

Bericht

Beratungs- und FuE-Leistungen der BfG für das BMUV 2023/2024

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

30.01.2024

BfG-2164



BfG Bundesanstalt für
Gewässerkunde



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

Bericht

Beratungs- und FuE-Leistungen der BfG für das BMUV 2023/2024

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

Kurztitel	Beratungs- und FuE-Leistungen der BfG für das BMUV 2023/2024
------------------	--

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@bmu.bund.de
Internet	http://www.bmu.de

BfG-Nummer	BfG-2164
-------------------	----------

DOI	10.5675/BfG-2164
------------	-------------------------

Impressum

Herausgeber Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor
56068 Koblenz

Telefon +49 261 1306-0
Telefax +49 261 1306-5302

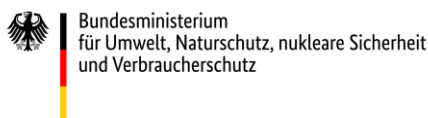
E-Mail posteingang@bafg.de
Internet www.bafg.de

Zitiervorschlag Bundesanstalt für Gewässerkunde (2024): Beratungs- und FuE-Leistungen der BfG für das BMUV 2023/2024 – Unterstützung des BMUV bei dessen Aufgabenwahrnehmung im Bereich Wasserwirtschaft einschließlich grenzüberschreitender und internationaler Zusammenarbeit. Bericht BfG-2164, Koblenz, 86 S. DOI: 10.5675/BfG-2164.

Bildnachweis Titelseite Niedrigwasser an der Lahn bei Koblenz im Juli 2023. Foto: P. Wagner, BfG

Erstellt im Rahmen der Verwaltungsvereinbarung

zwischen dem



und dem



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

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Inhaltsverzeichnis	5
Vorwort des BMUV	6
Vorwort der BfG	7
Ziele des BMUV-Maßnahmenprogramms	8
101 Messstationen zur Gewässergüte	11
102 Weitergehende Bewertung von Gewässergütedaten	14
103 Organische Schadstoffe	17
104 Biodiversität großer Fließgewässer und Auen	22
105 Schadstoffe vom Fluss ins Meer	27
106 Bioakkumulation und Bioverfügbarkeit	33
107 Gewässerverträglichkeit chemischer Stoffe und technischer Produkte	36
108 Ökologisches Monitoring an Strömen	40
109 Allgemeine und spezielle Ökotoxikologie	43
110 Betreuung und Wartung des Alarmmodells Elbe	46
111 Flussgebietsspezifische Schadstoffwirkungen	50
112 Schadstoffe in Flüssen – Prozesse und Modellierung	54
113 Grundlagen wasserwirtschaftlicher Planungen	58
114 Allgemeiner Wasserhaushalt	61
201 Berichtsportal WasserBLiCK	64
301 Das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel (ICWRGC)– UNESCO Kategorie 2 Zentrum und nationales Sekretariat des IHP (UNESCO) und HWRP (WMO)	66
302 Das GEMS/Water Datenzentrum (GWDC) im Internationalen Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel (ICWRGC)	72
401 Beratungs- und Modellierungsdienst NHWSP/ eNHWSP	76
501 Umweltprobenbank-Schwebstoffe	82
601 Niedrigwasserinformationssystem	84
Abbildungsverzeichnis	88
Tabellenverzeichnis	89

Vorwort des BMUV

Für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) gratuliere ich der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) zu ihrem 75jährigen Bestehen. Die BfG ist für das BMUV seit vielen Jahren eine wichtige Kooperationspartnerin im Bereich der Gewässerbewirtschaftung. Wir bauen auf ihre Fachexpertise bei der Bearbeitung wasserwirtschaftlicher Fragestellungen, von der Ermittlung und Bewertung stofflicher Belastungen über die Entwicklung biologischer Bewertungsverfahren für den Gewässerzustand bis zur Prüfung alternativer wasserbaulicher Lösungen im Hinblick auf ihre ökologischen Auswirkungen.

Ich möchte einige Projekte exemplarisch herausgreifen, die auch in diesem Bericht dargestellt werden. Die BfG unterstützt uns in Form des Beratungs- und Modellierungsdienstes für die Wirksamkeit von Maßnahmen im Nationalen Hochwasserschutzprogramm. Das ist wichtig, um die Effekte des Einsatzes von Bundesmitteln zu belegen. In enger Zusammenarbeit und Abstimmung mit den Ländern wurden dabei gemeinsame Modellsysteme für die Flussgebiete aufgebaut, ein bundesweit einheitlicher Untersuchungsansatz entwickelt und vergleichbare Wirkungsanalysen parallel in den drei größten deutschen Flussgebieten Donau, Elbe und Rhein durchgeführt.

Die vergangenen Sommer waren von langanhaltenden Trocken- und Hitzeperioden geprägt und haben uns deutlich vor Augen geführt: Nicht nur zu viel Wasser, sondern auch zu wenig Wasser stellt die Wasserwirtschaft vor wachsende Herausforderungen. Um uns dafür noch besser zu rüsten, baut die BfG derzeit im Auftrag des BMUV und der Länder ein bundesweites einheitliches Niedrigwasserinformationssystem (NIWIS) auf. Ab 2025 soll dieses eine fundierte Bewertung aktueller Niedrigwassersituationen ermöglichen. Dies ist möglich aufgrund der Einbindung zahlreicher Messstellen von Bund und Ländern an Flüssen und im Grundwasser, welche einen räumlichen Überblick und die zeitliche Einordnung von Niedrigwasserereignissen ermöglichen. Besonders hervorheben möchte ich, dass die Zielgruppe von NIWIS nicht nur Fachleute sind, sondern auch Bürgerinnen und Bürger mit Interesse am Thema Niedrigwasser.

Ich möchte auch nicht versäumen, den WasserBLiCK zu erwähnen, mit dem unter anderem die Berichterstattung zur Umsetzung der EU-Wasserrichtlinien an die EU-Kommission gemanagt wird. Dass sich diese Plattform so gut und vertrauensvoll entwickeln konnte, ist auch ein Verdienst der BfG.

Abschließend möchte ich das Non-Target-Screening (NTS) ansprechen. Hier war und ist die BfG national wie international führend. Dieses Screening hat sich bei den Analysen im Rahmen der Oderkatastrophe im Sommer 2022 bewährt. Das BMUV unterstützt ausdrücklich den Aufbau und Betrieb des NTS-Datenportals als neues Managementinstrument der chemischen Gewässerüberwachung.

Die BfG liefert uns mit ihren vielfältigen Aktivitäten bei der Reaktion auf die planetare Dreifachkrise (Klimakrise, Verschmutzungskrise und Verlust der Artenvielfalt) eine zentrale Unterstützung. Ich freue mich daher auf die Fortsetzung unserer erfolgreichen Zusammenarbeit!



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

Quelle: Rupert Oberhäuser

Vorwort der BfG

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) hat seit ihrem Bestehen vor 75 Jahren ein interministerielles Mandat und ist seit der Gründung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) umfangreich für das BMUV tätig. Als Bundeseinrichtung mit Forschungs- und Entwicklungsaufgaben im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) leisten die BfG wissenschaftliche Arbeit und angewandte Forschung in den Bereichen Hydrologie, Gewässernutzung, Gewässerbeschaffenheit, Ökologie und Gewässerschutz. Die BfG unterstützt dabei das BMUV in seiner Aufgabenwahrnehmung im Bereich Wasserwirtschaft, einschließlich grenzüberschreitender und internationaler Zusammenarbeit.

Den diesjährigen BfG-Bericht zu den Beratungs- und FuE-Leistungen für das BMUV präsentieren wir Ihnen im neuen Erscheinungsbild, da sich das Corporate Design der BfG geändert hat. An den Inhalten unserer Aufgaben hat sich jedoch nichts geändert. In verschiedenen Themenbereichen erarbeiten wir Lösungen, um das BMUV zielgerichtet in Bezug auf eine nachhaltige, ökologische Entwicklung der großen Flüsse und deren Einzugsgebiete zu beraten.

Neben dem vorliegenden Bericht stellen wir im Rahmen eines jährlich stattfindenden BMUV-Sprechtags die aktuellen Ergebnisse und Erkenntnisse des Maßnahmenprogramms vor und diskutieren die zukünftigen Herausforderungen in den Bereichen Wasserwirtschaft und grenzüberschreitender internationaler Zusammenarbeit.

Im Mittelpunkt des diesjährigen BMUV-Sprechtags stand die im Jahr 2023 erschienene Nationale Wasserstrategie (NWS). Innerhalb der zweitägigen Sitzung wurde erörtert, mit welchen Maßnahmen und weiteren Forschungs- und Entwicklungsprojekten die BfG das BMUV bei der Zielerreichung der NWS unterstützen kann. So tragen beispielsweise die BMUV-Maßnahmen 113 und 114 zur Erreichung der Ziele der NWS-Aktion 1: „Prognosefähigkeit der Wasserhaushaltsanalysen verbessern“ bei; die Maßnahmen 103 und 105 sowie das NTS-Portal „Non-Target-Screening für die Umweltüberwachung der Zukunft“ leisten einen wesentlichen Beitrag zur Aktion 25: „Spurenstoffdialog fortführen und inhaltlich weiterentwickeln“. Auch zukünftig wird die BfG das BMUV bei der Zielerreichung der NWS mit eigenen FuE-Arbeiten nach besten Kräften unterstützen. 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) oder die Agenda 2030.

Das BMUV-Maßnahmenprogramm enthält derzeit sechs 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 Extremereignisse 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 diffuse 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 Biozöten 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 Verstärkung der Maßnahme Berichtsportal WasserBLiCK gehalten werden.

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

- a) UNESCO Kategorie 2 Zentrum und IHP/HWRP
 - Förderung internationaler Zusammenarbeit durch Organisation und Durchführung interinstitutioneller und multinationaler Forschung und Entwicklung
 - Mitwirkung an und Zusammenarbeit mit den Wasserprogrammen von UNESCO und WMO
 - Abschätzung der Auswirkung des globalen Wandels und Entwicklung von Anpassungsstrategien
 - Bereitstellung einer Referenz für hydrologische Daten
 - Monitoring und Analysen der Weltwasserbilanz und der Wasserqualität
 - Unterstützung der Umsetzung der wasserrelevanten Ziele der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung (SDG's, Agenda 2030)
 - Unterstützung von nationalen und internationalen operationellen hydrologischen Diensten
 - Mitwirkung in internationalen Netzwerken zum Thema Wasser
 - Aus- und Fortbildung.
- b) Global Environment Monitoring System Water (GEMS Water)
 - Betrieb, Pflege und Weiterentwicklung der Datenbank GEMStat sowie des zugehörigen webbasierten Informationssystems.
 - Entwicklung und Durchführung von Trainingsmaßnahmen insbesondere für die zuständigen Stellen in den GEMS/Water angeschlossenen Staaten hinsichtlich der von ihnen im Zusammenhang mit GEMStat wahrzunehmenden Aufgaben sowie hinsichtlich der Nutzung von GEMStat und des dazugehörigen Informationssystems.
 - Unterstützung der Umsetzung der wasserrelevanten Ziele der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung durch Mitarbeit an den Arbeiten auf VN-Ebene an einem indikatorenbasierten Monitoringsystem für Wasser

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 kann 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.

101 Messstationen zur Gewässergüte

Die Erfassung des Gewässerzustandes mit adäquater zeitlicher Auflösung ist die Voraussetzung für die Bestimmung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen, um daraus Maßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes abzuleiten.

Die analytische Forschung ist die Basis für das gewässerchemische Online-Monitoring. Gewässeranalytische Fragestellungen und das Monitoring zur Wasserbeschaffenheit werden in diesem und weiteren Projekten zusammengeführt. Die Grundlage stellt der Betrieb der beiden Messstationen Koblenz/Rhein und Koblenz/Mosel dar. Zusätzlich wurde im August 2022 eine Forschungsplattform zur Erprobung zukunftsweisender Techniken in Betrieb genommen. Darüber hinaus bestehen bundesweit Kooperationen mit Landesbehörden für gewässerchemische Fragestellungen.



Abbildung 1: Test von automatisierten Messsystemen
Quelle: M. Hils, BfG

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. Dies gilt für Online- und Laborverfahren.
- Zum Ausbau der eingesetzten Messverfahren (Robustheitsprüfung, Verringerung der Ausfallzeiten, Erweiterung des Spektrums, Verlängerung der Wartungsintervalle).
- Zur Etablierung neuer Messstrategien unter Anwendung automatisierter oder teil-automatisierter Systeme.



Abbildung 2: Test von automatisierten Messsystemen.
Quelle: M. Hils, BfG

Ziele

Mittelfristige strategische Ziele:

- Verbesserung der Repräsentativität der erhobenen Daten
- Verbesserung der Richtigkeit und Präzision der Messwerte
- Nutzung und Entwicklung des vorhandenen Messnetzes
- Erweiterung der Zusammenarbeit mit den Bundesländern auf den Gebieten automatisierter Messstationen und dem Datenaustausch
- Überführen von Offline-Konzepten in Online-Verfahren
- Forschung und Entwicklung im Bereich Monitoring

Ergebnisse

- Betrieb und Weiterentwicklung der Messstationen Ko/Rh und Ko/Mo für nationale und internationale Messprogramme sowie für die Überblicksüberwachung im Rahmen der EU-WRRL
- Unterstützung der Messaktivitäten verschiedener Bundesländer, z. B. durch das Vervollständigen von Datensätzen
- Erarbeiten von robusten Verfahren zur Multielementanalytik im Monitoring
- Weiterentwicklung der neuen Datenbank zur Plausibilisierung, Qualitätssicherung und Datenbereitstellung
- Betrieb einer experimentellen Gewässermonitoringplattform
- Qualitativer Vergleich unterschiedlicher Schwebstoffsammler, Erarbeitung eines Vorschlags zur besten Praxis
- Anschaffung und Test von UV-LEDs, welche auch durch die Desinfektionsvorgaben während der Corona-Pandemie einen Entwicklungsschub erhalten haben
- Anbindung der Gewässergütemessstellen mit Modbus und TCP/IP. Ende der analogen Datenübertragung und Ermöglichung der direkten Fernwartung
- Umstellung der Datenübertragung von zyklisch auf Echtzeit
- Entwicklung von Modbus-Servern für verschiedenste Messgeräte in der offenen Programmiersprache Python
- Standardmäßiger Einsatz von Spektralsonden, welche wichtige Informationen zu Nitratkonzentrationen und SAK-Werte liefern

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Fortführen laufender Aktivitäten (siehe oben)
- Konkrete Abstimmung zu Datenhaltungs- und Datenweitergabe-Konzepten mit den beteiligten Staaten und Bundesländern (z. B., M2M (machine to machine communication))
- Weiterentwicklung von Konzepten zur zeitnahen Gewässercharakterisierung
- Testen von neuen Messkonzepten in der Oberflächenmesstechnik z. B. Surface Plasmon Resonance
- Erhebung, Bearbeitung und Weitergabe der Daten für Koblenz/Mosel und Koblenz/Rhein
- Einfache und automatisierte Bereitstellung der Daten für ein breites Nutzerpublikum

Verwertung der Ergebnisse

Neben dem BMUV wird intensiv mit den Internationalen Kommissionen zum Schutz des Rheins, der Elbe und von 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).

Beispiele: Bearbeitung von Anfragen verschiedener Institutionen zur Datenlieferung aus unseren Datenbanken und Messstationen u. a. EAWAG, UBA und verschiedene (internationale) Universitäten und Hochschulen. Bereitstellung von Algendaten intern und extern aus der Station Koblenz/Mosel. Unterstützung des Alarmplans Donau durch die Bereitstellung von Sauerstoff- und Temperaturdaten.

Ansprechperson der BfG Dr. Alexander Zavarsky

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

102 Weitergehende Bewertung von Gewässer-gütedaten

Analyse, Datentransport, Auswertung und Bewertung von Wasserbeschaffenheitskenngrößen sind die Voraussetzung für die erfolgreiche langfristige Umsetzung von Monitoringprogrammen und den abzuleitenden Maßnahmen.

Das Projekt befasst sich, neben Routineleistungen, mit der Weiterentwicklung gewässerchemischer Auswerte-, Datentransport-, Datenhaltungs- und Bereitstellungsmethoden. Das Projekt ist eng mit BMUV-Maßnahme 101 „Messstationen zur Gewässergüte“, den beteiligten Schutzkommissionen sowie den Flussgebietsgemeinschaften verknüpft.



Abbildung 3: Internetauftritt, Zahlentafeln der IKSR

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 zeitnaher Beantwortung gesellschaftsrelevanter Fragen besonders deutlich. Als Routineleistung wird durch das Projekt unter anderem die Datenbank für das IKSR-Rheinmessprogramm „Chemie“ sowie die Plattform Undine vorgehalten und für die Berichte ausgewertet.

Ziele

- Erweiterung der Datenbasis Fließgewässerprogramme Chemie
- Anpassung der Maßnahmenswerpunkte an aktuelle Fragestellungen aus BMUV, UBA, Flussgebietsgemeinschaften (FGGen), internationalen Flussgebietskommissionen und der LAWA
- Konsolidierung und Erweiterung der fachlichen Basis durch Bearbeitung von thematisch verwandten Projekten des UBA
- Erarbeiten, testen und implementieren von Konzepten zur zeitgemäßen Verarbeitung und Bereitstellung von Daten
- Erarbeiten von Konzepten zur Aufnahme, Verarbeitung und Bewertung von Online-/Atline-Daten in annähernder Echtzeit
- Etablierung von Arbeitsabläufen für Micromin-Auswertungen im Rahmen der Initiative „Rhein 2040“ der IKSR

Ergebnisse

- Verarbeitung der Daten für das Messjahr 2021
- Eingang und Verwaltung der Daten für das Messjahr 2022
- Veröffentlichung des Fachberichts Nr. 293 Bewertung und Entwicklung der Rheinwasserqualität 2019–2020
- Gründung einer Kleingruppe zur Datenauswertung im Rahmen der Micromin-Aktivitäten mittels Trendanalyst
- Ausgabe des überarbeiteten Rheinmessprogramm Chemie mit verpflichtender Gültigkeit ab dem Messjahr 2024
- Beantwortung zahlreicher Anfragen aus der Öffentlichkeit
- Weiterentwicklung der Informationsplattform Undine:
 - Aktualisierung der Portraits der langjährigen stofflichen Entwicklung im Rheingebiet für die FGG Rhein
 - Aktualisierung von Pegelseiten und Messstationsseiten
 - Ergänzung von Extremereignisbeschreibungen zur Elbe: Niedrigwasser 1921, 2015, 2018 und 2019.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Anbindung des Internetauftritts in Form der Zahlentafeln an das neue Datenbanksystem und Überarbeitung des Auftritts
- Untersuchungen und Auswertungen zu langjährigen Trends der Schadstoffkonzentrationen im Rahmen der Micromin-Aufgaben
- Technische und inhaltliche Aktualisierung der Internetpräsentation "Informationsplattform Undine"
- Erhebung, Bearbeitung und Bereitstellung der Monitoringdaten
- Vorbereitung des neu konzipierten Berichts zur Rheinwasserqualität zusammen mit den Auswertungen der Micromin-Aufgaben
- Neukonzeption der Online-Datenbereitstellung für Dritte

Verwertung der Ergebnisse

BMUV, UBA, internationale Flussgebietskommissionen, Flussgebietsgemeinschaften sowie die Landesumweltämter sind Nutzer der Leistungen. Die Online-Zahlentafeln der IKSR 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.

Ansprechperson der BfG
Dr. Lars Düster

Referat G4 Radiologie und Gewässermonitoring
Tel.: +49 (0)261 1306 5275
E-Mail: duester@bafg.de

103 Organische Schadstoffe

Aktuelle Untersuchungen zur Belastung von Schwebstoffen und Sedimenten mit organischen Schadstoffen in grenzüberschreitenden Gewässern

Das Projekt „Organische Schadstoffe“ erarbeitet die Grundlagen zur Bewertung des Verhaltens und des Vorkommens von Schadstoffen in Gewässern. Schwerpunktmäßig wird das Verhalten der Schadstoffe in Bezug auf Sorption und Abbau in Wasser-Sediment-Systemen aufgeklärt.

Mit Hilfe eines derartigen Prozessverständnisses kann der Verbleib ausgewählter Stoffe (Abbau, Sorption, Transport etc.) abgeschätzt werden. Zudem werden hochmoderne Analyseverfahren etabliert und damit die Belastung grenzüberschreitender Gewässer sowohl mit regulierten als auch mit sogenannten neuartigen organischen Schad-/Spurenstoffen untersucht. Seit einigen Jahren werden mit Hilfe von Non-Target-Verfahren auch verstärkt bisher unbekannte Stoffe als Gewässerkontaminanten identifiziert und hinsichtlich ihres Vorkommens und Umweltverhaltens untersucht.



Abbildung 4: Mosel bei Koblenz-Gondorf

Quelle: P. Schweyen, BfG

Veranlassung

Die Belastung oberirdischer Gewässer mit verschiedensten Umweltchemikalien wird aktuell und in Zukunft weitgehend nach den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) beurteilt. Neben diesen Schadstoffen werden zunehmend neue Schad-/Spurenstoffe wie Pharmaka oder perfluorierte Verbindungen in Fließgewässern, Grundwasser und Trinkwasser detektiert. In der Europäischen Union wurden bis zum 31.10.2021 mehr als 22.000 chemische Substanzen im Rahmen von REACH registriert. Hinzu kommen zahlreiche biologisch aktive Substanzen wie Arzneistoffe, Biozide und Pestizide, die im Rahmen anderer Verordnungen registriert sind, oder Chemikalien, die jährlich in Mengen von weniger als einer Tonne hergestellt oder importiert werden. Aufgrund der großen Anzahl an Stoffen befinden sich darunter auch viele Substanzen, deren Eintragsquellen und Umweltverhalten bisher noch weitgehend unbekannt sind.

Ziele

- Identifizierung, Nachweis und Beschreibung des Verhaltens (Abbau, Sorption, Remobilisierung) „neuartiger Schadstoffe“ in deutschen Fließgewässern
- Identifizierung von Eintragsquellen und Erarbeitung von Konzepten zur Minimierung der Fließgewässerbelastungen
- Untersuchung der Relevanz von Transformationsprodukten und deren Beitrag zur Gesamtstoffbelastung in deutschen Fließgewässern
- Untersuchung der Bedeutung von Kläranlagen für den Eintrag prioritärer Stoffe in deutsche Fließgewässer
- Optimierung/Entwicklung biologischer Kläranlagenverfahren zum Abbau organischer Schadstoffe

Ergebnisse

Neu identifizierte organische Spurenstoffe – Aktuelle Ergebnisse des Non-Target-Screenings

Im Rahmen eines vom Umweltbundesamt geförderten Projekts wurde in den letzten Jahren eine Datenbank entwickelt, welche bisher bereits Daten des Non-Target-Screenings (NTS) von 308 Wasser- und 15 Schwebstoff-Probenahmeorten aus verschiedenen deutschen Flüssen enthält. Hier wurden auch sämtliche NTS-Daten der im Rahmen dieser BMUV-Maßnahme seit 2017 analysierten Tagesmischproben der Messtelle Koblenz (Rhein) eingepflegt. Parallel wurde eine Spektrenbibliothek an der BfG aufgebaut, die mittlerweile fast 1500 organische Spurenstoffe enthält und auch Bund-Länder-übergreifend erweitert und genutzt wird. Im Rahmen der BMUV-Maßnahme wurden im letzten Jahr mit Hilfe dieser Spektrenbibliothek 32 Substanzen in den NTS-Daten der NTS-Datenbank neu identifiziert (Tabelle 1). Das heißt, 32 sogenannten Features (Datenpunkte bestehend aus Masse zu Ladungsverhältnis, Retentionszeit und Intensität) in der Datenbank konnte erstmalig auch eine Substanz zugeordnet werden. Insgesamt waren im letzten Jahr für 713 der aktuell in der Spektrenbibliothek enthaltenen Substanzen Positivbefunde zu verzeichnen.

Von den neu identifizierten Substanzen sei hier die Substanz Bis[(5-ethyl-2-methyl-1,3,2-dioxaphosphorinan-5-yl)methyl] methyl phosphonate P,P'-dioxide, kurz „P-Org 449“ (Abbildung 5) hervorgehoben, da deren Intensitätsverlauf im Rhein (Messstation Koblenz) auf substantielle industrielle Einleitungen hindeuten (deutliche Intensitätspeaks, die in keinem Zusammenhang mit Einleitungen aus Kläranlagen stehen, siehe Intensitätsverlauf des Abwasserindikators Carbamazepin). P-Org 449 ist ein Flammenschutzmittel aus der Gruppe der Phosphorsäureester und unter REACH als Substanz mit unbekannter oder variabler chemischer Zusammensetzung (UVCB-Stoff) eingetragen. Daher sind auch noch andere, unbekannte Nebenprodukte mit gleichem Einleitungsprofil zu erwarten. Dies soll deshalb zukünftig weiter untersucht werden.

Weitere im Rhein identifizierte Industriechemikalien sind Isopropyl diphenyl phosphate, ebenfalls ein Flammenschutzmittel aus der Gruppe der Phosphorsäureester, sowie 3-[(4-Chlorobenzoyl)Amino] propanoic acid, welches in der chemischen Synthese Anwendung findet.

Bemerkenswert ist auch die sporadische Detektion von Flutamide, ein Zytostatikum, das zur Behandlung von Prostatakrebs eingesetzt wird. Der Verlauf der Intensität deutet darauf hin, dass für diesen Arzneistoff in dem untersuchten Zeitraum ebenfalls substantielle industrielle Einleitungen in den Rhein erfolgt sind.

Diese Substanzen sollten daher im Rhein weiter beobachtet, die Konzentrationen bestimmt und hinsichtlich ihrer (öko-)toxikologischen Relevanz bewertet werden.

Tabelle 1: In der NTS-Datenbank der BfG neu identifizierte Substanzen in Schwebstoff- und/oder Wasserproben

Englischer Substanzname	CAS Nummer	Anzahl der Befunde
1,4-Dihydroxyanthraquinone	81-64-1	54
2-[(Dimethylamino)methyl]benzonitrile	53369-76-9	1412
2-Aminobenzothiazole	136-95-8	49
2-Amino-n-isopropylbenzamide	30391-89-0	718
3,3'-Dimethoxybenzidine	119-90-4	77
3,6,9-Trioxaundecanedioic acid	13887-98-4	223
3-[(4-Chlorobenzoyl)Amino] propanoic acid	440341-75-3	11
3-Phenylpyridine	1008-88-4	340
Bis[(5-ethyl-2-methyl-1,3,2-dioxaphosphorinan-5-yl)methyl] methyl phosphonate P,P'-dioxide	42595-45-9	680
Cocamidopropyl betaine	05.10.5437	809
Crotamiton	483-63-6	45
Cytidine	65-46-3	444
Decyl hydrogen phthalate	24539-60-4	1098
Dexpanthenol	81-13-0	2598
Ethyl 4-dimethylaminobenzoate	10287-53-3	140
Flutamide	13311-84-7	43
Hexa(methoxymethyl)melamine	3089-11-0	3376
Hydroquinone	123-31-9	10
Isopropyl diphenyl phosphate	60763-39-5	61
Metsulfuron-methyl	74223-64-6	1
m-Hydroxybenzoylecgonine	129944-99-6	21
Michler's ketone	90-94-8	608
N-Ethylcyclohexylamine	5459-93-8	826
Nicosulfuron	111991-09-4	136
Pantothenic acid	79-83-4	1071
Proquinazid	189278-12-4	13
Quinoline	91-22-5	1069
Rhodamine B base	509-34-2	1310
Salicylamide	65-45-2	1918
Spirodiclofen-enol	148476-22-6	38
Tetrahydroharman-3-carboxylic acid	5470-37-1	37
Triisopropanolamine	122-20-3	3480

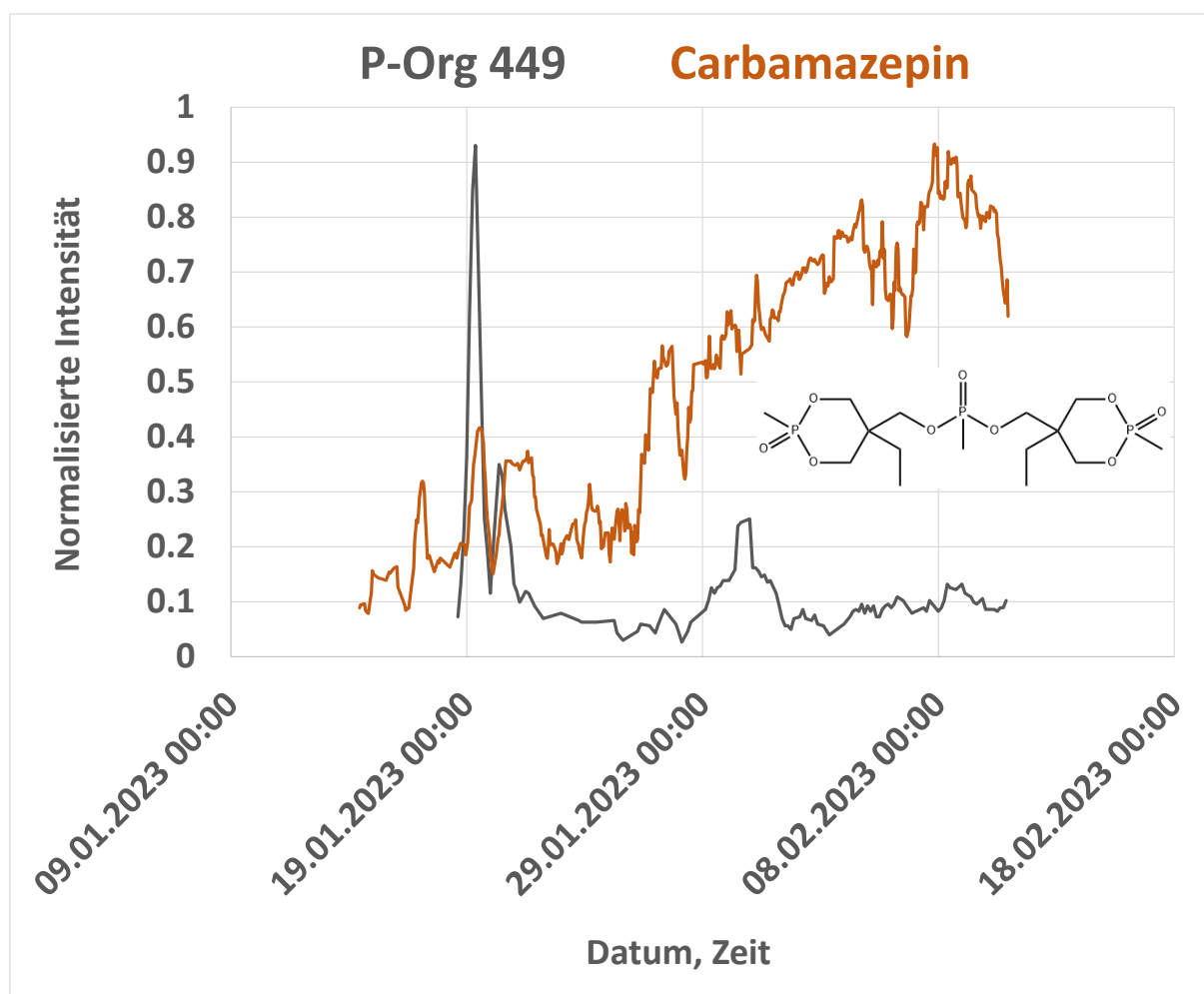


Abbildung 5: Zeitprofil der Kläranlageneinleitungen von Bis[(5-ethyl-2-methyl-1,3,2-dioxaphosphorinan-5-yl)methyl] methyl phosphonate P,P'-dioxide („P-Org 449“, CAS 42595-45-9) und einer Indikatorsubstanz, Carbamazepin.

Biologischer Abbau von Acesulfam: Identifizierung beteiligter Bakteriengattungen und des entscheidenden Enzyms

Obwohl die biologische Abbaubarkeit von anthropogenen organischen Spurenstoffen in der Abwasserbehandlung ein intensiv erforschtes Themenfeld ist, ist über die bakteriellen Taxa und Enzyme, welche die Abbaureaktionen bewerkstelligen bzw. katalysieren noch immer wenig bekannt. Dieses Wissensdefizit limitiert derzeit auch eine gezielte Weiterentwicklung biologischer Verfahren in der Abwasserreinigung. Besonders intensiv wurde in den letzten Jahren über den Abbau des Süßstoffs Acesulfam diskutiert, da gezeigt wurde, dass ca. ab 2010 innerhalb von nur wenigen Jahren mikrobiologische Gemeinschaften in Kläranlagen verschiedener Länder weltweit die Fähigkeit entwickelt haben, Acesulfam abzubauen (Kahl et al., 2018). Studien der BfG hatten zudem gezeigt, dass Acesulfam dabei nahezu quantitativ zu Sulfaminsäure transformiert wird. Sulfaminsäure ist auch als Entkalkungsmittel bekannt und ist vergleichsweise persistent, sehr mobil und kann bis ins Trinkwasser gelangen (Freeling et al., 2020). Nun ist es durch eine innovative Kombination aus Anreicherungskulturen, Enzym-Assays, Proteinfraktionierung und Proteinanalysen mittels hochauflösender Massenspektrometrie gelungen, zwei Vertreter der Gattungen *Chelatococcus* und *Ensifer* als Acesulfam-Abbauer nachzuweisen, sowie das Enzym zu identifizieren, das die initiale Abbaureaktion katalysiert. Dabei handelt es sich um eine Metallo-Hydrolase mit Metallo- β -Lactamase-Faltung, welche die Spaltung des Sulfates von Acesulfam initiiert. Weitere Studien sollen zeigen, ob es möglich ist, durch eine Quantifizierung des Bakterien-Gens, welches dieses Enzym codiert, die Acesulfam-Abbauleistung der biologischen Reinigungsstufen von Kläranlagen vorherzusagen.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- 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
- Weiterentwicklung der MICROMIN-Messmethoden und Messung der ersten Proben (2016-2021)
- Entwicklung neuer Messmethoden zur Erfassung von bekannten und unbekannten PFAS in Sedimenten, Schwebstoffen und Wasserproben durch den sogenannten TOP Assay
- Kontinuierliches Non-Target-Screening von Proben der BfG-Messstation Rhein/Koblenz zur Identifizierung bisher unbekannter Spurenstoffe im Rhein
- Erweiterung der Spektrendatenbank zur schnellen automatischen Annotierung und Identifizierung von Spurenstoffen im Rahmen des Non-Target-Screenings
- Untersuchung der Sorption und des aeroben und anaeroben Abbauverhaltens von Schad-/Spurenstoffen
- Ableitung von Maßnahmen zur Eintragsminimierung
- Untersuchung biologischer und oxidativer Verfahren zum Abbau organischer Schadstoffe in kommunalen Kläranlagen

Verwertung der Ergebnisse

Neben dem BMUV waren in 2023 die Hauptnutzer dieses Projektes das UBA, ausgewählte Länder wie Brandenburg, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen und Rheinland-Pfalz sowie die EU, die IKSR, die DWA und die Wasserchemische Gesellschaft.

Literatur

Kahl, S., Kleinstaub, S., Nivala, J., van Afferden, M., and Reemtsma, T. (2018): Emerging Biodegradation of the Previously Persistent Artificial Sweetener Acesulfame in Biological Wastewater Treatment. *Environmental Science & Technology* 2018 52 (5), 2717-2725. DOI: 10.1021/acs.est.7b05619

Freeling, F., Scheurer, M., Sandholzer, A., Armbruster, D., Nödler, K., Schulz, M., Ternes, T. A., Wick, A. (2020): Under the radar – Exceptionally high environmental concentrations of the high production volume chemical sulfamic acid in the urban water cycle, *Water Research*, Volume 175, 2020, 115706, DOI: 10.1016/j.watres.2020.115706

Ansprechperson der BfG
Dr. Arne Wick

Referat G2 Gewässerchemie
Tel.: +49 (0)261 1306 5408
E-Mail: wick@bafg.de

104 Biodiversität großer Fließgewässer und Auen

Die Biodiversität von Flusslandschaften wird von hydromorphodynamischen Prozessen gesteuert. Diese bilden ein Habitat-Mosaik mit heterogenen hydrologischen Bedingungen und Sukzessionsstadien heraus, in denen zahlreiche Arten notwendige Lebensbedingungen vorfinden. Doch wie wirkt sich die aktuelle Situation an Bundeswasserstraßen auf die Biodiversität der Flüsse und ihrer Auen aus?

Das Projekt Biodiversität großer Fließgewässer und Auen befasst sich mit den Auswirkungen der Abflussdynamik an Bundeswasserstraßen auf ihre Biodiversität. Untersucht werden die Änderungen der Strukturvielfalt und Feuchtigkeitsbedingungen entlang des lateralen Gradienten in der Aue und die davon abhängige Änderung der Diversität der aquatischen, amphibischen und terrestrischen Fauna. Ziel der Maßnahme ist es, Wissenslücken zu schließen. Die Möglichkeiten für eine Verbesserung des ökologischen Zustands an großen Flüssen werden aufgezeigt. Dadurch wird das Erreichen ökologischer und gesetzlich festgelegter Ziele unterstützt.



Abbildung 6: Donau zwischen Straubing und Vilshofen
Quelle: R. Rombach, BfG

Veranlassung

Große Flüsse wurden in Europa und weltweit zum Wohle der Bevölkerung und zur Sicherung von Landwirtschaft, wirtschaftlicher Infrastruktur und Schiffsverkehr intensiv umgestaltet. Die Baumaßnahmen führten zu Verlusten bei den fluss- und auentypischen Strukturen, ihrer Vereinheitlichung, sowie auch zu Absenkungen der Grundwasserspiegel. Dadurch ging die Fläche geeigneter Habitate für zahlreiche lebensraumtypische Arten zurück. In der Folge sank die Biodiversität in den ursprünglich sehr artenreichen, durch hohe hydrologische Dynamik geprägten Ökosystemen. Die zugrundeliegenden natürlichen, hydromorphologischen Prozesse werden aufgrund von Baumaßnahmen signifikant unterbunden. Als Folge schreitet zum einen der Verlandungs- und Austrocknungsprozess in den meisten Auegebieten ungehindert voran und zum anderen können neue dynamische Standorte nicht mehr entstehen.

Ziel der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist es, einen guten ökologischen Zustand der Oberflächengewässer zu erreichen. Die Aue ist ein wesentlicher Bestandteil der Flusslandschaften und somit der Oberflächengewässer. Ihre Vernetzung und Heterogenität sind wichtige Voraussetzungen für zahlreiche ökosystemtypische Arten. Neben dem Fluss (das Hauptgerinne) müssen dabei auch die aquatischen, amphibischen und terrestrischen Lebensräume der Aue betrachtet werden, um einen guten ökologischen Zustand zu erreichen.

Ziele

- Untersuchung der Auswirkungen der lateralen Konnektivität auf die Struktur- und Biodiversität der Auen von Bundeswasserstraßen
- Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, von Bundesprogrammen mit Bezug zur Biodiversität großer Flüsse sowie verwandter Maßnahmen und Richtlinien
- Entwicklung eines Bewertungssystems für Flusslandschaften unter Berücksichtigung autotypischer Strukturen und Tierarten in Abhängigkeit der natürlichen Abflussdynamik
- Bewertung des ökologischen Zustands von Auen unter der Berücksichtigung der aquatischen, amphibischen und terrestrischen Organismen und deren Habitate

Ergebnisse

Die Bewertung des ökologischen Zustands von Fließgewässern erfolgt aktuell im Rahmen der WRRL anhand der Besiedlung des Hauptgerinnes. Grundlage hierfür ist bei kleinen Flüssen und Bächen die Referenzzönose aus Vergleichsgewässern. Für Bundeswasserstraßen wird die Besiedlung mit typischen Insekten des Potamals (Potamon-Typie-Index; Schöll et al. 2005) herangezogen, da Referenzzönosen für große Fließgewässer fehlen.

Der Auenzustand wird im Rahmen der WRRL nicht bewertet. Jedoch wurden bisher mehrere Bewertungsansätze entwickelt oder bereits teilweise angewandt. Die offizielle Bewertung des Auenzustands deutscher Flüsse berücksichtigt zum einen den Verlust der rezenten Aue sowie die aktuelle Nutzungsintensität der Auenflächen und der Biotopstruktur im Vergleich zur potenziell natürlichen Vegetation (Burnotte et al. 2009; Koenzen et al. 2021). Ein anderer Ansatz vergleicht die Besiedlung von Auen vor und nach der Umsetzung von Renaturierungsmaßnahmen unter Berücksichtigung von autotypischen Habitaten und Indikatorarten wie z. B. von Laufkäfern, Land- und Wassermollusken und Gefäßpflanzen (Januschke et al. 2018, 2021). Diese Verfahren konzentrieren sich weitestgehend auf terrestrische Habitate der Aue. Graf & Chovanec (2016) ziehen aquatische Lebensräume der Aue entlang des lateralen Gradienten, entsprechend Amorós et al. (1987), heran. Sie teilen Süßwassermollusken und merolimische Insekten wie Libellen und Köcherfliegen nach ihrem Vorkommen in unterschiedlichen Auengewässertypen, entsprechend ihrer Sukzessionsstadien entlang des lateralen Konnektivitätsgradienten, ein. Das Verfahren wurde von Kolychalow & Schöll (2023) im Kontext der BMUV-Maßnahme an der Donau zwischen Straubing und Vilshofen erprobt.

Im Rahmen der BMUV-Maßnahme 104 wird ein Bewertungsansatz entwickelt, der autotypische Strukturen und Habitate berücksichtigt. Entsprechende Strukturen entwickeln sich in Abhängigkeit von der natürlichen Hydromorphodynamik und Sukzession und werden über den Nachweis von Indikatorarten (Tierarten) belegt. Dabei werden sowohl aquatische, amphibische als auch terrestrische Habitate der Aue einbezogen.

Wichtige Strukturen und Habitate der Auen bilden sich in unterschiedlichen Sukzessionsstadien und in Abhängigkeit der Bodenfeuchtegehalte heraus. Dazu



Abbildung 7: Auengewässer der Donau zwischen Straubing und Vilshofen. Quelle: R. Rombach, BfG

gehören unter anderem vegetationsarme und -freie Uferzonen, Großseggenriede und Röhrichte, anthropogen geschaffenes wechselfeuchtes Grünland, Trockenstrandorte sowie Weich- und Hartholzauenwälder. Die Vegetation ist ein wichtiger strukturgebender Parameter und eine wichtige Nahrungsgrundlage für zahlreiche Tierarten: z. B. sind einige Schmetterlingsarten streng auf bestimmte Futterpflanzen spezialisiert. Amphibien wie der Laubfrosch, adulte Libellen oder Vögel benötigen terrestrische Vegetation z. B. als Sitzwarten. Bäume, Sträucher und Röhrichte etc. sind jedoch auch wichtige Nist- und Jagdhabitate für verschiedene Vogelarten und Kleinsäuger.

Auch in Auengewässern entwickeln sich in Abhängigkeit der Sukzessionsstadien Strukturen, an die Tier- und Pflanzenarten unterschiedlich stark angepasst sind. Wichtig sind hier verschiedene Substrate, emerse und submerse Vegetation, Baumwurzeln, Kolke, Flachwasserzonen oder flache Ufer. Diese Strukturen und Habitate werden von Organismen als Verstecke, als Laichplätze von Fisch und Amphibien oder als Jagdgebiete genutzt. Auch offene Böden und grabfähige Substrate können wichtige Habitate für Tierarten sein, die sich zumindest phasenweise in den Boden zurückziehen. Der ökologische Zustand der Aue kann jedoch weniger anhand der Strukturen alleine, sondern nur anhand ihrer Besiedlung mit lebensraumtypischen Organismen bewertet werden.

Als Indikatororganismen werden Tiergruppen und -arten auf Grundlage der von ihnen genutzten Strukturen und Habitate im Laufe eines Tages oder des Lebenszyklus, sowie ihrer Position im Nahrungsnetz (Räuber-Beute-Beziehung, Topprädatoren) und gegebenenfalls weiterer Funktionen im Ökosystem ausgewählt. Zu den Funktionen gehören z. B. die Bestandsregulierung anderer Arten, das Erschaffen von Strukturen (durch Ökosystem-Ingenieure) oder das Leben in Symbiose mit anderen Arten (eine Art kann ohne die andere nicht überleben). So regulieren einige Pflanzenfresser, teilweise selektiv, den Vegetationsbestand, halten durch den Pflanzenverbiss die Vegetation kurz oder schaffen stellenweise offene Bodenstellen. Der Biber legt beispielsweise neue aquatische und amphibische Habitate mit Stillwasserzonen an und vergrößert im Allgemeinen die verfügbare Wasserfläche. Zahlreiche Insekten wie Käfer, Schmetterlinge und Wildbienen übernehmen die Rolle der Pflanzenbestäuber. Parasitische Wespen regulieren den Bestand einzelner Insektenarten indem sie ihre Eier in die Wirtsorganismen ablegen usw. Darüber hinaus sind Insekten eine wichtige Nahrungsquelle für zahlreiche Vögel, Amphibien, Reptilien und Säugetiere wie Fledermäuse. Die Bedeutung einer Art steigt mit der abnehmenden Anzahl weiterer Arten, die dieselbe Funktion im Ökosystem übernehmen können.

Für die Erstellung und Entwicklung des Bewertungssystems liegen bereits zahlreiche Literaturdaten aus der Grundlagenforschung vor, die jedoch für den hier entwickelten Ansatz zusammengestellt, ausgewertet und aufbereitet werden müssen. Darüber hinaus werden die geeigneten Indikatorarten und relevante Traits identifiziert. Dieser Schritt wird derzeit umgesetzt, um das Verfahren anschließend zu testen und gegebenenfalls anzupassen.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Entwicklung und Anwendung einer Bewertungsgrundlage für die aquatische, amphibische und terrestrische Aue bzw. für Flusslandschaften auf Grundlage von autotypischen Habitaten und Tierarten
- Ableiten von Kriterien zur gezielten Förderung bestimmter Arten oder Artenmerkmale durch Anpassung der Anbindungssituation z. B. im Rahmen von Renaturierungsmaßnahmen
- Untersuchungen und Bewertungen von relevanten Tiergruppen an Bundeswasserstraßen und Auen sowie Einbettung in die übergreifenden Arbeiten der BfG zum Thema Biodiversität
- Entwicklung eines Kriterienkatalogs bzw. Empfehlungen für die Wiederanbindung von Auengewässern in Bezug auf relevante Fluss- und Auenbewohner

- Abschätzung des Einflusses von Abflussänderungen in den Bundeswasserstraßen im Zuge des Klimawandels auf die Fluss- und Auenbewohner

Verwertung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Forschungsarbeit können von Bund und Ländern für die Bewertung des ökologischen Zustands der Fließgewässer und Auen genutzt werden. Dies kommt bei der Planung von Entwicklungskonzepten und Bewirtschaftungsplänen im Rahmen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), des Gesamtkonzepts Elbe, des Bundesprogramms „Blaues Band Deutschland“ oder weiterer Renaturierungsmaßnahmen, für die gezielte Förderung bestimmter Arten und der Vernetzung von Auen mit dem Hauptstrom zugute.

Literatur

Amoros, C., Rostan, J.C., Pautou, G., Bravard, J.P. (1987): The reversible concept applied to the environment management of large river systems. - *Environmental Management* 11: 607-617

Brunotte, E., Dister, E., Günther-Diringer, D., Koenzen, U. & Mehl, D. (2009): Flussauen in Deutschland. Erfassung und Bewertung des Auenzustandes. – *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 87.

Graf, W., A. Chovanec, (2016). Entwicklung eines WRRL-konformen Bewertungssystems für Auen großer Flüsse auf Basis des Makrozoobenthos unter besonderer Berücksichtigung der Donau.-Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Umwelt und Wasserwirtschaft.

Januschke, K., Hering, D., Stammel, B., Brunzel, S., Scholz, M., Rumm, A., Sattler, J., Foeckler, F., Fischer-Bedtke, C., Makiej, A. & T. Ehlert (2021): Biozönotische Auenzustandsbewertung zur Erfolgskontrolle - Auenmagazin, Heft 20: 20-28. Magazin des Auenzentrums Neuburg a. d. Donau. ISSN 2190-7234.

Januschke, K., Jachertz, H., & Hering, D. (2018). Machbarkeitsstudie zur biozönotischen Auenzustandsbewertung. Deutschland/Bundesamt für Naturschutz. BfN Skript 484.

Koenzen, U., Kurth, A., Günther-Diringer, D. (2021). Auenzustandsbericht 2021: Flussauen in Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU).

Kolychalow O. & F. X. Schöll (2023). Evaluation of the ecological status of the river Danube and its flood-plain in Germany through implementation of the macrozoobenthos-based assessment by Graf and Chovanec (2016), Gesellschaft für Limnologie (DGL), Ergebnisse der Jahrestagung 2022 (Konstanz), Essen 2023. https://www.dgl-ev.de/cms/upload/dokumente/Publikationen/DGL-TB_Konstanz_2022_komplett_WEB.pdf#page=171

Schöll, F., Haybach, A. & B. König (2005): Das erweiterte Potamontypieverfahren zur ökologischen Bewertung von Bundeswasserstraßen (Fließgewässertypen 10 und 20: kies- und sandgeprägte Ströme, Qualitätskomponente Makrozoobenthos) nach Maßgabe der EU-Wasserrahmenrichtlinie. - *Hydrologie und Wasserwirtschaft* 49 (5): 234 – 247.

Ansprechperson der BfG
Olga Kolychalow

Referat U4 Tierökologie
Tel.: +49 (0)261 1306 5954
E-Mail: kolychalow@bafg.de

105 Schadstoffe vom Fluss ins Meer

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

In dem Projekt „Schadstoffe vom Fluss ins Meer“ werden die Grundlagen zur Bewertung des Verhaltens (Sorption, Abbau) und des Transportes von organischen und metallorganischen Schadstoffen in küstennahen und marinen Gewässern erarbeitet. Die so erzielten Ergebnisse werden in einen internationalen Kontext gestellt und im Hinblick auf die WRRL und MSRL bewertet.



Abbildung 8: Blick auf einen Priel vor dem Wattenmeer bei Ebbe mit Elbe und Cuxhaven am Horizont
Quelle: C. Kochleus, BfG

Veranlassung

Ein guter Umweltzustand von Nord- und Ostsee ist Voraussetzung zur Erfüllung der Vorgaben der EU-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) und der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). In Deutschland wird die Umsetzung gemeinschaftlich von Bund und Küstenländern im Rahmen der Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Nord- und Ostsee (BLANO) koordiniert und durchgeführt. Neben der nationalen Umsetzung der MSRL und WRRL 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. Eintrag, Verteilung, Akkumulation, Abbau und Transport von Schadstoffen spielen hierbei eine wichtige Rolle für die Abschätzung einer möglichen Gefährdung der Ökosysteme.

Ziele

- Nachweis von (neuartigen) Schadstoffen, die primär über die Flüsse in den Küstenbereich eingetragen werden
- Sorptions- und Abbauverhalten ausgewählter Schadstoffe in küstennahen Gewässern unter den dort vorherrschenden Bedingungen (Salzgehalt, Temperatur, Redoxzustand)
- Potenzial von Schadstoffen zur Bildung stabiler Transformationsprodukte (TPs) durch Mikroorganismen und Sonneneinstrahlung sowie das Vorkommen dieser TPs in küstennahen Gewässern
- Potenzial von Schadstoffen bezüglich Bioakkumulation und Biomagnifikation
- Identifizierung von Schadstoffen als Tracer für Eintragsquellen und Transportprozesse
- Identifizierung der für den Küstenbereich relevanten Eintragsquellen ausgewählter Schadstoffe

Ergebnisse

Beprobung Schleswig-Holsteiner Watt – Ergebnisse Schadstoffanalysen

Im März 2022 (berichtet im BMUV-Bericht 2022) und 2023 wurden im schleswig-holsteinischen Watt Sedimentproben mittels Greifer bzw. Spaten entnommen und auf Schad-/Spurenstoffe untersucht. Ziel der Kampagne war zu eruieren, wie und mit welchen Schad-/Spurenstoffen das Watt belastet ist bzw. wie groß der Einfluss der Tideelbe auf die Sedimentqualität der Watten ist. Das Analytspektrum umfasste „klassische“ persistente Schadstoffe wie Metall(oid)e, polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs), 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. Die Ergebnisse der Beprobung in 2022 liegen mittlerweile vor und werden im Folgenden kurz beschrieben.

„Klassische“ persistente Schadstoffe:

Generell ist davon auszugehen, dass das schleswig-holsteinische Watt, insbesondere im Elbemündungsbereich vom Schadstoffaustrag beeinflusst wird, da die Elbe schadstoffbelastete Sedimente in die Nordsee austrägt. Am Beispiel von Hexachlorbenzol (HCB) und Quecksilber (Hg) lässt sich dies in Abbildung 9 beobachten.

Mit zunehmender Entfernung zur Elbemündung nehmen die Schadstoffgehalte in der Regel ab. Bei den hier untersuchten „klassischen“ Schadstoffen handelt es sich um elbetypische Schadstoffe wie z. B. Hg, HCB, Gruppe der DDX, deren Quellen hauptsächlich im tschechischen Einzugsgebiet der Elbe oder im Binnenbereich des deutschen Einzugsgebietes liegen (Heise et al., 2007). Generell sind die Schadstoffgehalte im Vergleich zu den Sedimenten aus dem stromauf liegenden Bereich der Tideelbe auf einem niedrigen Niveau, d.h. z. T. um die Hälfte niedriger als im inneren Ästuar und unterhalb von GÜBAK-Richtwerten. Eine Beeinflussung durch Baggergutverbringungen in einen nahe gelegenen Verbringstellenbereich ist nicht erkennbar.

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 elbetypische Stoff Tetrabutylphosphonium (Bu₄P⁺), dessen spezifische Eintragsquelle in der Tideelbe liegt, und Methoxymethyltriphenylphosphonium (MeOHMetPhP⁺), der spezifisch über den Rhein eingetragen wird

(Ondruch et al., 2023). In Abbildung 10 ist zu erkennen, dass Bu4P+ in etwa die gleiche Verteilung wie Hg (siehe Abbildung 9) aufweist: im Mündungsbereich höhere Konzentrationen als weiter Richtung Norden an der Küste entlang. Allerdings ist, im Gegensatz zu den „klassischen“ Schadstoffen, im Bereich der Meldorfer Bucht wieder ein Anstieg der Gehalte im Vergleich zu den nördlichsten und den beiden westlichsten Messstellen zu beobachten. In diesem Bereich finden sich zudem auch höhere Gehalte anderer Spurenstoffe wie z. B. der rheinspezifischen Substanz MeOHMetPhP+.

Die Meldorfer Bucht gilt als Sedimentationsbereich, sodass sich dort feinkörnige, u.U. schadstoffbelastete Sedimente ablagern können. Die Ablagerung von mit rheinspezifische Substanzen belastete Partikel 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. Für das unterschiedliche Verhalten der „klassischen“ Schadstoffe und einiger der mittels Screenings detektierten neuartigen Spurenstoffe gibt es hingegen bisher noch keine Erklärung. Auf Grund der geringen Anzahl an Messstellen in und am Rand der Meldorfer Bucht ist eine eindeutige Interpretation der Daten sehr schwierig. Durch die Analyse und Auswertung der Proben aus der zweiten Probenahmekampagne soll nun geklärt werden, ob hier tatsächlich eine spezifische Anreicherung dieser Stoffe vorliegt und welchen Einfluss diesbezüglich die Korngrößenverteilung und der Gehalt an organischem Kohlenstoff spielen. Die Analyse der Proben befindet sich zurzeit in Bearbeitung.

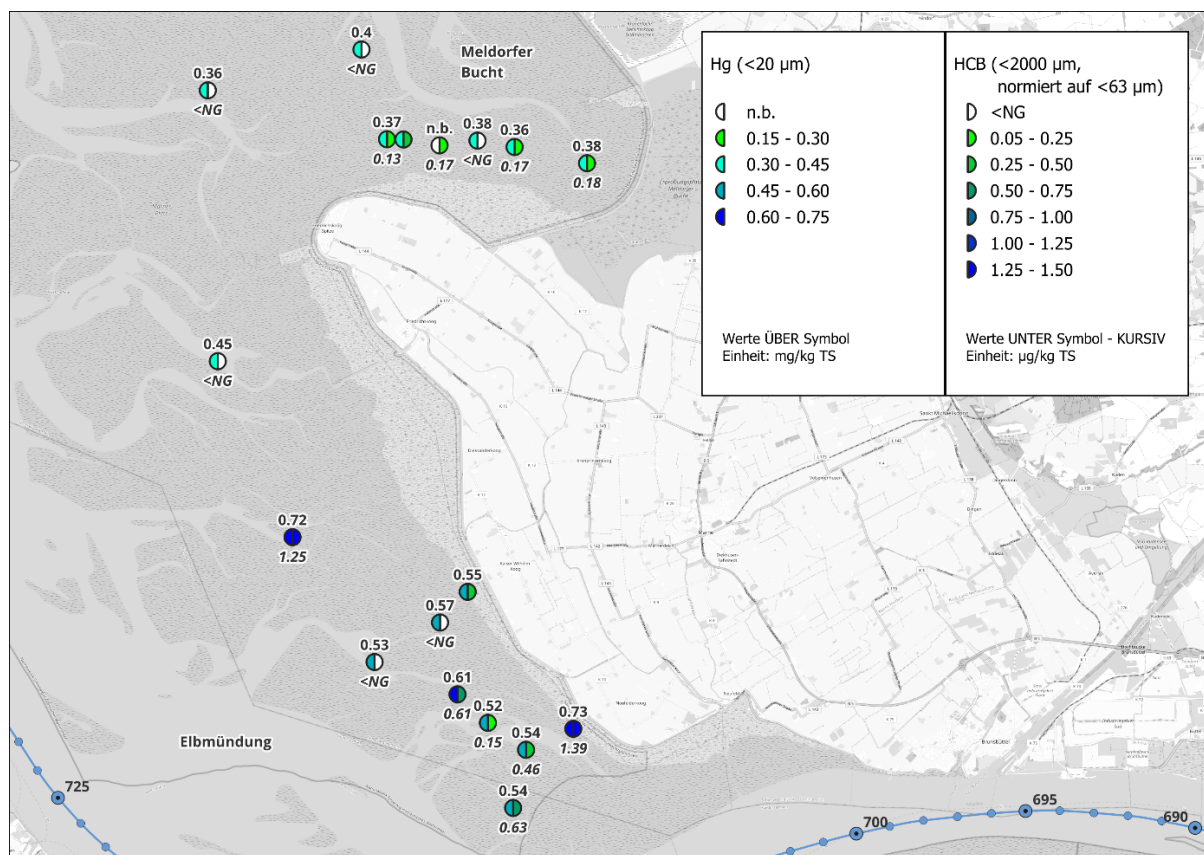


Abbildung 9: Verteilung der Schadstoffgehalte entlang der schleswig-holsteinischen Küste anhand der Beispiele Quecksilber (Hg, linker Halbkreis, gemessen in der <20 µm Fraktion) und Hexachlorbenzol (HCB, rechter Halbkreis, gemessen in der <2.000 µm Fraktion und normiert auf <63 µm). Durch die Normierung liegen einzelne Bestimmungsgrenzen (BG) über den in anderen Proben oberhalb der BG liegenden Werten.

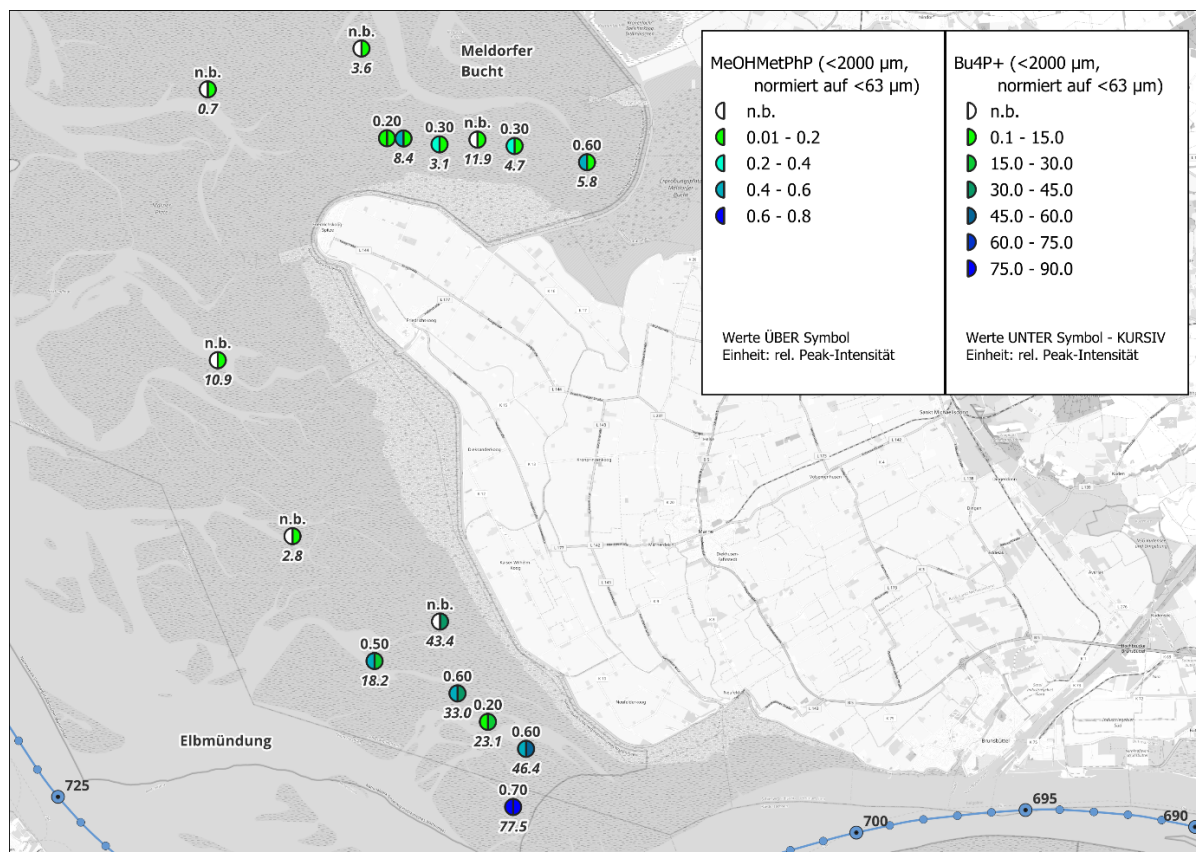


Abbildung 10: Verteilung der Spurenstoffgehalte als relative Peak-Intensität von Methoxymethyltriphenylphosphonium (linker Halbkreis) und Tetrabutylphosphonium (rechter Halbkreis) jeweils gemessen in der <2.000 µm Fraktion und normiert auf <63 µm, n.b.: nicht bestimmbar.

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, Blutproben entnommen und besendet. 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 in Bezug zu den mit Hilfe der Sender aufgezeichneten Bewegungsprofilen oder den ebenfalls erfassten klinischen Parametern stehen, wird aktuell im Rahmen weitergehender statistischer Analyse der Daten untersucht.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Nachweis und Quantifizierung von organischen Schad-/Spurenstoffen, die primär über Binnenwasserstraßen eingetragen werden
- Weiterführende vertiefende Analysen zum Vorkommen von quartären Phosphonium- und Ammoniumverbindungen sowie weiterer neuartiger Spurenstoffe in Sedimenten/Schwebstoffen und ihrer Akkumulation in marinen Organismen
- 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 Abhängigkeit der Sorption von Partikeleigenschaften und Salzgehalten
- Analytische Qualitätssicherung, Teilnahme an Ringversuchen

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, ausgewählte Länder wie Schleswig-Holstein, Hamburg, Bremen, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern sowie das UBA.

Literatur

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, 10.1016/j.chemosphere.2009.03.053

Heise S, Krüger F, Baborowski M, Stachel B, Götz R, Förstner U (2007): Bewertung der Risiken durch Feststoffgebundene Schadstoffe im Elbeinzugsgebiet. 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.

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, 10.1016/j.marpolbul.2010.07.011

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, 10.1016/j.marpolbul.2023.115427

Ansprechperson der BfG
Dr. Michael Schlüsener

Referat G2 Gewässerchemie
Tel.: +49 (0)261 1306 5930
E-Mail: schluesener@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? Sind sie für Organismen verfügbar und können sie von Wasserorganismen aufgenommen werden?

Viele Umweltschadstoffe können von Lebewesen aufgenommen und angereichert werden. Die Bioakkumulation, die Anreicherung einer Substanz in einem Organismus im Verhältnis zu ihrer Konzentration in der Umwelt, kann zu chronischen Schäden führen. Nicht alle in der Umwelt vorkommenden Chemikalien sind jedoch für Organismen verfügbar, da sie beispielsweise stark gebunden vorliegen. In dieser Maßnahme werden die Bioverfügbarkeit und die Anreicherung von Schadstoffen (Bioakkumulation) untersucht.

Veranlassung

Rückstandsanalytische Untersuchungen in Organismen (Biota) werden häufig angewandt, um die Gewässerqualität zu bewerten. So wurden in der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) für einige persistente organische Stoffe und Schwermetalle Grenzwerte (Umweltqualitätsnormen) in Fischen und wirbellosen Tieren festgelegt, die regelmäßig überwacht werden müssen. Als eine Alternative zu häufig schwer vergleichbaren Biota-Untersuchungen wird international die Anwendung sog. Passivsammler untersucht, die Schadstoffe in einer Referenzphase, z. B. in einem Polymer, anreichern. Anders als mit vielen konventionellen Techniken werden mit Passivsammlern die über die Wasserphase aufnehmbaren, also bioverfügbaren Konzentrationen gemessen, die eine realistischere Risikobewertung der vorkommenden Stoffe ermöglichen.



Abbildung 11: Nematoden (*Caenorhabditis elegans*), beliebte Testorganismen für chronische Toxizitätstests, die auch für Bioakkumulationsstudien genutzt werden.
(Quelle: S. Hoess, Firma ecossa)

Ziele

- Schaffung von Grundlagen für die Konzeption von Monitoringmaßnahmen gemäß nationaler und europäischer (WRRL, MSRL) Gesetzgebung
- 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

Passives Dosieren mit Nematoden

Bei der Bestimmung des Bioakkumulationspotenzials hydrophober organischer Schadstoffe in aquatischen Testsystemen bestehen enorme Unsicherheiten. Beispielsweise können durch Sorption der Schadstoffe an Oberflächen gewünschte Schadstoffkonzentrationen häufig nicht erreicht oder über die Dauer der Experimente aufrechterhalten werden. Beim passiven Dosieren werden Testsubstanzen auf ein Reservoir dotiert und in das Testsystem eingebracht, sodass konstante Stoffkonzentrationen bei der Exposition erzielt werden können. In der BMUV-Maßnahme wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Ecosa und der Justus-Liebig-Universität Gießen die methodischen Entwicklungen zum passiven Dosieren für Bioakkumulationsuntersuchungen mit dem Modellorganismus *Caenorhabditis elegans* fortgeführt.

In der BfG wurden während der Bioakkumulationsexperimente Analytkonzentrationen sowohl im Medium als auch in den Nematoden gemessen. Um PCB und PAK in Nematoden quantifizieren zu können, musste das Extraktionsverfahren, welches in der BfG in erster Linie für Fische und Weichtiere genutzt wird, aufgrund der robusten Cuticula der Nematoden entsprechend angepasst werden. Mittels konventioneller Flüssig-Flüssig-Extraktion wurden die Gesamtkonzentrationen der Analyten, also die im Medium gelösten und an (Nahrungs-)partikel gebundenen Fraktionen, bestimmt. Darüber hinaus wird mittels In-situ-SPME die in der Wasserphase gelöste Analytkonzentration gemessen. Auf diese Weise soll bewertet werden, welche Rolle die Nahrung im Vergleich zum Medium bzw. die Wasserphase für die Aufnahme der Schadstoffe in die Nematoden spielt. Ein besseres Verständnis dieser Aufnahmerouten ist ein zentrales Element zur Bewertung des Akkumulationspotenzials von Schadstoffen.

Rückstandsanalytik in Topprädatoren

Ein weiterer Schwerpunkt der Maßnahme sind Arbeiten zur Biomagnifikation, die einen wesentlichen Prozess der Bioakkumulation darstellt. Durch die Anreicherung von Schadstoffen entlang der Nahrungskette kann es zu sehr hohen Konzentrationen in Topprädatoren kommen, mit möglichen adversen Effekten auf Ebene der Population. Im Rahmen dieser Maßnahme werden Proben von Fischottern und Kormoranen als Topprädatoren limnischer Ökosysteme auf PCB und Organochlorpestizide (HCB, HCH, DDT Metabolite) untersucht. Eine detaillierte Auswertung sowie die Bewertung der Ergebnisse sind in Bearbeitung.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Anwendung von Transpositionsexperimenten für die Untersuchung der Bioakkumulation
- Vergleich der passiven Probenahme mit der Bioakkumulation im Rahmen von Transpositionsexperimenten
- Anwendung neuartiger Methoden (passives Dosieren) zur Untersuchung der Bioakkumulation hydrophober organischer Chemikalien in aquatischen Organismen
- Rückstandsanalytische Untersuchungen in Topprädatoren zur Bewertung der Schadstoffanreicherung in der Nahrungskette
- Konzeptionelle Arbeiten und methodische Weiterentwicklungen für ein besseres mechanistisches Verständnis bioakkumulativer Effekte
- Anwendung von Passivsammlern für die Erfassung der chemischen Gewässerqualität und ökotoxikologischer Effekte

Verwertung der Ergebnisse

Neben dem BMUV ist der aktuelle Hauptnutzer der Maßnahme das Umweltbundesamt. Außerdem werden die Ergebnisse vom BMDV, der WSÄ und HPA genutzt. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in Diskussionen zu europäischen Gesetzgebungen wie beispielsweise die Revision der WRRL ein.

Ansprechperson der BfG
Dr. Sabine Schäfer

Referat G3 Biochemie, Ökotoxikologie

Tel.: +49 (0)261 1306 5375

E-Mail: sabine.schaefer@bafg.de

107 Gewässerverträglichkeit chemischer Stoffe und technischer Produkte

Chemische Stoffe und technische Produkte können die Gewässer nachteilig beeinträchtigen. Die im Gewässer vorkommenden Organismen der Flora und Fauna können hierdurch kurz oder auch langfristig geschädigt werden. Bei einer umweltbezogenen Bewertung ist nicht nur die Nutzungsphase zu berücksichtigen, sondern der gesamten Lebenszyklus – angefangen bei Herstellung über den Transport und die Nutzung bis hin zur Wiederverwertung oder der finalen Entsorgung (Deposition). Um gezielte Einschätzungen zu einer Gewässerverträglichkeit vornehmen zu können, sind umfassende Untersuchungen und Daten zur Umweltwirkung erforderlich.

In dieser BMUV-Maßnahme werden gezielt mögliche Risiken und Beeinträchtigungen der Umwelt durch chemische Stoffe und technische Produkte betrachtet und auf ihre potenzielle Schädigung im Gewässer bewertet. Grundlage für die Einschätzungen bilden entweder bereits veröffentlichte oder eigens durchgeführte Untersuchungen. Auf Basis dieser Daten können konkrete umweltbezogenen Fragestellungen beantwortet werden.



Abbildung 12: Fremantle Highway mit dem Hochsee-Bergungsschlepper Nordic auf der Nordsee vor Ameland

Quelle: Niederländische Küstenwache

Veranlassung

Bei der Nutzung der Gewässer und bei anthropogenen Eingriffen ist zu deren Schutz ein vorsorgendes Handeln erforderlich. Eine maßgebliche Grundlage hierbei ist die Bewertung von chemischen Stoffen und technischen Produkten in Bezug auf ihre Gewässerverträglichkeit. Anhand von ökotoxikologischen Daten können 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 vorbereitend Maßnahmen und Handlungskonzepte zu erarbeiten, um im Ereignisfall eine Gefährdung oder nachteilige Beeinträchtigung der Umwelt möglichst gezielt reduzieren zu können.

Ziele

- Bewertung der Gewässerverträglichkeit von chemischen Stoffen und technischen Produkten
- Ein- und Umstufung von Chemikalien und Transportgütern
- Weiterentwicklung der Mess- und Bewertungsverfahren für Baumaterialien und Transportgüter
- Strategische Vor- und Nachsorge bei aktuellen Havarien und Schadstoffunfällen im Küsten- und Binnenbereich; bedarfsweise erfolgt eine aktive Beratung und Zuarbeit
- Beratung zu produktbezogenen Einzelanfragen, z. B. zur Einschätzung der Umweltverträglichkeit, zur sachgemäßen Handhabung oder bei einer unbeabsichtigten Freisetzung

Ergebnisse

Einbindung und Bearbeitung bei Schadstoffunfällen und Schiffshavarien

Unsere Fließ- und Küstengewässer werden vom Menschen für die verschiedensten Zwecke genutzt. Eine der mannigfaltigen Nutzungen ist der Transport von Gütern mit Schiffen. Beim Schiffsverkehr kann es trotz stetig steigenden Auflagen und Anforderungen dennoch zu Havarien und Schadstoffunfällen kommen. Dies kann zu einer unbeabsichtigten Schadstofffreisetzung führen. Neben vorsorgenden Maßnahmen, die von der Vorbereitung von Konzepten für die Unfallbekämpfung bis hin zu Vorschlägen und der Erarbeitung von Leitfäden für gezielte Monitoringmaßnahmen im Nachgang einer Havarie reichen, erfolgt auch *ad hoc* eine Beratung bei aktuellen Havarien. Die wichtigsten in diesem Zusammenhang bearbeiteten Havariefälle der letzten Jahre werden hier kurz angeführt.

Im Juli 2008 ereignete sich auf der Elbe bei Geesthacht eine Schiffkollision zwischen dem Binnentanker Undine und dem Schüttgutfrachter Aldebaran. Dadurch wurde die Bordwand der Undine unterhalb der Wasserlinie auf einer Länge von 33 m aufgerissen und es wurden vier Ladetanks beschädigt. Die in die Elbe entwichenen 120 Tonnen Dieselöl führten zu einer weiträumigen Öl-Verunreinigung. An die BfG erging damals die Bitte, das Havarie management fachlich zu begleiten.

Im April 2010 kam es auf der Ölbohrplattform Deepwater Horizon in Golf von Mexiko zu einem Brand und nachfolgend zu Explosionen, die den Untergang der Plattform verursachten. Über den 1500 m tief am Meeresgrund sitzenden Blowout-Preventer traten über einen Zeitraum von 87 Tagen etwa 780.000 m³ Rohöl in die Meeresumwelt aus. Im Nachgang der Havarie erfolgten umfangreiche Bekämpfungsmaßnahmen und Monitoringuntersuchungen. Die hierbei gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse wurden von der UEG für die nationale Ölunfallbekämpfung ausgewertet und als Bericht zur Verfügung gestellt.

Im Juli 2012 geriet das Containerschiff MSC Flaminia auf der Passage von den USA nach Europa in Brand. Wochenlang wurde versucht, den Brand zu löschen. Die BfG wurde über die UEG und das HK eingebunden u. a., weil das Schiff auf einen Notliegeplatz im Weser-Jade-Port verbracht wurde, s. Abbildung 13. Von der UEG erfolgte eine umfangreiche Einschätzung zu den vom Brand betroffenen Gefahrgutcontainern und zu den enormen Löschwassermengen, die sich in den Laderäumen angesammelt hatten. In der BfG wurden Löschwasserproben mit diversen Biotesten untersucht und in Bezug auf ihr Belastungspotenzial beurteilt.

Im Mai 2015 kam es im Laderaum des Düngemittel-Frachters Purple Beach 30 km westlich von Helgoland zu einer starken Rauchentwicklung, s. Abbildung 14. Es bestand die Gefahr, dass die geladenen 20.000 t Mineraldünger explodieren könnten. Die UEG hat auf Anfrage des HK eine Einschätzung zu den möglichen Umweltgefahren vorgenommen.

Im Januar 2019 hat der Containerfrachter MSC Zoe vor der deutsch-niederländischen Küste bei Borkum etwa 340 Container verloren. Durch die treibenden Container entstanden unmittelbar Gefahren für die Schifffahrt, s. Abbildung 16. Jedoch enthielten einige der verlorengegangenen Container Gefahrgüter, die bei Freisetzung im Meer eine besondere Gefahr darstellten. Seitens der UEG wurde eine Einschätzung zu den möglichen Umweltgefahren erstellt.

Im Juni 2020 kam es in Diez bei Limburg bei der Firma Uriel Papierrohstoffe zu einem Großbrand. Durch die Löscharbeiten gelangten tausende Liter Löschwasser in die Lahn. Von der BfG, die mit mehreren Referaten beteiligt war, wurden Wasserproben aus der Lahn entnommen und u. a. mit verschiedenen Biotesten untersucht.

Im Juli 2020 lief der Massegutfrachter Wakashio auf ein Korallenriff vor südöstlich vor Mauritius auf. Zwar war das Schiff unbeladen, aber es gelangten 1.000 t Schweröl in die Meeresumwelt. Hintergrund der Einbindung von UEG und BfG war ein Hilfeersuchen von Mauritius. Die UEG hat hierzu einen Bericht erstellt und Empfehlungen für ein anschließendes Monitoring abgegeben.

Im November 2020 kam es auf dem NOK bei Rendsburg zu einer Kollision der beiden Massengutfrachter Rix Partner und Rix Star. Durch die Havarie wurde der Laderaum der Rix Partner backbordseitig beschädigt, und es trat ein Teil der Düngemittelladung aus. Nach den ersten Schätzungen gingen etwa 500 bis 1.500 t Ladung im NOK verloren. Im Nachgang der Havarie wurde ein intensives Monitoring initiiert und die BfG wurde vom WSA Kiel-Holtenau um Einschätzung und Unterstützung in Zusammenarbeit mit den Landesbehörden gebeten. Die BfG war hier mit mehreren Referaten eingebunden und hat eine Einschätzung der Situation und der möglichen Umweltauswirkungen vorgenommen, s. Abbildung 15.



Abbildung 13: Arbeiter in Schutzausrüstung beim Entfernen von Brandresten auf der MSC Flaminia im JadeWeserPort.

Quelle: Havariekommando



Abbildung 14: Rauchentwicklung auf dem Düngemittel-Frachter Purple Beach mit dem Hochsee-Schlepper Nordic und dem Mehrzweckschiff Neuwerk.

Quelle: Havariekommando

Ende Juli 2023 brach auf einem unteren Fahrzeugdeck des Autotransporters Fremantle Highway vor der niederländischen Insel Ameland ein Feuer aus, welches sich dann rasch auch auf die darüberliegenden Decks ausbreitete. An Bord des Schiffes befanden sich neben den geladenen Fahrzeugen auch etwa 1600 t Schweröl und 200 t Dieselöl. Eine Ölverschmutzung in der Nordsee konnte auf Grund der großen Schäden am Schiff nicht ausgeschlossen werden. Es bestand die Gefahr, dass Öl freigesetzt wird und dann nach Deutschland verdriftet. Auf Anfrage erfolgte eine kurze Einschätzung zu einer möglichen Ölbekämpfung mit Dispergatoren.



Abbildung 15: Betrachtungsbereich für die überschlägigen Berechnungen nach der Havarie der Rix Partner und der Rix Star. Quelle: D.-S. Wahrendorf, BfG



Abbildung 16: In der Nordsee treibender Container der MSC Zoe. Quelle: Havariekommando

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 Regelungsbereichen 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 bestehenden Strategie- und Vorsorgekonzepte zur Unfallbekämpfung integriert.
- Erarbeitung von Konzepten zur Vermeidung und Verminderung von Schadstoffeinträgen und von negativen Umweltauswirkungen beim regelkonformen Einsatz verschiedener technischer Produkte.

Verwertung der Ergebnisse

Neben dem BMUV sind verschiedene weitere Behörden die Hauptnutzer der Leistungen dieser Maßnahme. U. a. ist das Havariekommando in Cuxhaven, das für die Vorsorge und Bekämpfung von Schadstoffunfällen und Großschadenslagen im marinen Bereich zuständig ist, einer der Hauptnutzer der gewonnenen Erkenntnisse. Außerdem erfolgt eine Mit- und Zuarbeit in verschiedenen nationalen und internationalen Gremien. Des Weiteren werden einzelfallbezogene Fachanfragen aus Politik, von Unternehmen oder aus der Öffentlichkeit in dieser Maßnahme bearbeitet.

Ansprechperson der BfG Dierk-Steffen Wahrendorf

Referat G3 Biochemie, Ökotoxikologie
Tel.: +49 (0)261 1306 5286
E-Mail: wahrendorf@bafg.de

108 Ökologisches Monitoring an Strömen

Natürliche Systeme sind komplex und verändern sich in Zeitskalen von Stunden bis Tausenden von Jahren. Diese Variabilität zu verstehen, setzt voraus, dass man Ökosysteme oder Ausschnitte davon über lange Zeiträume beobachtet.

Das Projekt leistet einen wesentlichen Beitrag zum Vollzug der Umweltgesetzgebung bezüglich der Ökologie sehr großer Fließgewässer. Grundlage sind langfristige faunistische Erhebungen ökologischer Untersuchungen der Fauna von an Elbe, Rhein, Donau und Oder.

Veranlassung

Seit Inkrafttreten der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) werden Fließgewässer hinsichtlich ihres ökologischen Zustandes bewertet. Die sehr großen Flüsse weisen viele Besonderheiten auf, die eine von kleineren Fließgewässern getrennte Betrachtung notwendig machen. Im Rahmen dieses Projekts werden Methoden und Verfahren für sehr große Flüsse in einem iterativen, fortlaufenden Prozess mit den Nutzern bis zur Anwendungsreife erarbeitet, die den Anforderungen der WRRL entsprechen. Daneben leistet das umfangreiche Monitoring einen Beitrag zur den Bundesprogrammen der langfristigen Überwachung der Biodiversität in Deutschland.

Ziele

- Weiterentwicklung von Bewertungsverfahren zur Evaluierung des ökologischen Zustandes sehr großer Flüsse (Typologie, Referenzzustände, Erfassung, Monitoring, ökologisches Potenzial, Bewertung von Neobiota)
- Leitung/Mitglied in themenbezogenen nationalen und internationalen Arbeitsgruppen (Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)), Deutsches Institut für Normung DIN, internationale Flussgebietskommissionen
- Langzeit-Monitoring zur Erfassung der Biodiversität an grenzüberschreitenden Strömen. Klassische Verfahren sowie Entwicklung neuer molekulargenetischer Techniken (Umwelt-DNA)



Abbildung 17: Mittelrhein bei St. Sebastian, Niedrigwasser 2015
Quelle: E. Behring, BfG

Ergebnisse

Die qualitative und quantitative Entwicklung des Makrozoobenthos der Elbe der letzten 30 Jahre:

Die meisten Flussökosysteme sind multiplen Stressoren ausgesetzt, die die Zusammensetzung und Funktionalität der aquatischen Lebensgemeinschaften beeinflussen. Mit Hilfe 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 Ein-

wanderung gebietsfremder Arten sowie Temperatur, Abfluss, Phosphor, pH-Wert und weiterer abiotischer Variablen auf die taxonomische und funktionelle Zusammensetzung des Benthos mit verschiedenen statistischen Methoden untersucht. Insgesamt wurden 561 Datensätze ausgewertet.

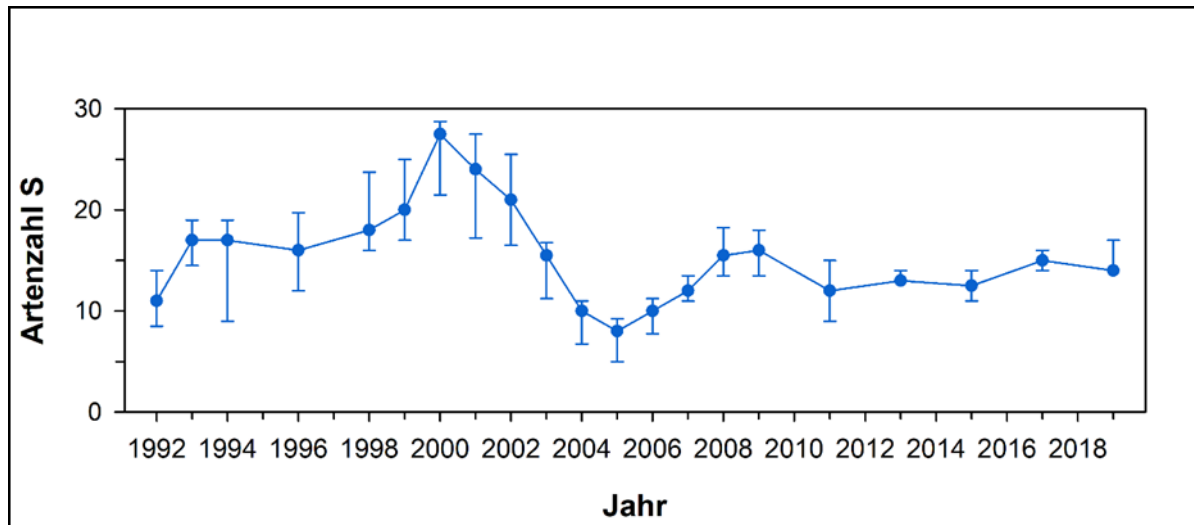


Abbildung 18: Entwicklung der mittleren Artenzahl an der Oberen Elbe zwischen Schmilka und Dresden.

Abbildung 18 zeigt die Entwicklung der mittleren Artenzahl an der Oberen Elbe zwischen Schmilka und Dresden. Durch den Bau und Inbetriebnahme von Kläranlagen sowie den Rückgang der industriellen Produktion nach dem Mauerfall verbesserten sich die Sauerstoffverhältnisse 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, mit einer ernährungsphysiologischen Verlagerung von Sammlern zu Filtrieren bzw. Opportunisten, die wärmere Temperaturen bevorzugen. Weitere statistische Auswertungen legen nahe, dass die Veränderung durch die Einwanderung neuer Tierarten sowie durch das gestiegene Temperaturniveau der Elbe verursacht werden und die Stabilität der Ökosystemfunktionen dadurch eher abgenommen hat. Die Studie unterstreicht einmal mehr die Bedeutung langfristiger Überwachungsdaten (Worischka et al., 2023).



Abbildung 19: Schwemmkegel des Mühlgrundbachs nach einem Hochwasser im Elbsandsteingebirge, 2021
Quelle: F. Schöll, BfG

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Langzeitmonitoring zur Erfassung der Biodiversität großer Ströme. Entwicklung und Validierung molekulargenetischer Techniken (Umwelt DNA) als alternative Methode
- Weiterentwicklung bzw. Anpassung von Verfahren zur Bewertung des ökologischen Zustands/Potenzials sehr großer Flüsse
- Entwicklung praxisorientierter und präventiver Unterhaltungsstrategien zur Kontrolle und Minimierung der Beeinträchtigungen durch gebietsfremde Arten
- Früherkennung gebietsfremder Tierarten

Verwertung der Ergebnisse

Die durchgeführten Arbeiten dienen unmittelbar dem Vollzug von gesetzlichen Vorschriften, Verordnungen und Richtlinien. Durch direkte Einbindung in themenbezogene nationale und internationale Arbeitsgruppen ist eine enge Abstimmung mit den Nutzern/Anwendern gewährleistet.

Literatur

Worischka, S., Schöll, F., Winkelmann, C. & Petzoldt, T. (2023): Long-term macroinvertebrate monitoring data reveal that biotic invasions and temperature stress endanger river ecosystem stability. Science of the Total Environment 875 DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723012949?via%3Dihub>

Ansprechperson der BfG
Dr. Susanne Worischka

Referat U4 Tierökologie
Tel.: +49 (0)261 1306 5267
E-Mail: 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.

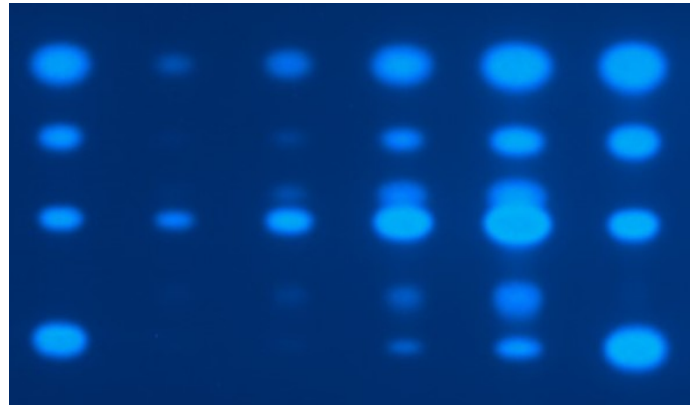


Abbildung 20: Nachweis östrogenartig wirkender Substanzen mittels eines dünnsschichtbasierten in vitro Biotests. Quelle: BfG

Veranlassung

Bei der Umsetzung des deutschen Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) sowie der WRRL und der MSRL sowie deren mögliche 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, 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 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

Standardisierung effektbasierter Methoden für ein Gewässermonitoring

Für die ISO-Standards zur Erfassung östrogenen Potenziale (ISO 19040 1-3) und zur Berechnung biologischer Äquivalenzkonzentrationen (ISO 23196) wurden entsprechende europäische Normen entwickelt. Damit stehen zentrale Elemente für eine regulatorische Implementierung wirkungsorientierter Verfahren bereit. Der Bedarf ergibt sich aus den vorgeschlagenen Änderungen der EU-Kommission (Kommissionsentwurf COM 2022/540) hinsichtlich der Begriffsbestimmung der „Umweltqualitätsnorm“ (Artikel 2 Nummer 35 WRRL), um zukünftig wirkungsbasierte Auslösewerte analog zur stoffbasierten Umweltqualitätsnorm definieren zu können. Zur Festlegung solcher Auslösewerte für östrogene Effekte wird durch das JRC, Ispra, eine europaweite Feldstudie organisiert. Diese Initiative ist mit dem Arbeitspaket 4.2 zur Erfassung stofflicher Umweltbelastungen mittels chemisch-analytischer und wirkungsorientierter Verfahren im Rahmen von PARC verknüpft. An beiden Aktivitäten ist die BfG über die BMUV-Maßnahme 109 intensiv beteiligt.

Ringtest im Rahmen des Projekts “Metrology for monitoring endocrine disrupting compounds under the Water Framework Directive”

Im Rahmen der ISO/TC 147/SC 2/WG 84 wurden in einer Laborvergleichsstudie zwei Referenzproben sowohl mit chemisch-analytischen Methoden als auch durch effektbasierte Verfahren hinsichtlich östrogenen Verbindungen nach Maßgabe der WRRL analysiert (<https://projects.lne.eu/jrp-edc-wfd/wp-content/uploads/sites/19/2023/04/9-Inter-Laboratory-Comparison.pdf>). Die BfG beteiligte sich an dieser Aktivität mit einem an der BfG entwickelten dünnschichtbasierten Verfahren, das aktuell im NA 119-01-03-05-13 AK standardisiert wird. Dieses Verfahren erlaubt sowohl die Bestimmung des östrogenen Potenzials als Summenparameter als auch eine Quantifizierung der Einzelsubstanzen $17\beta\text{E}_2$, $17\alpha\text{EE}_2$ und Estron, die Kandidaten zur Aufnahme in die Liste prioritärer Substanzen nach WRRL sind (siehe Abbildung 21). Das effektbasierte Verfahren zeigte eine gute Wiederholbarkeit und Übereinstimmung zur chemischen Analytik.

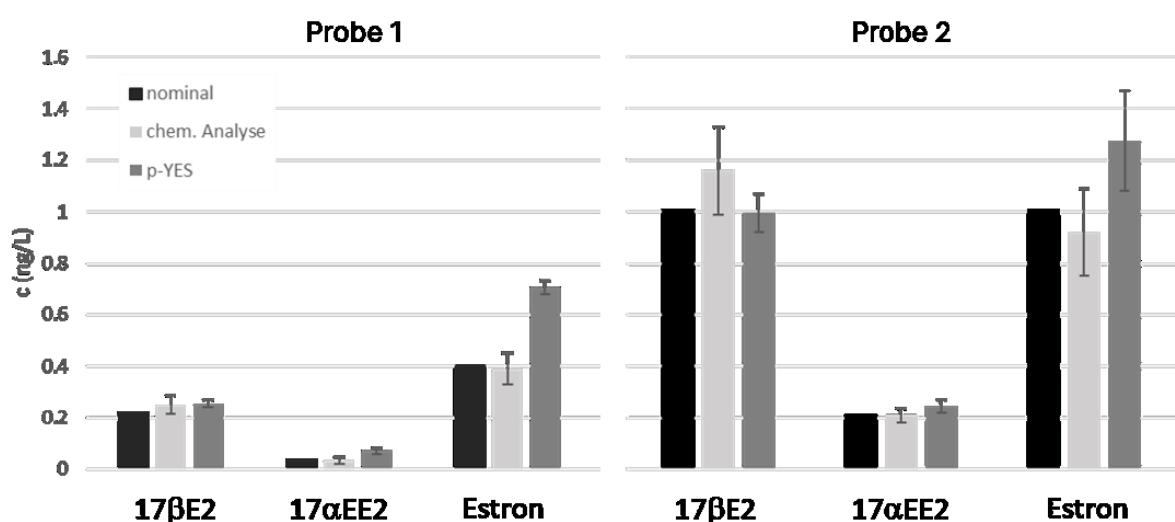


Abbildung 21: Quantifizierung der östrogenen Verbindungen 17β -Estradiol ($17\beta\text{E}_2$), 17α -Ethinylestradiol ($17\alpha\text{EE}_2$) und Estron in zwei Referenzproben mittels chemisch-analytischer Verfahren und eines effektbasierten Tests in Kombination mit Dünnschichtchromatografie (p-YES). Die nominalen Konzentrationen der Verbindungen sind als schwarze Balken dargestellt.

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 dünnschichtbasierten Yeast Estrogen Screen und Fortsetzung der Arbeit auf ISO-Ebene
- Arbeiten zu den Möglichkeiten der Nutzung von Biotestverfahren bei der Gewässerüberwachung im Zusammenhang mit der Aktivität "effektbasierte Methoden" der WG-Chemicals und der EU-PARC Initiative

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 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.

Ansprechperson der BfG Dr. Sebastian Buchinger

Referat G3 Biochemie, Ökotoxikologie
Tel.: +49 (0)261 1306 5316
E-Mail: 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.

Das Alarmmodell Elbe (ALAMO) ist ein Vorhersagemodell für die Ausbreitung von Schadstoffwolken in der Elbe. Das Modell ermöglicht im Falle einer unfallbedingten Gewässerbelastung den Zeitpunkt des Eintreffens, die Dauer sowie die Maximalkonzentration einer Schadstoffwolke in der Elbe unterhalb des Unfallortes abzuschätzen. Die Prognose erlaubt den betroffenen Unterliegern im Alarmfall, rechtzeitig Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Minimierung von Folgeschäden in die Wege zu leiten.

Veranlassung

Unfallbedingte Gewässerverunreinigungen stellen ein großes Umweltrisiko für Fließgewässer, wie die Elbe (Labe), dar. Die Wasserrahmenrichtlinie fordert daher u. a. die Nutzung von Frühwarnsystemen im Falle unfallbedingter Gewässerverunreinigung. Das Alarmmodell Elbe ist Teil des Internationalen Warn- und Alarmplans Elbe und dient der automatisierten Erstellung von Alarmberichten der Hauptwarnzentralen.



Abbildung 22: Einleitung des Tracers bei hohen Abflussbedingungen oberhalb des Wehres Vrané. Quelle: Povodí Vltavy

Ziele

Wichtigstes Ziel ist die Wartung und Pflege des im operationellen Betrieb, insbesondere an den Hauptwarnzentralen entlang der Elbe, eingesetzten Alarmmodells Elbe (ALAMO). Dazu kommt die fortlaufende praxisorientierte Anpassung des Programms ALAMO unter Einbeziehung der durch die Hauptwarnzentralen bei Einsatz und Handhabung des Alarmmodells Elbe gemachten Erfahrungen. Weiterhin wird die vorerst abschließende Ausweitung des Alarmmodells Elbe auf den weiteren Nebenfluss Bílina angestrebt. Hierzu soll die noch ausstehende Messung zur Kalibrierung des Modellabschnitts Bílina des Alarmmodells Elbe bei hohem Abfluss mittels eines geeigneten Tracers durchgeführt werden.

Ergebnisse

Für die Erweiterung des Alarmmodells Elbe um den Nebenfluss Moldau/Vltava wurden im Jahr 2012 Tracermessungen bei niedrigem sowie mittlerem Abfluss durchgeführt. Der für die Tracermessung bei hohem Abfluss geforderte Mindestabfluss von 400 m³/s am Pegel Prag-Chuchle wurde mehrere Jahre nicht erreicht, sodass der Mindestabfluss 2018 auf 300 m³/s herabgesetzt wurde. Diese Bedingung war im März 2023 nach stärkeren Regenfällen sowie durch im Vorfeld des Versuchs gezieltem Zurückhalten von Wasser in der Talsperre Orlík erfüllt, sodass der Tracerversuch vom 14.3.-16.3.2023 in Kooperation mit den tschechischen staatlichen Wasserbetrieben für die Moldau (Povodí Vltavy) stattfinden konnte. Durch die extra für diesen Versuch gezielte Steuerung der Talsperre Orlík konnte während des gesamten Versuchs ein konstanter Abfluss von 300 m³/s erreicht werden. Hierfür wurde ein geno- und ökotoxikologisch unbedenklicher Fluoreszenzfarbstoff als Tracer in der Nähe der Staustufe Vrané nad Vltavou in Tschechien bei Moldau-km 71,4 eingebracht. Der Verlauf der Tracerwolke wurde flussabwärts kontinuierlich mit In-situ-Sonden aufgezeichnet. Der Verlauf der Konzentration an den verschiedenen Messstandorten wird in Abbildung 23 gezeigt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die zu Beginn hohe Konzentration im Verlauf des Experiments flussabwärts abnimmt und es durch Dispersion zu einer Verbreiterung der Konzentrationskurve kommt. Ebenfalls erkennbar ist eine Asymmetrie der Durchgangskurven, bei dem der Tracer in Stillwasserzonen retardiert wird. Dieser Effekt wird im Alarmmodell Elbe berücksichtigt. Aus diesen Messungen können Daten über die Laufzeit, Dispersion und Stillwasserzonen gewonnen werden.

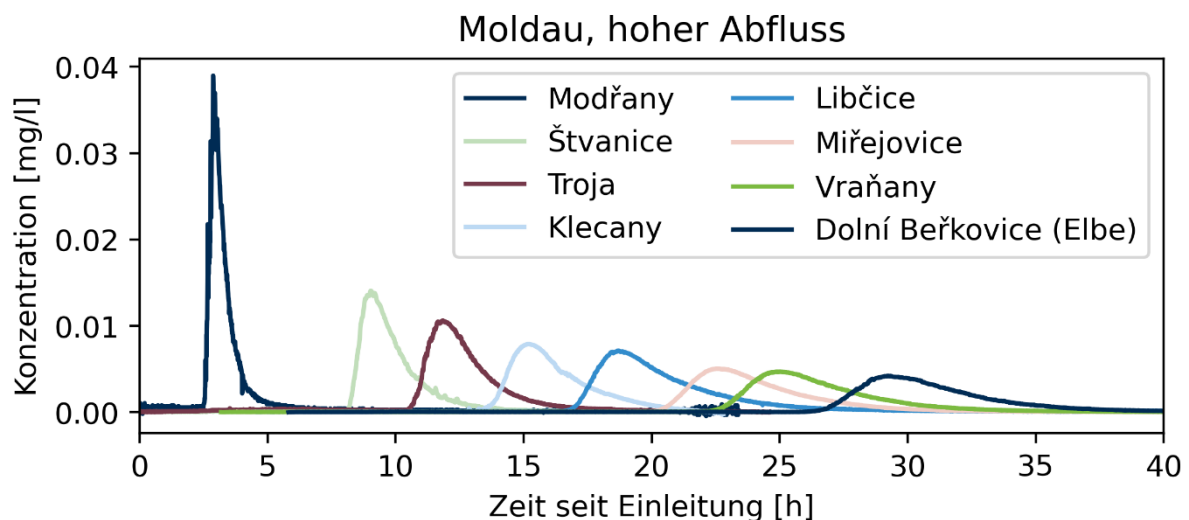


Abbildung 23: Messung der Tracerkonzentrationen in der Moldau bei hohen Abflussverhältnissen an den verschiedenen Messstandorten. Die Maximalkonzentration der Tracerwolke nimmt mit zunehmender Laufzeit ab, wobei sich die Wolke zunehmend verbreitert.

Mittels der Tracermessung bei hohem Abfluss wurde die Kalibrierung des Abschnitts Moldau von ALAMO, nun mit Daten bei niedrigem, mittlerem und hohem Abfluss, erneut durchgeführt (ALAMO 2023). Die Modellierungsergebnisse wurden, insbesondere bei hohem Abfluss im Vergleich zur vorhergehenden Kalibrierung ohne Daten bei hohem Abfluss (ALAMO 2016), deutlich verbessert.

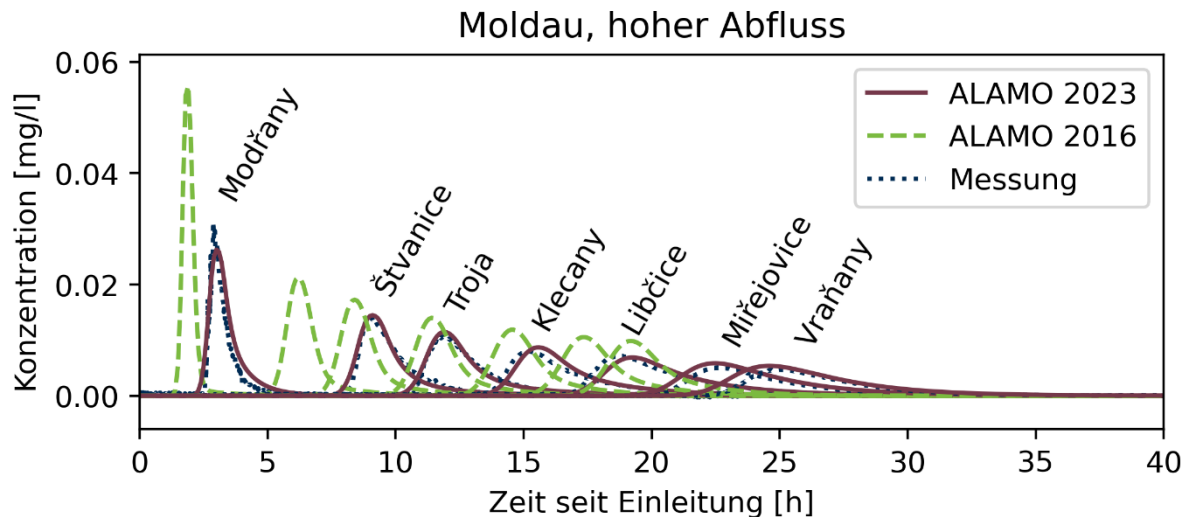


Abbildung 24: Vergleich des vollständig kalibrierten Moldau-Abschnitts des Alarmmodells Elbe (braun, ALAMO 2023) und der vorläufigen Kalibrierung (grün, ALAMO 2016) mit den Messwerten (blau) bei hohem Abfluss.

Mit der gleichen Methode wurde eine vorläufige Kalibrierung des Abschnitts Bílina vorgenommen, wobei hier bisher nur auf Messungen bei niedrigem und mittlerem Abfluss zurückgegriffen werden konnte. Die kalibrierten Modellierungsergebnisse bei mittlerem Abfluss ist zusammen mit den gemessenen Konzentrationsverläufen für verschiedene Standorte dargestellt und zeigt eine gute Übereinstimmung.

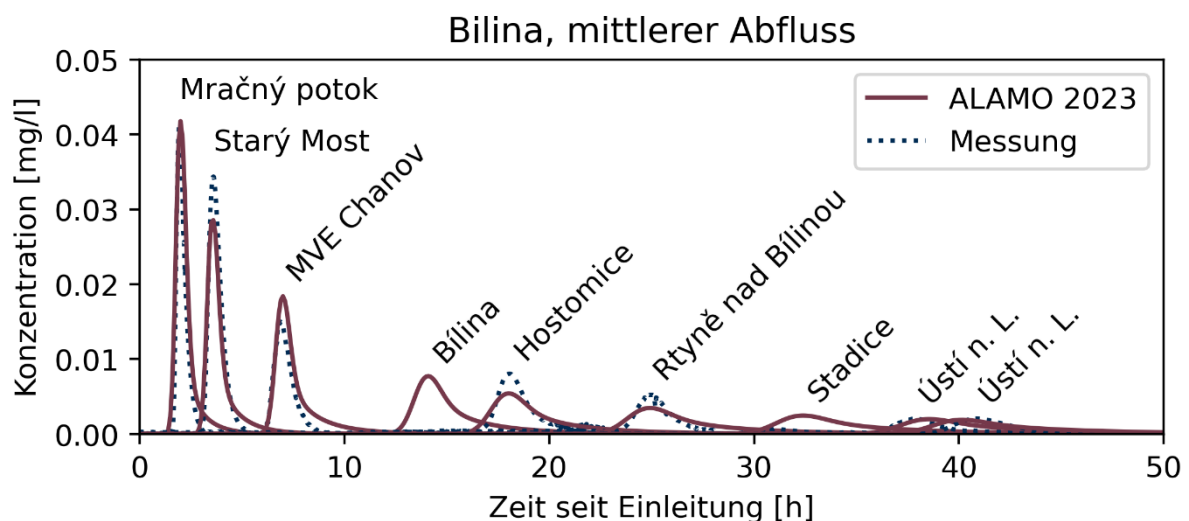


Abbildung 25: Vergleich des vorläufig kalibrierten Bilina-Abschnitts des Alarmmodells Elbe (braun, ALAMO 2023) mit den Messwerten (blau) bei mittlerem Abfluss

Weiterhin wurde, für ein einheitliches Vorgehen bei allen Nebenflüssen, der Abschnitt Saale erneut durchgeführt. Auch hier konnten, insbesondere bei hohem Abfluss, die Modellierungsergebnisse verbessert werden.

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 2024 während der Schneeschmelze vorgesehen.

Der Nebenfluss Bílina wird im nächsten Schritt durch einen externen Dienstleister in die Software ALAMO integriert, zunächst mit der vorläufigen Kalibrierung. Weiterhin sollen in diesem Zuge weitere Anpassungen in der Software vorgenommen werden, die im Zuge einer Umfrage in den Hauptwarnzentralen durch die IKSE vorgeschlagen wurden. Im Anschluss wird die neue Version den Hauptwarnzentralen zur Verfügung gestellt.

Sobald die ausstehende Messung an der Bílina vorliegt, wird der Nebenfluss Bílina des Alarmmodells Elbe seitens der BfG abschließend kalibriert und in ALAMO eingepflegt.

Verwertung der Ergebnisse

Mit dem Alarmmodell wird das BMUV bei Wahrnehmung der Aufgaben in der Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (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).

Ansprechperson der BfG Dr. Svenja Sommer

Referat M1 Hydrologische Grundsatzangelegenheiten, Hydrometrie und Gewässerphysik
Tel.: +49 (0)261 1306 5279
E-Mail: 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 ihren Nebengewässern anhand der spezifischen Schadstoffwirkungen realistisch abbilden, charakterisieren und somit bewertbar machen. Dabei werden die spezifischen Wirkungen der Schadstoffe mit Hilfe 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 26: Fütterung von Zebrafärbliingen in der Fischenanlage der BfG.

Quelle: Marcus Glahn Fotografie, BfG

Veranlassung

Die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) setzt Anforderungen der europäischen 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 Testmethoden 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 integrativen 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 Partnerschaftsprogramm für die Bewertung von Risiken durch Chemikalien, an der sich die BfG beteiligt.

Ziele

- Entwicklung und Etablierung von bioanalytischen (insbesondere molekularbiologischen und mikroskopischen) NAMs für eine AOP-basierte Bewertung von Schadstoffbelastungen (ereignis-, maßnahmen- oder monitoring-bezogen) mit endokriner und neurotoxischer Wirkung.
- Entwicklung von geeigneten NAMs für die Testung von Bisphenol-Ersatzstoffen
- Entwicklung von Testansätzen zur Untersuchung multipler Stressoren
- Charakterisierung von Schadstoffbelastungen in den Flusseinzugsgebieten von Elbe, Rhein, Oder, oder Donau mithilfe der entwickelten NAMs in Kombination mit einer effektbasierten Analytik und traditionellen ökotoxikologischen Testmethoden

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 der Modellorganismen *Danio rerio* (Zebrafisch) und *Caenorhabditis elegans* (Fadenwurm/Nematode) und 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 den Modellorganismen erarbeitet, die sich eignen, um die spezifischen Wirkungen von Bisphenol-Ersatzstoffen auf molekularer, zellulärer und organismischer Ebene zu charakterisieren. Unter anderem wird in Anlehnung an die ISO-Norm 10872:2020 zur "Bestimmung der toxischen Wirkung von Sediment- und Bodenproben auf Wachstum, Fertilität und Reproduktion von *Caenorhabditis elegans* (Nematoda)" eine alternative Versuchsdurchführung für wässrige Medien erprobt, 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 erfolgen Versuche, die Nahrung von *C. elegans* von Bakterien (*E. coli*) auf ein künstliches 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. Hinsichtlich mikroskopischer Analysen von zellulären und morphologischen Effekten sowie des Verhaltens bei *C. elegans* und Zebrafisch werden derzeit geeignete Endpunkte (z. B. Veränderung von Bewegungsmustern bei *C. elegans*) erprobt.

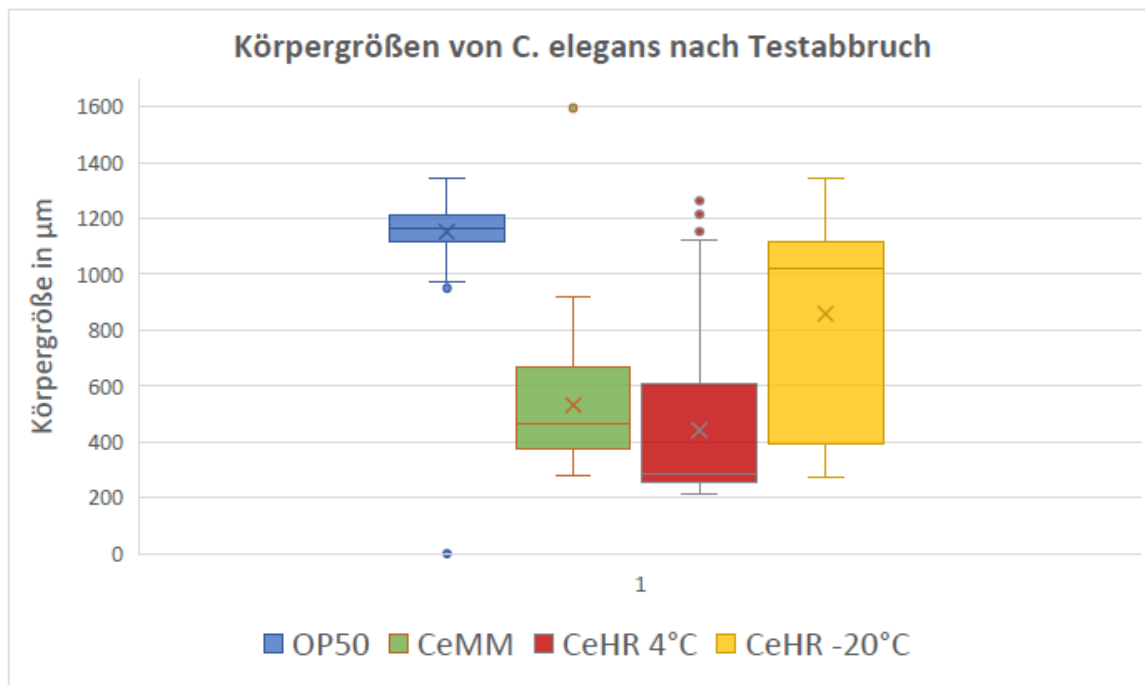


Abbildung 27: Wachstumsrate von *C. elegans* in Abhängigkeit vom Kulturmedium. Ergebnisse eines Vergleichs verschiedener Flüssig-medien, mit *E. coli* (OP50) und ohne *E. coli* (CeMM und CeHR) als Futterquelle. Das CeHR Medium war zuvor entweder bei 4°C oder bei -20°C gelagert. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Testung im Flüssigmedium ohne *E. coli* möglich ist, allerdings unter reduziertem Wachstum der Nematoden. Für die Entwicklung von Screening-geeigneten Methoden mit *C. elegans* im 96-Well Mikrotiterformat ist dies ein entscheidender Schritt auf dem Weg zur erfolgreichen Etablierung derartiger Methoden.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Innovative NAMs mit den Modellorganismen werden kontinuierlich weiterentwickelt und anhand von Einzelschadstoffen und Gemischen erprobt und standardisiert. Die innerhalb von PARC priorisierten Schadstoffgruppen, wie aktuell die Bisphenol A-Ersatzstoffe, werden dabei im Fokus stehen. Daraus ergeben sich auch Schwerpunkte hinsichtlich der Wirkmechanismen, die durch die neuen NAMs erfasst werden sollen. Diese liegen zunächst auf endokriner Disruption, und Neurotoxizität. Die neu entwickelten NAMs werden ferner für die Entwicklung von Adverse Outcome Pathway (AOP)-basierten ökotoxikologischen Bewertungsansätzen genutzt, die für Sedimente und Schwebstoffe sowie für die Anwendung auf komplexe Schadstoffmischungen geeignet sein könnten. 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 Monitoringdaten (Wasser, Sediment, Biota) für die Flusseinzugsgebiete von Elbe, Rhein, Donau oder Oder sollen mit dem Ziel durchgeführt werden, adverse Schadstoffeffekte auf Lebensgemeinschaftsebene retrospektiv identifizieren zu können (Proof-of-Concept). Mit diesem Ansatz könnte sich der mögliche Einfluss einer Schadstoffbelastung auf die Biodiversität darstellen lassen.

Verwertung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Maßnahme dienen primär der Information und der Beratung des BMUV, des Umweltbundesamtes, der Bundesländer, der Flussgebietsgemeinschaften und der EU-Kommission. Dabei ist ein zentrales Element der Maßnahme die Erarbeitung konzeptioneller Grundlagen und Methoden zur Weiterentwicklung der WRRL. Durch die Beteiligung an PARC fließen die Ergebnisse auch in dieses Projekt und leisten so einen Beitrag bei der Entwicklung neuer Werkzeuge und Ansätze für die Risikobewertung und das Monitoring von insbesondere neuen Schadstoffen. Mit PARC ist die BfG aktiv in die Erarbeitung von Methoden und Bewertungskonzepten im Sinne der EU-Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit auf dem Weg zu einer schadstofffreien Umwelt eingebunden.

Ansprechperson der BfG
Dr. Martina Fenske

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

112 Schadstoffe in Flüssen – Prozesse und Modellierung

Die Wasserbeschaffenheit unserer Flüsse wird durch einen stetig wachsenden Pool 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, Abbauverhalten sowie Retention und Remobilisierung im Gewässer analysiert. Dabei stehen Schadstofftransport und -bilanzierung bei Hoch- und Niedrigwasser im Vordergrund. Diese Kenntnisse fließen in die Weiterentwicklung von Stofftransport- bzw. Gewässergütemodellen für große Flussgebiete ein und dienen der Beantwortung wassergütwirtschaftlicher Fragestellungen.

Veranlassung

Schadstoffbilanzen für Flussgebiete zeigen teilweise erhebliche Diskrepanzen zwischen Ein- und Ausstrom. Um die Schadstoffbelastung von Flüssen und den Eintrag in die Meeresumwelt quantifizieren zu können, sind neben belastbaren Emissionsdaten auch Kenntnisse zum Schadstofftransport notwendig. Prozesse, die zur Transformation oder zum temporären/dauerhaften Rückhalt in Fluss und Aue führen, müssen beschrieben, quantitativ ausgewertet und modellgerecht aufbereitet werden. Bei der 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.

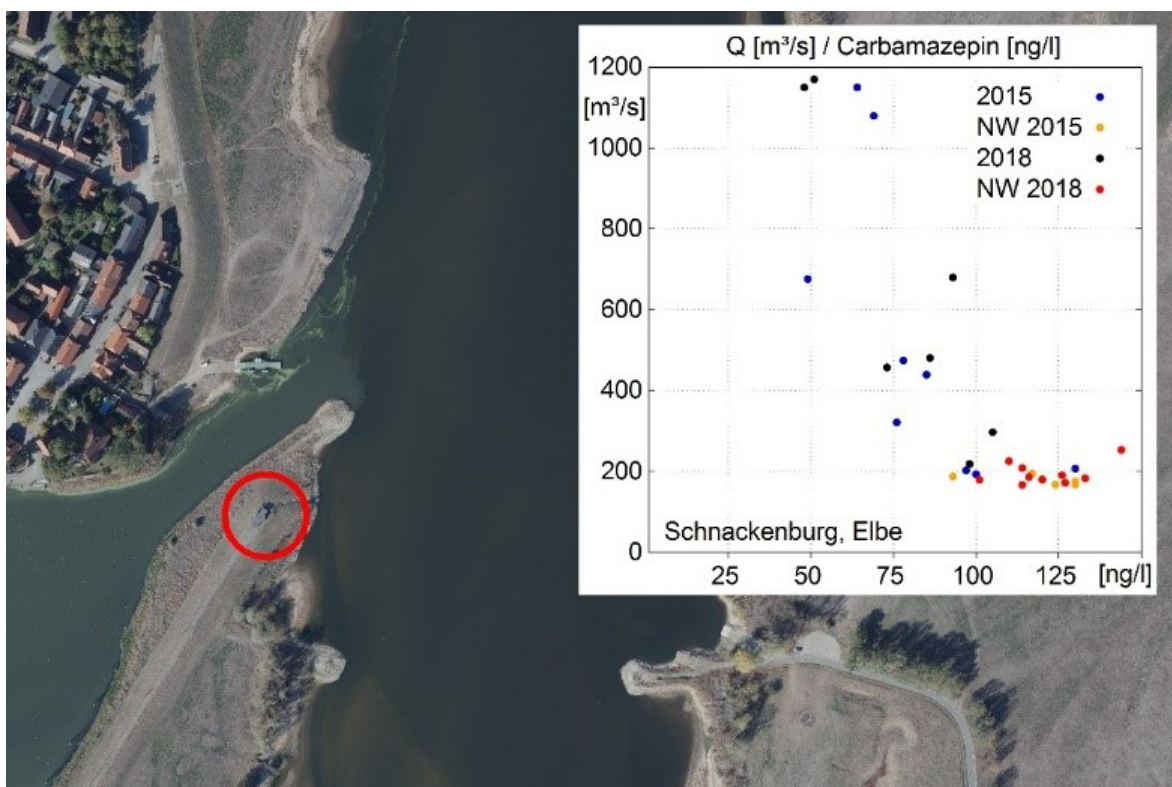


Abbildung 28: Carbamazepin-Konzentration der Elbe bei Schnackenburg (Messstation im roten Kreis) beim Niedrigwasser (NW) 2015 und 2018 sowie an weiteren Beprobungsterminen dieser Jahre versus Durchfluss am Pegel Wittenberge
Quelle: Messwerte Carbamazepin: NLWKN, Durchfluss: WSV. Luftbild: Havariekommando, 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

Während der extremen Niedrigwasser (NW)-Perioden der Elbe in den Jahren 2018 und 2019 wurde die Wasserbeschaffenheit des Flusses anhand des „Messprogramms für hydrologische Extremereignisse der Elbe“ im Rahmen der Flussgemeinschaft Elbe durch die Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Niedersachsen untersucht. Gestützt auf diese Messergebnisse erfolgte eine retrospektive Modellierung der beiden NW-Perioden (16.7.-10.12.2018 und 15.7.-30.9.2019). Ein Schwerpunkt bezog sich auf Schwermetalle und Arsen, die zu den Problemstoffen der Elbe zählen. Es wurde untersucht, ob sich „Grundlast“ (geogen und punktuell anthropogen) und Transport dieser Schadstoffe bei extremem NW (geringe diffuse Einträge, kaum Mischwasserentlastungen) realitätsnah im Modell abbilden lassen.

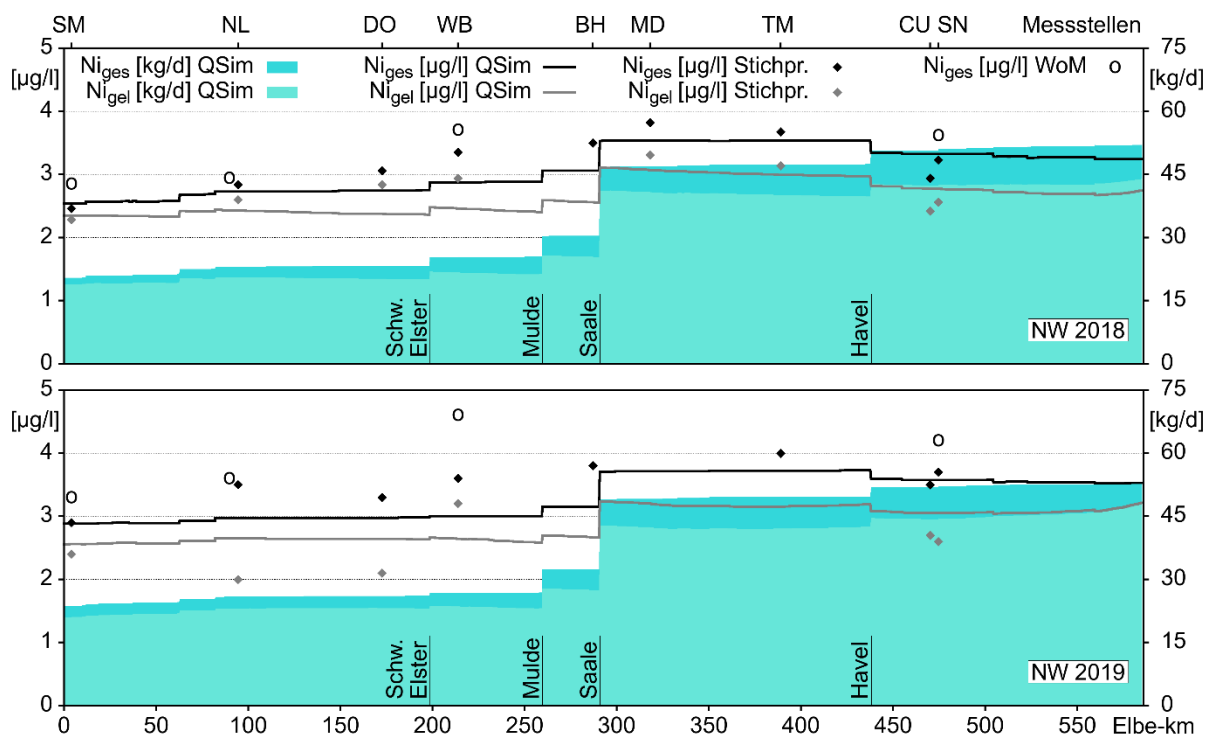


Abbildung 29: Mittlere Nickel-Konzentration der Elbe beim NW 2018 und NW 2019 nach QSim (Variante 1) und nach Messungen in Stich- und Wochenmischproben (WoM) sowie modellierte Tagesfrachten (aus Hübner et al. 2023)

Eingesetzt wurde das deterministische Gewässergütemodell QSim der BfG, und zwar die eindimensionale Modellinstanz der Elbe von Schmilka bis Geesthacht. Mit dem QSim-Schwermetallmodul wurde der Transport von Cadmium, Kupfer, Nickel, Uran, Zink und Arsen simuliert. Das Verhältnis des an Partikel gebundenen und gelösten Anteils dieser Elemente (bezogen auf die Schwebstoffkonzentration als „K_D-Wert“ bezeichnet) wird im Modell zunächst gemäß den Eingangsdaten übernommen. Der K_D-Wert ändert sich bei Berechnungsvariante 1 dann sukzessive in Abhängigkeit von pH-Wert und Schwebstoffkonzentration, während bei Variante 2 keine K_D-Wert-Anpassung erfolgt.

Die Modellergebnisse stellten sich unterschiedlich dar. Während der Transport von Elementen mit hohen gelösten Anteilen wie Arsen, Nickel (Abbildung 29) und Uran in guter Näherung zu den Messwerten abgebildet werden konnte, zeigten sich bei Schwermetallen mit ausgeprägter Feststoffbindung (Cadmium, Kupfer, Zink) größere Abweichungen (Tabelle 2). Die dynamische Berücksichtigung von pH-Wert und Schwebstoffkonzentration bei der K_D-Wert-Berechnung gemäß Variante 1 des Schwermetallmoduls brachte hinsichtlich des gelösten Anteils von Cadmium und Zink deutlich verbesserte Ergebnisse. Die Schwermetallmodellierung wird sich weiter verbessern lassen, wenn es gelingt, den Schwebstofftransport realitätsnäher zu modellieren.

Tabelle 2: Root Mean Square Error (RMSE) für Kenngrößen der Modellierung von Schwermetallen und Arsen in den NW-Perioden 2018 und 2019; N = Stichprobenzahl (aus Hübner et al. 2023)

Kenngröße			N	RMSE	
Durchfluss			2260	8,4 m³/s	6,1 %
pH-Wert			104	0,3	4,3 %
Schwebstoff (abfiltrierbare Stoffe)			104	11,0 mg/l	75,7 %
Arsen	gesamt		87	0,41 µg/l	16,2 %
	gelöst	Variante 1	89	0,47 µg/l	22,2 %
		Variante 2		0,43 µg/l	20,1 %
Nickel	gesamt		101	0,61 µg/l	18,5 %
	gelöst	Variante 1	89	0,56 µg/l	21,1 %
		Variante 2		0,62 µg/l	23,4 %
Uran	gesamt		79	0,21 µg/l	18,7 %
	gelöst	Variante 1	85	0,23 µg/l	21,8 %
		Variante 2		0,17 µg/l	15,7 %
Kupfer	gesamt		100	1,14 µg/l	37,7 %
	gelöst	Variante 1	76	0,99 µg/l	42,8 %
		Variante 2		0,99 µg/l	42,9 %
Cadmium	gesamt		100	0,031 µg/l	38,4 %
	gelöst	Variante 1	89	0,014 µg/l	48,7 %
		Variante 2		0,035 µg/l	117,7 %
Zink	gesamt		90	11,3 µg/l	52,4 %
	gelöst	Variante 1	87	6,3 µg/l	59,6 %
		Variante 2		12,9 µg/l	121,8 %

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Analyse der Hauptbelastungsquellen und der Stoffströme in der Elbe und im Rhein für Schwermetalle / Arsen, Chlorid und organische Spurenstoffe bei Hoch- und Niedrigwasser
- Modellierung des Transports von Schwermetallen / Arsen, Chlorid und weitgehend konservativen organischen Spurenstoffen mit dem Gewässergütemodell QSim
- Weiterentwicklung der Abbildung von Transportprozessen partikelgebundener Schadstoffe (z. B. Erosion und Sedimentation im Gewässerbett, Austrag in die Aue)
- Übertragung entwickelter Vorgehensweisen auf weitere Flussgebiete

Verwertung der Ergebnisse

In Abstimmung mit BMUV und UBA werden die Projektergebnisse auch von der FGG Elbe (perspektivisch auch von 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. Die Projektergebnisse tragen zur Weiterentwicklung modellgestützter Flussgebietsanalysen bei, geben Hinweise zur Optimierung des Gewässergütemonitorings und unterstützen Schadstoff-Minimierungskonzepte.

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.

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

Veranlassung

Der Austausch hydrologisch-wasserwirtschaftlicher Informationen zwischen den nationalen und internationalen wasserwirtschaftlichen Behörden, Gremien, und Forschungsinstitutionen sowie ihre Bereitstellung für die 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. Hierzu sind neben Aufbau, Unterhalt und Betrieb der notwendigen informationstechnischen Infrastruktur (s. Geoportal der BfG) der Datenbestand und Auswertemethoden zu pflegen sowie auch neue Fachdatensätze, die die thematischen Inhalte komplexer raum-zeitlicher hydrometeorologischer, hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Sachverhalte aufzeigen, zu erarbeiten.



Abbildung 30: Hochwassermarken an der historischen Neckarbrücke in Heidelberg. Quelle: P. Krahe, BfG

Ziele

- Datenpflege hydrometeorologischer, hydrologischer Daten und thematischer Karten mit Bezug zur Einzugsgebietshydrologie und Wasserwirtschaft
- Weiterentwicklung von Datenerhebungsmethoden und statistischen Verfahren zur Aus- und Bewertung hydrologischer und wasserwirtschaftlicher Sachverhalte
- Erstellung von thematischen hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Karten bzw. Datensätzen und Konzeption zu Informationssystemen bzw. Werkzeugen zur Entscheidungsunterstützung

Ergebnisse

- Mitarbeit an der Definition der Anforderungen zur Fortschreibung der mitteleuropaweiten HYdro-meteorologischen RASTERdatensätze (HYRAS 5² km² und HYRAS-DE 1² km²) durch den Deutschen Wetterdienst und Übernahme in den BfG-Datenbestand (1951- 2020 und Niederschlag 1931-aktuell, Tageswerte)
- Fortschreibung BfG-eigener mitteleuropaweiter hydrometeorologischer Rasterdatensätze (SE-AMOBIS), die auf europaweiten Beobachtungsdaten (OBServations) sowie dynamischen Wettervorhersagemodellen beruhen, im Rahmen der Forschungen zur sogenannten nahtlosen Vorhersage für beliebige Zeithorizonte (SEAMless Prediction) der BfG (1995-aktuell, Stunden- und Tageswerte)
- Analyse und Visualisierung hydrometeorologischer Größen zur Unterstützung der Berichterstattung zu hydrologischen Extremereignissen
- Methodische Beiträge und Beratung von Bund-Länder-Arbeitsgruppen hinsichtlich des Umgangs mit Klimaprojektionen und Pflege des Bestandes regionaler Klimaprojektionen
- Aufbereitung und Validierung der von der European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT) im Rahmen der Hydrological Satellite Application Facility (HSAF) bereitgestellten satellitenbasierten Datensätze zu Niederschlag, Schnee und Bodenfeuchte für das laufende Berichtsjahr. Bereitstellung der Bodenfeuchtedaten für das Monitoring der BfG zum Grundwasser, z. B. 2023

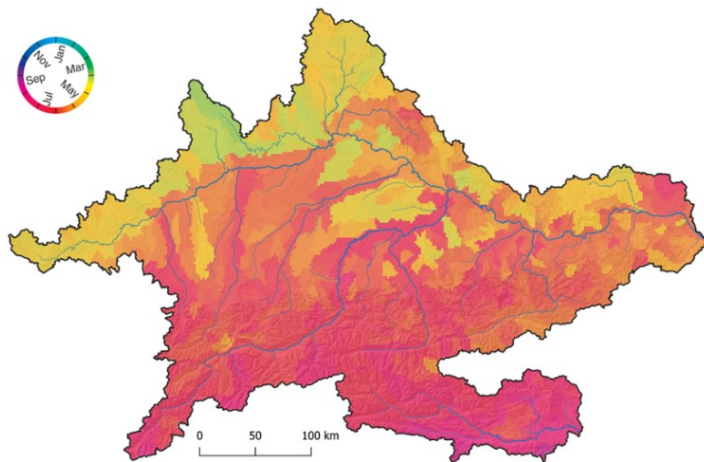


Abbildung 31: Eintrittszeiten von Hochwasserereignissen im Einzugsgebiet der Donau bis zum österreichischen Pegel Hainburg und dem österreichischen Flussgebietsanteil der Drau basierend auf einer hydrologischen Simulation, die mit 10000 Jahren synthetisch erzeugten stündlichen Niederschlägen angetrieben wurde. Der Zeitraum für die Kalibrierung des hydrologischen Modells sowie des stochastischen Wettergenerators ist 1961 bis 2017. Mit dem Modellsystem können Zeitreihen von Extremereignissen unter heutigen und zukünftigen Klimabedingungen berechnet werden. Die Simulationen erlauben auf Grund ihrer Reihengänge auch Aussagen zu hohen Jährlichkeiten. Quelle: Projekt WETRAX, TU Wien

- Bereitstellung von mit den Wasserhaushaltsmodellen der BfG erzielten Simulationsergebnissen für verschiedene Bundesbehörden und Forschungseinrichtungen (z. B. Nährstoffmonitoring UBA-KIT, LARSIM-MORE) sowie für die BfG-Berichterstattungen zu Extremereignissen und für BfG-eigene Forschungsvorhaben
- Mitarbeit und Bereitstellung von Daten für die Monitoringberichte zur DAS in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt und der Kleingruppe „Klimaindikatoren“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)
- Fortführung der Erhebung von Daten zu Talsperren, Wasserüberleitungen etc. und Überführung in vom Wasserhaushaltsmodell LARSIM lesbare Formate. Mitarbeit an der Entwicklung eines Prototyps eines Hydrologischen Informationssystems der Internationalen Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes (KHR/CHR)

- Übernahme und Vorhaltung der Daten und Methoden/Softwareprogramme des österreichisch-deutschen Projektes WETRAX+ (Weather Patterns, Cyclone Tracks and related precipitation Extremes) (Abbildung 31).
- Fortführung des Kooperationsvorhabens mit dem Geographischen Institut der Universität Bonn (GIUB) zur wissenschaftlichen Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der historischen Hydrologie (HistG-Historisches Gedächtnis des Rheins), z. B. Hochwassermarken und deren Interpretation.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Fortschreibung und Pflege der hydrometeorologischen Datensätze, insbesondere Konsolidierung der regionalen Klimaprojektionen
- Weiterführung der Erhebung und Aufbereitung hydrologischer Daten zur Aktualisierung der neuen Klimareferenznormalperiode 1991- 2020
- Überführung der bei Forschungsvorhaben (KHR-ASG Projekt und WETRAX+) gewonnenen Datensätze zum Gebietswasserhaushalt in den BfG-Datenbestand
- Begleitung des Kooperationsvorhabens mit dem GIUB zur wissenschaftlichen Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der historischen Hydrologie (HistG-Historisches Gedächtnis des Rheins).

Verwertung der Ergebnisse

Neben dem BMUV sind die Hauptnutzer die internationalen Flussgebietskommissionen, die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, Bundes- und Landesbehörden sowie Universitäten, ebenso wie die entsprechenden Institutionen des benachbarten Auslandes, die sich mit Fragen des Wasserhaushaltes, der hydrologischen Klimafolgenforschung sowie dem Hoch- und Niedrigwasserrisikomanagement beschäftigen.

Ansprechperson der BfG Peter Krahe

Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen
Tel.: +49 (0)261 1306 5234
E-Mail: krahe@bafg.de

114 Allgemeiner Wasserhaushalt

Das Monitoring der Wasservorräte und Entwicklung, Betrieb und Anwendung hydrologischer Simulationsmodelle für die großen Stromgebiete Deutschlands unterstützt wasserwirtschaftliches Handeln.

Die Bestandsaufnahme (Monitoring) der Wasservorräte Deutschlands dient der Erfüllung vielfältiger nationaler und internationaler Berichtspflichten. Die Quantifizierung der Auswirkungen anthropogener Maßnahmen und des globalen Klimawandels auf das Abflussregime ebenso wie die Verbesserung der Wasserstands- und Abflussvorhersagesysteme für verschiedene Zeithorizonte verlangen Entwicklung und Einsatz mathematischer Simulationsmodelle und Verfahren.

Veranlassung

Für die vielfältigen wasserwirtschaftlichen Belange bei der Umweltplanung, insbesondere für Fragen des Hoch- und Niedrigwassermanagements, ist die Kenntnis über das heutige und zukünftige raumzeitliche Schwankungsverhalten der Wasserhaushaltskomponenten unabdingbar. Auf dieser Grundlage lassen sich abgelaufene Extremereignisse wie Hoch- und Niedrigwasser hinsichtlich der Ursache-Wirkungsbeziehungen einordnen. Weiterhin sind zukünftige Zustände unter Anwendung operationeller Vorhersage- und Prognosesysteme aufzuzeigen, um Fehlentwicklungen rechtzeitig vorbeugen zu können.



Abbildung 32: Historische Pumpe im Schöpfwerk Steinschleuse/Alte Sorge/Eider. Quelle: P. Krahe, BfG

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
- Erstellung flussgebiets- und bundesweiter Abfluss- und Wasserbilanzen und spezieller Monitoring-Produkte, z. B. in Form eines Indikatorsystems

Ergebnisse

- Vertiefte Validierung und prozessorientierte Weiterentwicklung des Wasserhaushaltsmodells LAR-SIM-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 (Abbildung 33)
- Simulationsrechnungen zum Wasserhaushalt und Beratung zur Erstellung von Klimawandel-bedingten Abflussprojektionen im Rahmen des WH-Monitorings und der hydrologischen Klimafolgenforschung
- Weiterentwicklung und Pflege eines neuartigen Modellierungsrahmens für Wasserhaushaltsmodelle (Modellframework HydPy) in Hinblick auf Fragestellungen der Tieflandhydrologie (derzeit in Testung am Beispiel des Eider- und Treenegebietes)
- Mitarbeit in LAWA-Gremien: Weiterentwicklung von Abflussindikatoren für den dritten Monitoringbericht 2023 zur Deutschen Anpassungsstrategie (DAS)
- Unterstützung des Monitorings und der Ursachenanalyse bundesweit relevanter hydrologischer Extremereignisse (u. a. wöchentliche Berichte zum Niedrigwasser 2023)
- Aktualisierung der bundesweiten Abfluss- und Wasserbilanzen für die Jahre 2021 und 2022
- Optimierung der umfangreichen Arbeitsabläufe für das Pre- und Postprocessing der hydrologischen Klimafolgenuntersuchungen im Rahmen des DAS-Basisdienstes
- Wissenschaftliche Begleitung und Abschluss der Vergaben in Kooperationen mit nationalen und internationalen Partnern aus Forschung und Verwaltung, z. B. WETRAX+ („Wetterlagen, Zugbahnen und hydrologische Extreme“, Wasserwirtschaftsverwaltungen in Bayern und Österreich)
- Beginn der Bearbeitung des BMBF Forschungsprojektes „KI-basiertes Monitoring-, Datenmanagement- und Informationssystem zur gekoppelten Vorhersage und Frühwarnung vor Grundwasserniedrigständen und -versalzung“ (KIMoDIs) Unterstützung der KHR/CHR bei der Ableitung „Sozio-ökonomischer Szenarien für das Rheingebiet“

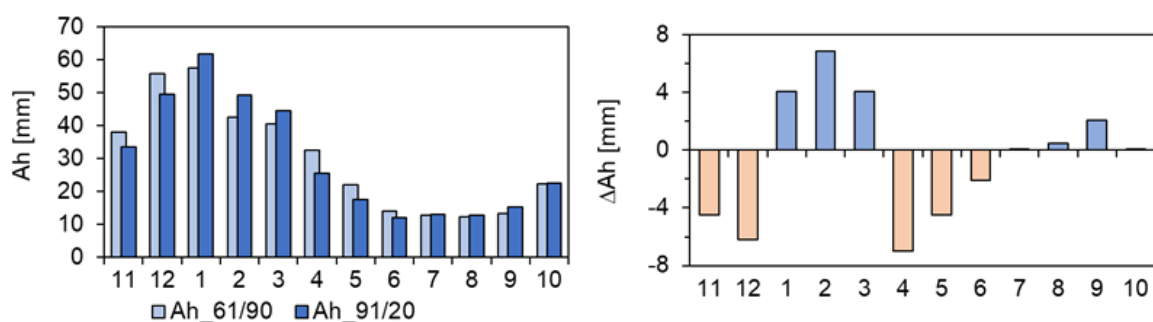


Abbildung 33: Vergleich der mit LARSIM-ME berechneten monatlichen Abflusshöhen zwischen den beiden Klimanormalperioden 1961/90 und 1991/20 für das Einzugsgebiet der Eider. Es zeigt sich eine Zunahme in den Frühjahrsmonaten und eine Abnahme in den Winter- und Sommermonaten.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Regelmäßige Erstellung von flussgebiets- und bundesweiten Abfluss- und Wasserbilanzen und speziellen Monitoringprodukten
- Erarbeitung eines Konzeptes und Beginn mit dessen Umsetzung zur Überarbeitung der bestehenden Arbeitsabläufe, Datengrundlagen und Berechnungsverfahren zur Erstellung der Abfluss- und Wasserbilanzen
- Fortführung der methodischen Entwicklungs- und Validierungsarbeiten der mitteleuropaweiten Wasserhaushaltsmodellierung mit dem Ziel, die Prognosefähigkeit der mitteleuropaweiten Wasserhaushaltsmodelle kontinuierlich zu erhöhen
- Berechnung und Konsolidierung von Abflussprojektionen auf der Grundlage der Vielzahl verfügbarer und neu entstehender regionaler Klimaprojektionen 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 Beteiligung am EU-HORIZON Projekt „Stakeholders for Adaptive, Resilient and Sustainable Water Management und SES“ (STARS4Water) als assoziierter Partner
- Unterstützung der KHR/CHR bei der Ableitung „Sozioökonomischer Szenarien für das Rheingebiet“
- Weiterführung der BfG-eigenen Arbeiten zur Verlängerung der Vorhersagezeiten

Verwertung der Ergebnisse

Neben dem BMUV sind die Hauptnutzer die internationalen Flussgebietskommissionen, die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Bundes- und Landesbehörden, ebenso wie die entsprechenden Behörden des benachbarten Auslandes sowie die europäischen und internationalen Umweltbehörden, z. B. die Europäische Umweltagentur, die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) etc.. Zudem wird die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) unterstützt.

Ansprechperson der BfG

Peter Krahe

Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

Tel.: +49 (0)261 1306 5234

E-Mail: krahe@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.

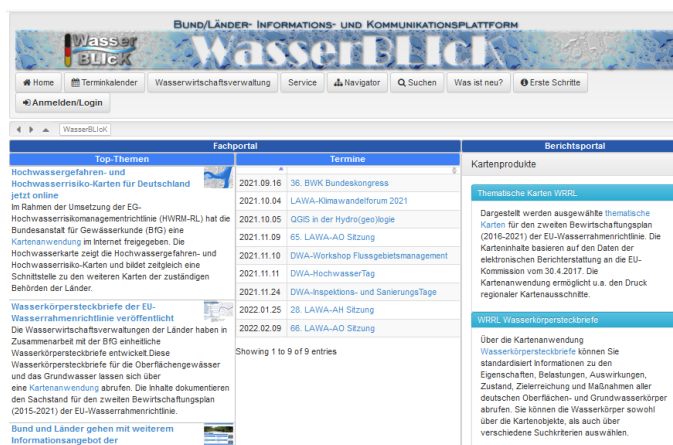


Abbildung 34: Portal WasserBLiCK

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 die Berichterstattung zu den wasserbezogenen EU-Richtlinien obliegt dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. 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 Interessierten zur Verfügung gestellt.

In 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 die Publikationen erstmals zeitgleich online im Volltext recherchierbar.

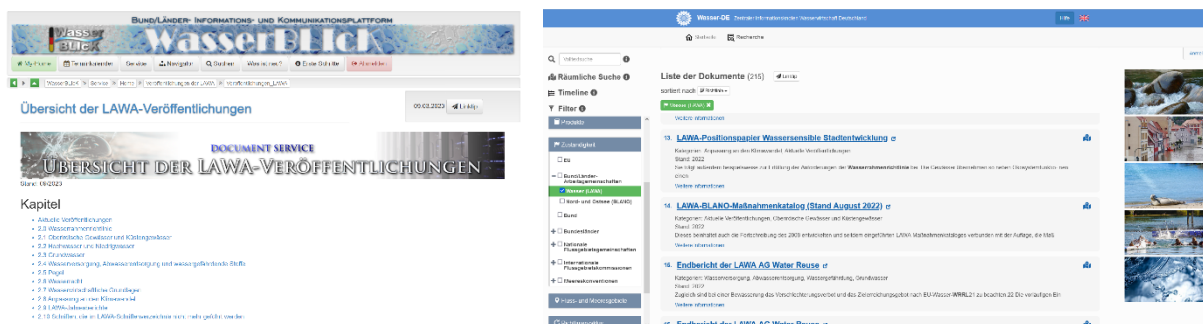


Abbildung 35: Auszug aus der Publikationsliste der LAWA im WasserBLiCK sowie in Wasser-DE

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, Hochwasserrisikomanagementrichtlinie, Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, Badegewässerrichtlinie und Trinkwasserrichtlinie gemäß richtlinienspezifischem Berichtsturnus

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.

Ansprechperson der BfG
Stephan Hofmann

Referat M4 Geoinformation und Fernerkundung, GRDC
Tel.: +49 (0)261 1306 5243
E-Mail: 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)

Das Jahr 2023 stand ganz im Fokus der UN 2023 Water Konferenz. Die Vereinten Nationen hatten angesichts einer weltweit drohenden Wasserkrise Alarm geschlagen. Auf dem Gipfel wurde sich auf einen Aktionsplan Wasser mit über 800 freiwilligen Selbstverpflichtungen geeinigt. Diese sollen für schnellere Fortschritte bei der Umsetzung der Agenda 2030 sorgen, um das Menschen-recht auf Wasser- und Sanitärversorgung zu gewährleisten. Klar ist, dass die Zeit zum Handeln drängt. Das ICWRGC, das mit zwei Mitarbeitern als Teil der deutschen Delegation unter Vorsitz des BMUV an der Konferenz teilnahm, stellt zusammen mit der BfG über ihre globalen Wasserdatenzentren die Datengrundlage für die dafür notwendige Forschung aber auch Politikberatung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an den globalen Wandel bereit.

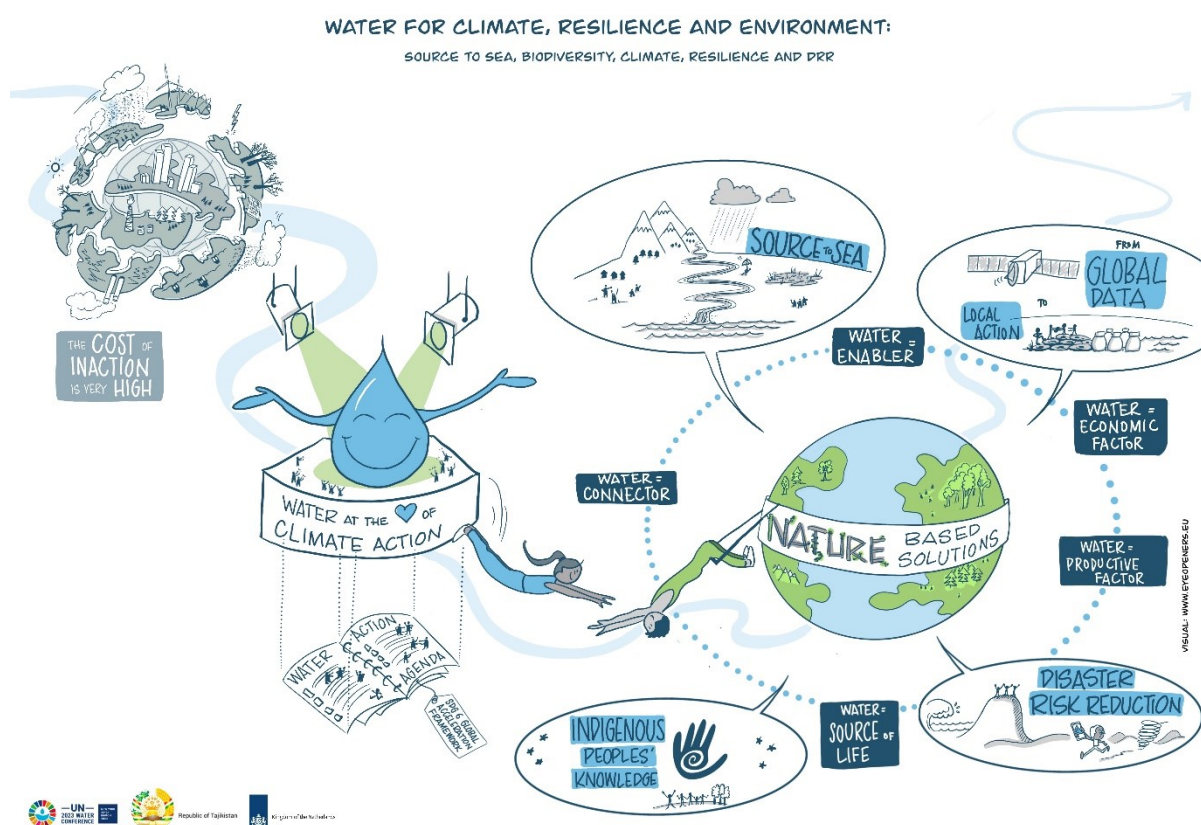


Abbildung 36: Vom 22. bis 24. März 2023 organisieren die Vereinten Nationen in New York ihre erste Weltwasserkonferenz seit 1977. Ein globaler Aktionsplan soll dafür sorgen, dass nachhaltiger mit Wasser umgegangen wird. Die Abbildung verdeutlicht die zentrale Rolle von Wasser für Klima, Resilienz und die Umwelt

Quelle: <https://sdgs.un.org/conferences/water2023>

Das an der BfG angesiedelte ICWRGC fördert die Zusammenarbeit fachlich administrativer, wissenschaftlicher und operationeller Institutionen in Deutschland und international zum Thema Süßwasser, auch mit eigenen Forschungsbeiträgen. Damit befördert das ICWRGC die Ziele der Agenda 2030 und

insbesondere das Nachhaltigkeitsziel 6 (Wasser) und berät mit seinen Leistungen im Auftrag der Bundesministerien, die das ICWRGC fachaufsichtlich führen, deutsches Engagement in UNESCO, UNEP und WMO um. In Abstimmung mit dem Ressortkreis Wasseraußenpolitik werden die deutschen Fachbeiträge zu den folgenden Wasserprogrammen der Vereinten Nationen (VN) koordiniert:

- „International Hydrological Programme“ (IHP, currently phase IX, 2022-2029) der UNESCO
- „Hydrology Action Plan 2030“ (HAP) der WMO
- „Global Environment Monitoring System for Water“ (GEMS/Water) von UNEP
- Integrated Monitoring Initiative for SDG6 (IMI-SDG6) von UN-Water

Gemäß seiner thematischen Schwerpunkte engagiert sich das ICWRGC in der Forschung und der Ausbildung zu Süßwasser-bezogenen Themen sowie beim Betrieb von globalen Wasserdatenzentren.

Hervorzuheben sind für 2023 die Aktivitäten des ICWRGC bei der Mitgestaltung der IX. Phase des Intergouvernementalen Hydrologischen Programms der UNESCO (2022-2029) sowie des hydrologischen Aktionsplans der WMO. Im Bereich Daten ist das Engagement durch die Einrichtung des Internationalen Bodenfeuchte Netzwerks (ISMN) an ICWRGC und BfG geprägt. Weiterhin baut das ICWRGC seine weltweiten Aktivitäten in zwei Regionen im Rahmen von deutschen Programmen und Projekten mit Bezug auf die Wassersicherheit besonders aus. Dies erfolgt mit dem nationalen und internationalen Netzwerk im subsaharischen Afrika sowie in Zentralasien.

Veranlassung

Das Deutsche Sekretariat des Nationalen Komitees für das Internationale Hydrologische Programm (IHP) der UNESCO und für das Hydrologische Wasserressourcenprogramm (HWRP) der WMO ist seit 1974 bei der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) in Koblenz angesiedelt. Das Sekretariat erhielt 2014 durch die UNESCO eine besondere Wertschätzung. Mit dieser Anerkennung wurde das Internationale Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel (ICWRGC) vor fünf Jahren gegründet. Im gleichen Jahr erfolgte dort auch die Ansiedlung der globalen Datenbank für Wasserqualitätsdaten durch das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP). Als zusätzliche Anerkennung seitens der VN-Organisationen übertrug die WMO 2017 dem ICWRGC die Koordination des Globalen Terrestrischen Netzwerkes Hydrologie (GTN-H). 2021 übertrug das BMDV dem ICWRGC und der BfG die Ansiedlung des International Soil Moisture Netzwerks (ISMN) als weiteres internationales Datenzentrum. 2024 wird für das ICWRGC daher durch eine Reihe von Jubiläen geprägt sein.

Ziele

- Beitrag zu Süßwasser bezogenen F&E-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 vorbeugenden Maßnahmen zum Katastrophenschutz und der Daseinsfürsorge weltweit
- Beiträge zu den internationalen nachhaltigen Entwicklungszielen „Sustainable Development Goals“ (SDGs) der VN mit wasserbezogenen Themen
- Koordination des GEMS/Water Datenzentrums und Betrieb der Globalen Wasserqualitätsdatenbank GEMStat unter der Schirmherrschaft von UNEP (s. BMUV-Maßnahme 3.2)
- Koordination und Betrieb des International Soil Moisture Networks. Eine Übernahme der Schirmherrschaft durch WMO und FAO ist in Bearbeitung.

- Bereitstellung eines globalen hydrologischen Dateninformationssystems, im Wesentlichen durch die Koordinierung und Weiterentwicklung des Global Terrestrial Network – Hydrology (GTN-H) unter Schirmherrschaft der WMO und des Global Climate Observing Systems (GCOS)
- Förderung der internationalen Zusammenarbeit
- Mitwirkung in nationalen und internationalen Wasser-Netzwerken, die systemisches Verständnis für den globalen Wasserkreislauf und damit in grenzüberschreitenden Flusseinzugsgebieten und Grundwasserleitern befördern.
- Aus- und Fortbildung von Wasserexperten weltweit aber auch von Studierenden in Deutschland
- Koordinierung internationaler Doktoranden- und Masterprogramme im Bereich Wasser

Ergebnisse

1. Forschung

Das ICWRGC ist an folgenden Forschungs- und Entwicklungsprojekten beteiligt und besetzt hier oft den Schwerpunkt Wissenschaft-Stakeholder-Schnittstelle:

Klimawandel und Adaption (Beitrag zu SDGs):

- Nutzung der globalen Beobachtungsdaten: Großräumige hydrologische Schwankungen, Zustand und Trends des Wasserkreislaufs auf verschiedenen Skalen.
- Koordination des europäischen Regionalprogrammes EUROFRIEND des UNESCO-IHP Schwerpunktprogramms Flow Regimes from International Experimental and Network Data (FRIEND-Water).

Stofffrachten und Sedimente (Beitrag zu UNESCO-IHP/ISI und UNEP)

- URSACHEN (BMDV-finanziertes Forschungsprojekt): Analyse der Unsicherheit von Frachtberechnungen für Sedimente, Schad-, und Nährstoffe zur Stärkung der Beratungsleistung der BfG und des GEMS/Water Datenzentrums

Saisonale Vorhersage von Dürreerisiken für verschiedene Sektoren

- Bearbeitung der Arbeitspaket zum BMBF GROW Projekt OUTLAST "Entwicklung eines operativen, multisektoralen, globalen Vorhersagesystems für Dürregefahren" mit Fokus auf Lake Victoria und Zentralasien.

Analyse des Status der globalen Wasserressourcen

- Mitarbeit am „State of the Global Water Resources 2022“ Reports der WMO

Erforschung der Repräsentativität von In-situ-Bodenfeuchtedaten auf verschiedenen Skalen

- Identifikation von Stationen die sich besonders gut für die Validierung von Satelliten- und Modell-daten eignen.

Förderung und Beitrag zum Management von Wasserressourcen und Klimawandel

- Koordination und Organisation des SASSCAL-Mobilitätsprogramms für Doktoranden und Masterstudenten im Bereich Wasser durch qualitätsorientierten Wissensaustausch, Ausbildungsmöglichkeiten, Lehrplanentwicklung sowie die Vernetzung mit wissenschaftlichen Einrichtungen und der operationellen Wasserwirtschaft in Deutschland.
- Studierendenbetreuung, Forschung, und Lehre
- Mitarbeit in Forschungskonsortien zur Vorbereitung von Vorschlägen für die Ausschreibung des BMBF zur Wassersicherheit im südlichen Afrika (WASA).

2. 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 Global Terrestrial Network – Hydrology (GTN-H), dem Verbund von insgesamt 12 Weltwasserdatenzentren, gestärkt, mit dessen Koordination das ICWRGC seit 2017 mandatiert ist.

- Seit April 2014 koordiniert das ICWRGC im Auftrag der BfG die globale Gewässergütedatenbank von GEMS/Water (unter Schirmherrschaft des Umweltprogramm der Vereinten Nationen UNEP).
- Seit Ende 2022 betreiben ICWRGC und BfG gemeinsam das Internationale Bodenfeuchte Netzwerk (ISMN), entwickelt durch die TU Wien und nun dauerhaft finanziert durch das BMDV. Damit wurde ein weiterer zentraler Bestandteil des globalen Beobachtungssystem für den Wasserkreislauf in Deutschland angesiedelt.
- Mit dem Global Runoff Data Centre der BfG (Weltzentrum für Abflussmessungen) und dem Global Precipitation Climate Centre des DWD (Weltzentrum für Niederschlagsklimatologien), beide unter Schirmherrschaft der WMO, herrscht ein sehr enger Austausch.
- 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.
- Betrieb eines Pilotdatenportals für wasserbezogene Gefahren im Bereich des Klimawandels (Projektergebnis CO-MICC).
- Das ICWRGC berät in relevanten Arbeitsgruppen die UN Organisationen WMO, UNESCO und UNEP sowie das Global Climate Observing System GCOS im Bereich hydrologische Observationen, Datenmanagement und der Schließung vorhandener Beobachtungslücken.
- Das ICWRGC leitet seit 2023 einen Teil des Schwerpunkts „Bridging Data Knowledge Gaps in Hydrology“ der 9. Phase von UNESCO-IHP. Ziel ist es hier operationelle Hydrologie und die akademische Forschung im Bereich Datenmanagement besser miteinander zu verbinden.

3. Aus- und Fortbildung

Unser Aus- und Fortbildungsangebot beruht auf klassischen Unterrichtsmethoden und E-Learning. Im Verlaufe der Corona-Pandemie mussten zahlreiche Präsenzveranstaltungen virtuell veranstaltet werden. In diesem Rahmen konnten wir unsere Kapazitäten deutlich ausbauen: Auch für die Zukunft stellen hier die OER – „Open Educational Ressources“ 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 Doktoranden und ihre Betreuer dafür ausgewählt. Ziele sind maßgeschneiderte Schulungen zum integrativen Wasserressourcen Management für Studierenden bis hin zu politischen Entscheidungsträgern und Weiterführung des Austauschprogrammes.
- Unterstützung der EURO-FRIEND Workshopserie zu „Großräumige Variationen der hydrologischen Merkmale“, veranstaltet durch Dr. Bastien Dippois (UK). Die einzelnen Vorlesungen sind über youtube abrufbar und weiter nutzbar.

- 1. Forum. „German hydrological research in the context of the water programs of the United Nations“, in Zusammenarbeit mit dem Netzwerk Junge Deutsche Hydrologen der Deutschen Gesellschaft für Hydrologie (DHG); Zielgruppen: Fortgeschrittene Nachwuchswissenschaftler, Young Water Professionals (M.Sc. und PostDoc).
- Zudem unterstützte das ICWRGC erneut die International German Summer School on Hydrology (IGSH), die jedes Jahr an der Ruhr-Universität Bochum stattfindet und 2021 auf den Schwerpunkt „Groundwater and Urbanization“ und 2022 auf „Groundwater and Agriculture“ ausgerichtet war.
- Mitgestaltung einer Ringvorlesung im Rahmen des Bonn-ARTS Programms mit acht Vorlesungen.
- In Kooperation mit Universitäten betreuen wir regelmäßig Praktikanten und studentische Abschlussarbeiten.
- Betreuung zweier Doktoranden des Zentrums für Entwicklungsforschung der Universität Bonn

Ausblick auf die nächsten Jahre

Die Ergebnisse der UN-Wasserkonferenz 2023 haben die Bedeutung der Ressource Wasser in den Fokus gerückt. Bedingt durch den Klimawandel und anthropogen Einflüsse werden sich auch zukünftig klimatologische Muster (Variabilität und Extremereignisse) verändern. Die Beobachtung des Wasserkreislaufs und der Wasserressourcen nimmt dabei eine zentrale Rolle sowohl im Bereich Wasserressourcenmanagement, als auch für die Anpassung und Verminderung des Klimawandels ein. Das ICWRGC wird weiterhin seine Möglichkeiten nutzen, um durch die Weiterentwicklung und koordinierende Unterstützung der globalen Wasserdatenzentren im In-situ-Bereich gemeinsam mit der BfG die internationale zentrale Rolle im Bereich der globalen Wasserdaten fortzuführen. Der operationelle Betrieb der Datenzentren wird hier durch die Forschungs- und Bildungsaktivitäten des ICWRGC untermauert.

Hierzu gehören

- Starke Koordinationsverbindung zwischen UNESCO, UNEP und WMO im Bereich des globalen Monitorings von Frischwasserressourcen
- Mitgestaltung der Implementierung der IX. Phase des Internationalen 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 Datenglage in den Weltdatenzentren und Entwicklung von globalen integrativen Datenprodukten im Rahmen von GTN-H
- Unterstützung der WMO Initiativen HydroSOS. Unterstützung des Aufbaus und der Etablierung von international abgestimmten Modellensembles zur Ermittlung des quantitativen und qualitativen Status der Gewässer sowie einer nahtlosen Vorhersage bzw. Projektionen, auch im Hinblick auf WMO HydroSOS
- Ausbau der Expertise und Aktivitäten in Afrika im Rahmen von Pilotstudien für das GEMS/Water Programm von UNEP sowie zur weiteren Unterstützung des Querschnittthemas „Priorities Africa and Gender Equality, Peace and Youth including Young Water Professionals“ von UNESCO-IHP

- Verstärkung der Zusammenarbeit mit den GIZ-Landesbüros und den nationalen hydrologischen Diensten, um die In-situ-Wassermessnetze und das damit verbundenen Datenmanagement als Basis für alle erforderlichen Produkte zu stärken.
- Forschungsprojekte zu hydrologischen Extremen, zur Beobachtung des globalen hydrologischen Kreislaufs und Wasserressourcen (Oberflächen- und Grundwasser), Unsicherheiten von Stofffrachten, Beteiligungen am BMBF Call „Wassersicherheit im südlichen Afrika“ (WASA)
- Erweiterung des E-Learning und open science Angebots in Zusammenarbeit mit dem IHE Delft und Prof. Nacken (RWTH Aachen, UNESCO-Lehrstuhl). Gerade Corona hat einen deutlichen Bedarf im Bereich e-Learning und hybriden Ansätzen von Online- und Präsenzveranstaltungen (Blended Learning) gezeigt.
- Stärkung der regionalen Schwerpunkte in Afrika und Zentralasien.
- Stärkung der Einbindung von jungen Hydrologen und Hydrogeologen (Master und PhD) aus Deutschland auf internationaler Ebene durch ein Online-Forum mit dem ICWRGC, welches mit der DHG ins Leben gerufen wurde.

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 der 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.

Ansprechperson der BfG **Harald Köthe**

Internationales Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel (ICWRGC),
UNESCO Kat 2 Zentrum
Nationales Sekretariat IHP (UNESCO) und HWRP (WMO)
Globales Wasserqualitätszentrum (GEMStat)
Tel.: +49 (0)261 1306 5313
E-Mail: koethe@bafg.de

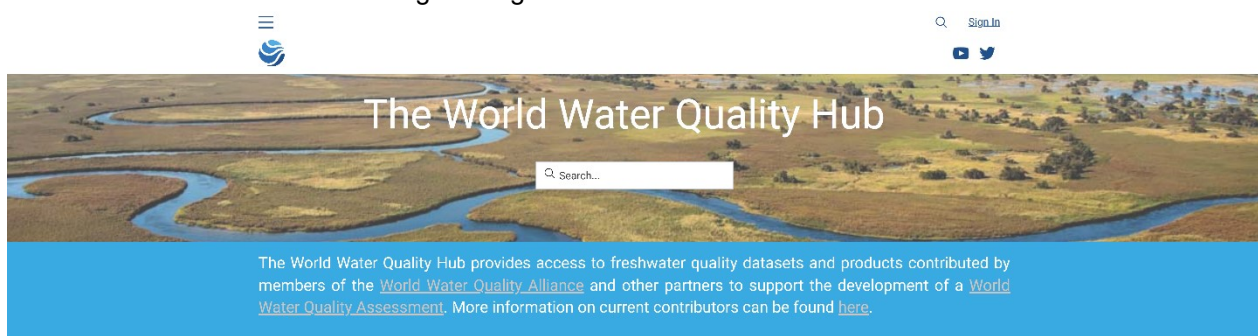
302 Das GEMS/Water Datenzentrum (GWDC) im Internationalen Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel (ICWRGC)

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

Das GEMS/Water Datenzentrum (GWDC) betreibt die globale Wasserqualitätsdatenbank GEMStat, die Daten von Grund- und Oberflächengewässern weltweit umfasst. Damit liefert es wichtige Informationen über den Zustand und die Entwicklung der Qualität von Gewässern. Ziel ist eine verbesserte Überwachung der Wasserqualität in Süßwasser-Ökosystemen. Die in GEMStat verfügbaren Wasserqualitätsdaten werden von Ländern und Organisationen auf freiwilliger Basis bereitgestellt und können unter anderem für Zustandsbeurteilungen, politische Entscheidungsprozesse, Forschungszwecke oder Ausbildungsprogramme genutzt werden. Aktuell beinhaltet die stetig wachsende Datenbank mehr als 23 Millionen Einträge aus 89 Ländern und ca. 17.000 Stationen. Insgesamt decken die Daten eine Zeitperiode zwischen 1906 und 2023 für über 500 Gewässergüteparameter ab.

Veranlassung

Das GEMS/Water-Programm wurde 1978 unter Federführung des Umweltprogrammes der Vereinten Nationen (UNEP) als globales Netzwerk zur Überwachung der Wasserqualität gegründet. Seit 2014 leistet das ICWRGC in Kooperation mit der BfG mit der Koordination des GWDC und des Betriebs der globalen Wasserqualitätsdatenbank GEMStat einen deutschen Beitrag zu GEMS/Water. Im Mittelpunkt stehen die Sammlung und Qualitätssicherung von Wasserqualitätsmessdaten der VN-Mitgliedsstaaten, auf deren Basis Datenprodukte entwickelt und regionale sowie globale Bewertungen des Zustandes von Binnengewässern durchgeführt werden. Zusätzlich unterstützt das Datenzentrum die Kapazitätsentwicklung in den an GEMS/Water beteiligten Mitgliedsstaaten im Datenmanagement und Berichtswesen und leistet Beiträge zum globalen Berichtswesen für SDG Indikator 6.3.2.



Explore freshwater quality data by topic



Abbildung 37: Screenshot der Startseite des "World Water Quality Hub", eine Zusammenstellung an Geoinformationsdiensten verschiedener Anbieter, entwickelt vom GWDC in Zusammenarbeit mit UNEP im Rahmen der World Water Quality Alliance

Ziele

- Schaffung einer umfassenden Sammlung qualitätsgesicherter Wasserqualitätsmessdaten als Grundlage für die Bewertung der Beschaffenheit von Binnengewässern im Kontext regionaler und globaler Umweltpolitik
- Entwicklung und Bereitstellung von Datenprodukten, Werkzeugen und Berichten zum Zustand und der Entwicklung der Wasserqualität in Binnengewässern
- Unterstützung von Mitgliedsstaaten bei der Verwaltung von Messdaten, Zustandsbewertung und Berichterstattung durch kapazitätsfördernde Aus- und Fortbildungsmaßnahmen

Ergebnisse

Datenakquise und Qualitätssicherung

Im Zuge der turnusmäßigen Aktualisierung des "State of the Environment"-Datensatzes der Europäischen Umweltagentur wurde die GEMStat Datenbank mit den neu verfügbaren Werten für die im Rahmen von ReportNet berichtenden europäischen Staaten ergänzt. Des Weiteren wurde durch eine enge Zusammenarbeit mit dem Argentinischen Sekretariat für Infrastruktur und Wasserpolitik die regelmäßige Lieferung von Daten aus dem nationalen Messnetz wieder aufgenommen.

Eine zunehmende Anzahl an VN-Mitgliedsstaaten stellt Wasserqualitätsmessdaten in verschiedenen Formaten und über verschiedene Wege online zur Verfügung. Im Berichtszeitraum konnte das GWDC daher die Wasserqualitätsdaten des nationalen Messprogramms Indiens aus ihrem Web-Portal beziehen und erstmals in der GEMStat Datenbank integrieren. Des Weiteren wurden die Datensätze von Mexiko und Neuseeland mit neuen Online-Daten ergänzt. Aktuell wird die Integration der Online-Daten von Uruguay vorbereitet.

Die zunehmende Verfügbarkeit von Online-Daten erleichtert die Datenakquise für das GWDC erheblich, deren Heterogenität und oftmals mangelnde Dokumentation bergen jedoch gleichzeitig technische und ressourcielle Herausforderungen bei der Qualitätssicherung und Datenprozessierung für die Integration in GEMStat. Mittel- und langfristig strebt das GWDC die Standardisierung von Metadaten und einheitlicher Datenstrukturen und Webdiensten an, um die Akquise und Bereitstellung von Daten sowohl für die bereitstellenden Institutionen als auch das Datenzentrum zu erleichtern. Hierfür beteiligt sich das GWDC seit 2022 an einem Wasserqualitätsdatenaustauschexperiment des Open Geospatial Consortiums (OGC), bei dem verschiedene Organisationen anhand von Fallstudien unterschiedliche Arten des Datenaustauschs testen, um die Grundlage für eine spätere Standardisierung zu legen. Im Berichtszeitraum wurden hierfür mehrere Fallstudien für den Datenaustausch vorbereitet, die in 2024 abgeschlossen und zusammen mit den Erfahrungen der anderen beteiligten Informationen in einem technischen Abschlussbericht veröffentlicht werden.

Datennutzung und Datenprodukte

Im Berichtszeitraum 2022-2023 wurden insgesamt 326 Datenanfragen von individuellen Nutzern aus 53 Ländern über das GEMStat Datenportal registriert. Zusätzlich hat das GWDC manuelle Anfragen von 42 Nutzern bedient. Es wurden 33 Artikel in wissenschaftlichen Zeitschriften publiziert, die in ihrer Methodik auf die Nutzung von GEMStat verweisen.

Die Integration der bereits bestehenden interaktiven Datenprodukte des GWDC (Wasserqualitäts-Dashboard, Interaktive Karten und Story Maps) in den überarbeiteten World Environment Situation Room (WESR) von UNEP wurde abgeschlossen.

World Water Quality Assessment and Alliance

Als Beitrag zur UN 2023 Water Conference und der daraus resultierenden Water Action Agenda haben UNEP, WMO und UNESCO einen gemeinsamen Aktionsplan zur Harmonisierung ihrer wasserqualitätsbezogenen Aktivitäten eingereicht. Dabei sollen zukünftig bestehende Programme und Projekte im Rahmen der WWQA besser aufeinander abgestimmt und gemeinsam neue Projekte umgesetzt werden. Ein erstes gemeinsames Projekt zur Verbesserung des Wasserqualitätsmonitorings und -datenaustausches zwischen den Anrainerstaaten des La Plata-Einzugsgebietes und der Anbindung an die globalen Datensysteme von WMO (WHOS) und UNEP (GEMStat) ist in Anbahnung.

Die bisherigen Ergebnisse zum globalen Wasserqualitätsassessment wurden im April 2023 auf einer neuen Webseite veröffentlicht, die in Zukunft als zentrale Anlaufstelle für das Assessment fungieren soll. Für die Erstellung eines umfangreichen und regelmäßigen Assessments fehlt es jedoch bisher an einer Struktur und Ressourcen. Das Technical Advisory Committee der WWQA hat unter Beteiligung des GWDC ein Konzept für einen Assessment-Prozess nach Vorbild der bereits existierenden internationalen Assessments von IPCC und IPBES erstellt, der es - entsprechende Mittel vorausgesetzt - ermöglichen soll, in Zukunft in regelmäßigen Abständen Syntheseberichte auf Basis wissenschaftlicher Veröffentlichungen zu veröffentlichen.

Zur Unterstützung des World Water Quality Assessment hat das GWDC mit dem World Water Quality Hub (s. Abbildung 37) eine Plattform entwickelt, die existierende Daten und Produkte der WWQA-Partner zur Wasserqualität zusammenführt und diese unter thematischen und regionalen Schwerpunkten kategorisiert. Diese Plattform soll zukünftig um weitere Inhalte und Ergebnisse des globalen Assessments ergänzt und in den World Environment Situation Room von UNEP integriert werden.

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

In 2023 findet der dritte Berichtszyklus der SDG-6 Wasserindikatoren statt. Das GWDC unterstützt UNEP GEMS/Water bei der Sammlung, Qualitätssicherung und Analyse der Berichtsdaten aus den Mitgliedsstaaten sowie der Erstellung des Indikatorfortschrittsberichts, der in 2024 nach Abschluss des Berichtszyklus und Qualitätssicherung veröffentlicht werden wird.

Eine neu entwickelte Berichtsplattform für SDG Indikator 6.3.2 ermöglicht es den Mitgliedsstaaten erstmals, die Indikatordaten online zu berichten und zu visualisieren. Diese Plattform soll zukünftig um weitere Wasserqualitätsdaten aus nationalen Quellen (Level 2 Reporting) sowie globalen Fernerkundungs- und Modellierungsdatensätzen ergänzt werden, um nationale und internationale Entscheidungsprozesse mit besseren Grundlageninformationen unterstützen zu können.

Die in den beiden vorherigen Berichtszyklen berichteten Indikatordaten reichen bisher nicht aus, um den Ansprüchen der IAEG-SDG für eine globale Datenverfügbarkeit (Abdeckung von mindestens 50% der Mitgliedsstaaten und Weltbevölkerung) zu genügen und den Indikator als Tier 1 zu klassifizieren. Dies soll bis zum 2025 stattfindenden Review des globalen Indikatorframeworks durch die IAEG-SDG gelingen, indem gezielt diejenigen Mitgliedsstaaten angesprochen und bei der Berichterstattung unterstützt werden, die bisher nicht berichtet haben und große Teile der Weltbevölkerung repräsentieren.

Aus- und Fortbildung und Technische Entwicklungszusammenarbeit

Die umfangreichen Aus- und Fortbildungsmaßnahmen von GEMS/Water in den letzten Jahren bei der Weiterbildung von mit Wasserqualitätsmonitoring betrauten Mitarbeitern in nationalen Wasserbehörden zeigen inzwischen Effekte beim Datenmanagement in den Behörden. Infolge der GEMS/Water Datenmanagementkurse, die das GWDC zusammen mit dem GEMS/Water Capacity Development Centre durchführt, haben Mitarbeiter des Sekretariats für Wasserinfrastruktur und -politik im Ge-

schäftsbereich des argentinisches Ministeriums für Bauwesen begonnen, die nationale Wasserqualitätsdatenbank entsprechend der in den Kursen vermittelten bewährten Verfahren mit Unterstützung des GWDC auszubauen, um die Berechnung und Berichterstattung nationaler und globaler Wasserqualitätsindikatoren zu ermöglichen. Die Arbeiten wurden auf dem 27. Nationalen Argentinischen Wasserkongress (CONAGUA) präsentiert und haben zur Berichterstattung von Wasserqualitätsmessdaten aus der nationalen Datenbank und für den Indikator 6.3.2 beigetragen.

Ab Oktober 2022 hat das GWDC zusammen mit dem Capacity Development Centre finanziert durch Mittel aus IMI-SDG 6 ein technisches Handbuch für das Datenmanagement von Wasserqualitätsdaten sowie einen Trainingskurs entwickelt, um die MS in diesen Bereichen besser unterstützen zu können.

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Fortlaufende Akquise und Qualitätssicherung von Wasserqualitätsmessdaten und Berichtsdaten für SDG Indikator 6.3.2
- Vereinfachte Bereitstellung und verbesserte Auffindbarkeit von Messdaten und daraus abgeleiteter Datenprodukte
- Aktualisierung von bestehenden und Entwicklung von neuen Methoden und Produkten in den Bereichen Nährstoff- bzw. Schadstofffrachten und Zustandsindikatoren zur Bewertung der Wasserqualität
- Unterstützung des globalen Wasserqualitätsassessments in Kooperation mit UNEP und weiteren Partnern innerhalb der World Water Quality Alliance
- Aktualisierung von Handbüchern zum Wasserqualitätsmonitoring und Datenmanagement in Zusammenarbeit mit UNEP, dem GWCDC, der WMO sowie Partnern aus dem GEMS/Water-Netzwerk
- Durchführung von Trainingskursen im Bereich Datenmanagement und -auswertung für GEMS/Water Partner

Verwertung der Ergebnisse

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 nichtkommerzielle Zwecke zum Download angeboten. Die im Rahmen der Nachhaltigen Entwicklungsziele gesammelten Indikatordaten werden für die Vereinten Nationen in Berichtsform präsentiert, um die Fortschritte im Hinblick auf das Nachhaltige Entwicklungsziel 6 nachzuverfolgen.

Ansprechperson der BfG Phillip Saile

Internationales Zentrum für Wasserressourcen und Globalen Wandel (ICWRGC)
Tel.: +49 (0)261 1306 5305
E-Mail: saile@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: Elbehochwasser 2013, Luftbild auf Gohlis Quelle: Umweltamt Sachsen

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 (NHWSP). Dieses wurde auf der Umweltministerkonferenz am 24. Oktober 2014 beschlossen und enthält eine bundesweite Aufstellung mit vorrangig umzusetzenden, überregional wirksamen Schutzmaßnahmen. Ziel ist es, diese Maßnahmen innerhalb eines Flussgebiets so zu kombinieren, dass möglichst viele Menschen von ihnen profitieren. Hierzu betreibt die BfG einen Beratungs- und Modellierungsdienst, um Fragen des Bundes und der Länder zur überregionalen Wirksamkeit von Maßnahmen beantworten zu können.

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 Mitteleinsatz 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
- 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

Im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens „Untersuchungen zur Ermittlung der Wirkung von präventiven Hochwasserschutzmaßnahmen im Rahmen des NHWSP“ (2015-2020) wurden von der BfG in Zusammenarbeit mit den Ländern 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. Die Projektergebnisse zeigten, dass die im NHWSP gemeldeten Maßnahmen einen signifikanten großräumigen Beitrag zur Absenkung der Scheitel in den untersuchten Flussgebieten leisten können. Demnach könnten durch die Maßnahmen die Pegelstände zukünftiger großer Hochwasser über weite Streckenabschnitte zwischen 10 und 50 cm reduziert werden – unter bestimmten Umständen sogar deutlich mehr.

Parallel zum FuE-Vorhaben zum NHWSP (s. o.) wurden bzw. werden an der BfG drei weitere NHWSP-Projekte im Auftrag der Bundesländer 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 Mittel Elbe (2017-2024) wurden großräumige 2D-Modelle aufgebaut und zur Beantwortung von Fragen – sowohl direkt abzielend auf die Wirkung der geplanten NHWSP-Maßnahmen als auch allgemeiner im Kontext des Hochwasserrisikomanagements – in den Flussgebieten der Havel bzw. der Elbe verwendet. So konnte bspw. modelltechnisch nachgewiesen werden, dass durch den kombinierten Einsatz ungesteuerter und gesteuerter Maßnahmen bei sehr großen Hochwassern (HQ₁₀₀/HQ₂₀₀) großräumige Wasserstandreduktionen von 0,6 m bis 1 m auf weiten Streckenabschnitten der Elbe zwischen Tangermünde und Geesthacht erreichbar wären (Abbildung 39).

Aktuell arbeitet die BfG im Kontext der Expertengruppe „Modellierung“ der Internationalen Kommission zum Schutz der Mosel und der Saar (IKSMS) an der Verbesserung des Bund-Länder-Modellsystems für die Bundeswasserstraßen Mosel, Saar und (außerhalb des IKSMS-Kontextes) für die Lahn. Das im Frühjahr 2022 beauftragte Projekt, das sich in den 3. Zyklus der Umsetzung der HWRM-Richtlinie (bis 2027) eingliedert, zielt auf die Aktualisierung und Verbesserung der hydrologischen Grundlagen an den genannten Wasserstraßen ab, wird in enger internationaler Abstimmung (Frankreich, Luxemburg) durchgeführt und wird einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Informationsgrundlagen im Hochwasserrisikomanagement der genannten Flüsse leisten.

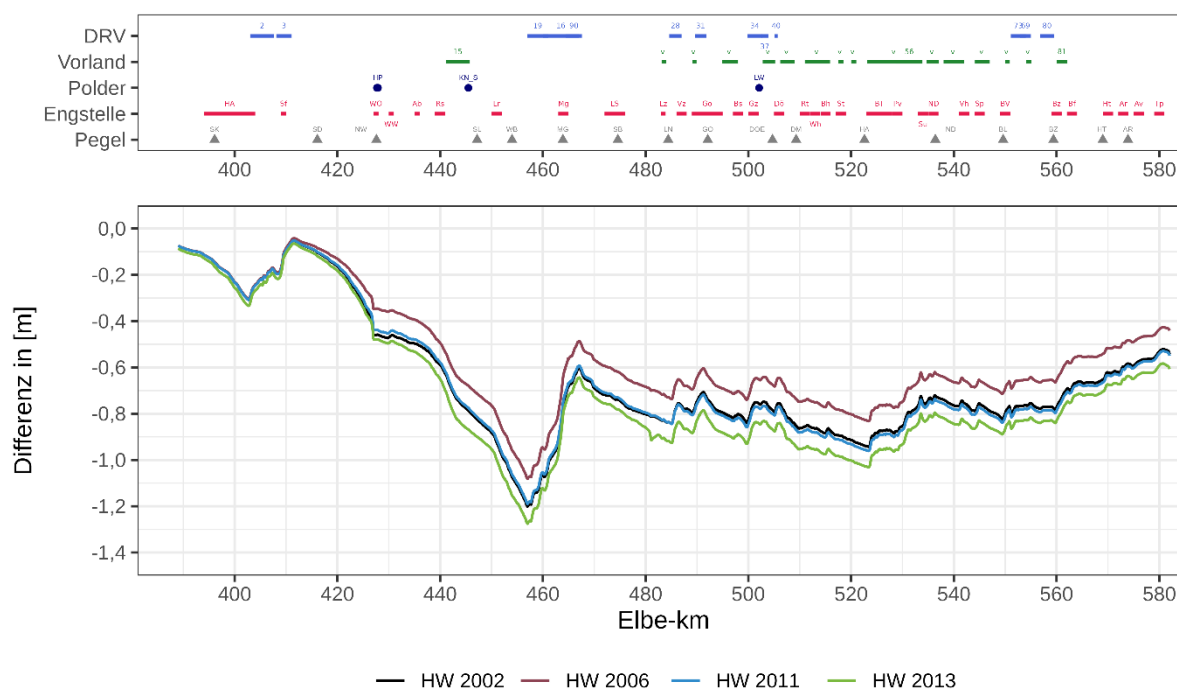


Abbildung 39: Differenz der modellierten Wasserspiegellagen für die Mittelelbe (Bezugszustand versus Maßnahmenzustand). Der Maßnahmenzustand umfasst die im Projekt „2D-Modellierung zur Verbesserung der Hochwassersituation an der Mittelelbe“ [Stand Juni 2023] als potenziell realisierbar eingeschätzten Maßnahmen, in Summe rd. 1300 ha Retentionsraum bzw. 230 Mio. m³ Retentionsvolumen. Dargestellt sind die Ergebnisse für vier unterschiedliche Modellhochwasser: HW 2002, 2006 und 2011 skaliert auf HQ100 sowie das HW 2013 ohne Deichbruch. Die Lage der Deichrückverlegungen ist als blauer Balken, die der Maßnahmen im Vorland (Vegetationsmaßnahmen und vier Altarmanschlüsse) als grüne Balken dargestellt. Die Lage der Flutpolder ist mit einem dunkelblauen Kreis markiert. Wichtige Pegel sind mit grauen Dreiecken, hydraulische Engstellen (Bereiche mit schmalen Flussquerschnitt, großem Gefälle und hohen Strömungsgeschwindigkeiten) mit roten Balken gekennzeichnet. Die Nummerierung der untersuchten Maßnahmenoptionen entsprechen der im Abschlussbericht verwendeten Bezeichnung (geplante Veröffentlichung Frühjahr 2024).

Die Expertengruppe „Validierung“ (EG HVal) der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) befasste sich in der Vergangenheit – vergleichbar mit dem zuvor genannten FuE-Vorhaben zum NHWSP – mit der (modellbasierten) Analyse der Wirksamkeit der für den Rhein realisierten und geplanten wasserstandsensenkenden Maßnahmen. Im Zuge der Verabschiedung des neuen IKSR-Programms „Rhein 2040“ wurde die EG HVal im Frühjahr 2022 reaktiviert. Als eine der an den vergangenen großräumigen Wirkungsanalysen aktiv beteiligten Institutionen evaluiert die BfG derzeit mit den Partnern in der EG die zukünftigen Bedarfe an modellbasierten Wirkungsanalysen sowie dafür erforderliche Vorarbeiten. Die hierzu notwendigen Modellaktualisierungen wurden bereits begonnen und der Modellierungsumfang abgestimmt. Für die vier zu betrachtenden Zeithorizonte (Referenzzustand 2022, 2027, 2033 und 2039) werden jeweils 108 Modellhochwasser (auf der Grundlage von 18 historischen Hochwasserereignissen) modelliert und die Wirkung der 79 wasserstandsmindernden Maßnahmen am Rhein zwischen Basel und der Nordsee berechnet. Die Modellierungen werden in 2024 durchgeführt.

Im Rahmen des Beratungsdienstes zum NHWSP wurden außerdem verschiedene Bund-Länder-Initiativen zur Verbesserung der geodätischen und hydrologischen Grundlagen forciert. Das laufende Projekt zum Aufbau eines DGM-W der Binnenelbe, das gemeinsam von der Flussgebietsgemeinschaft (FGG) Elbe, der BfG und der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung durchgeführt wird, realisiert ein Mehrzweckmodell für das gesamte Binnenelbegebiet inkl. der Altauengebiete. Im Berichtsjahr wurde die Qualitätssicherung der eingehenden Daten, die Befliegungen als solche sowie deren erste Prozessierungsschritte abgeschlossen. Es folgte die Klassifizierung der Befliegungsdaten (Abbildung

40a), die voraussichtlich bis Januar 2024 abgeschlossen wird. Parallel dazu wird derzeit die Modellierung des DGM-W vorbereitet, wobei u. a. bestehende topografische Daten der Gewässersohle sowie der Flachwasserbereiche analysiert und priorisiert werden. Zur Übersicht, welche Daten an welcher Lokalität in das Modell einfließen werden, werden Datenquellenkarten erstellt und abgestimmt (z. B. Abbildung 40 b, c). Der Projektabschluss ist bis Ende 2024 vorgesehen, so dass das mit Projektende bereitgestellte DGM-W der Binnenelbe ab 2025 u. a. für die Aktualisierung der großräumigen 1D- und 2D-Modelle der Binnenelbe genutzt werden kann.

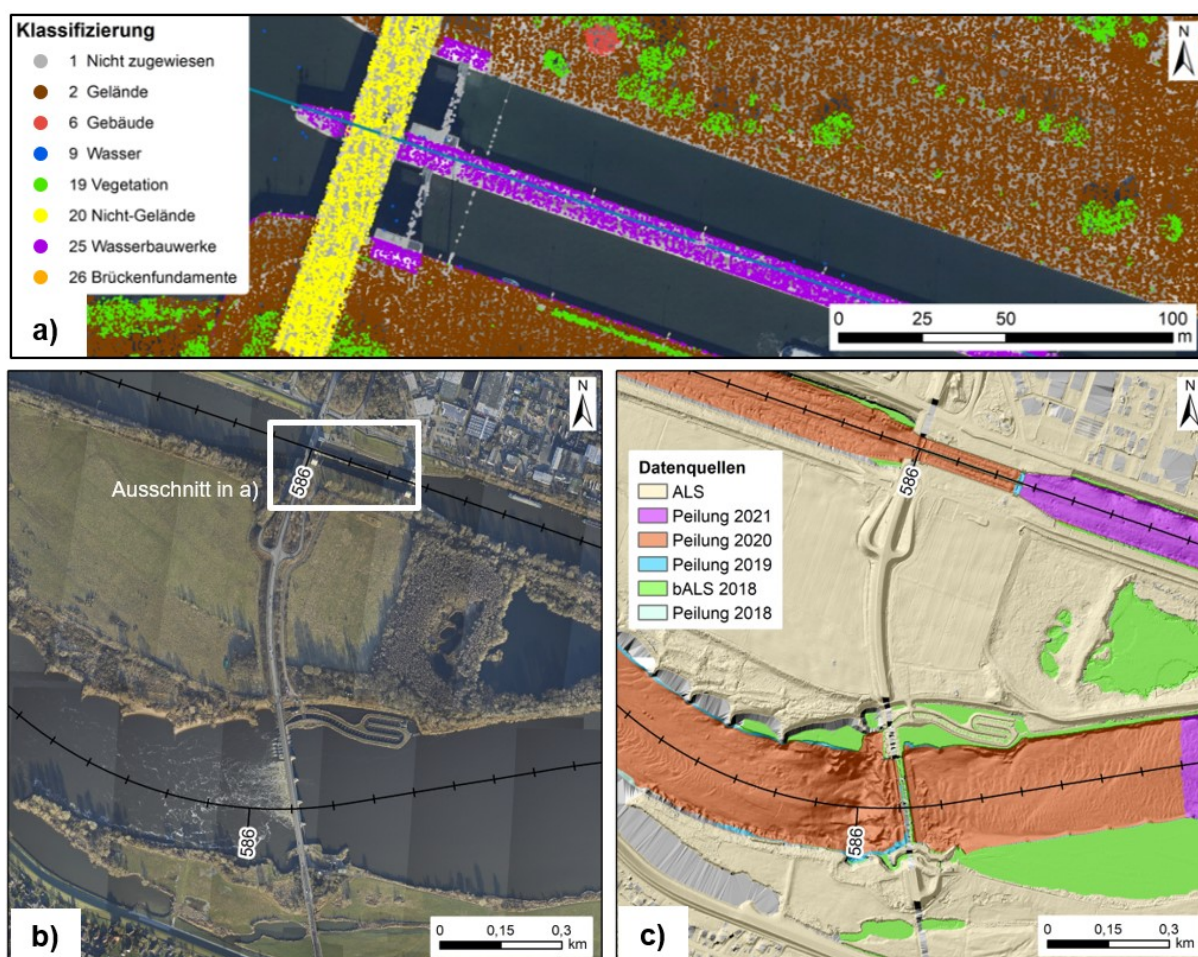


Abbildung 40: Beispiele für Zwischenprodukte im Projekt DGM-W Elbe, hier in der Umgebung der Wasserbauwerke (Wehr, Schleuse, Fischtreppe) von Geesthacht (Elbe-km 586). a) Klassifizierte Daten, b) Luftbilder der projektinternen Befliegung, c) Datenquellen die an der die an der jeweiligen Stelle als Modelleingangsdaten verwendet werden. Quellen: BfG

Im Projekt zur Erarbeitung eines gemeinsamen Bund-Länder-Messprogramms zur koordinierten und abgestimmten Erfassung und Auswertung von Abflüssen, Wasserspiegellagen sowie der Wasser-Land-Grenze bei hydrologischen Extremereignissen an der Elbe und ihren wichtigen Nebenflüssen werden aktuell die konkreten Bedarfe, Arbeitsabläufe und Produkte erarbeitet und in der FGG Elbe abgestimmt. Diese Projektphase ist wegen der aufwändigen Bund-Länder Abstimmungen bis Anfang 2024 verlängert worden. Ziel ist die Vorbereitung eines zwischen Bund und Ländern abgestimmten Messprogramms zur Vermeidung von Doppelarbeit und Inkonsistenzen im Ereignisfall (Hoch- oder Niedrigwasser). Während die technischen Aspekte weitestgehend feststehen, werden die Möglichkeiten zur Finanzierung der Messprogramme aktuell noch evaluiert.

Des Weiteren werden derzeit noch die neuesten Möglichkeiten der Radarfernerkundung im BfG-Forschungsprojekt „Sat-Land-Fluss: Satellitenbasierte Wasser-Land-Grenzen-Bestimmung“ (2020-2024)

praxisnah erprobt. Das Projekt untersucht das Verbesserungspotenzial der Satellitendatenauswertung (Sentinel 1) u. a. für Hochwassermonitoring und morphologische Veränderungsanalyse, wobei der Fokus auf der Integration von vorhandenen Geobasisdaten liegt. Das Projekt wurde und wird auf verschiedenen nationalen und internationalen Konferenzen und Besprechungen vorgestellt.

Der zur Finanzmittelplanung entwickelte webbasierte Assistent eNHWSP befindet sich seit dem Jahr 2016 im Wirkbetrieb. Er unterstützt die LAWA bei der Koordination des Fördermittelbedarfs aus dem Titel „Maßnahmen des präventiven Hochwasserschutzes im Rahmen des NHWSP“ innerhalb der GAK (Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“). 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 Bundesländern autorisierten 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 Nutzer angepasst.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Fortführung und Weiterentwicklung des NHWSP-Dienstes zur zentralen Unterstützung des BMUV zu Fragen des Hochwasserschutzes, u. a. durch:

- Aufbau, Betrieb und Fortschreibung großräumiger mathematischer Modelle sowie - in Zusammenarbeit mit den FGGen - Durchführung von flussgebietsweiten Wirkungsanalysen, bei Bedarf auch bundesweit,
- nutzerorientierte und effiziente Erfassung, Auswertung und Bereitstellung aller für den Modellaufbau und die Wirkungsanalyse benötigten Geofachdaten,
- Entwicklung möglichst automatisierter Fortschreibungstechniken digitaler Geländemodelle des Wasserlaufs (DGM-W) u. a. auf Basis von topografischen Daten Dritter und aktualisierter Gewässerbettdaten für zukünftige digitale Zwillinge,
- 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,
- 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.

Verwertung der Ergebnisse

Die bereitgestellten IT-Werkzeuge und deren Ergebnisse tragen insgesamt zu einem verbesserten Hochwasserrisikomanagement in Deutschland (und auch international) bei und befördern 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 zur Verfügung.

Ansprechperson der BfG**Marcus Hatz**

Referat M2 Wasserhaushalt, Vorhersagen und Prognosen

Tel.: +49 (0)261 1306 5574

E-Mail: hatz@bafg.de**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 ist das nationale Archiv für Umweltproben. Dafür werden stetig und standardisiert Schwebstoffproben von Flüssen aus 13 repräsentativen Einzugsgebieten durch die BfG genommen.

Die Umweltprobenbank des Bundes (UPB) ist ein Archiv von Proben, mit denen die Qualität der Umwelt und gesundheitsrelevante Umwelteinflüsse auf den Menschen dokumentiert und bewertet werden (<https://www.umweltprobenbank.de>). Die Konzeption der Umweltprobenbank des Bundes sieht an den meisten limnischen Probenahmeflächen (PNF) auch die Probennahme von Schwebstoffen vor.

Die jährliche Routineprobenahme von Schwebstoff wird seit dem Jahr 2005 durchgeführt. Die gewonnenen Proben werden dann an das Fraunhofer IME Schmallenberg gebracht wo diese der Probenbank zugeführt werden.

Aufbauend auf den Ergebnissen o. g. Forschungsprojekte und den Erfahrungen aus der bisherigen Routinebeprobung wird ab 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 zu finden.



Abbildung 41: Der Schwebstoff wird in den Fallen in 3 Schalen gesammelt. Quelle: U. Köppe, BfG

Veranlassung

Die durchgeführten Arbeiten liefern Beiträge

- Dokumentation des Zustandes der Gewässer in Deutschland für nachfolgende wissenschaftliche Fragestellungen und spätere Generationen
- Teile des gewonnenen Schwebstoffs können auch direkt zur Beantwortung aktueller Fragestellungen untersucht werden

Ziele

Mittelfristige strategische Ziele:

- Durchführung von qualitative hochwertigen und standardisierten Probenahmen
- Sicherstellung einer konstanten und kontaminationsfreien Probenmenge
- Vermeiden von Ausfällen bei der Probenahme
- Beratung bei der Erstellung neuer SOPs
- Anpassungen der Probenahme an Umweltveränderungen wie, Klimawandel und Niedrigwasser

Ergebnisse

- Seit 2005 ununterbrochene Zeitreihe von monatlichen Schwebstoffproben zur Erstellung von Monats- und Jahresmischproben
- Verstärkte Zusammenarbeit mit den Ländern bei der Probennahme und generell bei Fragestellungen rund um Schwebstoffe
- Konzeption und Durchführung eines Versuchs zur Überprüfung der Tauglichkeit der Fallen für eDNA Analysen
- Unterstützung des Projekts sumPFAS des Fraunhofer IME Schmallenberg
- Unterstützung eines Projekts zu hexachlorocyclohexane isomers (HCHs) des UFZ Dresden
- Unterstützung des Projekts zum Verbrauch Quartärer Alkylammoniumverbindungen während der SARS-CoV-2 Pandemie der Universität Gießen



Abbildung 42: Überschüssiger Schwebstoff wird für verschiedene Fragestellungen auf Anfrage bereitgestellt, hier für eine Analyse der Quecksilberbindungsform und Spezifizierung. Quelle: U. Köppe, BfG

Ausblick auf die nächsten Jahre

- Fortführung der Aktivitäten
- Weitere Anpassung der Probenahmen, wo nötig an extreme Wasserstände

Ansprechperson der BfG
Dr. Alexander Zavorsky

Referat G4 Radiologie und Gewässermonitoring
Tel.: +49 (0)261 1306 5934
E-Mail: zavorsky@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 und aufgebaut.

Das System soll als zentraler Daten- und Informationsknotenpunkt für Bund, Länder und andere Nutzerinnen und Nutzer dienen und Informationen für Entscheidungen webbasiert bereitstellen. Gemeinsam mit der LAWA Kleingruppe NIWIS entwickelt die BfG das System, dessen Operationalisierung für 2025 geplant ist.

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 Niedrigwassern durch Fachleute aber auch die Öffentlichkeit nur durch großen Ressourceneinsatz bedient werden. Ursächlich ist eine bestehende Lücke zu Niedrigwassern 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 die Lücke geschlossen werden.

Ziele

NIWIS hat den Anspruch, beim Thema Niedrigwasser die bundesweite Anlaufstelle für fundierte und vergleichbare überregionale Informationen zu werden. Dabei richtet es sich an alle mit Interesse am Thema Niedrigwasser, an Fachleute gleichermaßen wie an Bürgerinnen und Bürger.

Der räumliche Überblick und die zeitliche Einordnung von Niedrigwasserereignissen basierend auf Messdaten ermöglicht eine fundierte Bewertung der aktuellen Situation. Grundlage hierfür ist die täglich aktualisierte Bereitstellung von Nahe-Echtzeit-Daten von Wasserständen, Abflüssen, Niederschlagsdaten sowie Grundwasserständen (Abbildung 43).

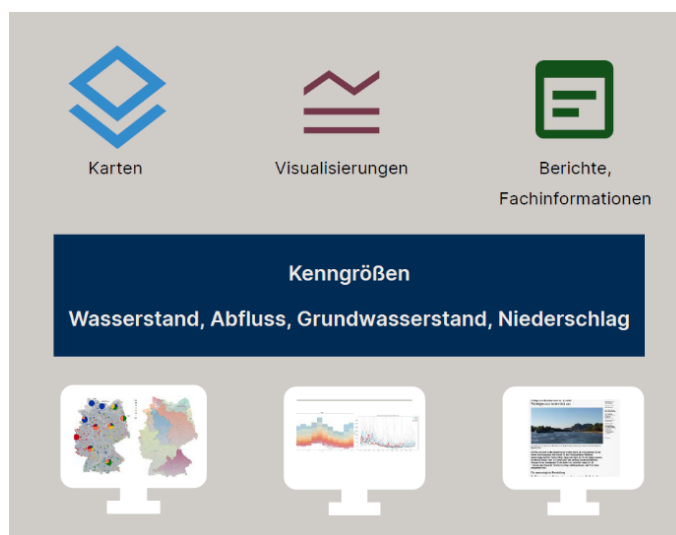


Abbildung 43: Darstellung der Inhalte in NIWIS.
Quelle: BfG

Die Ziele für das Informationsangebot auf NIWIS sind daher zusammengefasst:

- Darstellung der aktuellen Niedrigwasserlage mit Nahe-Echtzeit-Daten
- Einordnung der Situation durch Bezugnahme auf Messwerte der aktuell gültigen Klimareferenzperiode der World Meteorological Organization (1991-2020)
- Vergleichbarkeit auf Bundesebene
- Interaktiver Ansatz: Bezugszeiträume können verändert und Messstellen verglichen werden
- Berichte und Fachinformationen führen weiter an das Thema Niedrigwasser heran

Ergebnisse

Die Kleingruppe (KG) NIWIS des LAWA-AH mit neun vertretenen Bundesländern hat seit November 2021 in sieben Sitzungen vor allem die fachlichen Inhalte von NIWIS diskutiert und abgestimmt. Im Jahr 2023 wurde das technische Konzept bestehend aus einem Backend- und einem Frontendbereich geschärft.

Auf fachlicher Ebene konnte sich die KG auf ein Klassifikationssystem für NIWIS verständigen. Dafür wurden die von Ländern und Flussgebietsgemeinschaften eingesetzten Systeme einer Zusammenschau unterzogen. Letztlich wurde für NIWIS ein eigener Ansatz gewählt, der aber große Überschneidungsmengen mit bestehenden Systemen hat. Die NIWIS-Klassifikation soll den aktuellen hydrologischen Zustand der Gewässer in eingängiger Weise kommunizieren und besteht aus einem System basierend auf vier Klassen (Abbildung 44). Als Schwellenwerte kommen die Quantile Q75, Q95 sowie Q99 täglicher Bezugsreihen zum Einsatz, sie variieren über das Jahr verteilt und ermöglichen die Einordnung des aktuellen Messwertes relativ zur saisonalen Erwartbarkeit (Abbildung 45). Alternativ kann auf feste Schwellenwerte umgeschaltet werden.

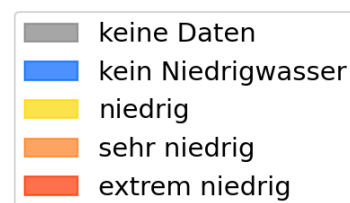


Abbildung 44: Niedrigwasser-Klassen für NIWIS.

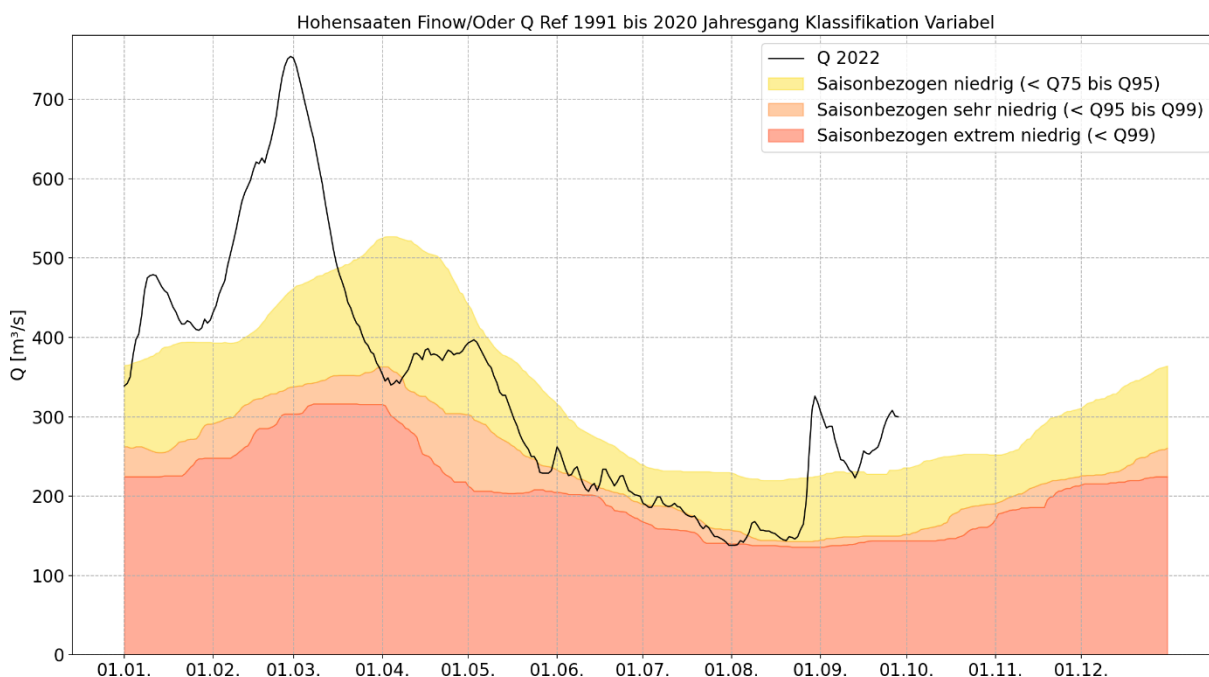


Abbildung 45: Jahresgang der variablen Niedrigwasser-Klassifikation in NIWIS. Einordnung des aktuellen Messwertes erfolgt relativ zur saisonalen Erwartbarkeit. Hier am Beispiel des Pegels Hohensaaten-Finow/Oder mit der Abflusszeitreihe des Jahres 2022. Die Referenzzeitreihe zur Bestimmung der Schwellenwerte ist 1991-2020.

Die KG einigte sich zudem auf einen Katalog aus Niedrigwasser-Indikatoren für NIWIS. Hierzu gehören neben klassischen hydrologischen Indikatoren wie beispielsweise NM7Q und SumD auch der Low-Flow-Index (LFI) oder der Niedrigwasser-Indikator aus dem DAS-Monitoring. Für die Grundwasserstände soll der Grundwasser-Indikator aus dem DAS Monitoring zum Einsatz kommen. Der Standardized Precipitation Index (SPI) als in der Meteorologie etablierte Größe bezogen auf den Niederschlag rundet das Paket ab.

Auf der technischen Ebene wurde das Backend-Frontend Konzept von NIWIS geschärft (Abbildung 46), Fragen zur Datenübertragung geklärt und erste Entwürfe zu Aufbau und Navigation der Webpräsenz diskutiert. Außerdem wurde das wichtige Thema der Mengengerüste angegangen, also der für die täglichen Prozesse der Datenübertragung, Verarbeitung und Speicherung notwendigen Hardwareanforderungen. Dies stellt die Grundlage für eine Vergabe der Implementierung von NIWIS dar, die in 2024 erfolgen soll.

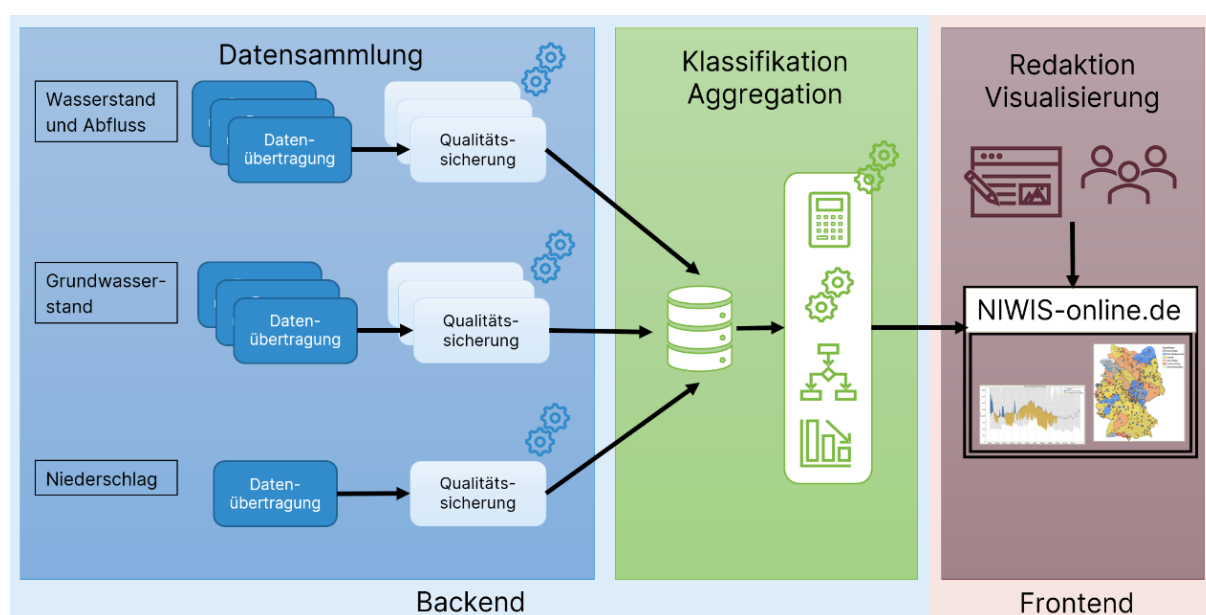


Abbildung 46: Zusammenspiel von NIWIS Backend und Frontend.

Ausblick auf die nächsten Jahre

Die BfG wird in Abstimmung mit der KG NIWIS das Konzept von NIWIS vervollständigen und in 2024 die Implementierung von NIWIS nach vorangegangenen Vergabeprozess realisieren. Für 2025 ist die Operationalisierung des Dienstes vorgesehen.

Durch einen modularen Aufbau der Informationsplattform ist eine stetige Weiterentwicklung bereits vorgezeichnet, nach 2025 sollen zusätzliche Parameter, Modelldaten und eine Erweiterung von NIWIS über das Bundesgebiet hinaus integriert werden. Das Feedback des Nutzerkreises auf den Start von NIWIS wird für künftige Erweiterungen zudem eine große Rolle spielen.

Verwertung der Ergebnisse

Die bislang erreichten Ergebnisse stellen die fachliche und technische Grundlage zum NIWIS-Konzept und somit zur Implementierung und operationellen Inbetriebnahme von NIWIS bis 2025 dar, welches dann einen entscheidenden Beitrag zur fachlichen Beratung von BMUV und BMDV in Bezug auf Niedrigwasser leisten und die bestehende Lücke bezüglich umfassenden bundeseinheitlichen Informationen zu Niedrigwasser schließen wird.

Ansprechperson der BfG
Axel Keeß

Referat M1 Hydrologische Grundsatzangelegenheiten, Hydrometrie und Gewässerphysik
Tel.: +49 (0)261 1306 5245
E-Mail: keess@bafg.de

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Test von automatisierten Messsystemen.....	11
Abbildung 2: Test von automatisierten Messsystemen.....	11
Abbildung 3: Internetauftritt, Zahlentafeln der IKS.....	14
Abbildung 4: Mosel bei Koblenz-Gondorf.....	17
Abbildung 5: Zeitprofil der Kläranlageneinleitungen.....	20
Abbildung 6: Donau zwischen Straubing und Vilshofen.....	22
Abbildung 7: Auengewässer der Donau zwischen Straubing und Vilshofen	23
Abbildung 8: Blick auf einen Priel vor dem Wattenmeer bei Ebbe.....	27
Abbildung 9: Verteilung der Schadstoffgehalte entlang der schleswig-holsteinischen Küste	29
Abbildung 10: Verteilung der Spurenstoffgehalte.....	30
Abbildung 11: Nematoden (<i>Caenorhabditis elegans</i>)	33
Abbildung 12: Fremantle Highway mit dem Hochsee-Bergungsschlepper Nordic auf der Nordsee vor Ameland	36
Abbildung 13: Arbeiter in Schutzausrüstung beim Entfernen von Brandresten auf der MSC Flaminia im JadeWeserPort.....	38
Abbildung 14: Rauchentwicklung auf dem Düngemittel-Frachter Purple Beach mit dem Hochsee-Schlepper Nordic und dem Mehrzweckschiff Neuwerk.....	38
Abbildung 15: Betrachtungsbereich für die überschlägigen Berechnungen nach der Havarie der Rix Partner und der Rix Star.....	38
Abbildung 16: In der Nordsee treibender Container der MSC Zoe	38
Abbildung 17: Mittelrhein bei St. Sebastian, Niedrigwasser 2015.....	40
Abbildung 18: Entwicklung der mittleren Artenzahl an der Oberen Elbe	41
Abbildung 19: Schwemmkegel des Mühlgrundbachs nach einem Hochwasser.....	41
Abbildung 20: Nachweis östrogenartig wirkender Substanzen mittels eines dünnstichtbasierten in vitro Biotests	43
Abbildung 21: Quantifizierung der östrogenen Verbindungen 17 β -Estradiol (17 β E2), 17 α -Ethinylestradiol (17 α EE2) und Estron	44
Abbildung 22: Einleitung des Tracers bei hohen Abflussbedingungen oberhalb des Wehres Vrané ..	46
Abbildung 23: Messung der Tracerkonzentrationen in der Moldau	47
Abbildung 24: Vergleich des vollständig kalibrierten Moldau-Abschnitts des Alarmmodells Elbe	48
Abbildung 25: Vergleich des vorläufig kalibrierten Bílina-Abschnitts des Alarmmodells Elbe	48
Abbildung 26: Fütterung von Zebrabärblingen in der Fischanlage der BfG.....	50
Abbildung 27: Wachstumsrate von <i>C. elegans</i> in Abhängigkeit vom Kulturmedium.	52
Abbildung 28: Carbamazepin-Konzentration der Elbe bei Schnackenburg	54

Abbildung 29: Mittlere Nickel-Konzentration der Elbe beim NW 2018 und NW 2019.....	55
Abbildung 30: Hochwassermarken an der historischen Neckarbrücke in Heidelberg.	58
Abbildung 31: Eintrittszeiten von Hochwasserereignissen im Einzugsgebiet der Donau	59
Abbildung 32: Historische Pumpe im Schöpfwerk Steinschleuse/Alte Sorge/Eider.....	61
Abbildung 33: Vergleich der mit LARSIM-ME berechneten monatlichen Abflusshöhen.....	62
Abbildung 34: Portal WasserBLiCK	64
Abbildung 35: Auszug aus der Publikationsliste der LAWA im WasserBLiCK sowie in Wasser-DE.....	65
Abbildung 36: Vom 22. bis 24. März 2023 organisieren die Vereinten Nationen in New York ihre erste Weltwasserkonferenz seit 1977.	66
Abbildung 37: Screenshot der Startseite des "World Water Quality Hub"	72
Abbildung 38: Elbehochwasser 2013, Luftbild auf Gohlis	76
Abbildung 39: Differenz der modellierten Wasserspiegellagen für die Mittel Elbe	78
Abbildung 40: Beispiele für Zwischenprodukte im Projekt DGM-W Elbe	79
Abbildung 41: Der Schwebstoff wird in den Fallen in 3 Schalen gesammelt.	82
Abbildung 42: Überschüssiger Schwebstoff wird für verschiedene Fragestellungen auf Anfrage bereitgestellt	83
Abbildung 43: Darstellung der Inhalte in NIWIS.	84
Abbildung 44: Niedrigwasser-Klassen für NIWIS.	85
Abbildung 45: Jahresgang der variablen Niedrigwasser-Klassifikation in NIWIS	85
Abbildung 46: Zusammenspiel von NIWIS Backend und Frontend.	86

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: In der NTS-Datenbank der BfG neu identifizierte Substanzen in Schwebstoff- und/oder Wasserproben	19
Tabelle 2: Root Mean Square Error (RMSE) für Kenngrößen der Modellierung von Schwermetallen und Arsen in den NW-Perioden 2018 und 2019; N = Stichprobenzahl.....	56

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor
56068 Koblenz

Telefon: +49 261 1306-0
Telefax: +49 261 1306-5302
E-Mail: posteingang@bafg.de
www.bafg.de