung des globalen Wasserkreislaufs arbeiten wir im operativen Datensektor eng mit dem globalen Abflussdatenzentrum (GRDC) der BfG und dem Weltniederschlagszentrum (GPCC) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zusammen. Seit 2017 sind wir von der WMO beauftragt, das globale terrestrische Netzwerk für Hydrologie (GTN-H) zu koordinieren, um alle 12 globalen Wasserdatenzentren zusammenzubringen, die maßgeblich zum Umsetzungsplan des globalen Klimabebachtungssystems (GCOS) beitragen. Durch die Umsetzung des hydrologischen Beobachtungssystems der WMO stützen die Wasserdatenzentren somit auch die Wasserprogramme der Vereinten Nationen.

Vor diesem Hintergrund wurden im Jahr 2022 die Kompetenzen am ICWRGC ausgeweitet, indem das mit Forschungsmitteln der ESA an der TU Wien neu entwickelte Internationale Bodenfeuchtenetzwerk (ISMN) mit der BfG für den dauerhaften Betrieb unter der Schirmherrschaft von WMO und FAO übernommen wurde.

Im Bereich der angewandten Forschung und Bildung leisten wir einen aktiven Beitrag zur Umsetzung des Wasserprogramms der UNESCO (IHP, Phase IX 2022–2029) und seiner Kerninitiativen mit Führungsfunktion (IHP-IX-Output 3.3 oder IHP Flaggschiff-Initiativen FRIEND-Water). Dazu entwickeln wir unsere Kompetenzen in der internationalen Zusammenarbeit und Kapazitätsentwicklung mit Forschungsprojekten in unseren Schwerpunktregionen in Zentralasien und Afrika, z. B. mit den BMBF geförderten Klimakompetenzzentren SASSCAL und WASCAL.

Auf regionaler Ebene beteiligen wir uns ferner aktiv an den seit Jahrzehnten bestehenden internationalen Kommissionen für die Hydrologie des Rheingebietes (KHR) und an der Donau (IHP Danube), die international als fortschrittliche Fallbeispiele dienen.

## Ziele

- Beitrag zu süßwasserbezogenen FuE-Programmen der VN (insbesondere zu UNESCO, WMO und UNEP) durch die Einschätzung der Folgen des globalen Wandels und Entwicklung von Anpassungsstrategien im Hinblick auf Wasserressourcen, Wasserqualität und vorbeugende Maßnahmen zum Katastrophenschutz und die Daseinsfürsorge weltweit
- Beiträge zur Umsetzung der wasserbezogenen UN-Nachhaltigkeitsziele und der 2024 verabschiedeten Systemweiten Strategie der Vereinten Nationen für Wasser und Sanitärversorgung, vor allem hinsichtlich einer Defragmentierung der komplexen UN-weiten Wasserdatenarchitektur zu einer höheren Wirksamkeit
- Unterstützung der Nationalen Wasserstrategie, insbesondere des 10. Schwerpunktes „Gemeinsam die globalen Wasserressourcen nachhaltig schützen“
- Koordination und Betrieb des Internationalen Bodenfeuchtezentrums und Etablierung der Schirmherrschaft durch WMO und FAO
- Bereitstellung eines globalen hydrologischen Dateninformationssystems, im Wesentlichen durch die Koordinierung und Weiterentwicklung des globalen terrestrischen Netzwerks für Hydrologie (GTN-H) unter Schirmherrschaft der WMO und des globalen Klimabeobachtungssystems (GCOS)
- Unterstützung der 9. Phase des Zwischenstaatlichen Hydrologischen Programms der UNESCO (2022–2029), insbesondere im Schwerpunkt „Bridging Data Knowledge Gaps in Hydrology“ durch die Federführung eines Outputs (3.3 der IHP-IX-Strategie), die Interoperabilität zwischen behördlichen Beobachtungsdaten und Daten aus wissenschaftlichen Projekten durch Standardisierung zu verbessern. In diesem Rahmen werden auch die langjährigen wissenschaftliche IHP-Initiativen wie FRIEND-Water weiter unterstützt
- Förderung der internationalen Zusammenarbeit, auch durch eine bessere Vernetzung und Sichtbarkeit deutscher Wasserforscher und deren Expertise in den Wasserprogrammen der Vereinten Nationen
- Unterstützung der Überführung von operationellen Forschungsergebnissen in den dauerhaften Betrieb (z. B. ISMN, CO-MICC, OUTLAST)
- Aus- und Fortbildung von Wasserexperten/-innen weltweit aber auch von Studierenden in Deutschland
- Koordinierung internationaler Doktoranden- und Masterprogramme im Bereich Wasser
- Ausbau der Kompetenz von KI-Methoden, insbesondere für die Qualitätssicherung von Beobachtungsdaten von Wasserressourcen (Auftakt am ISMN, dann Skalierung auf die anderen Datenzentren)
- Veröffentlichung der in Jahren 2022-2024 erarbeiteten ICWRGC-Strategie 2030 für ein besser verständliches Bild über die Rolle, Aufgaben und Ziele des ICWRGC

## Ergebnisse

### Forschung zur Beratung von Politik und operativen Diensten

Das ICWRGC ist an folgenden Forschungs- und Entwicklungsprojekten beteiligt und wirkt hier oft als Wissenschaft-Stakeholder-Schnittstelle:

- Klimawandel und Adaption (Beitrag zu SDGs): Unter Nutzung der globalen Beobachtungsdaten werden großräumige hydrologische Schwankungen, Zustand und Trends des Wasserkreislaufs auf verschiedenen Skalen untersucht. Dies geschieht insbesondere durch die Beiträge und Koordination des europäischen Regionalprogramms EUROFRIEND des UNESCO-IHP Schwerpunktprogramms „Flow Regimes from International Experimental and Network Data“ (FRIEND-Water)
- Saisonale Vorhersage von Dürrerisiken für verschiedene Sektoren werden aktuell durch die Mitarbeit am BMBF/GROW-Projekt OUTLAST „Entwicklung eines operationellen, multisektoralen, globalen Vorhersagesystems für Dürregefahren“ auf globaler Ebene und mit Fokus auf Lake Victoria und Zentralasien erarbeitet
- Analyse des Status der globalen Wasserressourcen durch die Mitarbeit am WMO-Bericht „State of the Global Water Resources 2023“
- Erforschung der Repräsentativität von In-situ-Bodenfeuchtedaten auf verschiedenen Skalen und Identifikation von Stationen, die sich besonders gut für die Validierung von Satelliten- und Modelldaten eignen
- Förderung und Beitrag zum Management von Wasserressourcen und Klimawandel durch die Koordination und Organisation des SASSCAL-Mobilitätsprogramms für Promovierende und Masterstudenten im Bereich Wasser durch qualitätsorientierten Wissensaustausch, Ausbildungsmöglichkeiten, Lehrplanentwicklung sowie die Vernetzung mit wissenschaftlichen Einrichtungen und der operationellen Wasserwirtschaft in Deutschland
- Das BMBF-geförderte Projekt Co-HYDIM-SA der Fördermaßnahme „Wassersicherheit im südlichen Afrika“ (WASA) startete in 2024. Co-HYDIM-SA reagiert auf den ausdrücklichen Bedarf an hydrometeorologischen Frühwarn- und Informationssystemen (EWIS), um die Bewirtschaftung der Wasserressourcen zu optimieren und dadurch die Wassersicherheit im südlichen Afrika zu erhöhen

### Daten und integrierte Datenprodukte

Ziel des ICWRGC ist die verbesserte Verknüpfung globaler hydrologischer Informationen zur Unterstützung wissenschaftlicher Fortschritte und operationeller Anwendungen. Es engagiert sich hier stark in der Koordination sowie der Unterstützung der Weltwasserdatenzentren. Durch die enge Verbindung der Weltwasserdatenzentren wird eine einzigartige Position im Bereich Daten und Information zu globalen Wasserressourcen gegeben. Diese wird zusätzlich durch die Koordination des Globalen Terrestrischen Netzwerks für Hydrologie (GTN-H) gestärkt.

- Die Jubiläen im Jahr 2024 wurden verstärkt mit dem DWD gewürdigt. Dies geschah zusammen mit dem DWD, da dort seit 35 Jahren das Weltzentrum für Niederschlagsklimatologie und seit 25 Jahren das Klimamonitoringprogramm CM-SAF des SAF-Netzwerks von EUMETSAT bestehen. Zusammen werden einige zentrale Konferenz veranstaltet oder besucht, um dies zu würdigen und die Arbeit der Datenzentren einer breiteren Öffentlichkeit vorzustellen
- Zusammen mit Partnern von UNESCO, WMO aber auch der Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) veranstaltet das ICWRGC Workshops, um den Austausch von Wasserdaten in den Schwerpunktregionen in Afrika und Zentralasien zu befördern

- Das ICWRGC berät in relevanten Arbeitsgruppen die UN-Organisationen WMO, UNESCO und UNEP sowie das globale Klimabeobachtungssystem (GCOS) im Bereich hydrologische Observatoren, Datenmanagement und der Schließung vorhandener Beobachtungslücken
- Das ICWRGC leitet seit 2023 einen Teil des Schwerpunkts „Bridging Data Knowledge Gaps in Hydrology“ der 9. Phase des Zwischenstaatlichen Hydrologischen Programms der UNESCO. Ziel ist es hier, operationelle Hydrologie und die akademische Forschung im Bereich Datenmanagement besser miteinander zu verbinden

#### Aus- und Fortbildung

Unser Aus- und Fortbildungsangebot beruht auf klassischen Unterrichtsmethoden und E-Learning. Für die Zukunft stellen hier die „Open Educational Resources“ (OER) einen Schwerpunkt dar.

- Im Rahmen des vom BMBF kofinanzierten Southern African Science Service Centre for Climate Change and Adaptive Land Management (SASSCAL) wurde 2021 gemeinsam ein Lehrplan für ein Graduiertenprogramm entwickelt und 2022 wurden die Promovierenden und ihre Betreuer dafür ausgewählt. Ziele sind maßgeschneiderte Schulungen zum integrativen Wasserressourcen-Management für Studierende bis hin zu politischen Entscheidungsträgern und die Weiterführung des Austauschprogramms
- Unterstützung der EURO-FRIEND Workshop-Serie „Großräumige Variationen der hydrologischen Merkmale“, veranstaltet durch Dr. Bastien Dippois (UK). Die einzelnen Vorlesungen sind über YouTube abrufbar und weiter nutzbar
- Mitgestaltung einer Ringvorlesung im Rahmen des internationalen Programms „Agricultural Sciences and Resource Management in the Tropics and Subtropics“ der Universität Bonn mit acht Vorlesungen
- In Kooperation mit Universitäten betreuen wir regelmäßig Praktikanten und studentische Abschlussarbeiten sowie zwei Promovierende des Zentrums für Entwicklungsforschung der Universität Bonn. Weiterhin wird der 2023 eingerichtete neue Studiengang „Gewässerkunde und Wasserwirtschaft“ der Universität und der Hochschule Koblenz durch Lehrangebote des ICWRGC unterstützt
- Unterstützung der Diplomatenschulung des Auswärtigen Amtes (AA) im Bereich Klima- und Wasserdiplomatie

## Verwertung der Ergebnisse

Die Ergebnisse dienen der wissenschaftlich fundierten Bewirtschaftung der Wasservorkommen sowohl auf globaler wie auf regionaler Ebene. Das ICWRGC ist eng mit der BfG und Partnern aus Wissenschaft, operationellen hydrologischen Diensten, Datenzentren und wasserrelevanten VN-Organisationen vernetzt. Für diese Partner erstellt es im Wasserbereich maßgeschneiderte Produkte zur Information als Grundlage für Wissenschaft, zur Verbesserung operationeller Fähigkeiten, Politikberatung und Kompetenzförderung, ganz im Sinne des 10. Schwerpunktes der Nationalen Wasserstrategie „Gemeinsam die globalen Wasserressourcen nachhaltig schützen“:

- Verwertung durch das deutsche Nationalkomitee (NK), inklusive Begleitung durch den wissenschaftlichen Beirat des NK sowie Berichtserstattung an und Beratung des Verwaltungsrats des NK und den Ressortkreis Wasseraußenpolitik

- Verwertung durch VN-Organisationen: Die erarbeiteten Ergebnisse werden vor allem in Gremienarbeit und im Berichtswesen in den jeweiligen Organisationen, aber auch durch Teilnahme in den Steuerungsorganen der Organisationen genutzt. Zu letztem zählen 2024 insbesondere
  - UNESCO IHP Intergovernmental Council 2024
  - 3. Sitzung der WMO Infrastrukturkommission (INCOM-3)
  - 78. Sitzung des WMO Executive Council (EC-78)
- Bei allen diesen Tätigkeiten wurde die Umsetzung der Systemweiten Strategie der Vereinten Nationen für Wasser und Sanitärversorgung unterstützt
- Im Berichtswesen ist vor allem die deutlich gesteigerte Mitarbeit der Datenzentren ISMN und des von der BfG betriebenen GRDC am WMO-Bericht „State of the Global Water Resources 2023“ hervorgehoben. Dieser Bericht stellt die 2. Ausgabe der noch neuen Berichtsserie dar. Das Thema Wasserqualität ist für die 3. Ausgabe vorgesehen
- Als ICWRGC aber auch als Sekretariat des NK wird zu der regelmäßigen Berichtserstattung von UNESCO-IHP beigetragen
- Verwertung im operationellen Betrieb: Durch Beratung der Datenzentren wird der operationelle Datenaustausch in Zentralasien befördert. Dies geschieht durch eine Kollaboration zwischen der AA-geführten „Green Central Asia Initiative“, der GIZ und des ICWRGC mit Unterstützung seitens WMO und UNESCO
- Wissenschaftliche Verwertung auf Konferenzen und in Publikationen (s. Anlage)

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Die Ergebnisse der UN-Wasserkonferenz 2023 haben die Bedeutung der Ressource Wasser in den Fokus gerückt. Es ist festzustellen, dass die Welt nicht auf dem richtigen Weg ist, um die wasserbezogenen Ziele für nachhaltige Entwicklung und die Zielvorgaben auf globaler Ebene bis 2030 bei der derzeitigen Fortschrittsrate zu erreichen. Daher wird 2026 die 3. UN-Wasserkonferenz stattfinden, bei der sich das ICWRGC inhaltlich und beratend aufstellen will.

Im Jahr 2026 läuft außerdem auch die 2. Phase des ICWRGC als Anerkennung als UNESCO Kategorie-2-Zentrum aus. Hier wird sich das ICWRGC mit seiner neuen Strategie für eine weitergehende Anerkennung des Status aufstellen. Die Beobachtung des Wasserkreislaufs und der Wasserressourcen spielt dabei eine zentrale Rolle und muss als verbindendes Instrument im Bereich Klimawandel, Biodiversität und Desertifikation stärker berücksichtigt werden. Das ICWRGC wird weiterhin seine Möglichkeiten nutzen, um durch den Ausbau und die koordinierende Unterstützung der globalen Wasserdatenzentren im Bereich des In-situ-Monitorings gemeinsam mit der BfG die international zentrale Rolle im Bereich der globalen Wasserdaten als zentrale Beiträge zur Systemweiten Strategie der Vereinten Nationen für Wasser und Sanitärversorgung und zur Nationalen Wasserstrategie des BMUV fortzuführen, u. a. durch

- Koordination zwischen UNESCO, UNEP und WMO im Bereich des globalen Monitorings von Frischwasserressourcen
- Mitgestaltung der Implementierung der 9. Phase des Zwischenstaatlichen Hydrologischen Programms der UNESCO (2022-2029) unter Einbeziehung der deutschen Wasserforschung
- Mitgestaltung der aktuellen Entwicklungen bei der Ausrichtung des Hydrologie- und Wasserressourcenprogramms der WMO und Beiträge zum GCOS Implementation Plan im Bereich Hydrologie

- Unterstützung der WMO Initiativen WHOS (WMO Hydrological Observation System) und Ausbau des GBON (Global Basic Observation Network) für hydrometrische Observationen
- Stärkung und Weiterentwicklung des GTN-H. Verbesserung der globalen hydrologischen Datenlage in den Weltdatenzentren und Entwicklung von globalen integrativen Datenprodukten im Rahmen von GTN-H

Wasser und Süßwasserökosysteme müssen als zentrale Elemente für Klimaschutz und -Anpassung, Biodiversitätsschutz und die Nahrungssicherheit verstärkt und sektorübergreifend berücksichtigt werden. Dies wird durch die Forschungs- und Bildungsaktivitäten des ICWRGC untermauert. Die dargestellten Tätigkeiten sollen vor allem zur Stärkung der regionalen Schwerpunkte in Afrika und Zentralasien dienen:

- Weiterführung der BMBF-finanzierten Wassermaßnahmen in Afrika (SASSCAL, WASCAL, WASA) und Untersuchung eines verbesserten Wissensaustausch mit der Team-Europe-Initiative zum grenzüberschreitenden Wassermanagement in Afrika über AA, BMUV, BM
- Weitergehende Unterstützung der Klima- und Wasserdiplomatie des AA (z. B. durch Beteiligung in der neuen Expertengruppe zur Hydrologie am Nil)
- Stärkung der Zusammenarbeit in der Green Central Asia Initiative des AA im Bereich Datenqualität und Dürrevorhersage
- Unterstützung der WMO Initiative HydroSOS (Hydrological Status and Outlook System)
- Verstärkung der Zusammenarbeit mit den GIZ-Landesbüros und den nationalen hydrologischen Diensten, um die In-situ-Wassermessnetze und das damit verbundene Datenmanagement als Basis für alle erforderlichen Produkte zu stärken
- Beantragung von Drittmitteln, u. a. zu Forschungsprojekten zu hydrologischen Extremen, zur Beobachtung des globalen hydrologischen Kreislaufs und Wasserressourcen (Oberflächen- und Grundwasser), der Nutzung von KI-Methoden und der Interaktion Wasser-Mensch
- Prüfung eines Beitrags des ICWRGC und der globalen Datenzentren in der neuen UNESCO-IHP Initiative „Global Water Education Network“ (GWEN) hinsichtlich Kapazitätsentwicklung im Bereich Datenqualität und der Entwicklung von internationalen Curricula für Studiengänge im Bereich Hydrologie und Wassermanagement auf Grundlage unserer Erfahrung mit WASCAL und SASSCAL

## Projektpartner

- Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur (UNESCO, Paris)
- Weltorganisation für Meteorologie (WMO, Genf)
- Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP, Nairobi)
- Deutscher Wetterdienst (DWD, Offenbach)
- International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC, Niederlande)
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ, Bonn)
- Deutsch-Kazakhische Universität (DKU, Almaty)
- Southern African Science Service Centre for Climate Change and Adaptive Land Management (SASSCAL)
- West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use (WASCAL)
- Karlsruhe Institute for Technology (KIT, Karlsruhe und Augsburg)
- Goethe Universität Frankfurt (Arbeitsgruppe Döll, Frankfurt)
- Georg-August-Universität Göttingen (Arbeitsgruppe Siebert, Göttingen)
- Coventry Universität (Arbeitsgruppe Dippois)
- Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats
- Mitglieder des Governing Board des ICWRGC

## Weitere Informationen

- <https://waterandchange.org/en/>
- <https://www.unesco.org/en/ihp>
- <https://www.unwater.org/publications/united-nations-system-wide-strategy-water-and-sanitation>

Ansprechperson im ICWRGC

Internationales Zentrum für Wasserressourcen und globalen Wandel

Harald Köthe

Tel.: +49 (0)261 1306 5059

E-Mail: icwrgc@bafg.de

# 302 Das GEMS/Water Datenzentrum (GWDC) im Internationalen Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel (ICWRGC)

Die Wasserqualität von Flüssen, Seen und Grundwasser weltweit bis zum Jahr 2030 zu verbessern, ist eines der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen (Sustainable Development Goals, SDGs). Im letzten Berichtszeitraum für den SDG-Indikator 6.3.2 im Jahr 2023 haben 120 Staaten die Wasserqualität von mehr als 90.000 Gewässern bewertet, von denen 56 % als gut eingestuft wurden. Große Unterschiede in den Monitoring- und Berichterstattungskapazitäten zwischen den teilnehmenden Staaten zeigen die Notwendigkeit eines gezielten Kapazitätsaufbaus in Entwicklungsländern und der Nutzung zusätzlicher Daten aus alternativen Quellen wie Fernerkundung oder Citizen Science.

Das GEMS/Water Data Centre (GWDC) betreibt die Wasserqualitätsdatenbank GEMStat, die Daten zu Grund- und Oberflächengewässern weltweit enthält. Sie liefert damit wichtige Informationen über den Zustand und die Entwicklung der Wasserqualität. Ziel ist es, die Überwachung der Wasserqualität in Süßwasserökosystemen zu verbessern. Die in GEMStat verfügbaren Wasserqualitätsdaten werden von Ländern und Organisationen auf freiwilliger Basis zur Verfügung gestellt und werden u. a. für Zustandsbewertungen, politische Entscheidungsprozesse, Forschungszwecke oder Ausbildungsprogramme genutzt. Derzeit enthält die Datenbank mehr als 29 Millionen Messwerte von über 20.000 Messstellen aus 91 Ländern. Insgesamt decken die Daten einen Zeitraum von 1906 bis 2023 für mehr als 500 Wasserqualitätsparameter ab.

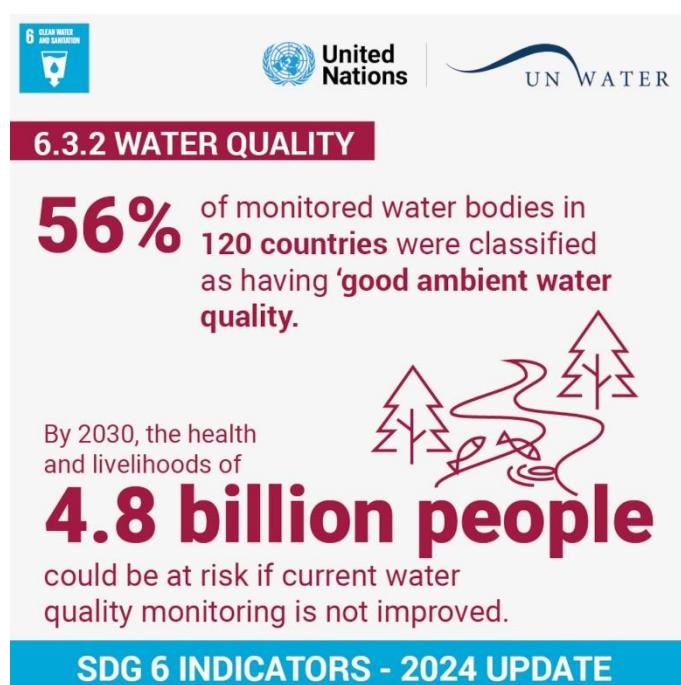


Abbildung 35: Infografik mit den Kernbotschaften des Statusberichts zu SDG-Indikator 6.3.2. (Quelle: United Nations Environment Programme)

## Veranlassung

Die Wasserqualität der Binnengewässer beeinflusst maßgeblich die Gesundheit aquatischer Ökosysteme und hat große Auswirkungen auf die damit verbundenen Ökosystemdienstleistungen wie z. B. die Erhaltung der Artenvielfalt und die Versorgung mit Nahrung und Trinkwasser. Verschmutzte Gewässer beeinträchtigen Trinkwasserquellen und erschweren vielen Menschen den Zugang zu sauberem Wasser, sind Ursprung vieler Krankheiten wie Cholera und Typhus, wirken sich auf die Landwirtschaft und die Fischerei aus und verringern damit die Qualität und Verfügbarkeit von Lebensmitteln.

Die Vereinten Nationen haben den Zugang zu einwandfreiem und sauberem Trinkwasser sowie eine saubere, gesunde und nachhaltige Umwelt als eigene Menschenrechte anerkannt. Im Jahr 2015 verpflichteten sich die 193 Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen zu den Zielen der Agenda 2030, darunter SDG 6: Gewährleistung der Verfügbarkeit und des nachhaltigen Managements von Wasser und

Sanitärversorgung für alle. Das Unterziel 6.3 strebt die Verbesserung der Wasserqualität durch eine Reduzierung der Gewässerverschmutzung an.

Im Jahr 2017 verabschiedeten die Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen auf der dritten Umweltversammlung (UNEA) eine Resolution für den Kampf gegen Wasserverschmutzung und den Schutz sowie die Wiederherstellung wasserbasierter Ökosysteme.

Im Jahr 2023 verabschiedete die Bundesregierung die Nationale Wasserstrategie, die durch verschiedene Aktionen u. a. die Gewässerverschmutzung reduzieren, den Zustand der Gewässer verbessern sowie die internationale Zusammenarbeit beim nachhaltigen Wasserressourcenmanagement und der Zielerreichung von SDG 6 befördern soll.

Um den Zustand von Binnengewässern erfassen zu können, müssen Umweltbehörden weltweit Messnetze und Beobachtungsprogramme betreiben, die regelmäßig wesentliche Parameter zur Wasserqualität erheben. Werden diese Messdaten international ausgetauscht, kann der Zustand von Gewässern grenzüberschreitend bewertet und die Umsetzung regionaler oder multilateraler Zielsetzungen zur Verbesserung der Wasserqualität wie z. B. die Wasserrahmenrichtlinie in Europa oder SDG 6.3 weltweit unterstützt werden.

Im Jahr 1978 wurde das Globale Umweltbeobachtungssystem für Frischwasser (GEMS/Water) unter der Schirmherrschaft des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) als globales Netzwerk zur Überwachung der Wasserqualität gegründet. Ziel von GEMS/Water ist einerseits, die Mitgliedstaaten der Vereinten Nationen beim Aufbau und Betrieb von Wasserqualitätsmessprogrammen, der Zustandsbewertung und der internationalen Berichterstattung zu wasserqualitätsbezogenen Zielsetzungen zu unterstützen, indem Handlungsempfehlungen und Ausbildungsprogramme angeboten und internationale Standards und bewährte Verfahren zum Monitoring, der Zustandsbewertung und dem Austausch von Wasserqualitätsdaten (mit-)entwickelt werden. Ein weiteres Ziel von GEMS/Water ist, die Messdaten der nationalen Wasserqualitätsmessprogramme zu sammeln und qualitätsgesichert über das globale Wasserqualitätsinformationssystem GEMStat zur Verfügung zu stellen, um regionale und globale Zustandsbewertungen und andere großskalige wissenschaftliche Untersuchungen zur Frischwasserqualität zu unterstützen. Seit 2015 entwickelt und koordiniert GEMS/Water das globale Berichtswesen für den SDG-Indikator 6.3.2 zur globalen Zustandsbewertung der Binnengewässer im Rahmen der „UN Water Integrated Monitoring Initiative for SDG 6“. Seit der UN-Wasserkonferenz im Jahr 2023 koordiniert GEMS/Water im Sinne der Systemweiten Strategie für Wasser- und Sanitärversorgung der Vereinten Nationen die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen VN-Behörden im Bereich Wasserqualität.

Seit 2014 unterstützt das Weltdatenzentrum für Frischwasserqualität (GEMS/Water Data Centre, GWDC) an der BfG das GEMS/Water Programm und die daran beteiligten Mitgliedsstaaten der Vereinten Nationen in allen Belangen zur Erhebung, Verarbeitung, Bewertung und Berichtserstattung von Wasserqualitätsmessdaten. Es leistet damit einen Beitrag zur Umsetzung der Nationalen Wasserstrategie (insbesondere zu den Aktionen 61 national und 75, 76 und 77 international) und der Agenda 2030 hinsichtlich des Unterziels 6.3.

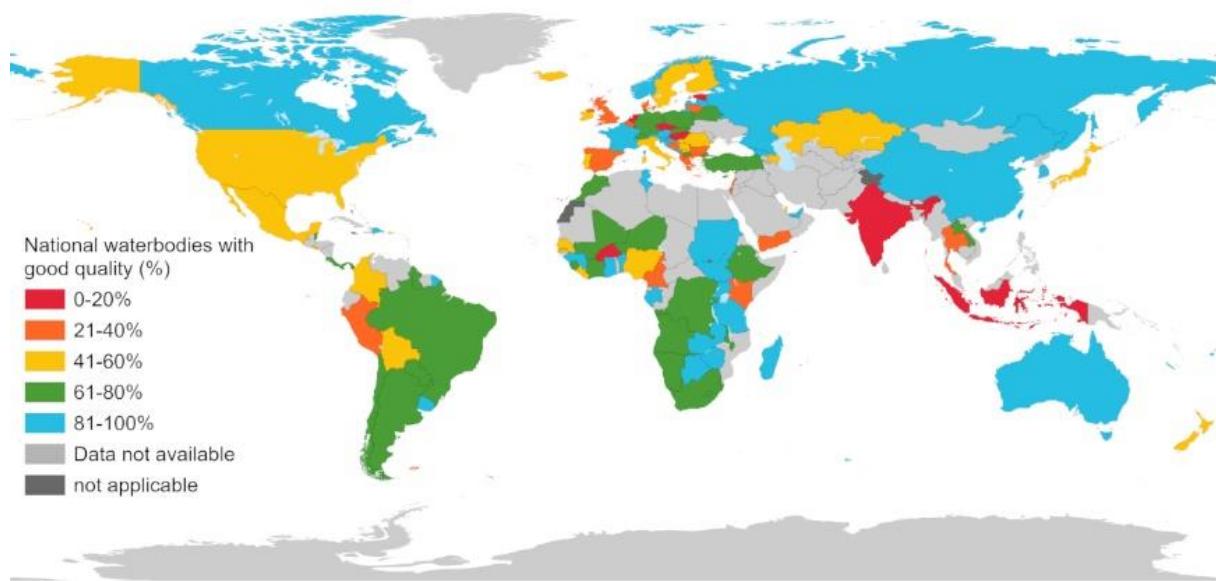


Abbildung 36: Karte mit den nationalen Ergebnissen des SDG-Indikators 6.3.2 aus 120 Ländern, die den Anteil der Gewässer mit guter Wasserqualität anzeigen (Quelle: Moritz Heinle, ICWRGC)

## Ziele

- Aufbau einer umfassenden Sammlung von qualitätsgesicherten Wasserqualitätsmessdaten aus Flüssen, Seen und Grundwässern weltweit als Grundlage für die Bewertung des Zustands von Binnengewässern im Kontext regionaler und globaler Umweltpolitik (Beitrag zu NWS-77)
- Entwicklung und Bereitstellung von Daten, Datenprodukten, -dienstleistungen und Berichten über den Zustand und die Entwicklung der Wasserqualität in Binnengewässern (Beitrag zu NWS-61, NWS-76, NWS-77)
- Unterstützung von Mitgliedsstaaten bei der Verwaltung von Messdaten, Zustandsbewertung und Berichterstattung durch kapazitätsfördernde Aus- und Fortbildungsmaßnahmen, Beratung und die Entwicklung von Methoden und Werkzeugen (Beitrag zu NWS-61, NWS-75)
- Unterstützung der behördenübergreifenden Zusammenarbeit bei den wasserqualitätsbezogenen Programmen und Aktivitäten von UNEP (GEMS/Water), UNESCO (International Initiative on Water Quality) und WMO (Plan of Action for Hydrology) zur Stärkung der Kohärenz und Nutzung von Synergien (Beitrag zu NWS-76)

## Ergebnisse

### Integrated Monitoring Initiative for SDG 6 (IMI-SDG 6) und SDG-Indikator 6.3.2

Im Frühjahr 2024 wurde der dritte Berichtszyklus für den SDG-Indikator 6.3.2 abgeschlossen. Dabei wurden Berichtsdaten von 120 Staaten erhoben, die das GWDC geprüft und ausgewertet hat (Abbildung 36). Erstmals wurde den Staaten der Service angeboten, den Indikator auf Basis der Wasserqualitätsmessdaten zu berechnen, die entweder schon in der GEMStat-Datenbank (Abbildung 37) vorhanden waren oder über das Internet bereitgestellt werden. Diesen Service nahmen 34 der 120 beteiligten Staaten in Anspruch, davon 20 Staaten aus dem europäischen Raum, deren Daten jährlich über die Umweltzustandsberichtserstattung der Europäischen Umweltagentur in GEMStat einfließen.

Die Auswertung der Indikatordaten zeigt, dass weltweit 56 % der ca. 90.000 bewerteten Gewässer bezogen auf die betrachteten Wasserqualitätsparameter pH, gelöster Sauerstoff, elektrische Leitfähigkeit

sowie Stickstoff und Phosphat eine gute Wasserqualität aufweisen. Dies ist eine geringfügige Verschlechterung gegenüber der vorherigen Berichtsperiode.

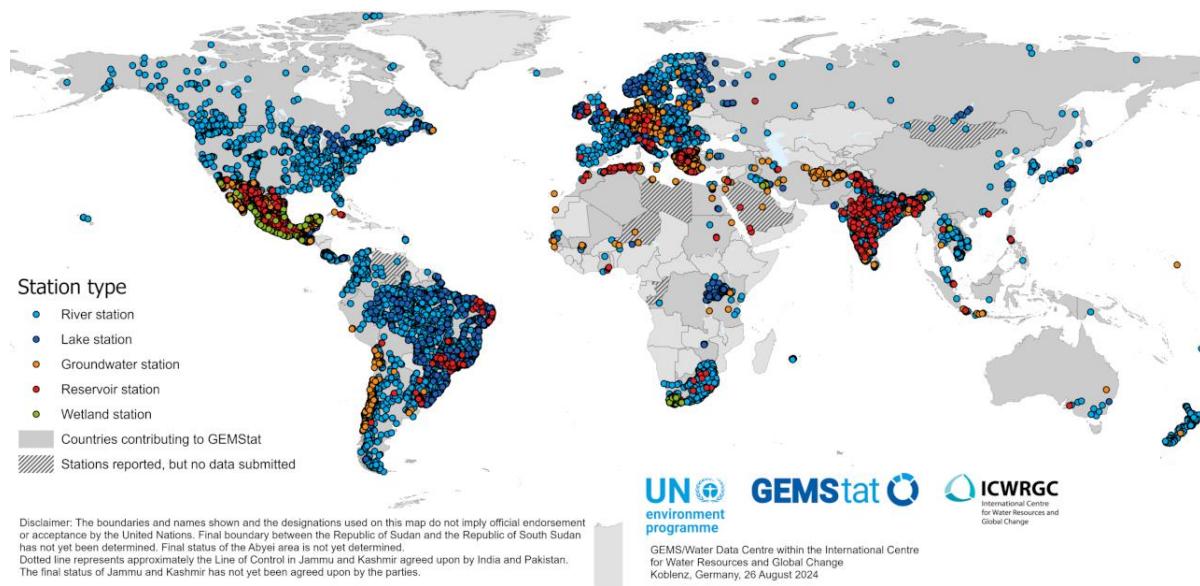


Abbildung 37: Karte der Messstellen in der GEMStat-Datenbank (Quelle: Moritz Heinle, ICWRGC)

Ein Vergleich der Berichtsdaten der verschiedenen Staaten zeigt große Unterschiede in Umfang und Qualität der zugrundliegenden Messdaten und in der Anzahl der bewerteten Gewässer. In Staaten mit niedrigem und mittlerem Einkommen (unteres 50%-Perzentil) wurden durchschnittlich weniger als 200 Gewässer auf Basis von durchschnittlich 870 Messwerten bewertet, in den 25 % einkommensstärksten Staaten durchschnittlich mehr als 1.800 Gewässer auf Basis von mehr als 30.000 Messwerten.

Diese Unterschiede schränken die Vergleichbarkeit der Zustandsbewertung ein und zeigen die Notwendigkeit, das systematische Monitoring der Binnengewässer insbesondere in den einkommensschwächsten Ländern durch gezielten Kapazitätsaufbau zu verbessern. Neben den staatlichen Messprogrammen können auch Citizen-Science-Netzwerke dabei helfen, zusätzliche Wasserqualitätsdaten insbesondere in ländlichen Gebieten zu erfassen. Im Rahmen von Pilotprojekten in Sierra Leone und Sambia mit den nationalen Wasserbehörden und bürgerwissenschaftlichen Messprogrammen wurden solche Messdaten zum ersten Mal für die offizielle Berichterstattung verwendet. Dieser Ansatz wird derzeit in mehreren afrikanischen Ländern wiederholt und könnte mittelfristig neben einer Verbesserung der Datenlage auch zu einem gesteigerten Umweltbewusstsein bei der lokalen Bevölkerung führen.

Die Ergebnisse des dritten Berichtszyklus wurden im Rahmen der Weltwasserwoche in Stockholm im August 2024 im dritten Statusbericht zum SDG-Indikator 6.3.2 von UNEP und UN-Water veröffentlicht.

### Datenakquise und Qualitätssicherung von Wasserqualitätsmessdaten

Im Berichtszeitraum wurden ca. 750.000 zusätzliche Wasserqualitätsmesswerte aus 34 Staaten in GEMStat erfasst und geprüft. Immer mehr Umweltbehörden bieten die Wasserqualitätsdaten ihrer Messnetze als frei verfügbare Online-Daten zum Download auf Datenportalen oder mithilfe von Webdiensten an. Um die Vielzahl der unterschiedlichen Datenformate und Schnittstellen verarbeiten und die Daten in GEMStat integrieren zu können, entwickelt das GWDC zusätzliche Werkzeuge für das Auslesen und Aufbereiten der Online-Daten verschiedener Anbieter.

In enger Zusammenarbeit mit Experten verschiedener Arbeitsgruppen der Weltmeteorologieorganisation (WMO) und des Open Geospatial Consortium (OGC) arbeitet das GWDC daran, internationale Datenaustauschstandards für Wasserqualitätsdaten zu entwickeln und zu testen und darauf aufbauend die GEMStat-Datenbank mit dem hydrologischen Beobachtungssystem der WMO zu verknüpfen.

## Datenprodukte

Um die wissenschaftliche Nutzung der über GEMStat bereitgestellten Wasserqualitätsdaten zu erleichtern, wurden alle unter einer offenen Datenlizenz stehenden Messdaten für die Veröffentlichung als Open-Access-Datensatz vorbereitet und ein begleitender wissenschaftlicher Artikel vorbereitet, der Ende 2024 veröffentlicht werden soll. Mit der Bereitstellung als offener Datensatz erhofft sich das GWDC, rechtliche Unsicherheiten bei der Nutzung der Daten zu reduzieren, die Reproduzierbarkeit von auf den Daten aufbauenden Studien zu unterstützen und somit einen Beitrag zur guten wissenschaftlichen Praxis und zu Open Science zu leisten.

## Aus- und Fortbildung und Technische Entwicklungszusammenarbeit

In Folge der Schließung des GEMS/Water Capacity Development Centre in Irland im Januar 2024 und dem Fehlen alternativer Ressourcen mussten die meisten kapazitätsbildenden Maßnahmen von GEMS/Water vorläufig eingestellt werden. Durch zusätzliche Finanzierung seitens des BMUV wird eine neue Maßnahme zum Aufbau von Datenmanagementkapazitäten vorbereitet, bei denen ab 2025 in Zusammenarbeit mit ausgewählten Partnerbehörden ein Datenmanagementsystem entwickelt werden soll.

## Verwertung der Ergebnisse

Die aggregierte Datenprodukte werden der Öffentlichkeit über das GEMStat-Datenportal frei zur Verfügung gestellt. Die qualitätsgesicherten Messdaten werden entsprechend den Datenlizenzbedingungen der Datenlieferanten entweder frei oder für nicht-kommerzielle Zwecke zum Download angeboten.

Im Berichtszeitraum 2023–2024 wurden insgesamt 1.690 Datenanfragen von Einzelnutzern aus 58 Ländern über das GEMStat-Datenportal registriert. Zusätzlich wurden manuelle Anfragen von 41 Nutzern/-innen durch das GWDC bearbeitet. Es wurden 35 Artikel in wissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht, in denen Daten aus GEMStat verwendet wurden.

Die vom GWDC gesammelten nationalen Berichtsdaten zum SDG-Indikator 6.3.2 werden nach Abschluss der Berichtsperiode ausgewertet und bilden die Grundlage für den Fortschrittsbericht zum Indikator, der alle drei Jahre von UN-Water und UNEP veröffentlicht wird. Darüber hinaus werden die Berichtsdaten in der globalen SDG-Indikatoren-Datenbank von UNSD, dem SDG-6-Datenportal von UN-Water und der SDG-Indikator-6.3.2-Berichtsplattform von UNEP veröffentlicht.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

- Kontinuierliche Sammlung und Qualitätssicherung von Wasserqualitätsmessdaten und Berichtsdaten für SDG-Indikator 6.3.2
- Vereinfachte Bereitstellung und verbesserte Auffindbarkeit von Messdaten und daraus abgeleiteten Datenprodukten
- Aktualisierung bestehender und Entwicklung neuer Methoden und Produkte in den Bereichen Nähr- und Schadstofffrachten und Zustandsindikatoren zur Bewertung der Wasserqualität
- Unterstützung der globalen Wasserqualitätsbewertung in Zusammenarbeit mit UNEP und anderen Partnern innerhalb der World Water Quality Alliance
- Entwicklung von Datenmanagementwerkzeugen und Durchführung von Trainingskursen im Bereich Datenmanagement und -auswertung für GEMS/Water-Partner

## Projektpartner

- Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP)
- Weltorganisation für Meteorologie (WMO)
- Organisation der Vereinten Nationen für Bildung, Wissenschaft und Kultur (UNESCO)
- Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO)

## Produkte

- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, & UNITED NATIONS WATER (2024): Progress on Ambient Water Quality: Mid-term Status of SDG Indicator 6.3.2 and Acceleration Needs, with a Special Focus on Health  
[https://www.unwater.org/sites/default/files/2024-08/SDG6\\_Indicator\\_Report\\_632\\_Progress-on-Ambient-Water-Quality\\_2024\\_EN\\_0.pdf](https://www.unwater.org/sites/default/files/2024-08/SDG6_Indicator_Report_632_Progress-on-Ambient-Water-Quality_2024_EN_0.pdf)
- GEMS/WATER DATA CENTRE (2024): Storymap SDG indicator 6.3.2: Global updates and acceleration needs  
<https://storymaps.arcgis.com/stories/5887350a9c9d434881df8576a9a46beb>

## Weitere Informationen

- [www.gemstat.org](http://www.gemstat.org)
- [www.sdg632hub.org](http://www.sdg632hub.org)
- <https://portal.gemstat.org/applications/>

Ansprechperson im ICWRGC

Internationales Zentrum für Wasserressourcen und globalen Wandel

Phillip Saile

Tel.: +49 (0)261 1306 5305

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

# 401 Beratungs- und Modellierungsdienst NHWSP/eNHWSP

**Hochwasser sind wiederkehrende Naturereignisse, deren Auftreten nicht verhindert werden kann. Allerdings lassen sich die Folgen von Katastrophen, wie denen in den Sommern 2013 und 2021, durch ein gut koordiniertes und länderübergreifendes Risikomanagement abmildern.**

Der Beratungs- und Modellierungsdienst der BfG liefert für das Nationale Hochwasserschutzprogramm (NHWSP) wesentliche Grundlagen für einen effizienten Hochwasserschutz und einen zielgerichteten Mitteleinsatz. Er unterstützt somit den Bund bei der Umsetzung des NHWSP in seiner Koordinierungsfunktion. Die BfG betreibt hierzu in Kooperation mit den Bundesländern großräumige IT-gestützte hydraulische und hydrologische Simulationsmodelle und stellt zur Koordinierung der finanziellen Abwicklung den webbasierten Planungsassistenten eNHWSP bereit.



Abbildung 38: Babenhausen an der bayerischen Günz im Juni 2024 (Quelle: dpa)

Das Nationale Hochwasserschutzprogramm (gemeinsam mit dem Küstenschutz) ist als eine von insgesamt 78 Maßnahmen auch im „Aktionsprogramm Wasser“ der Nationalen Wasserstrategie des BMUV verankert (Aktion 50). Mit dem NHWSP strebt der Bund an, durch gesteigerte Finanzierungssicherheit für überregional wirksame Hochwasserschutzmaßnahmen den bundesweiten Hochwasserschutz nachhaltig zu stärken. Durch die definierten Förderkriterien werden insbesondere Synergiepotenziale mit dem Auen-, Natur- und Klimaschutz hervorgehoben. Durch diese zukunftsfähige Gestaltung des großräumigen Hochwasserschutzes wird die Erreichung von zahlreichen weiteren Zielen der Nationalen Wasserstrategie unterstützt.

## Veranlassung

Unmittelbar nach den verheerenden Hochwassern im Juni 2013 im Elbe- und Donaugebiet fassten der Bund und die für den Hochwasserschutz zuständigen Länder gemeinsam den Entschluss zur Erarbeitung eines Nationalen Hochwasserschutzprogramms. Dieses wurde auf der Umweltministerkonferenz am 24. Oktober 2014 beschlossen und enthält eine bundesweite Aufstellung mit vordringlich umzusetzenden, überregional wirksamen Schutzmaßnahmen. Ziel ist es, diese Maßnahmen innerhalb eines Flussgebiets so zu kombinieren, dass möglichst viele Menschen von ihnen profitieren bzw. die Sachschäden durch Hochwasser bestmöglich reduziert werden können – bei gleichzeitiger Berücksichtigung von klima- und naturschutzfachlichen Synergien. Hierzu betreibt die BfG seit 2018 einen Beratungs- und Modellierungsdienst, um Fragen des Bundes und der Länder zur überregionalen Wirksamkeit von Maßnahmen beantworten zu können. Die Arbeiten der BfG im Kontext des NHWSP sind vielfältig und finden sich sowohl in allgemeinen Beratungsleistungen, Daueraufgaben als auch in zeitlich befristeten Forschungsprojekten unterschiedlicher Auftraggeber wieder (siehe „Ergebnisse“).

Mit Verabschiedung der Nationalen Wasserstrategie im März 2023 ist das NHWSP darüber hinaus eine der konkreten Maßnahmen zur Operationalisierung der Strategie (Aktion 50), die sofort bis mittelfristig in die Umsetzung gehen können. Das NHWSP unterstützt die Wasserstrategie einerseits bei der Vorsorge gegenüber den Folgen von Extremereignissen, in dem Fall Hochwasser, und macht somit ein zentrales Element der Daseinsvorsorge aus. Andererseits kann großräumiger Hochwasserschutz (wie er im NHWSP gefördert wird) mithilfe seiner Synergien zum Natur-, Gewässer- und Klimaschutz zu einer nachhaltigen Gewässerentwicklung und -bewirtschaftung in Deutschland beitragen.

## Ziele

- Beratung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) und (mittelbar) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zur Wirkungsweise der Maßnahmen des NHWSP im Hinblick auf den zielgerichteten Einsatz der Bundesmittel
- Entwicklung, Pflege und Betrieb von großräumigen IT-gestützten hydraulischen und hydrologischen Simulationsmodellen der Fließgewässer in den deutschen Flusseinzugsgebieten zur Analyse der überregionalen Wirksamkeit der im NHWSP geplanten Maßnahmen
- Erhebung, Prozessierung und Bereitstellung aktueller geodätischer Grundlagen, darunter insbesondere für die hydraulische Berechnung benötigte digitale Geländemodelle der Wasserläufe (DGM-W) sowie Geofachdaten von Extremereignissen – auch als möglicher Beitrag zur zeitnahen bundeseitigen Lageeinschätzung im Hochwasserfall
- Weiterentwicklung, Pflege und Betrieb des Planungsassistenten eNHWSP zur Abstimmung und Koordination der Aufteilung der finanziellen Mittel des Bundes mit den Ländern sowie von Werkzeugen zur Datenerfassung und Ergebnisdarstellung

## Ergebnisse

Die Arbeiten des NHWSP-Dienstes umfassen länderübergreifende Modellierungen (1, 2, 3, 4), die Verbesserung geodätischer und hydrologischer Grundlagen (5, 6, 7) und den Betrieb des eNHWSP (8).

1. Als „Grundstein“ der NHWSP-Beratung wurden von BfG und Ländern zwischen 2015 und 2020 im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens „Untersuchungen zur Ermittlung der Wirkung von präventiven Hochwasserschutzmaßnahmen im Rahmen des NHWSP“ umfangreiche hydraulisch-hydrologische Bund-Länder-Modellsysteme für das Donau-, Elbe- und Rheingebiet aufgebaut. Mit ihrer Hilfe konnte die Wirkung der in den Flussgebieten geplanten NHWSP-Maßnahmen auf verschiedene Hochwasserwellenabläufe und Ereignisse unterschiedlicher Eintrittswahrscheinlichkeiten systematisch untersucht werden.
2. Parallel dazu wurden an der BfG drei weitere NHWSP-Projekte im Auftrag der Länder im Elbegebiet durchgeführt. Im Rahmen der Untersuchungen zur Optimierung des Havelstauregimes (2016–2020) und der Havelpoldernutzung (2015–2021) sowie des Vorhabens zur Verbesserung der Hochwassersituation an der Mittelelbe (2017–2024) wurden großräumige 2D-Modelle aufgebaut und zur Beantwortung von Fragen im Kontext des Hochwasserrisikomanagements verwendet. Die Berechnungen dienten insbesondere der länderübergreifenden Abstimmung von Planungsgrundlagen. Auch sind aus der Vielzahl an unterschiedlichen untersuchten Optionen bereits neue NHWSP-Maßnahmen erwachsen bzw. bestehende Maßnahmen optimiert worden.
3. Aktuell arbeitet der NHWSP-Dienst im Kontext der Expertengruppe „Modellierung“ der Internationalen Kommission zum Schutz der Mosel und der Saar (IKSMS) an der Erstellung eines 2D-Modellsystems für Mosel, Saar und (außerhalb des IKSMS-Kontextes) für die Lahn. Das Projekt zielt auf die Aktualisierung und Verbesserung der hydrologischen Grundlagen an den genannten Wasserstraßen ab, wird in enger interner Abstimmung (Frankreich, Luxemburg) durchgeführt und wird einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Informationsgrundlagen sowohl im Hochwasserrisikomanagement als auch für Fragestellungen des Natur- und Auenschutzes sowie des Niedrigwassermanagements leisten.

4. Im Rahmen des „Aktionsprogramms Rhein 2024“ der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) werden zurzeit von der IKSR-Expertengruppe HVal (Hochwasservalidierung) großräumige Nachweisrechnungen der für den Rhein realisierten und bis 2039 geplanten wasserstandsenkenden Maßnahmen durchgeführt. Die BfG betreibt hierzu einen von drei Teilen des Modellsystems und ermittelt Maßnahmenwirkungen für die Rheinstrecke von Worms bis zur niederländischen Grenze. Die Ergebnisse zu den Auswirkungen auf die Scheitel großer Hochwasser sind Input für die Berechnungen der Expertengruppe HIRI (Hochwasserrisiken) der IKSR, die die zukünftige Veränderung des Hochwasserrisikos am Rhein untersucht.
5. Der NHWSP-Dienst hat in den letzten Jahren zudem auch verschiedene Bund-Länder-Initiativen zur Verbesserung der geodätischen und hydrologischen Grundlagen mit auf den Weg gebracht. Das derzeit noch laufende Projekt zum Aufbau eines Digitalen Geländemodells für den Wasserlauf (DGM-W) der Binnenelbe realisiert ein Mehrzweckmodell für das gesamte Binnenelbegebiet inkl. der Altauengebiete. Das DGM-W steht voraussichtlich ab Mitte 2025 für weitergehende Arbeiten, bspw. als Grundlage für hydraulische Modelle (u. a. auch für die Niedrig-/Mittelwasservorhersage), als Planungsgrundlage für das Hochwasserrisikomanagement ebenso wie für Untersuchungen im Kontext des Gesamtkonzepts Elbe (GKE) zur Verfügung.
6. Bei der Erarbeitung eines gemeinsamen Bund-Länder-Messprogramms zur koordinierten und abgestimmten Erfassung und Auswertung von Durchflüssen, Wasserspiegellagen sowie Lagekarten und Wasser-Land-Grenzen bei hydrologischen Extremereignissen an der Elbe und ihren wichtigen Nebenflüssen wurden die konkreten Bedarfe, Produkte, wesentliche Arbeitsabläufe und die Finanzaufteilung erarbeitet und in der Flussgebietsgemeinschaft Elbe abgestimmt. Ziel ist die Vorbereitung eines abgestimmten Messprogramms zur Vermeidung von Doppelarbeit und Redundanzen im Ereignisfall (Hoch- oder Niedrigwasser). Der Entwurf eines zusammenfassenden Messkonzepts befindet sich derzeit beim NHWSP-Dienst in Bearbeitung.
7. Des Weiteren wurden die neuesten Möglichkeiten der Radarfernerkundung im BfG-Forschungsprojekt „Sat-Land-Fluss: Satellitenbasierte Wasser-Land-Grenzen-Bestimmung“ (2020–2024) praxisnah erprobt. Das Projekt untersuchte das Verbesserungspotenzial der Radar-Satellitendatenauswertung in herausfordernden Gebieten, bspw. mit starker Bebauung oder dichter Vegetation. Die Ergebnisse wurden und werden auf mehreren Fachkonferenzen vorgestellt und im Netzwerk der BfG und somit z. B. im Rahmen der (deutschen) Copernicus-Aktivitäten sowie in Gremien der Wasserwirtschaft wie z. B. der LAWA bekannt gemacht. Dadurch stehen sie kurz- bis mittelfristig einem großen Netzwerk zur Verfügung.
8. Der zur Finanzmittelplanung entwickelte webbasierte Assistent eNHWSP befindet sich seit dem Jahr 2016 im Wirkbetrieb. Betrieben vom NHWSP-Dienst unterstützt er die LAWA bei der Koordination des Fördermittelbedarfs aus der GAK (Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“) – Förderbereich 7, 2.0 NHWSP. Der mehrstufige Prozess von der Anmeldung einer neuen Maßnahme bis zur Feststellung des Fördermittelbedarfs der einzelnen Maßnahmen wird über das eNHWSP gesteuert. Anhand von zuvor definierten Kriterien schlägt das System automatisch eine Fördermittel-Priorisierungsreihenfolge vor; die in den LAWA-Gremien daraufhin getroffenen Entscheidungen werden intern transparent gemacht und dokumentiert. In Anwenderworkshops wurden die von den Ländern autorisierten Benutzerinnen und Benutzer über die Funktionen des eNHWSP geschult sowie aktuelle Themen bezüglich der Weiterentwicklung von eNHWSP besprochen und Erfahrungen mit der Anwendung ausgetauscht. Das eNHWSP wird fortlaufend weiterentwickelt und dem Bedarf der Nutzergemeinschaft angepasst.

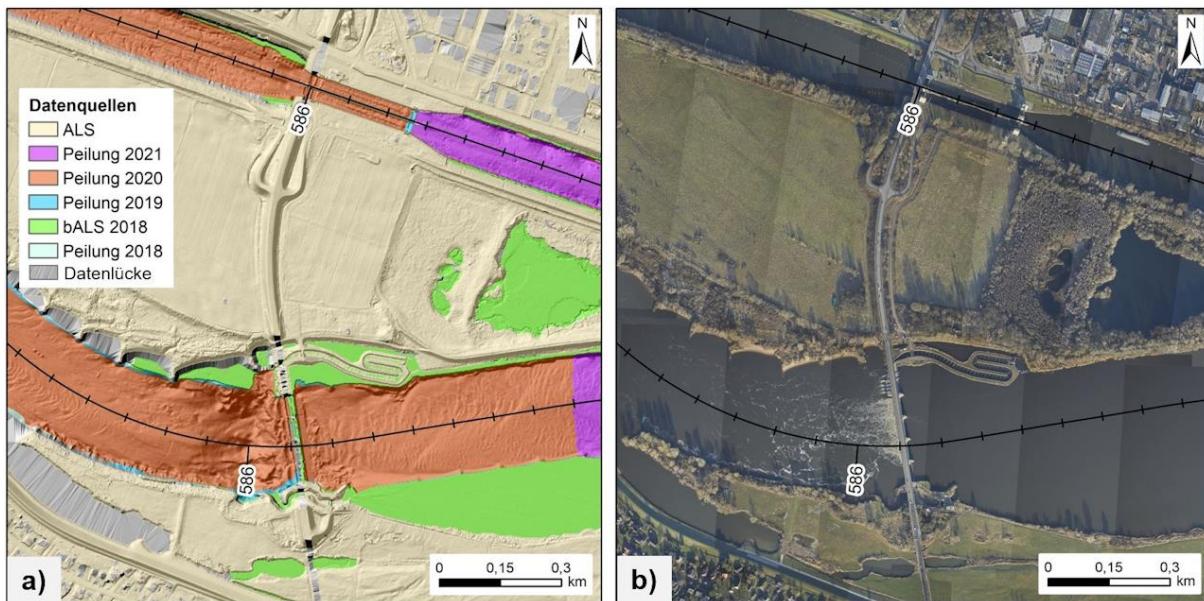


Abbildung 39: Produktbeispiel des DGM-W Elbe, Wehr Geesthacht (Elbe-km 587), (a) Vorläufige Datenquellenkarte, inkl. weniger Datenlücken (grau, triangulierte Bereiche in denen Ersatzmodelle bzw. Interpolationen verwendet werden), (b) Luftbild beim ALS-Flug (Quelle: BfG)

## Verwertung der Ergebnisse

Die Konzepte, Grundlagen und IT-Werkzeuge, einschließlich ihrer Ergebnisse, die im Kontext des NHWSP zur Verfügung gestellt werden, tragen insgesamt zu einem verbesserten Hochwasserrisikomanagement in Deutschland (und auch international) bei und unterstützen die länderübergreifende Abstimmung bei der Planung großräumiger Schutzmaßnahmen mit Fokus auf deren überregionale Wirksamkeit. Die auf Basis von homogenen Daten und nach vergleichbaren Standards aufgebauten hydraulischen und hydrologischen Simulationsmodelle stellen darüber hinaus wesentlich verbesserte Grundlagen für weitere gewässerkundliche und wasserwirtschaftliche Aufgaben der Behörden des Bundes und der Länder im Bereich des Hochwasserrisikomanagements, gleichzeitig aber auch für Fragestellungen des Gewässerschutzes, der Auen- und Fischökologie, des Niedrigwassermanagements, für Bewirtschaftungsfragen u.v.m. zur Verfügung (Abbildung 39).

Durch den flussgebietsübergreifenden Charakter des NHWSP profitieren Bund und Länder zudem von Übertragungs-, Lern- und Synergieeffekten zwischen Flussgebieten bzw. Bundesländern. Die BfG kann, u. a. auch aufgrund aktiver Gremientätigkeit, hier als Multiplikator fungieren, der Erkenntnisse, Methoden und Konzepte vermittelt (z. B. bei der Übertragung des Messkonzepts für hydrologische Extreme vom Elbegebiet in weitere Flussgebiete).

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Als zentrale Unterstützung berät und begleitet der NHWSP-Dienst Bund und Länder auch künftig in Fragen des NHWSP bzw. des vorsorgenden Hochwasserschutzes und trägt damit grundlegend zur Aktion 50 des „Aktionsprogramms Wasser“ der Nationalen Wasserstrategie bei. Im Rahmen seines Aufgabenspektrums werden dabei weiterhin die sich in den letzten Jahren bereits etablierten Arbeiten und Beratungsleistungen umgesetzt, z. B.:

- Aufbau, Betrieb und Fortschreibung großräumiger mathematischer Modelle sowie – in Zusammenarbeiten mit den Flussgebietsgemeinschaften – Durchführung von flussgebietsweiten Wirkungsanalysen, bei Bedarf auch bundesweit

- Weiterentwicklung, Pflege und Betrieb des Planungsassistenten eNHWSP sowie von Werkzeugen zur Datenerfassung und Ergebnisdarstellung
- Mitarbeit in einschlägigen Expertengruppen der LAWA, der Flussgebietsgemeinschaften und der internationalen Flussgebietskommissionen

Darüber hinaus engagiert sich der NHWSP-Dienst für die Weiterentwicklung des NHWSP als Programm sowie in der Erprobung neuer und effizienterer Verfahren bei der Erfüllung seiner Aufgaben. Dabei handelt es sich u. a. um:

- eine nutzerorientierte und effiziente Erfassung, Prozessierung, Auswertung und Bereitstellung aller für den Modellaufbau und die Wirkungsanalyse benötigten Geofachdaten
- die Entwicklung möglichst automatisierter Fortschreibungstechniken digitaler Geländemodelle des Wasserlaufs (DGM-W) u. a. auf Basis von topografischen Daten Dritter und aktualisierten Gewässerbettdaten für zukünftige digitale Zwillinge
- die weitergehende DGM-W Modellierung und Analyse der Auswirkungen auf die hydraulischen Modelle. Das beinhaltet auch die Ableitung weiterführender Parameter wie Rauigkeit oder Vegetationsparameter auf Basis real erfasster Messwerte

Mittel- und langfristig kann das NHWSP in vielen Aspekten die Ziele der Nationalen Wasserstrategie unterstützen. Denn nachhaltiger Hochwasserschutz ist mit Natur-, Auen- und Klimaschutz zusammenzudenken. Synergien zwischen Hochwasserschutz, Fluss- und Auenentwicklung, Biodiversität, Klimaanpassung und Erholung können durch das NHWSP gezielt gestärkt werden. Dabei werden Maßnahmen des technischen und natürlichen Hochwasserschutzes konsequent gleichermaßen adressiert. Durch den steten länder- und flussgebietsübergreifenden Austausch fördert das NHWSP weiterhin auch das Ziel einer leistungsfähigen Verwaltung, der Beschleunigung von Projekten der Wasserinfrastruktur und es unterstützt durch Bereitstellung des webbasierten eNHWSP die Digitalisierung der Wasserwirtschaft.

## Produkte

- SCHRAMM, W., PROMNY, M., HATZ, M., (2024): Untersuchungen zur Verbesserung der Hochwassersituation an der Mittelelbe von Tangermünde bis Geesthacht – 2D-Modellierung Mittelelbe. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht BfG-2175, DOI: 10.5675/BfG-2175.  
<http://doi.bafg.de/BfG/2024/BfG-2175.pdf>
- MECHERNICH, S., WEIß, R., KÜHNE, E., PFITZNER, M. (2023): Erstellung eines neuen Digitalen Geländemodells des Wasserlaufs (DGM-W) der Elbe, KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 16, Nr. 9, S. 588-593. DOI: 10.3243/kwe2023.09.005.
- GESSLER, B., MECHERNICH, S., BASCHEK, B., BREHM, T. (2024): Wasser-Land-Grenzen im Ästuar-bereich aus S-1-Daten und Validierung mittels UAS, Gelände- und optischen Satellitendaten. Tagungsband Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Geodäsie und Fernerkundung (DGPF), 32, 442-454.  
<https://www.dgpf.de/src/tagung/jt2024/start.html>

Ansprechperson der BfG  
Carina Schuh  
Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen  
Tel.: +49 (0)261 1306 5090  
E-Mail: schuh@bafg.de

# 501 Umweltprobenbank-Schwebstoffe

**Die Umweltprobenbank des Bundes (UPB) ist das nationale Archiv für Umweltproben. Für den Bereich limnische Systeme werden stetig und standardisiert Schwebstoffproben von Flüssen aus 13 repräsentativen Einzugsgebieten durch die BfG genommen.**

Die UPB ist ein Probenarchiv, mit welchem qualitative Umweltaspekte und gesundheitsrelevante Umwelteinflüsse auf den Menschen dokumentiert und bewertet werden können. Insbesondere zukünftige Generationen können auf die gesammelten und noch zu sammelnden Proben zurückgreifen, um Fragestellungen der jeweiligen Zeit zu beantworten.

Die Konzeption der Umweltprobenbank des Bundes sieht an den meisten limnischen Probenahmeflächen auch die Probenahme von Schwebstoffen vor (Abbildung 40), da Schwebstoffe das mittelfristige „Gedächtnis“ unserer Fließgewässer sind. Die monatliche Routineprobenahme von Schwebstoffen wird seit dem Jahr 2005 durchgeführt. Die gewonnenen Proben werden an das Fraunhofer IME Schmallenberg übergeben, wo diese der Probenbank zugeführt werden. Aufbauend auf den Ergebnissen aus Vorläuferforschungsprojekten und den Erfahrungen der bisherigen Routinebeprobung wird seit 2016 die regelmäßige Routineprobenahme von Schwebstoff im Rahmen des UPB-Programms durch die BfG durchgeführt. Grundlagen dafür sind die vom Umweltbundesamt bereitgestellten Standard-Verfahrensweisen und Richtlinien. Weitere Informationen und Ergebnisse der Eingangsuntersuchung zur Umweltprobenbank sind auf [www.umweltprobenbank.de](http://www.umweltprobenbank.de) zu finden. Die Nachfrage nach den dort eingelagerten Schwebstoffproben steigt weiterhin und Synergien zu weiteren Forschungsprojekten konnten durch die Bereitstellung von weiteren Proben in der letzten Zeit realisiert werden.



Abbildung 40: Probenahme- und Reinigungsgeräte im UPB Projekt Schwebstoffe (Quelle: Alexander Zavarsky, BfG)

## Veranlassung

Die UPB als Archiv sammelt den Zustand der Gewässer in Deutschland für nachfolgende wissenschaftliche Fragestellungen und spätere Generationen. Die eingelagerten Proben dienen damit der Beschreibung vergangener Zustände und sind somit Beweismittel für historische Trends, Ereignisse und Rahmenbedingungen. Dies ermöglicht jeder Generation unabhängig eigene Fragen und Thesen aufzustellen, mit Messungen an Originalproben zu überprüfen und Handlungsoptionen zu entwickeln. Es dient als deutschlandweites Gedächtnis der Natur.

Durch die 13 regelmäßig beprobten Messstellen kann auch zusätzlicher Schwebstoff in kontrolliertem Rahmen gewonnen werden, welcher direkt zur Beantwortung aktueller Fragestellungen untersucht wird. Da die Probenahmesysteme laufend an neue Gegebenheiten im Gewässer, vor allem an Hoch und Niedrigwasserperioden, angepasst werden um unterbrechungsfreie Probennahmen zu gewährleisten, kann diese Erfahrung in der Konzeptionierung anderer Probenahmekampagnen benutzt werden. Da außerdem die Probenahmesysteme sehr robust gebaut und dauerhaft eingesetzt sind, wurden sie schon oft kopiert und Anleitungen der wissenschaftlichen Gemeinschaft zur Verfügung gestellt.

## Ziele

Unser Ziel ist immer die Durchführung von qualitativ hochwertigen und standardisierten Probenahmen, um eine zuverlässige Grundlage für zukünftige Messungen zu schaffen. Hierzu gehört auch die Sicherstellung der konstanten und kontaminationsfreien Probenmenge. Wir streben weiterhin an, Ausfälle bei der Probenahme im Zuge sich ändernder Wasserdargebote zu vermeiden. Dazu entwickeln wir flexible Probenahmetechniken, die auf Veränderungen in den Umweltbedingungen reagieren können.

In diesem Kontext beraten wir auch bei der Erstellung neuer SOPs (Standard Operating Procedures) und tauschen uns mit Vertreter/-innen der Länder aus. Hierdurch sichern wir eine einheitliche Vorgehensweise für die Probenahme in verschiedenen Regionen Deutschlands. Um unsere Probenahmetechniken an Umweltveränderungen anzupassen, arbeiten wir eng mit den beteiligten Institutionen und Forschungsinstituten zusammen. Dabei achten wir auch darauf, dass unsere Prozessschritte alle den Anforderungen an eine hohe Qualität und Zuverlässigkeit entsprechen.

## Ergebnisse

Seit 2005 liegt eine ununterbrochene Zeitreihe von monatlichen Schwebstoffmischproben vor, welche als Monats- und Jahressmischproben eingelagert werden.

Diese langjährige Datenreihe ermöglicht es uns, Trends und Veränderungen im Stoff- und Organismenhaushalt unserer Flüsse zu erkennen. Die Vielzahl an Nutzungen dieser Probenmatrix ist eine Bestätigung des Konzeptes. In Zusammenarbeit mit den Ländern verbessern wir die Probenahme und unterstützen unsere Partner bei Fragestellungen rund um das Thema Schwebstoffe (Abbildung 41).

Hierdurch können wir eine noch bessere Grundlage für unsere eigenen Forschungsergebnisse schaffen. Wir entwickeln und verbessern kontinuierlich unsere Technik, um sicherzustellen, dass sie den Anforderungen der UPB gerecht bleiben. Außerdem unterstützen wir das Projekt Aquatetheque der Uni Lyon,

Laurent Simon, <https://www.onewater.fr/fr/projets/projets-cibles>.

Ebenfalls unterstützen wir das Projekt Sedi-ment-Sources and Fingerprinting der Uni Basel, Prof. Christine Alewell, <https://duw.unibas.ch/de/personen/christine-alewell/>. Neben diesen beiden großen Projekten unterstützen wir außerdem auch eine Vielzahl kleinerer Forschungsprojekte.



Abbildung 41: Präsentation der UPB Schwebstoffprobenahme und weiterer Probenahmetechniken beim Freilandtag der Umwelttagung 2024 (Quelle: Peter Ebke)

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Fortführen der Probenahmen, bei weiterer Anpassung der Probenahmetechnik an extreme Wasserstände. Hierbei werden auch, weiter wie bisher, Infrastrukturen der Länderpartner genutzt. Nach dem bereits in der Publikation Harhash et al. 2023 die Vorteile und Limitationen passiver Probenahmetechniken intensiv beleuchtet wurden, werden nun aktive Probenahmealternativen einer Prüfung unterzogen.

## Projektpartner

- Umweltbundesamt (UBA)
- Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie (IME Schmallenberg)
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)
- Stadt Ulm

## Produkte

- HARHASH, M., SCHROEDER, H., ZAVARSKY, A., KAMP, J., LINKHORST, A., LAUSCHKE, T., DIERKES, G., TERNES, T.A., DUESTER, L. (2023): Efficiency of five samplers to trap suspended particulate matter and microplastic particles of different sizes. Chemosphere 338: 139479.  
DOI: 10.1016/j.chemosphere.2023.139479.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139479>

Ansprechperson der BfG  
Dr. Alexander Zavarsky  
Referat G4 Radiologie und Gewässermonitoring

Tel.: +49 (0)261 1306 5934  
E-Mail: [zavarsky@bafg.de](mailto:zavarsky@bafg.de)

# 601 Niedrigwasserinformationssystem

**Vorangetrieben durch die Dürreereignisse der Jahre 2018, 2019 und 2020 wird im Auftrag des BMUv ein bundesweit einheitliches Niedrigwasserinformationssystem (NIWIS) an der Bundesanstalt für Gewässerkunde in Zusammenarbeit mit den Bundesländern entwickelt, aufgebaut und ab Anfang 2026 durch die BfG operationell betrieben. Die Erstellung und der Betrieb von NIWIS ist eine priorisierte Aktion des Aktionsprogramms Wasser der Nationalen Wasserstrategie.**

Das Niedrigwasserinformationssystem NIWIS soll als zentrales Daten-, Analyse- und Berichtssystem für Bund, Länder und andere Nutzerinnen und Nutzer dienen und Informationen für Entscheidungen webbasiert bereitstellen. Gemeinsam in einer Kleingruppe der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) erarbeitete die BfG das Fachkonzept für das System. Basierend auf diesem Konzept steuert die BfG den Umsetzungsprozess über eine Vergabe bis hin zur Operationalisierung, welche für Anfang 2026 geplant ist.

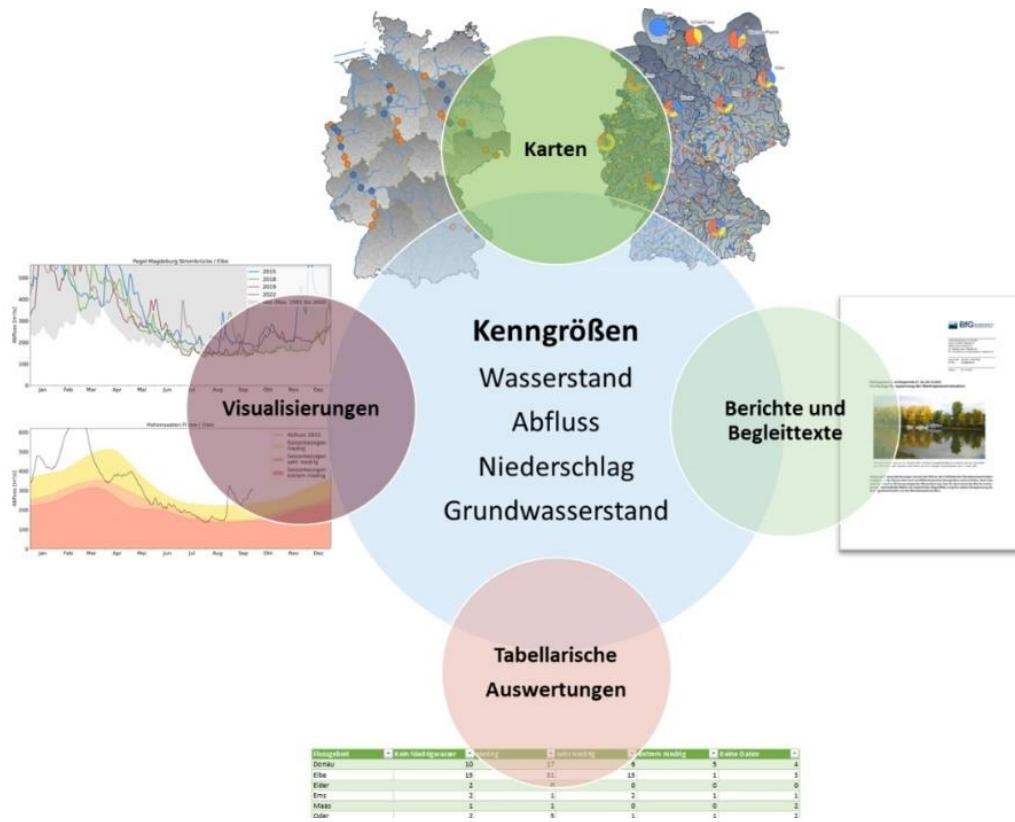


Abbildung 42: Darstellung der Inhalte in NIWIS. (Quelle: BfG)

Vor dem Hintergrund der Nationalen Wasserstrategie soll NIWIS durch die gebündelte und fundierte Informationsbereitstellung (Abbildung 42) zum Thema Niedrigwasser eine breite Zielgruppe ansprechen, aufklären und so letztlich auch Zielkonflikten vorbeugen.

## Veranlassung

Obgleich die Anzahl der digital verfügbaren, hydrologischen Nahe-Echtzeit-Daten in den letzten Jahren stetig gewachsen ist, können die steigenden und vielfältigen Ansprüche an täglich aktuelle und umfassende bundeseinheitliche Information zu Niedrigwasser durch Fachleute, aber auch die Öffentlichkeit, nur durch großen Ressourceneinsatz bedient werden. Ursächlich ist eine bestehende Lücke an Informationen zu Niedrigwasser im Bund-Länder-Informationsangebot. Diese Lücke ist z. T. systemisch bedingt, da eine länderübergreifend vergleichbare Datenbasis fehlt und die Datenhaltung und Informationsbereitstellung in verschiedenen fachkundlichen und politischen Zuständigkeitsbereichen liegen. Durch ein bundeseinheitliches, niedrigwasserspezifisches und an die Bedarfe verschiedener Nutzergruppen angepasstes Informationssystem soll diese Lücke geschlossen werden.

## Ziele

- Bei der BfG wird ein bundesweites, nutzergruppenspezifiziertes Niedrigwasserinformationssystem (NIWIS) entwickelt, aufgebaut und dauerhaft betrieben
- NIWIS dient als die bundesweite Anlaufstelle für fundierte und vergleichbare überregionale Informationen für alle Interessierten am Thema Niedrigwasser, Fachleute gleichermaßen wie Bürgerinnen und Bürger
- Das Daten-, Analyse- und Berichtssystem soll als zentraler, öffentlich zugänglicher Daten- und Informationsknotenpunkt für Bund, Länder und andere Nutzer dienen und unter anderem Informationen für Planungsentcheidungen bereitstellen
- NIWIS wird durch den Überblick auf ganz Deutschland mit einem einheitlichen Klassifikationssystem übergeordnete Managementsentscheidungen unterstützen (Abbildung 43; Abbildung 44)
- NIWIS soll die in den Ländern gegebenenfalls bereits existierenden Plattformen und Portale ergänzen und unterstützen
- Vollständige Umsetzung der Aktion 2 des Aktionsprogramms Wasser der Nationalen Wasserstrategie „Einrichtung eines Niedrigwasserinformationssystems (NIWIS) in Zusammenarbeit mit den Ländern“

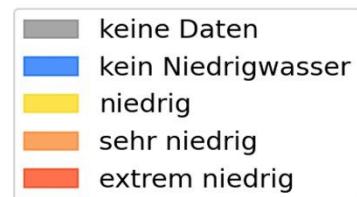


Abbildung 43: Niedrigwasser-Klassen für NIWIS (Quelle: BfG)

## Ergebnisse

Im Rahmen einer Kleingruppe der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) wurden die fachlichen Inhalte von NIWIS zwischen Bundesländern, BMUV, BMDV, WSV und BfG abgestimmt und in einem Fachkonzept festgehalten. Dieses Fachkonzept wurde auf der 167. LAWA-Vollversammlung im März 2024 bestätigt und bildet nun die fachliche Grundlage für die Leistungsbeschreibung zur technischen Umsetzung von NIWIS. Weiterhin wurden Fragen zum Hosting und Support, zur IT-Sicherheit sowie generell zum technischen Konzept geklärt, wobei Anforderungen aus der IT-Architekturrichtlinie des Bundes berücksichtigt werden mussten.

Ein zentrales Ergebnis der Abstimmungen im Jahr 2024 betrifft das technische „Rückgrat“ von NIWIS, das sogenannte Backend. An der entscheidenden Schnittstelle zwischen NIWIS und den datenliefernden Stellen des Bundes und der Länder wird die BfG selbst einen Teil des NIWIS-Backends realisieren.

Dabei bringt die BfG ihre langjährige Expertise im Bereich der digitalen Datenübertragung in der Hydrologie ein. Zusätzlich profitiert das Projekt von der aktiven Mitarbeit der BfG in Gremien wie der Expertengruppe „Datenmanagement/Reporting“ (LAWA EG-DMR) sowie von der engen Zusammenarbeit mit den Ländern während der NIWIS-Konzeptionierung. Diese Kompetenzen und Kooperationen gewährleisten eine effiziente und reibungslose Integration der Datenströme in das System und legen eine solide Basis für den Betrieb und die Weiterentwicklung von NIWIS.

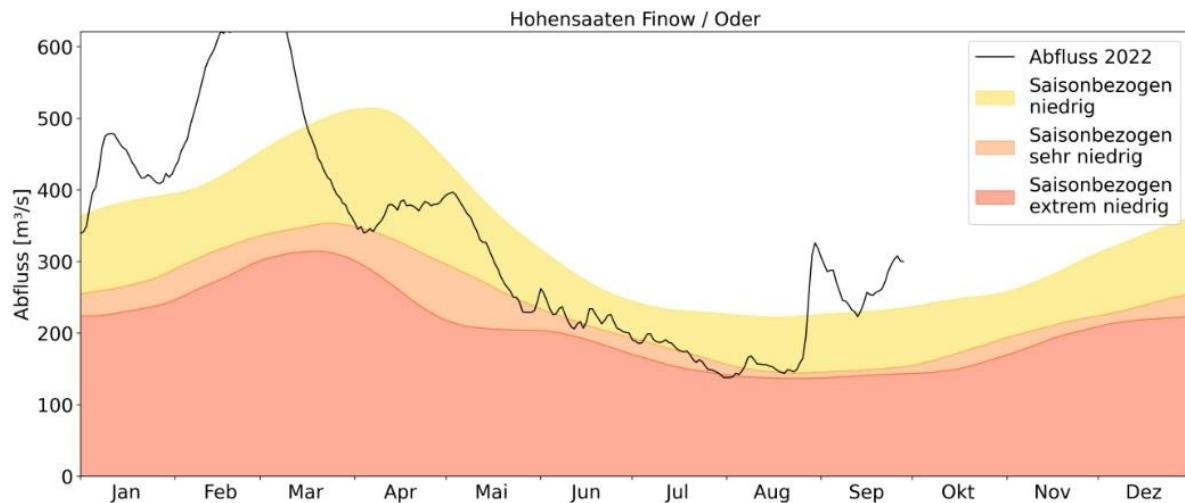


Abbildung 44: Die für NIWIS konzipierte saisonbezogene Niedrigwasser-Klassifikation im Jahr 2022 am Beispiel des Pegels Hohensaaten-Finow an der Oder. Die Berechnung der Klassifikation basiert auf dem Referenzzeitraum 1991–2020 (Quelle: BfG)

## Verwertung der Ergebnisse

Die bisher erzielten Ergebnisse bilden die fachliche und technische Grundlage für die Implementierung und operationelle Inbetriebnahme von NIWIS Anfang 2026. NIWIS wird einen entscheidenden Beitrag zur interministeriellen Beratung in Bezug auf die Bewertung aktueller Niedrigwassersituationen und deren Auswirkungen leisten. Gleichzeitig schließt das System die bestehende Lücke bei umfassenden, bundeseinheitlichen Informationen zu Niedrigwasserereignissen und deren Management. Dadurch wird NIWIS zu einem zentralen Werkzeug für die strategische Planung und Entscheidungsfindung im Umgang mit den Herausforderungen des Niedrigwassers.

Bereits jetzt kommen die im Rahmen von NIWIS entwickelten Lösungen auch anderen Gremien der LAWA zugute. Ein Beispiel ist die Zusammenstellung einer bundesweiten Auswahl von Oberflächenwässermessstellen, die von der LAWA-AO KG Niedrigwasserbewertung genutzt wird.

Dadurch werden wertvolle Synergien geschaffen, die über das Projekt hinauswirken und die Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern weiter stärken.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Anfang 2026 wird NIWIS operationell in Betrieb gehen. In den folgenden Jahren wird die BfG in enger Abstimmung mit der LAWA KG NIWIS weitere fachliche Aspekte des Niedrigwasserinformationssystems entwickeln. Dank des modularen Aufbaus der Plattform ist eine fortlaufende Weiterentwicklung gewährleistet. Zusätzliche Parameter, Modelldaten und eine geografische Ausweitung des Systems über das Bundesgebiet hinaus werden zukünftig integriert werden. Dabei wird das Feedback der Nutzenden eine zentrale Rolle bei der Gestaltung künftiger Erweiterungen spielen.

Mit der Operationalisierung von NIWIS setzt die BfG die Aktion 2 des Aktionsprogramms Wasser der Nationalen Wasserstrategie „Einrichtung eines Niedrigwasserinformationssystems in Zusammenarbeit mit den Ländern“ um. Darüber hinaus liefern die Arbeiten im Projekt Beiträge zu weiteren Aktionen, wie Aktion 3 „Kenngrößen zu Niedrigwasser und Wassermangel“, Aktion 4 „Grundwasser-Echtzeitentnahmemonitoring aufbauen“, Aktion 7 „Leitbilder für den regionalen, naturnahen Wasserhaushalt“, Aktion 47 „Leitlinien für regionale Wasserversorgungskonzepte“ und Aktion 49 „Länderübergreifende Infrastrukturen“.

Diese Maßnahmen unterstreichen die integrative Bedeutung von NIWIS für das nachhaltige Wassermanagement in Deutschland und darüber hinaus.

## Projektpartner

- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)
- Deutscher Wetterdienst (DWD)
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)

## Produkte

- NIWIS-Infoblatt der LAWA  
[https://www.bafg.de/SharedDocs/Downloads/DE/arbeitshilfen/produktinformationen/steckbrief\\_niwis.pdf?blob=publicationFile&v=1](https://www.bafg.de/SharedDocs/Downloads/DE/arbeitshilfen/produktinformationen/steckbrief_niwis.pdf?blob=publicationFile&v=1)

## Weitere Informationen

- [https://www.bafg.de/DE/5\\_Informiert/1\\_Portale\\_Dienste/NIWIS/niwis.html?templateQueryString=NIWIS](https://www.bafg.de/DE/5_Informiert/1_Portale_Dienste/NIWIS/niwis.html?templateQueryString=NIWIS)

Ansprechperson der BfG

Axel Keeß

Referat M1 Hydrologische Grundsatzangelegenheiten, Hydrometrie und Gewässerphysik

Tel.: +49 (0)261 1306 5245

E-Mail: keess@bafg.de

# 701 Aufbau und Betrieb des Non-Target-Screening-Portals (NTS Portal)

Die Zahl an chemischen Substanzen, die in die Gewässer eingetragen werden, ist deutlich größer als die Zahl der Stoffe, die Behörden regelmäßig überwachen. Das Non-Target-Screening (NTS) bietet neue Möglichkeiten für eine deutlich umfassendere Analytik bekannter als auch bisher unbekannter organischer Spurenstoffe. In diesem Vorhaben wird ein Prototyp eines Portals zur Archivierung und Auswertung von Non-Target-Daten weiterentwickelt und in den operativen Dienst überführt. Damit wird ein neues Managementinstrument der chemischen Gewässerüberwachung für die Länder und den Bund geschaffen, mit dessen Hilfe die Belastungen aktuell und retrospektiv überregional betrachtet und bewertet werden können.

Im Jahr 2024 waren alleine unter der europäischen REACH-Verordnung mehr als 22.000 Substanzen registriert, deren hergestellte oder in die EU eingeführte Menge bei mindestens einer Tonne pro Jahr liegen. Hinzukommen eine Vielzahl von Substanzen wie Arzneistoffe und Biozide, die anderen Verordnungen unterliegen sowie unbekannte Neben- und Transformationsprodukte. Inwie weit diese Substanzen auch in die aquatische Umwelt gelangen, ist

nur unzureichend bekannt, da mit klassischen Analyseverfahren nur ein vergleichsweiser kleiner Teil im Rahmen des (behördlichen) Monitorings erfasst werden kann. Trotz des Einsatzverbotes und Konzentrationsrückgangs vieler einzelner bisher als prioritär betrachteter Schadstoffe ist davon auszugehen, dass durch die Vielzahl stofflicher Belastung der ökologische Zustand von Gewässern maßgeblich beeinträchtigt werden kann. Nur mit einem umfassenden Bild über die stofflichen Gewässerbelastungen können Auswirkungen auf die aquatischen Ökosysteme adäquat adressiert und wirksame Maßnahmen zur Eintragsminimierung entwickelt und umgesetzt werden (Abbildung 45). In den letzten 10 Jahren wurde mit dem NTS ein Analyseverfahren basierend auf hochauflösender Massenspektrometrie entwickelt und zunehmend etabliert, mit dem eine deutlich größere Zahl an bekannten als auch bisher noch unbekannten organischen Substanzen erfasst werden können. Dies bietet die Chance, chemische Belastungen von Gewässern umfassender zu analysieren und die Non-Target-Daten als digitales Probenarchiv für umfangreiche retrospektive und überregionale Analysen zu Vorkommen und Tрендentwicklung von Stoffen zu nutzen. Dazu bedarf es aber der Zusammenführung und Archivierung vergleichbarer, qualitätsgesicherter Non-Target-Daten sowie der Bereitstellung webbasierter Auswerte- und Darstellungsmöglichkeiten.

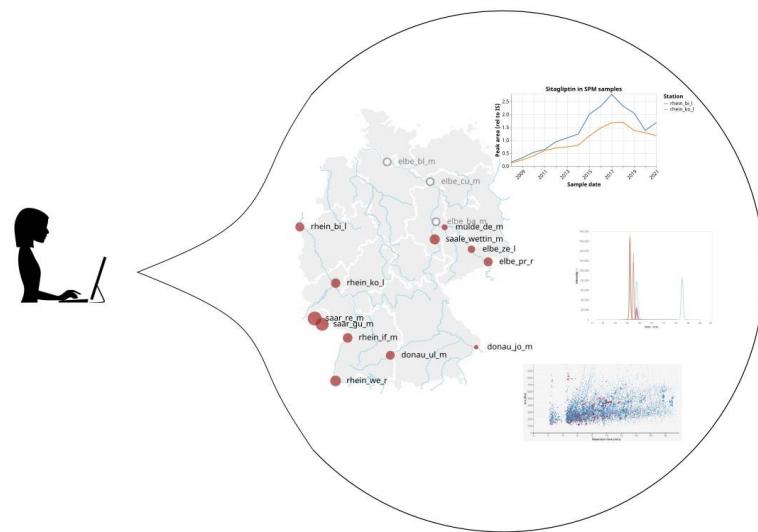


Abbildung 45: Das NTS Portal ermöglicht Umweltämtern und zukünftig weiteren Stakeholdern des Wasserwirtschaftssektors einen schnellen Zugriff auf Informationen zum Vorkommen organischer Spurenstoffe (NTS-Daten) in Fließgewässern. (Quelle: Referat G2, BfG)

## Veranlassung

Das NTS hat die chemische Umweltanalytik in den letzten 10 Jahren revolutioniert und auch ein zunehmendes behördliches Interesse im Bereich der Gewässerüberwachung geweckt. Die Herausforderung besteht darin, dass beim NTS extrem große Datenmengen (Terrabytes) anfallen und die Datenprozessierung und weitergehende Auswertung besondere Algorithmen und Expertisen erfordern, die längst nicht von allen Laboren aufgebracht werden können. Eine Hauptstärke des NTS liegt in der retrospektiven Auswertung langjähriger Daten, z. B. durch den Abgleich mit einer beliebigen Auswahl von neu-regulierten oder erst kürzlich identifizierten Stoffen, was aber einer i) langfristigen Speicherung und ii) einfachen und schnellen Suchfunktionen bedarf. Immer mehr Bundesländer, aber auch Bundesbehörden wie das Umweltbundesamt (UBA) sowie Wasserversorger suchen daher dringend nach effizienten Möglichkeiten der Speicherung der NTS-Daten und Synergien bei den Datenrecherchen und -auswertungen. Die BfG hat bereits im Rahmen von durch das UBA finanzierten Forschungsprojekten ein entsprechendes NTS-Datenportal als Prototyp aufgebaut. Die Aufgabe dieser Maßnahme ist es, dieses System zu operationalisieren, nachhaltig zu betreiben, zu pflegen und entsprechend der Anforderungen der Nutzer kontinuierlich weiterzuentwickeln. Damit etabliert und betreibt die BfG ein System mit dem die komplexen Non-Target-Daten im Sinne der Nationalen Wasserstrategie für die „Abwasser- und Gewässerüberwachung“ besser nutzbar gemacht werden können, um die „Kenntnisse über Stoffe und Stoffgruppen zu verbessern“.

## Ziele

- Operationalisierung, Betrieb, Pflege und Weiterentwicklung des NTS-Datenportals (NTS-Portal) als neues behördliches Managementinstrument der chemischen Gewässerüberwachung
- Entwicklung von Qualitätsanforderungen und -prüfungen für die Zusammenführung von Non-Target-Daten verschiedener Labore
- Weiterentwicklung und Pflege einer Spektrendatenbank mit qualitätsgesicherten Massenspektren zur schnellen Identifizierung von Substanzen
- Bereitstellung und fortlaufende Ergänzung von online-Visualisierungswerkzeugen und Auswertewerkzeugen für Trendanalysen, Stoffpriorisierungen und weitere behördenspezifische Fragestellungen
- Unterstützung des Aktionsprogramms Wasser der Nationalen Wasserstrategie:
  - Etablierung und Betrieb einer bundesweiten Datenbank mit Non-Target-Daten für umfangreiche retrospektive und überregionale Analysen zu Vorkommen und Tрендentwicklung von Stoffen (Aktion 32)
  - Bereitstellung von Daten und Auswertewerkzeugen zur Identifizierung, Priorisierung und Bewertung (neuer) Spurenstoffe sowie zur Lokalisierung von Eintragsquellen und Bewertung der Effizienz von Maßnahmen zur Eintragsminimierung (Aktionen 25 und 26)

## Ergebnisse

Der Übergang von einem Forschungsvorhaben zum Regelbetrieb erfordert die Anpassung der Software, z. B. durch Neustrukturierung und Dokumentation, für den stabilen und kontinuierlichen Betrieb und das Arbeiten in einem vergrößerten Team. In der aktuellen Projektphase steht daher die Umstellung der Back-End Software für die Prozessierung von Rohdaten und das Management der NTS-Portal-Datenbank im Vordergrund. Hierfür wurden beispielsweise Abläufe noch weiter automatisiert, um einen höheren Probendurchsatz zu erreichen. Einige Teile der Datenbank werden neu strukturiert, damit die Suche und Darstellung über die Web-Anwendung stringenter programmiert und dadurch das NTS Portal noch stabiler betrieben werden kann (Verringerung der Fehleranfälligkeit). Im Gesamtsystem wurden Begriffe und Abläufe vereinheitlicht und dokumentiert. Kooperationsprojekte mit einigen Landeslaboren für den langfristigen Austausch von Messdaten wurden begonnen, damit die Entwicklung im NTS Portal an die Anwender auf Bundes- und Landesebene gerichtet werden kann.

Mithilfe der entwickelten Software ist es bereits möglich, eine hohe Anzahl an Messdateien (derzeit > 10.000) automatisiert über den sogenannten „Bibliothek Screening“-Workflow zu prozessieren. Hierbei werden die Messdateien mit einer Spektrenbibliothek (die Collective Spectral Library, CSL) verglichen und damit teilweise „annotiert“. Die Prozessierung kann somit bei einer Erweiterung der CSL wiederholt werden, um neue Substanzen retrospektiv aus dem Datenbestand zu extrahieren bzw. zu annotieren und in die NTS Portal Datenbank zu laden.

Referenzproben und interne Standards werden auch prozessiert und die Ergebnisse werden zur Qualitätsprüfung angewendet.

Die Ergebnisse der Prozessierung (Umwelt und QS Proben) können mithilfe der Web-Anwendung [ntsportal.bafg.de](http://ntsportal.bafg.de) durchsucht, visualisiert und exportiert werden. Ein konkretes Beispiel wäre die Eingabe eines Substanznamens und die Visualisierung einer Verteilung der Befunde dieser Substanz mithilfe einer interaktiven Kartendarstellung (Overlay). Der Datensatz beinhaltet zurzeit Befunde von ca. 800 Substanzen an 300 Messstellen.

Auch die Suche von nicht-annotierten (unbekannten) Features ist für einen Testdatensatz von ca. 2 Mio. Features mit der Web-Anwendung möglich. Die automatisierte Prozessierung für nicht-annotierte (unbekannte) Features wird derzeit fertiggestellt.

## Verwertung der Ergebnisse

Das NTS-Portal wird durch die digitale Archivierung und zur Verfügungstellung flächendeckender Daten sowohl zum Vorkommen bekannter als auch aktuell noch unbekannter Gewässerkontaminanten einen wesentlichen Beitrag zur bundesweiten Zusammenführung von Stoffdaten und zur Begrenzung der Risiken durch Stoffeinträge im Sinne der Nationalen Wasserstrategie leisten. Über die gesammelten Daten und Suchfunktionen des Datenportals kann schnell und zuverlässig ermittelt werden, welche Stoffe ubiquitär oder ortsspezifisch auftreten, wo Belastungsschwerpunkte vorliegen und wie die Belastungstrends aussehen. Dies wird die Möglichkeiten zur Priorisierung neuer Stoffe auf der Basis retrospektiver Datenanalysen wesentlich verbessern und erleichtern. Damit ergänzt das NTS-Portal auch die Anstrengungen des Spurenstoffzentrum des Bundes. Das Vorhaben unterstützt zudem die Umsetzung der Umwelt- und Chemikaliengesetze sowie die Ausgestaltung der Zero Pollution Ambition und der neuen Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit der Europäischen Kommission. So können die Informationen aus dem NTS-Portal einen wichtigen Beitrag dazu leisten, die Wirksamkeit von Reduktionszielen und gesetzlichen Rahmenbedingungen für eine Vielzahl von Stoffen nachzuvollziehen und Diskrepanzen zwischen dem immissions-orientierten Gewässer- und Meeresschutz auf der einen und den emissions- und stoffbezogenen Regelungen auf der anderen Seite aufzudecken.

Daten aus dem NTS-Datenportal können zudem von den Ländern, Flussgebietsgemeinschaften und internationalen Kommissionen zum Schutz grenzüberschreitender Gewässer eingesetzt werden, um gezielter Stoffe für ihre quantitativen Messprogramme (das Non-Target-Screening liefert bisher keine gesicherten Angaben zu absoluten Konzentrationen) auszuwählen und damit auch Monitoringkosten einzusparen. Zudem lassen sich durch die Zusammenführung der NTS-Daten aus den Flussgebieten und die gemeinsame Spektrenbibliothek neue stoffliche Belastungen schneller erkennen und identifizieren sowie Hotspots lokalisieren und Belastungstrends erstellen. In diesem Zusammenhang werden die NTS-Daten des Portals auch genutzt werden, um die MICROMIN-Initiative der IKSR zur Umsetzung und Prüfung einer 30%igen Reduktion der Spurenstoffeinträge in den Rhein bis zum Jahr 2040 zu unterstützen. Auch in der Fachwelt ist der Bedarf nach einer Zusammenführung von NTS-Daten groß; um basierend auf einer ausreichenden Datenbasis moderne KI-Methoden anwendbar zu machen und z. B. Zusammenhänge zwischen multiplen chemischen Belastungen und der Erreichung ökologischer Qualitätsziele der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zu ermitteln.

## Ausblick auf die nächsten Jahre

Nach der schrittweisen Operationalisierung des Betriebs sollen in den nächsten Jahren die Werkzeuge zur Visualisierung und Auswertung der Non-Target-Daten weiterentwickelt und optimiert werden. Langfristig soll der Automatisierungsgrad bei der Qualitätssicherung und der Archivierung der Daten erhöht werden und beispielsweise webbasierte Funktionen, mit denen Anwender/-innen selbstständig Non-Target-Daten in das Portal importieren können, implementiert werden. In engem Austausch mit dem UBA sollen zukünftig auch Schnittstellen zu anderen Stoffdatenbanken hergestellt und die Möglichkeiten zur Bewertung der Befunde verbessert werden.

Ansprechperson der BfG

Dr. Kevin Jewell

Referat G2 Gewässerchemie

Tel.: +49 (0)261 1306 5938

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

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Reinigung einer Trübungssonde .....	11
Abbildung 2: Bootsanleger/Messfloß BfG .....	15
Abbildung 3: Anordnung zur blindwertreduzierten Festphasenextraktion (SPE) von Bisphenol A und Analoga aus Wasserproben .....	19
Abbildung 4: Konzentrationen von Sitagliptin in Schwebstoffen der Messstationen Weil, Koblenz und Bimmen am Rhein der Jahre 2014 bis 2021 .....	22
Abbildung 5: Oderaue bei Reitwein – Altwasser (2022).....	24
Abbildung 6: Anteil von auentypischen und auenuntypischen Habitate in der Donauaue (Straubing und Vilshofen).....	27
Abbildung 7: Strukturen und Habitate in der Donauaue (Straubing und Vilshofen).....	28
Abbildung 8: Blick auf das Wattenmeer bei Ebbe .....	31
Abbildung 9: Verteilung der Schadstoffgehalte entlang der schleswig-holsteinischen Küste .....	33
Abbildung 10: Verteilung der Spurenstoffgehalte als relative Peak-Intensität von A: Tetrabutylphosphonium (Bu <sub>4</sub> P <sup>+</sup> ) und B: Methoxymethyltriphenylphosphonium (MeOMetPhP <sup>+</sup> ).....	34
Abbildung 11: Aufarbeitung von Biotaproben für die chemische Analyse anthropogener Spurenstoffe im Labor .....	37
Abbildung 12: Konzentrationen der Summe an 7-Indikator-PCB bezogen auf das Lipidgewicht in der Leber von Fischottern im Vergleich zu in der Literatur diskutierten toxikologischen Grenzwerten. ....	38
Abbildung 13: Gemessene Gesamtkonzentrationen der aufsummierten 7-Indikator-PCB bezogen auf das Lipidgewicht.....	39
Abbildung 14: Geborgene Hecksektion des havarierten Mehrzweckfrachters Verity .....	43
Abbildung 15: Position der Havarie der Schiffe Verity und Polesie am 24.10.2023 .....	45
Abbildung 16: Süßwasser-Röhrenkrebs ( <i>Chelicorophium robustum</i> ) .....	47
Abbildung 17: Östrogene Profile von angereicherten Oberflächenwasserproben .....	53
Abbildung 18: Grafische Zusammenfassung der Ringtestergebnisse .....	54
Abbildung 19: Anmischen des Tracerfarbstoffs vor einem Experiment zur Bestimmung des Stofftransports .....	56
Abbildung 20: Karte des Alarmmodells Elbe mit den enthaltenen Flüssen Elbe, Moldau, Bílina und Saale .....	57
Abbildung 21: Bildschirmfoto der Eingabemaske für den Ort der Gewässerverunreinigung in ALAMO .....	58
Abbildung 22: Bildcollage: Modellorganismen, Mikrotiterplatte, Sequenziergerät .....	60
Abbildung 23: Einfluss von Bisphenol A (BPA) auf die Reproduktion von <i>C. elegans</i> .....	62

Abbildung 24: Einfluss von Bisphenol A (BPA) auf die mittlere Anzahl an Kopfbewegungen (head thrashes) von <i>C. elegans</i> .....	62
Abbildung 25: Carbamazepin-Konzentrationen der Elbe bei Schnackenburg .....	65
Abbildung 26: Chloridkonzentration des Rheins bei Lobith.....	66
Abbildung 27: Elektrische Leitfähigkeit des Oberrheins, Messstation Karlsruhe (Rhein-km: 359,2) .....	67
Abbildung 28: Beweidete Wiese bei Leer, Ostfriesland .....	69
Abbildung 29: Mit dem großräumigen Wasserhaushaltsmodell LARSIM-ME berechnete Flächenmittel der Abflusskomponenten der Flussgebiete Mitteleuropas .....	71
Abbildung 30: Rhein bei Basel mit der historischen „Mittleren Rheinbrücke“ .....	73
Abbildung 31: Projizierte relative Änderungen der mittleren jährlichen Abflüsse der Klimanormalperioden 2070 bis 2099 gegenüber der Zeitreihe 1981 bis 2010 für den Rheinpegel Basel .....	76
Abbildung 32: Portal WasserBLicK .....	78
Abbildung 33: Auszug aus der Publikationsliste der LAWA in Wasser-DE.....	79
Abbildung 34: Gruppenbild der Mitarbeiter des ICWRGC bei der BfG-Veranstaltung zum 50. Jubiläum des Deutschen IHP/HWRP Sekretariats.....	81
Abbildung 35: Infografik mit den Kernbotschaften des Statusberichts zu SDG-Indikator 6.3.2.....	89
Abbildung 36: Karte mit den nationalen Ergebnissen des SDG-Indikators 6.3.2 aus 120 Ländern .....	91
Abbildung 37: Karte der Messstellen in der GEMStat-Datenbank .....	92
Abbildung 38: Babenhausen an der bayerischen Günz im Juni 2024 .....	95
Abbildung 39: Produktbeispiel des DGM-W Elbe, Wehr Geesthacht (Elbe-km 587).....	98
Abbildung 40: Probenahme- und Reinigungsaurüstung im UPB Projekt Schwebstoffe .....	100
Abbildung 41: Präsentation der UPB Schwebstoffprobenahme und weiterer Probenahmetechniken .....	101
Abbildung 42: Darstellung der Inhalte in NIWIS.....	103
Abbildung 43: Niedrigwasser-Klassen für NIWIS .....	104
Abbildung 44: Die für NIWIS konzipierte saisonbezogene Niedrigwasser-Klassifikation im Jahr 2022.....	105
Abbildung 45: Das NTS Portal ermöglicht Umweltämtern und zukünftig weiteren Stakeholder des Wasserwirtschaftssektors einen schnellen Zugriff auf Informationen zum Vorkommen organischer Spurenstoffe (NTS- Daten) in Fließgewässern .....	107

**Bundesanstalt für Gewässerkunde**

Am Mainzer Tor 1  
56068 Koblenz

Telefon: +49 261 1306-0  
E-Mail: [posteingang@bafg.de](mailto:posteingang@bafg.de)  
[www.bafg.de](http://www.bafg.de)