

Lebendiges Wasser:

Forschungsagenda zur biologischen Vielfalt
der Binnen- und Küstengewässer



Zusammenfassung

Binnengewässer sowie ihre angrenzenden Auen und Küstengewässer sind Hotspots der biologischen Vielfalt. Gleichzeitig gehören sie zu den weltweit am stärksten bedrohten Ökosystemen. Trotzdem stehen sie viel weniger im Fokus als terrestrische oder marine Ökosysteme. Der dramatische Rückgang der Biodiversität in Binnengewässern betrifft nicht nur alle Ebenen der biologischen Vielfalt (Arten, Populationen, Lebensgemeinschaften, Lebensräume und Ökosysteme), sondern er beeinträchtigt auch Ökosystemfunktionen und -leistungen für die Menschen. Daraus ergeben sich direkte Konsequenzen für unsere Lebensgrundlagen und Lebensqualität. Rechtsvorschriften und andere Maßnahmen zum Erhalten und Fördern der Gewässerbiodiversität zeigen bisher keine ausreichende positive Wirkung. Deshalb ist es nötig, mit neuen oder noch zu entwickelnden Ansätzen einen umfassenden Schutz der Gewässerbiodiversität sicherzustellen. Die Biodiversitätsforschung ist daher gefordert, tragfähige Konzepte, geeignete Methoden und detaillierte Informationen zur Verfügung zu stellen.

Vor diesem Hintergrund haben führende, in der aquatischen Biodiversitätsforschung engagierte Wissenschaftler*innen in Deutschland in einem intensiven Austauschprozess die hier vorliegende Forschungsagenda erarbeitet. Die übergeordneten Ziele der Agenda sind, den Zustand und die Entwicklung von Gewässerbiodiversität zu dokumentieren, ein mechanistisches Verständnis der Einflüsse von Steuerungsfaktoren und insbesondere anthropogener Belastungen zu erlangen, Prognosen für künftige Entwicklungen abzuleiten und Konzepte, Strategien sowie Maßnahmen für ein nachhaltiges Biodiversitätsmanagement in Deutschland und zur Erreichung nationaler, europäischer und globaler Biodiversitätsziele zu entwickeln. Neben naturwissenschaftlicher Expertise ist dabei die Einbindung ingenieur- und sozialwissenschaftlicher Forschung unabdingbar, um der gesellschaftlichen Wahrnehmung aquatischer biologischer Vielfalt und gesellschaftlichen und technischen Entwicklungen Rechnung zu tragen sowie das gesamte Spektrum von Akteur*innen und Aktionsebenen zu integrieren.

Eine nachhaltige Bewirtschaftung der Binnen- und Küstengewässer und wirksame Schutzkonzepte erfordern die Integration räumlich und zeitlich expliziten Wissens zu Vorkommen und Entwicklung der Gewäs-

serbiodiversität. Hierzu müssen sowohl unerschlossene Datenquellen wie auch Monitoringdaten von Wasser-rahmenrichtlinie und Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie zu Status und Veränderungen der Biodiversität systematisch erschlossen sowie kostenfrei und digital zugänglich gemacht werden.

Die Kernelemente der vorgeschlagenen Forschungsagenda sind:

Monitoring: Etablierung eines zentralen aquatischen Biodiversitätsmonitorings; Entwicklung neuer Methoden – von eDNA bis zur Fernerkundung und Bürgerwissenschaften (Citizen Science) – zur Erfassung biologischer Vielfalt und von Ökosystemprozessen; Ausbreitung von Neobiota; Vertiefung der Kenntnisse zu Taxonomie und Ökologie.

Ökologie: Synthese sich entwickelnder Einflussfaktoren und Ursache-Wirkungs-Beziehungen mit Gewässerbiodiversität einschließlich Ökosystemfunktionen und -leistungen; Quantifizierung der Wechselwirkungen innerhalb von Ökosystemen; Prognosen zu Auswirkungen von Extremereignissen; Schlüsselpositionen von Neobiota; Entwicklung prozessbasierter Modelle und Verzahnung mit Experimenten; Etablierung großskaliger Renaturierungsforschung.

Gesellschaft: Integration und Berücksichtigung menschlicher Ziele und Handlungen; Klärung und Transparenz der gesellschaftlichen Motivationen und Normen; Methoden zur Darstellung und Abwägung ökologischer, ökonomischer und sozialer Bedarfe; Entwicklung neuer Ansätze für Bürgerwissenschaften, die Sensibilisierung der Öffentlichkeit, Bildung sowie neue Anreizsysteme.

Handlungsmöglichkeiten: Bewertung von Maßnahmen in Umweltpolitik und Gewässerbewirtschaftung hinsichtlich des Biodiversitätsschutzes sowie Aufzeigen von alternativen Handlungsoptionen; innovative Lösungen bei Zielkonflikten; Mitigations- und Adaptationsmaßnahmen für globale Gewässerbiodiversität; Bewertung der Bedeutung von menschengemachten Ökosystemen; Szenarien-Rahmen für Biodiversitätsprognosen.

Lebendiges Wasser:

Forschungsagenda zur biologischen Vielfalt der Binnen- und Küstengewässer

Biologische Vielfalt.

auch Biodiversität; Die Vielfalt der Arten, die genetische Vielfalt, die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften, die Interaktionen innerhalb und zwischen Lebensgemeinschaften sowie die Vielfalt von Lebensräumen (Habitaten) und Ökosystemen.

BMBF (2019): Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt; folgt der Definition der Biodiversitätskonvention (Convention on Biological Diversity, CBD) https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/Forschungsinitiative_zum_Erhalt_der_Artenvielfalt.pdf [01. Mai 2019]

Präambel

Die biologische Vielfalt sowie ihre vielfältigen Ökosystemfunktionen zu erhalten, ist eine der großen Herausforderungen unserer Zeit. Vor diesem Hintergrund soll die **Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt** des BMBF – als eine mögliche Leitinitiative des **Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA)** – die Forschung über Systemzusammenhänge des Biodiversitätsverlustes ermöglichen und zur Entwicklung von wirksamen Handlungsoptionen in einer sich rasch ändernden Welt beitragen.

Die hier vorliegende Forschungsagenda nimmt auf diesen forschungspolitischen Rahmen konkreten Bezug und fokussiert auf die artenreichsten Lebensräume Deutschlands und Europas, die zugleich am stärksten unter Druck stehen: **Binnengewässer** (Grundwasser, Quellen, Bäche, Flüsse, Kleingewässer, Seen, Feuchtgebiete) **sowie ihre angrenzenden Auen und Küstengewässer**¹, welche Hotspots der Biodiversität und gleichzeitig durch zahlreiche menschliche Aktivitäten stark beeinträchtigt sind. Ein **ganzheitlicher Ansatz „von der Quelle bis zur Mündung“** – **der das gesamte Einzugsgebiet von Gewässern verwaltungsgrenzenübergreifend**

umfasst und Binnen- wie Küstengewässer und ihre angrenzenden Auen als sozial-ökologisch gekoppelte System begreift – ist nötig, um Ausmaß, Ursachen und Folgen des Verlustes der biologischen Vielfalt in und an diesen Gewässern zu erfassen. Darauf aufbauend kann ein Biodiversitätsmanagement im Rahmen eines übergreifenden Ressourcen- und Umweltmanagements entwickelt werden. Die vorliegende Forschungsagenda ergänzt und konkretisiert die Forschungsinitiative des BMBF und unterstützt mögliche geplante Regierungsprogramme zu Forschungsthemen bezüglich der Biodiversität von Binnen- und Küstengewässern.

Exzellente Wissenschaft in den verschiedenen Disziplinen der Biodiversitätsforschung ist ein unverzichtbares Element, um grundlegende Fortschritte bei der Erfassung, dem Verständnis und der Vorhersage von Biodiversität zu erzielen. Gleichzeitig sind jedoch **interdisziplinäre Forschungsverbünde** und die **transdisziplinäre Forschungszusammenarbeit von Wissenschaft, Politik, Behörden, Verbänden, Wirtschaft und Zivilgesellschaft** erforderlich, um der Komplexität des Biodiversitätsmanagements im gesellschaftlichen Kontext gerecht zu werden. Dies schließt den Austausch und die Kooperation der an der vorliegenden Initiative beteiligten Akteur*innen mit anderen Initiativen, z.B. im Rahmen der Water Science Alliance, des Nationalen Wasserdialogs, internationaler Netzwerke wie der Alliance for

¹ Zur besseren Verständlichkeit werden im Folgenden auch die Begriffe Binnen- und Küstengewässer und/oder Gewässerbiodiversität verwendet; beide schließen die biologische Vielfalt in Binnen- und Küstengewässern sowie in ihren angrenzenden Auen ausdrücklich ein.

Freshwater Life oder der möglichen Begleitforschung für das Bundesprogramm „Blaues Band Deutschland“ ein. **Wichtig ist, dass für eine Gesamtbetrachtung der Gewässerbiodiversität die Grenze zwischen Süß- und Salzwasser überwunden wird**, die sich nach wie vor durch die Wissenschaftsgemeinschaft ebenso wie durch die Umweltgesetzgebung zieht (z.B. Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie gegenüber Wasserrahmenrichtlinie). Konkret gilt es, den Austausch zwischen verschiedenen Akteur*innen, z.B. mit der Strategiegruppe Küste des Konsortiums Deutsche Meeresforschung, zu vertie-

fen. Wegen der engen Verzahnung der Binnengewässer mit ihrem terrestrischen Umland sind darüber hinaus **integrierende Konzepte mit terrestrischen Lebensräumen notwendig**. Damit dies gelingen kann, ist ein wesentlicher Schritt, Einzugsgebiete als natürliche Flächeneinheiten anzuerkennen. Dies ist im Gewässermanagement spätestens seit Inkrafttreten der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) weitgehende Praxis, erfordert jedoch gerade im terrestrischen Biodiversitätsmonitoring und in vielen Schutzkonzepten die Berücksichtigung der aquatischen Aspekte und Besonderheiten.

Herausforderungen und Zielsetzungen

Binnen- und Küstengewässer und ihre angrenzenden Auen gehören zu den **vielfältigsten, dynamischsten und komplexesten Lebensräumen der Erde**. Als **Hotspots der biologischen Vielfalt und wegen ihrer essentiellen Ökosystemleistungen benötigen sie besonderen Schutz**. Beispielsweise wurden bisher 8.500 Tier- und Pflanzenarten allein für den Naturraum Mittelbe nachgewiesen. In Deutschland gelten jedoch nur noch weniger als ein Prozent aller Fließgewässer und Auen als natürlich. Auch Ästuare und Küstengewässer haben als Übergangsgewässer zwischen limnischen und marinen Ökosystemen eine artenreiche gemischte Süßwasser- und Euryhalinflora sowie -fauna. Darüber hinaus erbringen Binnen- und Küstengewässer **essentielle Ökosystemleistungen**, wie z.B. die Bereitstellung von Trinkwasser in ausreichender Menge und Güte, Hochwasserschutz, Fischereiresourcen, Nährstoffrückhalt und -umwandlung sowie Freizeit- und Erholungsräume. Küstengewässer puffern landseitige Nährstoffeinträge und bieten damit Schutz vor Eutrophierung (Nährstoffanreicherung) der Meere, sie dienen als Laich- und Aufzuchthabitate für viele aquatische Organismen von wirtschaftlicher Bedeutung (Fische und Schalentiere) und bieten einer Vielzahl von Küstenvogelarten Lebensraum und Nahrung. Weltweit produzieren die Küsten- und Binnenfischerei einschließlich der Aquakultur einen wesentlichen Anteil des tierischen Proteins für die Ernährung der Bevölkerung; in Deutschland generiert die Angelfischerei den weitaus größten Fischertrag. Des Weiteren nehmen Binnengewässer und ihre Auen eine **zentrale Rolle im regionalen Wasserkreislauf** ein und spielen eine Schlüsselrolle beim Stoffumsatz und Energiefluss in der Landschaft. Wenn Binnengewässer und ihre Auen diese natürlichen Funk-

tionen durch die starke menschliche Nutzung (z.B. Probleme bei Wasserqualität und Hochwasserschutz) nicht mehr leisten können, ergeben sich nicht nur signifikante ökologische, sondern auch volkswirtschaftliche Folgen. Weitgehend unbeachtet ist, dass intakte Gewässerökosysteme einen hohen **kulturellen und ästhetischen Wert** haben, dessen Bedeutung, z.B. für die Lebensqualität jedoch nur wenig erforscht ist.

Binnengewässer und ihre Auen sind topographische Senken in der Landschaft, in denen sich die Auswirkungen chemischer, physikalischer, klimatischer und biologischer Stressoren besonders häufig manifestieren. Küstengewässer und Ästuare werden direkt von hohen Nährstoff- und Schadstoffeinträgen aus den Einzugsgebieten der in sie mündenden Flüsse beeinflusst. Diese Ökosysteme sind zudem besonders empfindlich gegenüber dem Eindringen von invasiven Arten, zum einen durch ein hohes Aufkommen an Schiffsverkehr und zum anderen durch neue limnische Wanderrouen über künstliche Kanalsysteme, die unterschiedliche Flussregionen miteinander verbinden und das Einwandern gebietsfremder Arten ermöglichen (z.B. zahlreiche pontokaspische Arten im südöstlichen Teil der Ostsee). Die große **Bedeutung von Wasser als begrenzte Ressource** bedingt einen hohen und weiter steigenden Nutzungsdruck durch Landwirtschaft, Industrie, Verkehr, Trinkwasser- und Energiegewinnung, Abwasserentsorgung und Freizeitaktivitäten. Der anthropogene Druck auf die Ressource Wasser wird verschärft durch die prognostizierte Klimaveränderung, eingeschleppte Krankheitserreger, Parasiten und andere Neobiota. Der rapide Wandel von der lokalen bis zur globalen Ebene verändert sowohl die phylogenetische als auch funktionelle Biodi-

versität stark. In Küstengewässern und Ästuaren gefährdet z.B. der Rückgang vieler strukturbildender Arten in Kombination mit dem Einwandern neuer Arten vielfältige Ökosystemfunktionen – ohne bisher systematisch erfasst zu werden. All das führt zur Verringerung der natürlicherweise hohen Resilienz und Regenerationsfähigkeit dieser Systeme und letztlich zum Verlust an Biodiversität in unseren Gewässern.

Binnen- und Küstengewässer zählen weltweit zu den am stärksten bedrohten Lebensräumen: Global ist der Biodiversitätsverlust in Binnengewässern mehr als doppelt so hoch wie im marinen oder terrestrischen Bereich (WWF-Living Planet Index: 83 Prozent Rückgang bei ausgewählten Wirbeltierpopulationen im Vergleich zu 1970). Nirgendwo sind so viele gegenwärtige Aussterbeereignisse dokumentiert wie in Binnengewässern. Auch auf nationaler Ebene führen Süßwasser-Organismen und ihre Lebensräume die Roten Listen an. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, ist die reale Situation vermutlich noch gravierender, denn für viele Organismengruppen, aquatische Ökosystemtypen und Regionen ist das Ausmaß der Veränderungen derzeit nahezu unbekannt. Das gilt ganz besonders für Veränderungen in den **Grundwasserlebensgemeinschaften**, die durch Wärmeeinträge, Grundwasserabsenkungen, Baumaßnahmen und Schadstoffeinträge stark beeinträchtigt, aber wenig bekannt und kaum systematisch erfasst sind. Rote Listen sind für das Grundwasser nicht verfügbar, es gibt kaum amtliche Monitoringprogramme. Bei keinem anderen limnischen Lebensraum bestehen gleichermaßen große Defizite in der Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben.

Der Biodiversitätsverlust hat direkte und indirekte Auswirkungen auf **Ökosystemfunktionen**, wie die Produktivität, Selbstreinigung und Nährstoffkreisläufe sowie die davon abhängigen **Ökosystemleistungen**. Dies hat häufig vielfältige und oft unbekannte Auswirkungen auf das menschliche Wohlergehen. Der natürliche nachhaltige Nutzen, den Gesellschaft und Wirtschaft aus den Ökosystemfunktionen der Binnengewässer, deren Auen und den Küstengewässern ziehen, ist **weltweit stark gefährdet**, insbesondere wenn **Schwellenwerte** überschritten werden, die die weitere Nutzung der Ressource Süßwasser und der Gewässer insgesamt unmöglich machen (z.B. bei Grund- und Oberflächenwasserkontamination).

Trotz ihrer großen Bedeutung handelt es sich bei der Gefährdung von Binnengewässern um eine „versteckte“ Krise. Während die Diskussion um Wälder und Meere in der Tagespolitik und (medialen) Öffentlichkeit präsent ist, **verschwinden Arten oder verschlechtern sich der ökologische Zustand der Binnengewässer, ohne dass dies öffentliche Aufmerksamkeit erregt**. Auch spielen Binnengewässer in den Diskussionen um die Verteilung von Wasser, wie sie um den „Food-Water-Energy-Ne-

xus“ geführt werden, als Lebensräume, Nahrungsquelle oder Biodiversitäts-Hotspots fast keine Rolle. **Wohlstand, hohe Lebensqualität und Versorgungssicherheit mit Wasser, Nahrung und Energie bei gleichzeitiger Erhaltung und Förderung von Gewässerbiodiversität dürfen sich dennoch nicht länger ausschließen, da sie einander bedingen.**

Mehrere europäische Rechtsvorschriften haben die Erhaltung und Förderung der von Gewässern abhängigen Biodiversität zum Ziel: die **Fauna-Flora-Habitat-(FFH) Richtlinie und Vogelschutzrichtlinie**, die **Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)** die **Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MMRL)**, der **HELCOM Baltic Sea Action Plan** und der **Blueprint für den Schutz der europäischen Wasserressourcen** haben große Anstrengungen und Investitionen bewirkt, um den Verlust an Biodiversität und Ökosystemfunktionen zu stoppen und diesen Trend umzukehren. Zudem hat sich Deutschland den Zielen der Vereinten Nationen für eine nachhaltige Entwicklung verpflichtet (Sustainable Development Goals, **SDGs**), die Konvention zur biologischen Vielfalt (**CBD**) und die Ramsar Konvention unterzeichnet, die **EU-Biodiversitätsstrategie** unterstützt und in einer nationalen Strategie implementiert (**Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt**). Deutschland engagiert sich stark im Weltbiodiversitätsrat **IPBES**. Dennoch sind wir weit davon entfernt, den Verlust der aquatischen Biodiversität in Deutschland zu stoppen, ganz abgesehen von der dramatischen Situation weltweit.

Die Etablierung eines zeitgemäßen Managements für **konkurrierende Ansprüche an die Binnen- und Küstengewässer und ihrer angrenzenden Auen**, die aus verschiedenen Nutzungsinteressen resultieren, ist von großer Bedeutung. Die fortdauernde landwirtschaftliche Nutzung in der bisherigen Form, Belastungen durch Tourismus, Schiffsverkehr, Infrastrukturmaßnahmen, Fischerei und Besatz sowie die Förderung erneuerbarer Energien durch Anbau von Biomasse und ein Ausbau der Wind- und Wasserkraftnutzung laufen häufig dem Schutz der aquatischen Biodiversität zuwider. Hinzu kommt, dass Rechtsvorschriften und Praktiken zur Bewirtschaftung von Gewässern und ihren Einzugsgebieten nicht wirksam ineinandergreifen. Obwohl es gesetzliche Grundlagen wie z.B. die WRRL anders fordern, wirken **Maßnahmen häufig nur punktuell**, da sie zu wenig im landschaftlichen Kontext „von der Quelle bis zur Mündung“ gedacht und umgesetzt werden. **Mängel in der Abstimmung** zwischen Behörden sowie Verwaltungsgrenzen zwischen und innerhalb der Bundesländer verhindern oftmals, dass bei Maßnahmenplanungen die gesamten Einzugsgebiete betrachtet werden. Einzelne positive Maßnahmen, z.B. Fließgewässer-Renaturierungen, bleiben daher häufig unwirksam.

Forschungsagenda zur biologischen Vielfalt der Binnen- und Küstengewässer

Die hier vorgestellte Forschungsagenda schlägt daher eine zielgerichtete Weiterentwicklung der aquatischen Biodiversitätsforschung vor, die zur Überwindung der Biodiversitätskrise in Binnen- und Küstengewässern und ihren angrenzenden Auen beiträgt und gleichzeitig eine nachhaltige Entwicklung unterstützt. Dies betrifft besonders die Bereiche Landwirtschaft, Klimawandelanpassung, Infrastrukturentwicklung, Bioökonomie, Biomassenutzung, Technologieentwicklung, Verwertung genetischer Ressourcen und Wissenstransfer im Bereich des integrierten Gewässermanagements.

Die übergeordneten Ziele der Agenda sind, den Zustand und die Entwicklung der aquatischen Biodiversität zu dokumentieren, ein mechanistisches Verständnis der Einflussfaktoren, insbesondere anthropogener Belastungen zu erreichen, Prognosen für künftige Entwicklungen abzuleiten und Konzepte, Strategien und Maßnahmen sowohl für ein nachhaltiges Biodiversitätsmanagement in Deutschland sowie zur Erreichung nationaler, europäischer und globaler Biodiversitätsziele zu entwickeln. Neben naturwissenschaftlicher Expertise ist dabei die Einbindung ingenieur- und sozialwissenschaftlicher Forschung unabdingbar, um der gesellschaftlichen Wahrnehmung biologischer Vielfalt und gesellschaftlichen und technischen Entwicklungen Rechnung zu tragen sowie das gesamte Spektrum von Akteur*innen und Aktionsebenen zu integrieren. Primär geht es auch um die Kompetenzschärfung und transdisziplinäre Vernetzung der Akteur*innen, die direkt von der biologischen Vielfalt in Binnengewässern profitieren und über die Bewirtschaftung in die Gestaltung der Gewässerlandschaften eingebunden sind.

Im Folgenden werden vier große Forschungsbereiche für die Gewässerbiodiversität ausgeführt. **Für jeden dieser vier Forschungsbereiche werden Kernthemen identifiziert**, die der Entscheidungsunterstützung in der Umweltpolitik dienen (z.B. WRRL-Umsetzung, Verbesserung des ökologischen Zustands, Insektensterben, Umsetzung der Gemeinsamen Agrarpolitik, Implementierung von ökosystembasierter Bewirtschaftung) sowie für den Erhalt und die Verbesserung der Gewässerbiodiversität und ihrer Nutzung von Bedeutung sind. Grundlage hierfür sind belastbare Daten zum Zustand und zur Veränderung der Biodiversität, daher sind Datenerfassung, -mobilisierung, -integration und -bereitstellung als fachübergreifendes Querschnittsthema zu verstehen:

Übergreifendes Querschnittsthema: Datenerfassung, -mobilisierung, -integration und -bereitstellung

|| Überblick über Datenquellen und deren Systematik
|| Mobilisierung und Digitalisierung, auch von WRRL- und FFH-Richtlinien-Daten || Entwicklung frei zugänglicher digitaler Infrastrukturen

Zahlreiche biodiversitätsbezogene Daten, Instrumente und Berichte werden sowohl durch wissenschaftliche Projekte zur Bewertung, Bewirtschaftung und Wiederherstellung von Binnen- und Küstengewässern als auch durch Monitoring-Aktivitäten zur Umsetzung der Rechtsvorschriften erzeugt. Doch die derzeitige Praxis der dezentralen, auf individuellen Maßgaben basierenden Sammlung durch unterschiedliche Institutionen schränkt Ursachenforschung, Prognosemöglichkeiten und die Erstellung von Handlungsempfehlungen dramatisch ein. Sie widerspricht zudem Grundsätzen von „Open Data“ und den FAIR-Kriterien, nach denen Daten auffindbar, zugänglich, interoperabel und wiederverwendbar sein sollen. Zusätzlich zur verbesserten Erfassung, Mobilisierung und Integration von Biodiversitätsdaten ist es deshalb notwendig, die Datenverfügbarkeit und -bereitstellung wesentlich zu verbessern. Im Einzelnen ergeben sich folgende Aufgaben:

- ▶ Entwicklung und Aufbau **frei zugänglicher (Open Access) digitaler Infrastrukturen** wie z.B. Datenbanken, um Daten zur Biodiversität in Binnengewässern nach **FAIR-Prinzipien** nutzbar zu machen: Dazu zählt auch die Erstellung einer Infrastruktur zur Erzeugung von Verbreitungskarten, ggf. in Zusammenarbeit mit europa- oder weltweiten Portalen (z.B. GBIF) und ehrenamtlichen Aktivitäten. Die Verknüpfung mit verwandten Initiativen wie den Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) NFDI4Earth- bzw. NFDI4BioDiversity-Konsortien soll Kohärenz bei Überlegungen des Datenmanagements und/oder der Entwicklung von Software und anderen Werkzeugen gewährleisten.
- ▶ Erstellung eines Überblicks von **Datenquellen zur Gewässerbiodiversität** in Deutschland (Metadaten): Welche Monitoringdaten (biotische wie abiotische) werden aktuell systematisch und langfristig

erhoben? Welche laufenden (Langzeit-) Messreihen können für das Verständnis eines Systems kombiniert werden, z.B. im Hinblick auf Datenharmonisierung? Welche unerschlossenen historischen Datenbestände gibt es, z.B. von Feldstationen? Diese Daten sind in Verbindung mit der Langzeitentwicklung von Stressoren der Biodiversität zu bringen, um das Wissen über Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu verbessern. Daraus lassen sich Lücken identifizieren und verbesserte Monitoringansätze ableiten.

- ▶ **Mobilisierung und Digitalisierung** von gewässerabhängigen Biodiversitätsdaten: Neben zahlreichen Biodiversitätsdaten aus der Literatur ist auch eine Vielzahl von Datenquellen bislang kaum erschlossen, z.B. Daten von Angelverbänden, Hobbyfaunist*innen oder aus unveröffentlichten Umweltstudien. Die Mobilisierung dieser Daten erfordert erhebliche Anstrengungen.
- ▶ Notwendig ist zudem die **Zusammenführung und Bereitstellung von WRRL- und FFH-Richtlinien-Daten für die Forschung**. Die beiden umfangreichsten, räumlich verteilten Datensätze zur aquatischen Biodiversität in Deutschland entstammen staatlichen Monitoring-Programmen zur WRRL und zur FFH-Richtlinie. Beide Programme werden im Wesentlichen von den Bundesländern durchgeführt, doch lediglich hochaggregierte Daten werden zentral an das Umweltbundesamt bzw. das Bundesamt für Naturschutz gemeldet. Hinzu kommen darüber hinausgehende Monitoringaktivitäten der Bundesländer, insbesondere zu Schadstoffen in Gewässern. Ziel ist eine systematische Zusammenstellung der Originaldaten, die im Rahmen des Monitorings zur WRRL und FFH-Richtlinie erhoben wurden und in Zukunft erhoben werden, als Grundlage für Auswertungen zu vielen der hier beschriebenen Fragestellungen.

1. Monitoring: Erfassung von Biodiversität, Ökosystemleistungen sowie möglichen Belastungsquellen

|| **Etablierung eines zentralen Biodiversitätsmonitorings** || **Entwicklung neuer Methoden – von eDNA bis zur Fernerkundung und Bürgerwissenschaften – zur Erfassung biologischer Vielfalt und von Ökosystemprozessen** || **Ausbreitung von Neobiota** || **Vertiefung der Kenntnisse zu Taxonomie und Ökologie**

- ▶ Schließen von **Wissenslücken zur biologischen Vielfalt**: Trotz zum Teil sehr umfangreicher Monitoringdaten zu ausgewählten Organismengruppen ist z.B.

die Häufigkeit und die genaue Verbreitung sogar vieler relativ gut untersuchter **Wasserinsektenarten** unklar, da Larvalstadien meist nur bis auf Gattungsniveau bestimmt werden können. Weniger zugängliche **Organismengruppen** sind taxonomisch und ökologisch völlig unzureichend bearbeitet. Dazu zählen Parasiten, Meiofauna, Protisten, Pilze und wegen ihrer enormen Diversität auch Bakterien. Für andere (wie die stark zurückgehenden Amphibien) sind die komplexen Aussterbeursachen unzureichend erforscht. Die Biodiversität zahlreicher **Habitats**, die in den Routine-Monitoring-Programmen nicht berücksichtigt werden, kann oft nur anhand einzelner, meist älterer, Fallstudien erschlossen werden. Dazu zählen Quellen, kleine Fließgewässer, kleine Stillgewässer, das hyporheische Interstitial, Moore und andere Feuchtgebiete. Kenntnisse über die **Artenvielfalt im Grundwasser** sind besonders rudimentär. Das betrifft die mangelnde Kenntnis der Artenzusammensetzung ebenso wie das Fehlen von Langzeitstudien, Rote-Liste-Bewertungen, Indikatororganismen zur Risikobewertung im Grund- und Trinkwasserschutz oder Konzepte für konkrete Schutzmaßnahmen, die den Fortschritten bei der Erfassung der Grundwasserfauna und bei der Entwicklung biologischer Bewertungsverfahren Rechnung tragen.

- ▶ Die **Weiterentwicklung molekularer Methoden** bis zu Routineanwendungen birgt hohes Potential, die großen Wissenslücken in der Gewässerbiodiversität zu verkleinern. DNA-basierte Methoden, insbesondere Umwelt-DNA (eDNA), werden zunehmend für das Monitoring von Biodiversität als auch für die Erfassung bislang nicht oder kaum berücksichtigter, jedoch funktional relevanter Biodiversitätskomponenten herangezogen. Ziel dieses Forschungsfeldes ist u.a. die Entwicklung anwendungsreifer Monitoring-Methoden (z.B. zur Umsetzung der WRRL) durch die Kalibrierung DNA-basierter Methoden mit traditionellen Methoden und durch das Schließen von Wissenslücken (z.B. durch die Ermittlung von Barcodes aller noch nicht untersuchter Süßwasserarten in Deutschland). Darüber hinaus könnten neue molekulare Methoden das Monitoring invasiver Arten (Neobiota) erheblich erleichtern, ökologische Funktionen und Beziehungen in Nahrungsnetzen aufklären, kryptische Arten erkennen und die taxonomische Grundlage von Gewässerbewertungsverfahren auf ein neues Niveau heben.

- ▶ Etablierung eines Monitorings für **innerartliche Vielfalt** ausgewählter Indikatorarten aus allen Organismengruppen mittels populationsgenetischer Ansätze: Hierdurch können einerseits demographische

Trends (Fragmentierung, evolutionäre Flaschenhälse), aber auch Veränderungen durch sich wandelnde Umweltbedingungen (Adaptation) registriert werden. In diesem Zusammenhang ist die phänotypische Plastizität vieler Organismen, derzeit nur unzureichend bekannt, von Bedeutung. Experimentelle Ansätze können hier zum einen die physiologischen Grenzen, zum anderen aber auch die evolutive Anpassungsfähigkeit dieser Arten an sich verändernde Umweltbedingungen mechanistisch klären.

- ▶ Untersuchung der **Ausbreitung und Auswirkungen von Neobiota**: Dies beinhaltet die Ergänzung des laufenden Monitorings von Neobiota, die Entwicklung neuer Methoden zur Detektion invasiver Arten, deren Einfuhr- und Ausbreitungswege sowie der Transfer von Neobiota aus Binnen- in die Küstengewässer. Wissen über diese Faktoren ist notwendig, um Auswirkungen auf natürliche Lebensgemeinschaften abzuschätzen sowie entsprechende Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Dies gilt nicht nur für Pflanzen und Tiere, sondern auch für Mikroorganismen. Die Ausbreitung invasiver Binnengewässerarten ist für den Küstenraum der Ostsee kritisch, da aufgrund fehlender oder geringer Salzgradienten kaum natürliche Barrieren bestehen. Besonders für das Pelagial sind die Kenntnisse über eingeschleppte Arten oft nur anekdotisch, da zurzeit keine systematische Erfassung erfolgt. Ein verlässliches Monitoring setzt auch die Entwicklung und Anwendung neuer Methoden voraus (z.B. eDNA-Untersuchungen von Ballastwasser, Monitoring im Rahmen von Bürgerwissenschaften, Weiterentwicklung von optischer Überwachung).
- ▶ Entwicklung und Etablierung eines Monitorings zu **Ökosystemprozessen** zur Ableitung von Ökosystemleistungen: Ein solches Monitoring ist insbesondere bedeutend, um Zusammenhänge zwischen Biodiversität und Ökosystemfunktionen sowie -leistungen herzustellen und dadurch Umweltbeeinträchtigungen durch verschiedenste Nutzende besser für unterschiedliche Interessengruppen darstellen zu können. Darüber hinaus trägt es zur Zielerreichung der EU-Biodiversitätsstrategie bei, alle nationalen Ökosystemleistungen zu erfassen. Neue molekulare Methoden („Omics“-Ansätze) können umfassende Informationen zu aktuell ablaufenden Prozessen (insbesondere mikrobielle) liefern und ermöglichen damit auch ein besseres Verständnis der funktionellen Diversität. Sie ergänzen Ansätze, wie sie bei Seen etabliert sind (Bewertung der Primärproduktion) und z.B. für Fließgewässer vorgeschlagen wurden (Nährstoffretention, Streuabbau, Gesamtkohlenstofffluss).
- ▶ Die Auswirkungen von **Stoff- und Energieflüssen** in Binnengewässern auf die angrenzenden Küstengebiete unterliegen natürlichen und anthropogenen Veränderungen. Ihre Erfassung, Bewertung und Steuerung sowie die daraus resultierenden Konsequenzen für Ökosystemfunktionen haben für die Erreichung von Entwicklungs- und Umweltzielen für Küstengewässer große Bedeutung. Anders als in terrestrischen Ökosystemen sind die funktionellen Wechselwirkungen zwischen Biodiversität und Stoff- und Energieflüssen sowie Wechselwirkungen zwischen allen Kompartimenten und trophischen Ebenen in Binnen- und Küstengewässern bisher wenig verstanden.
- ▶ **Weiterentwicklung des bundesweiten Monitoringprogramms**: Derzeit laufen mehrere behördliche Monitoringprogramme, sowohl bundesweit (WRRL, FFH) als auch in einzelnen Bundesländern (z.B. KLIWA-Monitoring in BY, BW, RP, HE), die verschiedene Organismengruppen und Umweltvariablen (z.B. Monitoring prioritärer Substanzen und flussgebietspezifischer Schadstoffe) berücksichtigen. Darüber hinaus gibt es zahlreiche Monitoring-Messstellen, die von Forschungsinstituten betrieben werden, z.B. in Gebieten des Netzwerkes für ökologische und ökosystemare Langzeitforschung (LTER = Long Term Ecological Research). All diese Programme haben ihre eigene Genese und ihre eigenen Ziele, daher sind sie zu wenig integriert, um kurz- und langfristige Veränderungen der Gewässerbiodiversität abzubilden sowie Treiber zu identifizieren. Ziel ist die Entwicklung und Implementierung eines Konzepts für ein umfassendes Biodiversitätsmonitoring für Binnen- und Küstengewässer in ganz Deutschland, in das vorhandene Langzeitmessungen einbezogen werden. Das Monitoring-Netzwerk soll damit Anforderungen an statistisch robuste Auswertungen erfüllen und in der Lage sein, die Auswirkungen aktueller Stressoren (z.B. Klimawandel, Chemikalien- und Feinsedimenteinträge, Neobiota) und zukünftiger Stressoren abzubilden. Dies erfordert die Abwägung zwischen einem repräsentativen oder gefährdungsbezogenen Messnetz sowie ein zeitlich harmonisiertes Monitoring und eine quantitative Erfassung der Lebensgemeinschaften auf Landschafts- bzw. Gewässereinzugsgebietebebene.
- ▶ Ergebnisse einer innovativen Biodiversitätsforschung **bieten wirtschaftliche Potentiale**: Hier gilt es, exportfähige Technologien zur Gewässerüberwachung (z.B. Hochdurchsatz-Sequenzierung, DNA/RNA Chip Technologien, Schadstoffmessung, akustisches Monitoring) oder Methoden zur Datenanalyse („Big Data“) zu entwickeln. Nachhaltige Technologien bieten viel-

fältige Optionen für die regionale Entwicklung in Deutschland und können auch auf andere Länder und Regionen übertragen werden.

2. Analyse der ökologischen Komponente

|| **Synthese sich entwickelnder Einflussfaktoren und Ursache-Wirkungs-Beziehungen mit Gewässerbiodiversität einschließlich Ökosystemfunktionen und -leistungen** || **Quantifizierung der Wechselwirkungen innerhalb von Ökosystemen** || **Prognosen zu Auswirkungen von Extremereignissen** || **Schlüsselpositionen von Neobiota** || **Entwicklung prozessbasierter Modelle und Verzahnung mit Experimenten** || **Etablierung großskaliger Renaturierungsforschung**

- › **Systematisierung des Wissensstandes zur Entwicklung der Gewässerbiodiversität** in Deutschland: Bislang lassen sich grundlegende Fragen zur Entwicklung von Schutz- und Managementmaßnahmen für Gewässerbiodiversität nicht oder nur ungenügend beantworten. Dazu gehört z.B. die Frage, ob die Abundanz und Diversität von Gewässerarten langfristig abnimmt. Hier besteht ein erhebliches Defizit im Vergleich zu Kenntnissen über terrestrische Populationen. Ausnahmen bilden nur einige wichtige Fischarten. Trotz einer Vielzahl von Einzelstudien fehlt bislang vor allem die notwendige Synthese. Dies erfordert die Mobilisierung von Daten (s.o.), aber auch die systematische Zusammenstellung und Auswertung von Fachliteratur und unveröffentlichten Studien sowie die integrierte Auswertung der zusammengestellten Daten. Dazu zählt auch die Quantifizierung des Beitrags verschiedener Lebensraumtypen und Regionen zur Gewässerbiodiversität in Deutschland.
- ▶ **Ursache-Wirkungs-Beziehungen** der Biodiversitätsveränderung in Binnen- und Küstengewässern: Die **integrative Betrachtung einer Vielzahl von Einflussfaktoren** wie Urbanisierung, landwirtschaftliche Nutzung oder Klimawandel und die daraus resultierenden **Stressoren**, z.B. Nährstoffeinträge (Eutrophierung), Feinsedimenteinträge (Kolmatierung der Gewässersohle), chemische Gewässerverschmutzung (Pestizide, Biozide, Arzneimittel, hormonaktive Stoffe, Schwermetalle, Mikroplastik, Nanopartikel), hydrologische und morphologische Veränderungen sowie Licht- und Lärmverschmutzung hat das Ziel, **Wirkungsketten** mechanistisch zu verstehen und daraus Vorhersagen abzuleiten. Ein vertieftes Verständnis von Wechselwirkungen zwischen Organismen unter dem Einfluss von Stress spielt dabei eine wesentliche

Rolle. Daraus können Ansätze für Managementmaßnahmen abgeleitet werden. Unabhängig von den Einflussfaktoren ist es wegen ihrer Verbindung untereinander und mit dem terrestrischen Umland notwendig, Binnen- und Küstengewässer dabei nicht isoliert, sondern als **integralen Bestandteil der Landschaft** zu betrachten und dabei eine besondere Aufmerksamkeit den **Übergangszonen** zu widmen, die als besondere Hotspots der Biodiversität gelten. Einige **Kernthemen** sind: 1) die Wirkung landwirtschaftlicher Praktiken; 2) punktuelle stoffliche Einträge über Kläranlagen aus Haushalten und Industrie, insbesondere die Wirkung vieler Chemikalien und Chemikalienmischungen; 3) Erfassung, Bewertung und Vermeidung der Gewässersohlkolmatierung durch Feinsedimenteinträge aus dem terrestrischen Umland, die eine wesentliche Ursache für das „Nicht-Erreichen des Guten Ökologischen Zustandes nach WRRL“ sein dürfte; 4) hydromorphologische Veränderungen, wie sie durch Entwicklung der Wasserkraft und anderen Gewässerverbauungen und Wassernutzungen hervorgerufen werden; und 5) Auswirkungen der Urbanisierung.

- ▶ **Eine integrative Betrachtung von Wechselwirkungen innerhalb der Ökosysteme** schließt sich daran an, denn Diversität und Einflussfaktoren für Veränderungen werden oftmals getrennt für einzelne Organismengruppen betrachtet. Die einzelnen Komponenten eines Ökosystems stehen jedoch im Nahrungsnetz immer in Wechselwirkung und beeinflussen Diversität so direkt (z.B. Fraßdruck der Fischgemeinschaft auf das Makrozoobenthos) oder indirekt (z.B. Veränderungen des Lebensraums durch Makrophyten). Parasitismus und Krankheiten wurden in diesem Zusammenhang bisher wenig beachtet, können aber eine wesentliche Rolle spielen, wie z.B. das weltweite Amphibiensterben infolge einer Pilzinfektion zeigt. Die Analyse dieser Wirkpfade ist essentiell, da diese einen großen Einfluss auf die Auswirkungen von Stressoren haben und ihre Kenntnis erlaubt, nachhaltige und integrative Schutzstrategien zu entwickeln und umzusetzen.
- ▶ **Verbesserung der Wissensbasis über die Rolle klimatischer und hydrologischer Extremereignisse (Ausmaß, Dauer, Zeitpunkt, Häufigkeit, Wechsel der Extreme)** und ihrer Bedeutung für Kurzzeit- und Langzeitentwicklung der Gewässerbiodiversität: Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund zu erwartender Klimaveränderungen. Speziell Phasen extremen Niedrigwassers oder gar des Trockenfallens stellen für die Biodiversität von Binnengewässern eine große Herausforderung dar. Bislang ist nur punktuell bekannt, wie Arten auf solche hydrologische Verände-

rungen reagieren. Auch veränderte Stoffflüsse in trockenfallenden Systemen (CO₂-Emission) sind bislang global und in Deutschland unzulänglich untersucht. Umgekehrt führen Starkregenereignisse zu Überflutungen und einem erheblichen Stoffeintrag aus dem terrestrischen Umland, was zu Eutrophierung, Braunfärbung, Sauerstoffarmut und anderen negativen Erscheinungen führen kann. Ein detailliertes Verständnis der zugrunde liegenden Prozesse und Auswirkungen auf die Gewässerbiodiversität sowohl in den Binnen- als auch den Küstengewässern ist hier dringend nötig.

- ▶ **Invasive Neobiota nehmen Schlüsselpositionen in Ökosystemen** ein und können selbst oder als Wegbereiter für weitere Arten direkt zu Diversitätsveränderungen beitragen. Dabei können sie z.B. durch Konkurrenz oder Fraßdruck heimische Arten bedrohen, Krankheiten verbreiten und massive ökosystemare sowie sozioökonomische Auswirkungen haben. Warum welche gebietsfremden Arten welche Rolle einnehmen, ist häufig unklar. Daher ist schwer vorherzusagen, welche spezifischen Auswirkungen sie auf die Gewässerbiodiversität und Ökosystemfunktionen und -leistungen haben. Dies gilt insbesondere für viele unscheinbare und von der Öffentlichkeit wenig beachtete Arten wie pro- und eukaryotische Mikrobiota.
- ▶ **Erstellung und Verbesserung prozessbasierter Modelle:** Das aktuelle Wissen ist in weiten Teilen korrelativ und nicht kausal und muss nun schrittweise durch ein mechanistisches Verständnis der zugrundeliegenden Prozesse ergänzt werden. Dies umfasst einerseits die gemeinsame Wirkung unterschiedlicher Stressoren und andererseits Mechanismen, wie z.B. die Reaktionen auf Umweltveränderungen, Berücksichtigung von Ausbreitungs- und Ansiedlungsprozessen oder Wechselwirkungen zwischen Arten. Hierfür ist die Entwicklung **experimenteller Ansätze** unter realistischen Umweltbedingungen zentral.
- ▶ Es besteht erheblicher Forschungsbedarf in der **quantitativen Analyse** (z.B. mit Experimenten verzahnte Modellierung) des Anpassungspotentials von Organismen und ökologischen Systemen. Zentrale Fragen sind: 1) Wie erhöht sich das Anpassungspotential an veränderte abiotische und biotische Bedingungen mit der phänotypischen sowie intra- und interspezifischen Diversität, 2) wie beeinflusst das aktuell vorhandene Anpassungspotential die Dynamik von Nahrungsnetzen und deren Reaktion auf Umweltveränderungen, und 3) welche Rückkopplungen hat die veränderte Dynamik auf den Erhalt der Biodiver-

sität und damit auf das Potential zur Anpassung an zukünftige Störungen. Aufbauend auf einem besseren Verständnis dieser Zusammenhänge lassen sich Maßnahmen entwickeln, um die Negativspirale zwischen sinkender Biodiversität, verringertem Anpassungspotential, weiter sinkender Biodiversität und dadurch zunehmend variableren Ökosystemfunktionen und -leistungen zu durchbrechen.

- ▶ Ein **mechanistisches Verständnis** muss entwickelt werden, das die Komplexität und Kontextabhängigkeit ökologischer Systeme in handhabbare Einheiten kondensiert. Es würde ferner ermöglichen, den **Zusammenhang der Veränderung von Lebensgemeinschaften und die damit verbundenen Konsequenzen für Ökosystemfunktionen und -leistungen** zu quantifizieren. Das Ziel ist es, auf Basis dieser Beziehungen die Auswirkungen (biotischer und abiotischer) Stressoren auf Ökosystemfunktionen und -leistungen vorherzusagen. Dies würde Biodiversitätsverluste für Entscheidungsträger*innen und Bevölkerung greifbar machen und die Entscheidungsfindung bei konkurrierenden Interessen unterstützen.

3. Analyse der gesellschaftlichen Komponente sozial-ökologischer Systeme

|| **Integration und Berücksichtigung menschlicher Ziele und Handlungen** || **Klärung und Transparenz der gesellschaftlichen Motivationen und Normen** || **Methoden zur Darstellung und Abwägung ökologischer, ökonomischer und sozialer Bedarfe** || **Entwicklung von Citizen-Science-Ansätzen, öffentlichem Bewusstsein, Bildungsformaten sowie neuer Anreizsysteme**

- ▶ **Wahrnehmung, Zielkonflikte, Akzeptanz von und gesellschaftlicher Umgang mit Biodiversität** und andere nicht-ökonomische Konzepte sind zentrale zukünftige Aktivitätsfelder im Biodiversitätsmanagement, die bisher wenig berücksichtigt wurden. Effektiver und effizienter Biodiversitätsschutz kann nur unter Berücksichtigung menschlicher Ziele und Handlungen sichergestellt werden. Daher ist es erforderlich, inter- und transdisziplinäre Forschungsansätze zu entwickeln, die die menschlichen Dimensionen des Biodiversitätsschutzes zusätzlich zu naturwissenschaftlichen Perspektiven in integrierten Projekten thematisieren.
- ▶ Grundlegend dafür ist zu klären, wie Gewässerbiodiversität von der Bevölkerung wahrgenommen wird und welche Rolle sie für das menschliche Wohlerge-

hen spielt. Dokumentation und Verständnis dieser Zusammenhänge sind essentiell, um mögliche Veränderungen nachvollziehbar zu halten und ggf. auf die **gesellschaftlichen Motivationen und Normen** zum Schutz der Gewässerbiodiversität einzuwirken.

- ▶ Ein wichtiges Prinzip ist, dass sich der Schutz von Biodiversität und die Nutzung von Ökosystemen nicht ausschließen. Notwendig ist daher die Erarbeitung der Grundlagen, wo und wann Freizeit- und andere Nutzungen relevante Effekte auf Gewässerbiodiversität haben. Um Biodiversitätsmanagement integrativ zu optimieren, ist es im nächsten Schritt nötig, **ökonomische und soziale Zielkonflikt-Analysen** zu entwickeln.
- ▶ Auch muss die **Kommunikation und Partizipation** der Zivilgesellschaft zum Thema intensiviert werden. Hierfür bieten sich z.B. die Darstellung von Ökosystemleistungen, die Faszination von charismatischen Arten (z.B. Fischotter, Biber, Stör, Lachs, Flussperlmuschel, Libellen etc.), oder die strukturierte **Entwicklung von Bürgerwissenschaften** an. Bürgerwissenschaft kann z.B. durch die Erstellung von zugänglichem Schulungsmaterial, offenen Datenbanken oder konkrete Ansprechpartner*innen für Akteur*innen profitieren, um so bestmöglich nutzbare und verfügbare Daten – auch großflächig – zu generieren.
- ▶ Schließlich gilt es, die **Kompetenzen** derjenigen Akteur*innen zu stärken, die über ihre eigenen Handlungen oder gesetzlich legitimiert (z. B. über Fischereigesetze) Gewässer aktiv gestalten. Hier bieten sich transdisziplinäre Ansätze an, in denen lokale Gewässernutzende wie Angelvereine, wissenschaftliche Institutionen, Verbände und Verwaltungen gemeinsame Untersuchungen zum Schutz und zur Förderung lokaler Gewässerbiodiversität durchführen. Die **umweltpädagogische und ökologische Wirksamkeit** dieser Ansätze gilt es wissenschaftlich zu erheben. Genau so wichtig ist die systematische ökologisch-ökonomische Analyse **verschiedener Anreizsysteme zur Förderung einer eigenverantwortlichen Handlungsweise von Gewässerbewirtschaftenden**.

4. Sozial-ökologische Integration, Entwicklung von Handlungsmöglichkeiten und Szenarien

|| **Bewertung und Optimierung umweltpolitischer Maßnahmen und Bewirtschaftungsoptionen hinsichtlich des Biodiversitätsschutzes** || **innovative Lösungen bei Zielkonflikten** || **Mitigations- und Adaptationsmaßnahmen für globale Gewässerbiodiversität** || **Bewertung der Bedeutung von menschengemachten Ökosystemen** || **Erstellung eines Szenarien-Rahmen für Biodiversitätsprognosen**

- ▶ Zusammenstellung des vorhandenen Wissens zur **Wirkung von Anpassungs- und Renaturierungsmaßnahmen**: Die landwirtschaftliche Praxis ist in zahlreichen Studien als wichtiger Treiber für den Verlust von Gewässerbiodiversität identifiziert worden. Im Rahmen der nationalen Umsetzung der neuen Gemeinsamen Agrarpolitik (2. Säule der EU-Förderung) besteht die Möglichkeit, Veränderungen gezielt mitzugestalten. Dies erfordert Erkenntnisse zur Wirkung unterschiedlicher **Agrarumweltmaßnahmen**. Parallel müssen Maßnahmen gefunden werden, **punktuell stoffliche Einträge**, die aus Industrie und Haushalten stammen, zu reduzieren. Der weltweit sichtbare Ausbau der Wasserkraft erfordert Untersuchungen zur naturverträglichen **Wasserkraftnutzung**, z.B. zu technisch innovativen Anlagentypen und deren ökologische Verträglichkeit, insbesondere, da die konventionelle Wasserkraftnutzung die Durchgängigkeit und Konnektivität von Gewässern stark beeinträchtigt.
- ▶ Erheblicher Bedarf besteht auch an **großskaligen experimentellen Studien** zur Wirkung von **Renaturierungsmaßnahmen**, um wissenschaftlich fundierte Renaturierungsmethoden zu identifizieren. Diese Ansätze müssen einen robusten und replizierten **Vorher-Nachher-Interventions-Kontroll-Ansatz mit mehrjährigen Nachhermonitoringphasen** umfassen. Wichtig ist ferner, die Studien taxaübergreifend und auf angemessenen Skalen anzulegen, auf denen die Verbreitungsprozesse und Lebensgeschichten von Zielarten und Lebensgemeinschaften ablaufen.

- ▶ Es ergeben sich daher zwei Fragen: 1) Welche **Rahmenbedingungen** müssen erfüllt sein, um eine Verbesserung der Biodiversität erreichen zu können und 2) unter welchen **Bewirtschaftungsstrategien** lassen sich lokale Ökosysteme nachhaltiger und effektiver zur Bereitstellung multipler Ökosystemleistungen optimieren? Möglichkeiten bieten sich z.B. durch die Verbesserung etablierter Technologien der Abwasserreinigung, zum Wasserrückhalt in der Landschaft und zur Kombination von Maßnahmen zur Förderung von Erholung, Klimawandelanpassung, Trinkwassergewinnung, Verkehr und Energie.
- ▶ Vordringlich müssen **klare Regelungen für die Lösung von Zielkonflikten** entwickelt werden, die aus unterschiedlichen gesetzlichen Richtlinien (z.B. EEG vs. WRRRL) resultieren. Jenseits der schwierigen kommunalen Finanzlage ist damit die Entwicklung von Methoden verbunden, z.B. um politische Entscheidungswege und Prioritätenfindungen zur optimalen Umsetzung von Maßnahmen zu ermöglichen oder die Entwicklung von Strategien zur Auflösung des Staus bei der Umsetzung von Maßnahmen voranzutreiben.
- ▶ **Auswirkungen nationaler Mitigations- und Adaptionsmaßnahmen auf die globale Gewässerbiodiversität:** In einer globalisierten Welt haben nationale Maßnahmen zwingend Auswirkungen anderenorts, z.B. durch erhöhten Import landwirtschaftlicher Produkte, deren Produktion in anderen Weltregionen ebenfalls Auswirkungen auf die Süßwasserbiodiversität hat. Hierfür bietet sich die Entwicklung standardisierter Analysen eines erweiterten **Wasserfußabdrucks** an, der nicht nur den Wasserverbrauch widerspiegelt, sondern in der Lage ist, lokale und regionale Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten ebenso wie weltweite Fernwirkungen auf Gewässer und ihre Biodiversität unter Berücksichtigung gesamter Lieferketten zu analysieren.
- ▶ Relevant sind zudem Untersuchungen zur **Bedeutung neuer Ökosysteme** (d.h. vom Menschen geschaffene und modifizierte Gewässer wie Talsperren, Tagebaurestseen, Baggerseen, Teiche, Steinbruchseen usw.) für Biodiversitätsschutz, Erholung und Ressourcenschutz. Dies beinhaltet auch die Wirkung blau-grüner Infrastrukturnetze und ihre Bedeutung für Ausbreitungsprozesse, um Landschaftsfragmentierung und Klimawandelfolgen entgegenzuwirken.
- ▶ Studien zu **Zukunftsmodellen**, die die Vereinbarkeit von wirtschaftlicher Nutzung und Biodiversitätsschutz ermöglichen (vgl. IPBES-Szenarien, Green Infrastructure, ökosystembasiertes Management): Hierfür fehlen derzeit Leitbilder und Zielsetzungen für das Gewässermanagement, die sich stärker an den Zielen der Biodiversitäts-Konvention orientieren, zur Umsetzung der UN-Agenda 2030 beitragen sowie Klimawandel und zukünftige Veränderungen integrieren. Grundlage dafür ist ein abgestimmter **Szenarien-Rahmen für Biodiversitätsprognosen**, die z.B. regional oder zeitlich vergleichbar sind.

Impressum

Autorinnen und Autoren

- Dr. Sonja C. Jähnig (Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, IGB) – Federführung
- Prof. Dr. Hans-Peter Großart, Dr. Jörg Freyhof, PD Dr. Matthias Stöck, PD Dr. Franz Hölker, Prof. Dr. Jonathan Jeschke, Prof. Dr. Robert Arlinghaus, Prof. Dr. Mark Gessner, PD Dr. Martin Pusch (Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, IGB)
- Prof. Dr. Daniel Hering, Prof. Dr. Florian Leese (Universität Duisburg-Essen)
- Prof. Dr. Peter Haase (Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung & Universität Duisburg-Essen)
- PD Dr. Hans Jürgen Hahn, Prof. Dr. Ralf B. Schäfer, PD Dr. Carola Winkelmann (Universität Koblenz-Landau)
- Prof. Dr. Dietrich Borchardt, Prof. Dr. Markus Weitere (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, UFZ)
- Prof. Dr. Frank Suhling (TU Braunschweig)
- PD Dr. Dietmar Straile, PD Dr. Jasminca Behrmann-Godel, Prof. Dr. Lutz Becks (Universität Konstanz)
- Prof. Dr. Thomas Berendonk, Dr. Susanne Worischka, Dr. Annkatrin Wagner, Dr. Jana Schneider (TU Dresden)
- Prof. Dr. Jürgen Geist (TU München)
- Prof. Dr. Ursula Gaedke, PD Dr. Guntram Weithoff (Universität Potsdam)
- Dr. Jörg Dutz, Prof. Dr. Klaus Jürgens, Dr. Anke Kremp, Dr. Sandra Kube, PD Dr. Matthias Labrenz, Dr. Judith Piontek (Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde, IOW)
- Dr. Marlene Pätzig (Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, ZALF)
- Prof. Dr. Steffen Pauls (Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung & Justus-Liebig-Universität Gießen)

Mit Zuarbeit durch

- Prof. Dr. Rita Adrian, Dr. Sami Domisch, Martin Friedrichs, Dr. Jörn Gessner, Dr. Gregor Kalinkat, PD Dr. Thomas Mehner, Prof. Dr. Michael Monaghan, Dr. Jens Nejstgaard, Dr. Gabriel Singer, Dr. Christian Wolter (Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, IGB)
- Dr. Nike Sommerwerk (Leibniz-Forschungsverbund Biodiversität, LVB & Museum für Naturkunde Berlin – Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung)
- Prof. Dr. Kay-Christian Emeis, Dr. Jana Friedrich, Dr. Sina Bold (Helmholtz-Zentrum Geesthacht & Universität Hamburg)
- PD Dr. Maren Striebel (Universität Oldenburg)
- PD Dr. Carsten Lüter, Dr. Thomas von Rintelen (Museum für Naturkunde Berlin)
- Prof. Dr. Angelika Brandt (Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung)
- Prof. Dr. Martin Zimmer (Leibniz-Zentrum für Marine Tropenforschung, ZMT)

Hintergrund

Anlässlich des 15. BMBF-Forums für Nachhaltigkeit (13.-14. Mai 2019) zum Thema „Artenvielfalt erhalten – Forschen für unsere Zukunft“ und der im Mittelpunkt stehenden „Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt“ haben die Autor*innen der hier vorliegenden Forschungsagenda in einem intensiven Austauschprozess die wichtigsten Forschungsbedarfe in und an Binnengewässern identifiziert und abgestimmt. Der Austausch mit der Strategieguppe Küste des Konsortiums Deutsche Meeresforschung trägt der (ursprünglichen) Verbundenheit dieser Lebensräume Rechnung. Mit der vorgestellten Forschungsagenda stehen die Autor*innen damit am Anfang eines Konsultationsprozesses zu den Forschungsbedarfen in Binnengewässern und unterstützen die Entwicklung der Agenda des BMBF Rahmenprogramms „Forschung für nachhaltige Entwicklung (FONA)“.

Zitationsvorschlag:

Jähnig SC, Arlinghaus R, Becks L, Behrmann-Godel J, Berendonk T, Borchardt D, Dutz J, Freyhof J, Gaedke U, Geist J, Gessner M, Großart H-P, Haase P, Hahn HJ, Hering D, Hölker F, Jeschke J, Jürgens K, Kremp A, Kube S, Labrenz M, Leese F, Pätzig M, Pauls S, Piontek J, Pusch M, Schäfer RB, Schneider J, Stöck M, Straile D, Suhling F, Wagner A, Weitere M, Weithoff G, Winkelmann C, Worischka S. 2019. Lebendiges Wasser: Forschungsagenda zur biologischen Vielfalt der Binnen- und Küstengewässer.

Stand: Mai 2019

DOI: 10.4126/FRL01-006414368

Soweit nicht anders gekennzeichnet, unterliegen die Inhalte dieses Dokuments mit Ausnahme von Bildern der Creative Commons BY 4.0 Lizenz Deutschland.