



Wasserforschung

in Österreich

Perspektiven der österreichischen
Wasserforschungsgemeinschaft
„Allianz Biodiversität & Wasser (BiodiWa)“
White Paper

Lead Autorinnen & Autoren

Astrid Schmidt-Kloiber, Florian Borgwardt*, Thomas Hein, Christine Stumpp, Simon Vitecek**

Universität für Bodenkultur Wien

** & Umweltbundesamt*

*** & Wassercluster Lunz*

Christina Formanek, Robert Konecny, Kristina Schaufler, Florian Wolf-Ott

Umweltbundesamt

Norbert Kreuzinger, Koen Blanckaert

Technische Universität Wien

Christian Griebler, Katrin Teubner

Universität Wien

Leopold Füreder, Roland Psenner

Universität Innsbruck

Bildnachweis: Wolfram Graf (S. 31), Clemens Ratschan (S. 34), Astrid Schmidt-Kloiber (S. 50), Getty Images

Layout: Astrid Schmidt-Kloiber

Beitragende Autorinnen & Autoren

Kerstin Böck, Andrea Funk, Helmut Habersack, Günter Langergraber, Rafaela Schinegger

Universität für Bodenkultur Wien

Gerfried Winkler

Universität Graz

Ursula Eisendle

Universität Salzburg

Josef Wanzenböck

Universität Innsbruck

Gerhard Hobiger

Geologische Bundesanstalt

Martin Jung

Austrian Institute of Technology

Thomas Zechmeister

Biologische Station Illmitz

*Wir möchten uns im Namen der Autorenschaft bei allen bedanken, die mit ihrer Durchsicht und ihren wertvollen Hinweisen die Entstehung dieses White Papers unterstützt haben, insbesondere bei den Expert*innen des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung, der Universität für Bodenkultur Wien, der Universität Wien, der Universität Innsbruck, der Universität Graz, der Universität Salzburg, von Geosphere Austria und dem Austrian Institute of Technology.*

Ein weiterer Dank ergeht an folgende Personen: Karolina Begusch-Pfefferkorn, Ingeborg Schachner-Nedherer, Martin Schmid (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung), Kathrin Pascher, Eva Schober (BiodiWa).

 **Bundesministerium**
Bildung, Wissenschaft
und Forschung



Zitiervorschlag

Allianz BiodiWa (2024): Wasserforschung in Österreich. Perspektiven der Mitglieder des Forschungsbereichs Wasser (vormals Austrian Joint Water Initiative) der Allianz Biodiversität & Wasser, White Paper, Wien – Österreich, 50 Seiten.

DOI: 10.6084/m9.figshare.25431727

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| Vorwort | 4 |
| Kernbotschaften – Zusammenfassung..... | 7 |
| 1 Wasserforschung in Österreich und im internationalen Kontext | 9 |
| 1.1 Themenbereiche der österreichischen Wasserforschungslandschaft | 9 |
| 1.2 Politische und rechtliche Rahmenbedingungen | 10 |
| 1.3 Internationale Netzwerke | 11 |
| 2 Wassersysteme im Wandel | 13 |
| 2.1 Überformung der wasserverbundenen Ökosysteme durch menschliche Nutzung | 13 |
| 2.2 Auswirkungen des Klimawandels im Bereich Wasser | 15 |
| 2.3 Aktuelle Herausforderungen der Wasserforschung in Österreich..... | 18 |
| 3 Wasserressourcen quantitativ | 19 |
| 3.1 Status..... | 19 |
| 3.2 Forschung (Trends) | 21 |
| 3.3 Defizite & Herausforderungen | 23 |
| 4 Wasserressourcen qualitativ | 25 |
| 4.1 Status..... | 26 |
| 4.2 Forschung (Trends) | 27 |
| 4.3 Defizite & Herausforderungen | 30 |
| 5 Aquatische Biodiversität | 31 |
| 5.1 Status..... | 31 |
| 5.2 Forschung (Trends) | 33 |
| 5.3 Defizite & Herausforderungen | 34 |
| 6 Ökosystemleistungen | 37 |
| 6.1 Status..... | 38 |
| 6.2 Forschung (Trends) | 39 |
| 6.3 Defizite & Herausforderungen | 40 |
| 7 Call for Action | 43 |
| 7.1 Themen-übergreifende Herausforderungen in der Wasserforschung | 43 |
| 7.2 Spezifische Herausforderungen in der Wasserforschung | 47 |

Vorwort

Österreich zählt zu den wasserreichsten Ländern Europas. Wasser ist eine zentrale Grundlage für alle Bereiche der menschlichen Gesellschaft und eine der wichtigsten natürlichen Ressourcen: Es wird als Trinkwasser, in der Landwirtschaft oder zur Energieerzeugung, für den Transport bzw. in der Industrie genutzt und ist gleichzeitig von großer Bedeutung für Tourismus, Freizeitgestaltung und Erholung. Fließgewässer, Seen und Feuchtgebiete sowie das Grundwasser stellen wichtige Ökosysteme dar und bilden einzigartige Lebensräume für zahlreiche Tiere und Pflanzen. Wasser ist jedoch auch eine unberechenbare Naturgewalt, die in Form von Hochwasser, Überschwemmungen oder als Auslöser von Muren auf die Menschen einwirkt. Doch auch das Fehlen von Wasser – wie Trockenheit oder Dürre – belastet. Der durch den Klimawandel ausgelöste Rückgang der Gletscher und der Schneebedeckung, sinkende Grundwasserspiegel einerseits sowie die Zunahme von Starkniederschlägen und Dürren andererseits, stellen uns heute vor neue Herausforderungen in Bezug auf die Gefährdung durch und die Verfügbarkeit von Wasser und damit auch auf unseren generellen Umgang mit dieser Ressource.

Wichtige Ziele dieses White Papers sind die Darstellung der **besonderen Bedeutung der Ressource Wasser** in Österreich, das **Aufzeigen von Forschungsfeldern und Defiziten** im Themenbereich Wasser sowie die **Notwendigkeit einer Stärkung der österreichischen Wasserforschung** für die Bewältigung zukünftiger Herausforderungen. Der vorliegende Text richtet sich an alle relevanten Einrichtungen aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft und soll einen Überblick über aktuelle Themen im Forschungsbereich Wasser geben, sowie die vorhandenen Kompetenzen und Schwerpunkte in Österreich darstellen. Insbesondere soll das White Paper aufzeigen, welche Problembereiche bestehen, damit Österreich zukünftig in der Wasserforschung international wettbewerbsfähig bleibt und ein nachhaltiger Umgang mit der Ressource Wasser in Österreich gesichert werden kann. Das White Paper stellt anhand der vier Themenbereiche **Wasserressourcen quantitativ, Wasserressourcen qualitativ, Biodiversität und Ökosystemleistungen** dar, wie die österreichische Wasserforschung mit aktuellen Fragestellungen und zukünftigen Herausforderungen umgeht und welche Potentiale existieren.

*Die Allianz BiodiWa wurde 2022 mit Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) ins Leben gerufen. Sie vereint den Biodiversitätsrat (Netzwerk Biodiversität) und die ehemalige „Austrian Joint Water Initiative“, um eine engere Zusammenarbeit zwischen diesen Fachbereichen zu fördern. Ziel der Allianz ist es, den komplexen globalen Herausforderungen, wie Biodiversitätsverlust, Klimakrise, Verschlechterung der Wasserqualität, Veränderung der Wasserverfügbarkeit und den zunehmenden Nutzungskonflikten gemeinsam entgegenzuwirken. Die „Austrian Joint Water Initiative“ (AJWI) war eine unabhängige Plattform mehrerer Universitäten – koordiniert vom Umweltbundesamt – mit dem Ziel Akteur*innen der österreichischen Wasserforschung zu vernetzen und wurde ebenfalls vom BMBWF initiiert.*

Wien, Dezember 2024

„Und nun trinken wir, auf dem Bauche liegend, den Kopf im Becken wie die Kälber ... Wasser! Wasser, du hast weder Geschmack noch Farbe noch Aroma. Man kann dich nicht beschreiben. Man schmeckt dich, ohne dich zu kennen. Es ist nicht so, dass man dich zum Leben braucht: du selbst bist das Leben! Du durchdringst uns als Labsal, dessen Köstlichkeit keiner unserer Sinne auszudrücken fähig ist. Durch dich kehren uns alle Kräfte zurück, die wir schon verloren gaben ... Du bist der köstlichste Besitz dieser Erde ... du schenkst uns ein unbeschreiblich einfaches und großes Glück.“

Antoine de Saint-Exupéry





Kernbotschaften – Zusammenfassung

Der Themenbereich Wasser stellt in Österreich ein agiles und interdisziplinäres Forschungsfeld dar, das eine große inhaltliche Bandbreite abdeckt und in vielen Bereichen von internationaler Bedeutung ist. Für weitere Innovation und zusätzlichen Wissensgewinn auf hohem Niveau ist nationale und internationale Vernetzung jedenfalls erstrebenswert und notwendig. Voraussetzung dafür ist, dass der Wasserforschung in Österreich auch zukünftig ausreichend Unterstützung gewährt wird, um insbesondere international reüssieren zu können.

Verschiedene Forschungsfelder tragen wesentlich dazu bei, einen nachhaltigen Umgang mit der lebenswichtigen Ressource Wasser zu fördern. Ungeachtet dessen stehen wir vor Herausforderungen wie etwa Landnutzungsänderungen oder der Klima- und Biodiversitätskrise. Gleichzeitig führen

Nutzungsansprüche der Gesellschaft, wie Bewässerung in der Landwirtschaft oder Wasserkraftproduktion, zu vielfältigen Zielkonflikten. Im Zentrum dieses Spannungsfeldes stehen die österreichischen Wasserressourcen und die damit verbundenen Gewässerökosysteme. Nur mit einem tatsächlich integrativen Management, das eine kontinuierliche Verbesserung von Lebensräumen beinhaltet, können die Biodiversität und Ökosystemleistungen erhalten bleiben. In der Forschung sind hier Themen wie künstliche Intelligenz (KI), Machine Learning oder innovative Monitoringansätze (Stichwort „eDNA“) genauso relevant wie Hydroökologie, Abwasser-Epidemiologie oder Klimawandelfolgenforschung. Die aktuellen Herausforderungen aus der Forschungs- und Innovationsperspektive lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Gerade im Zusammenhang mit der Thematik Wasser können Mitgliedstaaten der EU bestimmte Herausforderungen nicht auf nationaler Ebene lösen. Viele Aufgaben haben **transnationalen Charakter** und können somit nur durch **verstärkte internationale Zusammenarbeit** bzw. Programme bewältigt werden.
- Um die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie bis zum Jahr 2027 tatsächlich zu erreichen, sind noch stärkere Anstrengungen als bisher erforderlich. Die bislang vorhandenen Bewertungen zeigen, dass fast die Hälfte der europäischen Binnengewässer gefährdet ist, den guten ökologischen Zustand nicht zu erreichen. In **Österreich** befinden sich **49,2% der erfassten Fließgewässer in keinem ökologisch guten Zustand**, womit Handlungsbedarf besteht.
- Die Gefährdung und der **Rückgang der Biodiversität** in aquatischen Ökosystemen erfordern engagiertes Handeln und umfassende Wiederherstellung von Lebensräumen, um einen weiteren Verlust der Artenvielfalt zu verhindern und die Ziele der Biodiversitätsstrategie zu erreichen.
- Im Lichte des **Klimawandels**, aktueller Landnutzungsänderungen und der steigenden Vulnerabilität der Gesellschaft kommt der **Verringerung des Hochwasserrisikos** und dem **Entgegenwirken von Dürren** steigende Bedeutung zu. Dabei sind **integrative Ansätze** vom technischen Hochwasserschutz, über Natur-basierte Maßnahmen bis hin zur Bewusstseinsbildung nötig.
- Der Globale Wandel und der voranschreitende Klimawandel im Speziellen verursachen zusätzliche Belastungen für die aquatischen Ökosysteme und erhöhen gleichzeitig den **Nutzungsdruck** auf die Ressource Wasser. Um diesen neuen Herausforderungen in Kombination mit bestehenden Belastungen begegnen zu können, bedarf es **integrierter, inter- und transdisziplinärer Ansätze**, die es ermöglichen, die auftretenden Problemstellungen in ihrer Gesamtheit zu betrachten und zu lösen.
- Die Erhöhung des Anteils an **erneuerbaren Energien** zur Reduktion des CO₂ Ausstoßes und zur Netzstabilisierung infolge volatiler Energie bedeutet auch negative Auswirkungen auf die Gewässer. Ein weiterer **Ausbau der Wasserkraft** muss in einem Masterplan **prioritär mit den ökologischen Bedürfnissen abgestimmt** werden, wobei neue Wasserkrafttypen zur Verbesserung der Energieproduktion und Minimierung der ökologischen Auswirkungen beitragen können. Mit dem „Integrierten Österreichischen Netzinfrastukturplan“ gibt es zwar eine integrierte Betrachtung, wie erneuerbare Energieträger abgestimmt ausgebaut werden können, allerdings sollten die Umweltbelange im Bereich Wasserkraft detaillierter betrachtet werden.

Wasserforschung in Österreich und im internationalen Kontext

1.1 Themenbereiche der österreichischen Wasserforschungslandschaft

Wasser als Forschungsthema hat in Österreich eine lange Tradition. Bereits 1818 wurde der Lehrstuhl „Land- und Wasserbaukunst“ an der TU Wien und 1865 das Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft an der TU Graz gegründet. Im Jahr 1883 kam es zur Einführung des Studiums Kulturtechnik und Wasserwirtschaft an der Universität für Bodenkultur Wien und 1905 wurde die Biologische Station in Lunz am See errichtet, welche damit zu den ältesten limnologischen Forschungseinrichtungen weltweit zählt. Da Wasser ein so vielseitiges Medium darstellt, wird in nahezu allen österreichischen Fachhochschulen und Universitäten das Thema Wasser in irgendeiner Art und Weise behandelt, um Expertise für

die zahlreichen Aufgaben und Herausforderungen rund um diesen Themenkomplex zu vermitteln. Forschung wird auf diesem Gebiet neben den Universitäten auch von Dienststellen des Bundes, von Landesbehörden und außeruniversitären Wissenschaftsinstitutionen betrieben.

Die **Vielfalt der österreichischen Wasserforschung spiegelt sich in einer breit gefächerten Themenlandschaft** wider. Die vertretenen Themen entspringen sowohl den Natur- und Sozialwissenschaften als auch den technischen Wissenschaften und führen zu einer beeindruckenden Diversität in der österreichischen Wasserforschungslandschaft. Eine Recherche nach Forschungseinrichtungen, die sich in Österreich mit dem Themenbereich Wasser befassen, ergab mehr als 100 Institute bzw. fachspezifische Forschungs- und Arbeitsgruppen.

Einige Forschungsbereiche haben in Österreich eine sehr lange Tradition. Dazu zählen neben der Hydrologie und der Hydrogeologie, dem Wasserbau, der Gewässerökologie, der Trinkwasser- und Siedlungswasserwirtschaft auch die Glaziologie und die Naturgefahrenforschung, die aufgrund der geografischen Lage eine besondere Stellung in Österreich einnehmen. Das Thema Wasser spielt jedoch auch in viele andere, verwandte Forschungsbereiche hinein, wie z.B. Verfahrenstechnik, Kreislaufwirtschaft oder Raumplanung. In jüngerer Zeit ergeben sich durch die Klimakrise und den globalen Wandel neue Herausforderungen und Belastungen der Wassersysteme, die auf inter- und transdisziplinäre Weise behandelt werden müssen und zahlreiche Forschungsbereiche betreffen. Dies erfordert vernetztes Handeln. Durch Innovation, Weitblick und Austausch zwischen den einzelnen Forschungsfeldern kann die österreichische Wasserforschung hier auch weiterhin dazu beitragen, dass Wasser zum Wohle der Gesellschaft genutzt werden kann und als Lebensraum nachhaltig geschützt wird.

1.2 Politische und rechtliche Rahmenbedingungen

Mit dem Beitritt Österreichs zur Europäischen Union (EU) wurde die seit 1959 bestehende Strategie einer nachhaltigen Wassergesetzgebung um eine Reihe von Richtlinien erweitert, welche den rechtlichen Rahmen für die Wasserpolitik der EU – die eine nachhaltige und umweltverträgliche Wassernutzung in den Mitgliedsstaaten vorsieht – vereinheitlicht. Neben der **Wasserrahmenrichtlinie** (WRRL) sind vor allem die **Hochwasserrichtlinie** (HWRL), die **Richtlinie zur Behandlung von kommunalem Abwasser** (UWWTD), die **Grundwasserrichtlinie**, die **Trinkwasserrichtlinie**, die **Badegewässerrichtlinie**, die **Nitratrichtlinie**, die **Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie** (FFH), die verschiedenen **Immissionsrichtlinien**, die **Erneuerbare-Energien-Richtlinie** (EER) sowie die **Richtlinie zu Umweltqualitätsnormen** im Wasserbereich maßgebliche Bestandteile der Gesetzgebung, die den Umgang mit Wasser bestimmen. Mit dem **Green Deal** der EU und dem **Nature Resto-**



ration Law (NRL) sind aktuell weitere maßgebliche Rahmenwerke in der EU entstanden, die klar auf einen nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser und den verbundenen Ökosystemen abzielt.

Seit dem Jahr 2000 steckt die WRRL den übergeordneten, rechtlichen Rahmen für die europäische Wasserpolitik ab. Sie soll garantieren, dass Oberflächengewässer (d.h. Flüsse mit einem Einzugsgebiet >10 km², Seen und Küstengewässer sowie das Grundwasser) nachhaltig genutzt werden. Ziel der Richtlinie ist es, den „guten ökologischen und chemischen Zustand“ für Oberflächengewässer bzw. ein „gutes ökologisches Potenzial und einen guten chemischen Zustand“ für erheblich veränderte oder künstliche Gewässer zu erreichen. Hervorzuheben sind dabei das Verbesserungsgebot (d.h. alle Gewässer, die keinen guten Zustand erreichen, *müssen* ökologisch verbessert werden) sowie das Verschlechterungsverbot (laut dem sich der Zustand der Gewässer nicht verschlechtern darf). Zur Erreichung der Vorgaben gibt es die nationalen Gewässerbewirtschaftungspläne (NGP), die eine Umsetzung der Ziele bis 2027 ermöglichen sollen.

Zusätzlich bilden seit 2007 die HWRL die Basis für die Verbesserung des Hochwasserisikomanagements in Europa und seit 2009 die EER die Basis für Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch der EU.

1.3 Internationale Netzwerke

Forschung, Entwicklung und Innovation unterliegen einer immer stärkeren Internationalisierung. Deshalb ist neben der nationalen Vernetzung auch die internationale Vernetzung ein wesentlicher Faktor in der Agenda der österreichischen Wasserfor-

schung. Eine Vielzahl von Strategien und Programmen ist für den Forschungsbereich Wasser relevant. Herauszustreichen sind dabei die nationale „Strategie für Forschung, Technologie und Innovation“ (FTI) der Bundesregierung, die „Europäische Forschungs- und Innovationsagenda“ mit dem Forschungsförderungsprogramm „Horizon Europe“ und den darin behandelten Missionen, insbesondere die Mission „Restore Our Ocean and Waters“, die „Water4All“-Partnerschaft, die „Joint Programming Initiative Water“ (JPI Water) sowie die „Agenda 2030“ der Vereinten Nationen mit ihren „Sustainable Development Goals“ (SDGs) auf internationaler Ebene. Die nationale FTI Strategie soll insbesondere die Rahmenbedingungen für Forschung und Innovation verbessern, damit Aktivitäten besser abgestimmt und Redundanzen vermieden werden. Sie zielt auch darauf ab, die österreichischen Akteure besser in die globalisierte, internationale Wissens- und Technologieentwicklung einzubinden, was insbesondere durch die erfolgreiche Teilnahme an internationalen Förderprogrammen erreicht werden soll.

Die Initiative „JPI Water“ dient dazu, auf europäischer Ebene zwischenstaatliche Kooperationen für eine gemeinsame Programmplanung („Water Challenges for a Changing World“) abzustimmen, damit Antworten auf die großen gesellschaftlichen Fragen gefunden werden können und auf diese Weise zur Entwicklung des Europäischen Forschungsraums beigetragen werden kann. Dafür werden strategische Prioritäten für transdisziplinäre und innovative europäische Forschung im Bereich Wasser definiert. Diese umfassen die Aufrechterhaltung der Nachhaltigkeit von Ökosystemen, die Entwicklung von sicheren Wassersystemen, die Förderung der Wettbewerbsfähigkeit in der Wasserindustrie, die Einführung einer auf das Wasser bezogenen bzw. vom

Wasser abhängigen biobasierten Wirtschaft sowie Aktivitäten, um einer Wasserknappheit entgegenzuwirken.

Die internationalen Strategien und Programme unterstreichen die zentrale Bedeutung der Ressource Wasser und der damit verbundenen Ökosysteme. Durch entsprechende Forschungsprogramme sollen Lösungsansätze für aktuelle und zukünftige Herausforderungen ausgearbeitet werden, die eine nachhaltige Sicherung der Ressource Wasser und der Ökosystemleistungen zum Wohle der Gesellschaft ermöglichen. Das neue EU-Rahmenprogramm „Horizon Europe“ (2021-2027) umfasst fünf „Mission Areas“, die fast alle einen Bezug zum Thema Wasser haben. Die „[Mission Starfish 2030: Restore our Ocean and Waters](#)“ zielt unmittelbar auf die Verbesserung und nachhaltige Nutzung von Wassersystemen ab. Dabei kommt der Interaktion von Fließgewässern und Meeren eine große Bedeutung zu. Die Inhalte umfassen das Schließen von Wissenslücken, die Verbesserung und Wiederherstellung der marinen und Binnenge-

wässerökosysteme, „Null“-Verschmutzung, die Dekarbonisierung der Ozeane und die Verbesserung der „Governance“ durch integrative Ansätze.

Generell kann sich eine gut vernetzte nationale Forschungsgemeinschaft besser in internationale Netzwerke einbringen und so zu einer noch stärkeren Beteiligung der österreichischen Wasserforschung an internationalen Wissenschaftsinitiativen führen. Um diese internationale Anbindung der nationalen Akteure weiter zu verstärken, sind Kompetenzprofile der einzelnen Forschungsinstitutionen, der Austausch zu bereits bestehenden internationalen Netzwerken sowie eine bessere Sichtbarmachung der österreichischen Wasserforschung anzustreben. Mit der Einrichtung der **Allianz Biodiversität & Wasser – BiodiWa** – wurde in Österreich ein Schritt gesetzt, um Forschende besser zu vernetzen und die Mitwirkung österreichischer Forschungsinstitutionen an den europäischen Partnerschaften (z.B. Water4All, Biodiversa+) und Missionen zu unterstützen.

Wassersysteme im Wandel



2.1 Überformung der wasser-verbundenen Ökosysteme durch menschliche Nutzung

Wasserverbundene Ökosysteme, wie Flüsse, Seen oder Feuchtgebiete, zählen weltweit zu den am stärksten bedrohten Lebensräumen. Fließgewässer und ihre Auen sind starken Belastungen durch intensive Nutzung und Überformung ausgesetzt, insbesondere durch Bevölkerungswachstum, Landnutzungsänderungen oder den landwirtschaftlichen und industriellen Flächenbedarf. Besonders seit den 1950er Jahren gab es – angetrieben durch die wirtschaftliche und industrielle Entwicklung – substanzielle Veränderungen des Naturraums (Trockenlegungen, Flussbegradigungen, Wasserspeicherung und -transfer, neue Chemikalien), die zu einem noch nie da gewesenen Wandel der Ökosysteme führten. Ver-

änderungen der grundlegenden physikalisch-chemischen Bedingungen und Ökosystemprozesse sowie der naturräumlichen Ausprägung und Form von Ökosystemen, wirken sich auf Fauna und Flora und damit auf die ökologische Funktionsfähigkeit aus. Die beschriebenen Wirkungsgefüge sind aber auch von sozio-ökonomischer Bedeutung, da unsere Gesellschaft in vielerlei Hinsicht von Ökosystemleistungen abhängig ist, die nur durch funktionierende Ökosysteme zur Verfügung stehen.

Aufgrund der alpinen Lage kommt der Wasserkraft in Österreich eine besondere Bedeutung zu. Waren es anfangs hauptsächlich Wasserräder und Mühlen, mit denen Wasserkraft genutzt wurde, so kam es im Laufe des 20. Jahrhunderts zu einem massiven Ausbau der Wasserkraftnutzung zur Stromproduktion. Aktuell deckt die Wasserkraft mehr als 60 Prozent der öster-

reichlichen Stromerzeugung ab und trägt damit durch ihre CO₂-Neutralität wesentlich zur erneuerbaren Energieproduktion bei. Auch wenn bei der Errichtung von Wasserkraftanlagen verstärkt ökologische Aspekte einbezogen werden, sind es vor allem die Unterbrechung der Migrationskorridore für die Aufwärts- und Abwärtswanderung der Organismen (v.a. Fische), mangelnde Sedimentdurchgängigkeit, die Umwandlung von Fließstrecken in Staubebereiche, Schwallbetrieb, Ausleitungen und dadurch bedingte Restwasserstrecken sowie der Verlust der lateralen Anbindung, die ganze Flusssysteme stromabwärts von Wasserkraftanlagen negativ beeinflussen und die innovative und gesamtheitliche Ansätze erfordern. In Österreich können nur 17 Prozent der Flüsse ohne Hindernisse frei fließen und weniger als 15 Prozent befinden sich noch in einem sehr guten ökologischen Zustand. Lediglich ein Prozent wird von ökologisch bedeutenden, intakten Auen begleitet. Es gelten heute rund 60 Prozent der heimischen Fließgewässer-Fischarten als gefährdet.

Wesentlich ist, dass die Nutzung der **Wasserkraft mit einer erheblichen Veränderung der Lebensräume verbunden** ist. Dies gefährdet die Ziele der WRRL und FFH Richtlinien. Ein Ziel des EU Green Deal ist die Wiederherstellung von 25.000 km frei fließender Flüsse in Europa. Auch das Nature Restoration Law greift diese Vorgabe auf. Zusätzlich kommt es durch Wasserkraftnutzung auch zu Eingriffen in Naturräume und ihre hydrologischen Prozesse, die über diese Richtlinien nicht ausreichend erfasst werden (z.B. Hochgebirgsbäche, Quellen oder Grundwasser), die aber zur ökologischen Funktionsfähigkeit des Flussnetzwerkes beitragen. Neben den Auswirkungen der Wasserkraftnutzung sind es vor allem Hochwasserschutzmaßnahmen und Veränderungen von Uferzonen, durch z.B. Siedlungsstrukturen oder Landwirtschaft, die als die wichtigsten Verursacher von menschlichen Eingriffen in Österreichs Fließgewässer gelten.

Auch im Hochwasserrisikomanagement kommt es langsam zu einem Paradigmenwechsel: vom vorherrschenden technisch

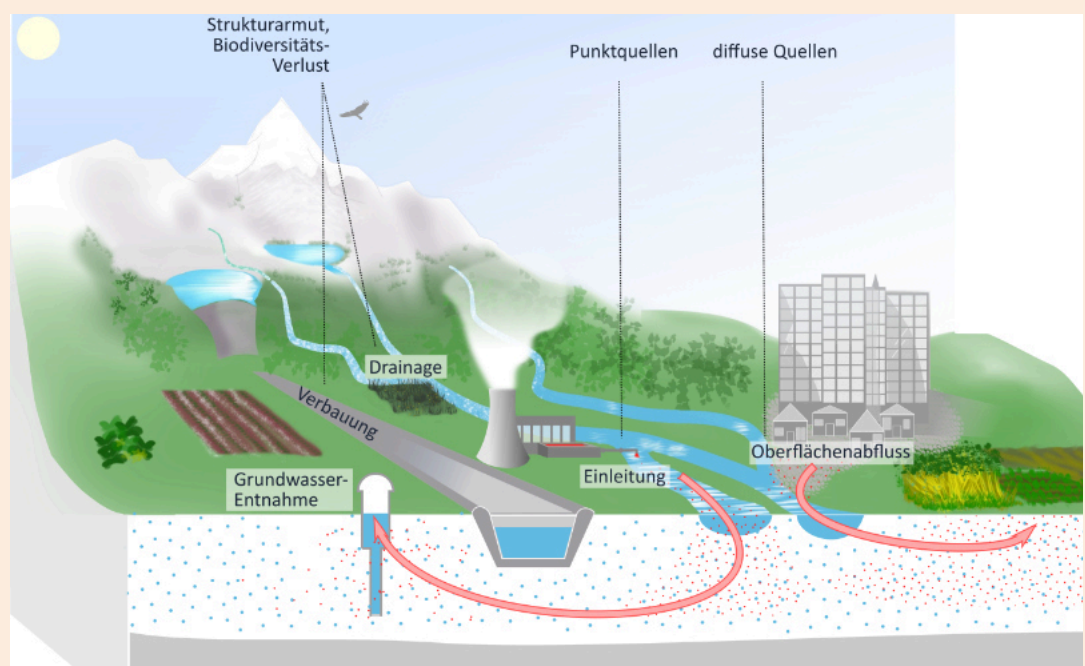


Abbildung 2.1: Vielfältige Eingriffe in die Landschaft, © I. Offenthaler/ Umweltbundesamt

dominierten Flussbau (wie z.B. harte Regulierungen und Dämme), die eine Beschleunigung des Abflusses nach sich zogen, hin zu – getrieben von der Verschärfung der Hochwasserwellen und des Erkennens der Grenzen eines absoluten Hochwasserschutzes – integriertem Hochwasserrisikomanagement, das Natur-basierte Lösungen, wie z.B. naturnahe Überflutungsflächen, mobile Hochwasserschutzmaßnahmen, Vorhersagemethoden, aber auch Bewusstseinsbildung in den Vordergrund stellt.

2.2 Auswirkungen des Klimawandels im Bereich Wasser

Die Klimakrise und der Klimawandel sind keine Zukunftsthemen, sondern ihre Auswirkungen beeinflussen die Wassersysteme bereits jetzt massiv. Dementsprechend stellt die Klimakrise einen höchst relevanten Faktor für den Themenbereich Wasser mit Auswirkungen wie Temperaturanstieg, Extremniederschlagsereignisse, Hochwässer, aber auch zunehmende Dürreperioden dar. Anzumerken ist allerdings, dass klimawandelbedingte Änderungen derzeit einen wesentlich geringeren Einfluss auf Fauna und Flora haben als menschliche Eingriffe im Zuge der vielfältigen Nutzungen. Dies zeigt sich auch anhand der Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung. Erstere – deren Hauptaufgabe die Bereitstellung von Trinkwasser in ausreichender Qualität und Quantität ist – sieht sich durch die Zunahme des qualitativen und quantitativen Drucks auf der Rohwasserseite vermehrt neuen Herausforderungen ausgesetzt. Hingegen ist die Abwasserreinigung mit der Zunahme von organischen Stoffen in qualitativer (z.B. neuartige, unterschiedliche Haushalts- und Industriechemikalien, Medikamente) und quantitativer Hinsicht (Einsatzmengen) konfrontiert, die über die tra-

ditionelle Verschmutzung mit Nährstoffen hinausgeht. Die große zukünftige Herausforderung besteht darin, die Klimawandel-Auswirkungen sowie bestehenden und mögliche neue Eingriffe und Belastungen gemeinsam zu bewältigen und intakte Lebensräume und Wassersysteme zu erhalten.

Im Folgenden wird basierend auf dem „**Österreichischen Sachstandsberichts Klimawandel 2014**“ (APCC 2014) und aktuellen Informationen das Wirkungsgefüge Klimawandel und Wasser für Österreich dargestellt. Die klimatischen Gegebenheiten (Temperatur, Art und Menge von Niederschlägen) spielen eine maßgebliche Rolle im Wasserkreislauf und beeinflussen somit direkt und auf vielfältige Weise Wassersysteme. Der Einfluss des Klimawandels ist von größter Relevanz und muss hinsichtlich der gesellschaftlichen Wassernutzung (z.B. Bewässerung, Wasserkraft, Kühlwasser, aber auch Trinkwasser) berücksichtigt werden. Die Nutzungsansprüche an Wassersysteme werden sich auch in Zukunft erhöhen (z.B. erhöhter Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft) und somit potenzielle Nutzungskonflikte vervielfältigen.

Österreich kann zwar als sehr wasserreiches Land bezeichnet werden (nur 3% des verfügbaren Wassers werden laut Wasserbilanz genutzt), doch existieren **auch innerhalb Österreichs Unterschiede im Wasserdargebot**: der Osten ist als niederschlagsarm einzustufen und auch der Norden hatte in den letzten Jahren mit ausgeprägten Dürrephasen zu kämpfen. So spielt für die Nutzung der Ressource Wasser neben der jährlich gesamt verfügbaren Wassermenge insbesondere die saisonale und regionale Verfügbarkeit eine große Rolle. In Österreich ist zwar die jährliche Bewässerungsmenge bezogen auf die Gesamtwasserbilanz gering, doch regionale Entnahmen aus dem Grundwasser (oder sogar oft illegaler Weise aus

Oberflächengewässern) können in der trockenen Jahreszeit für die Wasserverfügbarkeit von Bedeutung sein.

Insbesondere das **Wassermanagement im urbanen Raum steht vor neuen Herausforderungen**, weil sich dort der Klimawandel (Stichwort „urbane Hitzeinseln“) stark auf den Lebensraum vieler Menschen auswirkt. Weiters werden in vielen Bereichen des Wassersystems zeitlich verschobene und in ihrer Ausprägung stärkere Niederwasserphasen – sprich Dürren – saisonal schlagend. Diese haben sowohl negative Auswirkungen auf die Lebewesen in den Ökosystemen als auch auf menschliche Nutzungen, wie die Wasserkraft oder die Wasserverfügbarkeit für Bewässerung und Kühlung. Dazu kommt die klimawandelbedingte Zunahme von Starkregenereignissen und Hochwässern, die überlagert von Landnutzungsänderungen zu einer Gefährdung für die Bevölkerung führt.

Ebenso sind das Abschmelzen der Gletscher, das Auftauen des Permafrostes und sinkende Grundwasserspiegel als Folge des Klimawandels relevant. Dadurch verändern

sich die Temperaturverhältnisse, die Abflussregime der Flüsse, der Sedimenthaushalt (Erhöhung der Produktion und Erosion etc.) und die daraus resultierenden Naturgefahren (Muren, Rutschungen etc.). Mögliche Auswirkungen auf Grundwasserreserven und -neubildung sind noch unbekannt, aber in einigen hoch gelegenen Gebieten der Alpen kommt es durch das Tauen von Blockgletschern zu Schwermetallbelastungen in den Gewässern.

Für wasserverbundene Ökosysteme stellt der Klimawandel eine besondere Herausforderung dar. Die Temperatur in Oberflächengewässern, aber auch im Grundwasser, hängt stark von der Lufttemperatur ab. Steigende Wassertemperaturen in Seen und Fließgewässern sind in Österreich bereits nachgewiesen und werden weiter voranschreiten (Abbildung 2.2). Bemerkenswert dabei ist, dass der Temperaturanstieg in den Gewässern stärker ausgeprägt ist als in der Luft, teilweise ist er sogar doppelt so hoch. In Seen kann der Klimawandel besonders massive Veränderungen verursachen, z.B. eine Veränderung in der Erneuerung des Tiefenwassers und eine damit verbundene

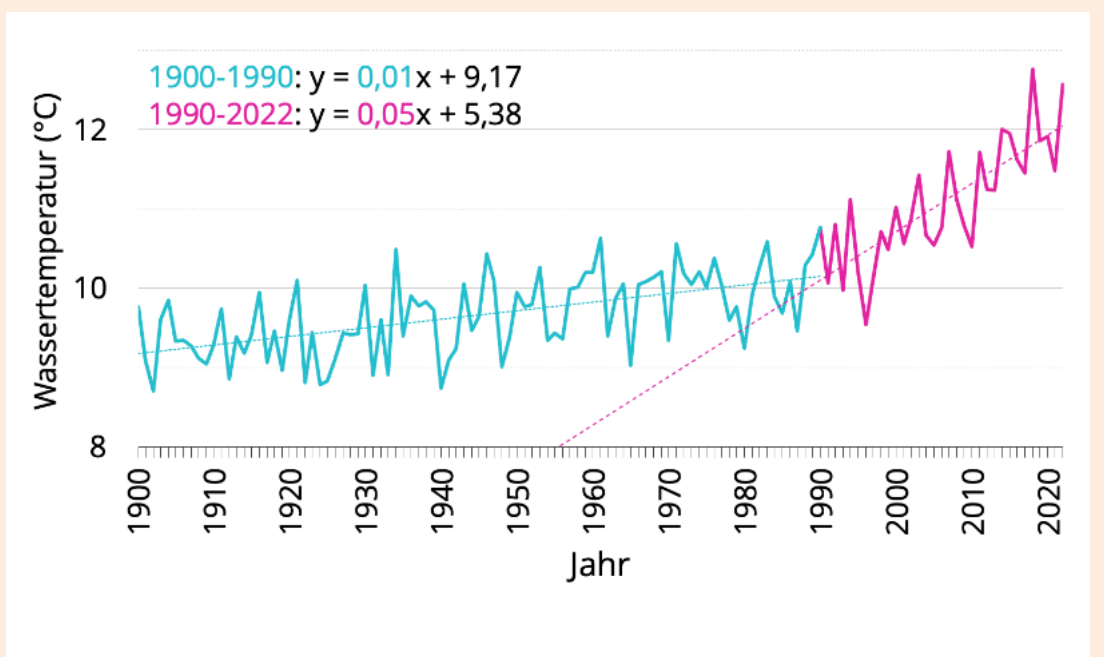


Abbildung 2.2: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur von 1900-2022 in der Donau bei Hainburg; Datenquelle: HZB

Änderung in der Sauerstoffversorgung und Eutrophierung mit negativen Auswirkungen auf die Wasserqualität. Aber auch in der Aquakultur kann der Klimawandel zu Modifikationen in den Produktionsverhältnissen führen. Insbesondere ist davon die Teichwirtschaft, die in Österreich eine traditionelle, extensive Wirtschaftsweise darstellt und von den Umweltbedingungen (wie z.B. Wasserverfügbarkeit und Temperatur) abhängig ist, betroffen.

Die **verändernden Umweltbedingungen führen zu neuen Ausprägungen der Lebensräume** innerhalb der Ökosysteme, was wiederum Auswirkungen auf alle Tier- und Pflanzengruppen hat. Durch die größtenteils alpin geprägten Verhältnisse in Österreich sind die wassergebundenen Lebensräume als vorwiegend Kälte-beeinflusst zu beschreiben. Somit führt die Erwärmung zu einer Verschiebung von Kaltwasser-liebenden hin zu Warmwasser-toleranten Arten, da die Kaltwasser-Arten (wie z.B. Bachforelle, Äsche oder auch Steinfliegen) versuchen, ihrem bevorzugten Lebensraum zu folgen und flussaufwärts (bzw. in höhere Seehöhen) ausweichen. Doch nicht alle Arten

können flussauf wandern, da der dort vorhandene Lebensraum hinsichtlich anderer Parameter (z.B. höhere Fließgeschwindigkeiten, geringere Gewässerdimensionen) anders ausgestaltet oder von Barrieren zerschnitten ist. Schlussendlich ist dieses flussauf Ausweichen irgendwann aufgrund der Flussform und -größe einfach nicht mehr möglich. Zusätzlich begünstigt die Veränderung des thermalen Regimes die Verbreitung gebietsfremder Arten sowie das Auftreten und die Verbreitung neuer Krankheiten, was die Stabilität der Gewässerökosysteme massiv gefährdet.

In Bezug auf die unterschiedlichen Lebensraumtypen der Gewässerökosysteme reagieren insbesondere Moore und Quellbereiche sensitiv auf den Klimawandel. Beide passen sich nur langsam Umweltveränderungen an und stellen Lebensräume dar, in denen über lange Zeiträume sehr stabile Verhältnisse bestehen und geringfügige Änderungen – ähnlich wie in Tropenwäldern – große Auswirkungen auf die angestammte und zumeist hochspezialisierte Fauna und Flora haben.



2.3 Aktuelle Herausforderungen der Wasserforschung in Österreich

Konflikte betreffend Wassernutzung steigen und erfordern integrative Ansätze.

Schon durch die verschiedenen wasserbezogenen EU Richtlinien werden mögliche Nutzungskonflikte in der Wasserwirtschaft sichtbar. Diese umfassen die Nutzung des Wassers als Nahrungsmittel und zur Nahrungsmittelproduktion (z.B. Bewässerung in der Landwirtschaft), den Erhalt der Biodiversität sowie des guten ökologischen Zustands, den Schutz des Menschen vor Hochwasserereignissen, die Nutzung der Wasserkraft als erneuerbare Energiequelle oder den Transport durch die Schifffahrt. Diese Nutzungsansprüche treten oft gleichzeitig auf und führen zu Zielkonflikten. Obwohl erste integrative Ansätze in Österreich bereits erfolgreich umgesetzt werden (z.B. Rückbaumaßnahmen an Fließgewässern zur gleichzeitigen Verbesserung der Ökologie und des Hochwasserrisikomanagements), sind jenseits der reinen Belastungserfassung derzeit systemische Ansätze auf Einzugsgebietsebene und darüber hinaus kaum vorhanden.

Die Wasserforschung ist vielfältig und umfasst nahezu alle Lebensbereiche des Menschen (von Ernährung über Energieversorgung und Transport bis hin zu Wohlbefinden und Erholung). Dabei gibt es Nutzungskonflikte, die die Gesellschaft und damit Wissenschaft und Forschung vor Herausforderungen stellen, insbesondere, inwiefern die unterschiedlichen Interessen – also die Wechselbeziehung zwischen Umwelt, Technik und Gesellschaft, die auch als „sozio-ökologisches System“ und für Ge-

wässer als „sozio-ökohydrologisches System“ bezeichnet wird – aufeinander abzustimmen und im besten Fall in Einklang zu bringen sind. Im Sinne der Nachhaltigkeit – wie sie auch von den Vereinten Nationen in ihrer *Agenda 2030* und den SDGs gefordert wird – sind Lösungen anzustreben, die ökologische, ökonomische und soziale Anliegen gleichermaßen berücksichtigen und niemanden benachteiligen sollen. Neben diesen drei Grundsäulen der Nachhaltigkeit fügen die SDGs einen weiteren höchst relevanten Aspekt zur Betrachtung dieser Herausforderungen hinzu: die Vernetztheit der unterschiedlichen Ziele. Zur Erfüllung der verschiedenen SDGs ist eine gesamtheitliche Sichtweise unabdingbar, eine isolierte Betrachtung oder Bearbeitung eines einzelnen Ziels führt unweigerlich zur Vernachlässigung oder negativen Beeinflussung eines anderen.

Die folgenden Kapitel zeigen exemplarisch auf, welche Herausforderungen und Defizite derzeit in der österreichischen Forschungslandschaft in den vier Themenbereichen **Wasserressourcen quantitativ, Wasserressourcen qualitativ, Aquatische Biodiversität** sowie **Ökosystemleistungen** bestehen. Auswahl und Reihung der Kapitel stellen dabei keine Gewichtung oder Priorisierung dar und erheben auch nicht den Anspruch auf inhaltlich umfassende Vollständigkeit. Eher sollen die verschiedenen Abschnitte Anknüpfungspunkte liefern, um die vorgestellten Themenbereiche aus verschiedenen Blickwinkeln zu diskutieren, zu erweitern oder gegebenenfalls zukünftig gänzlich neue Themenbereiche einzubringen.

Wasserressourcen quantitativ



Die Kerndisziplinen der quantitativen Wasserforschung sind Meteorologie, Hydrologie, Hydraulik und Wasserbau. Die quantitative Wasserforschung befasst sich mit dem Kreislauf des Wassers und den durch das Wasser transportierten gelösten oder partikulären Stoffen (z.B. Nährstoffe, Schadstoffe, Sedimente) in Oberflächengewässern, Grund- und Bodenwasser sowie in hydraulischen Strukturen (Rohre, Kanäle). Sie erforscht die räumliche und zeitliche Verteilung, die Wechselwirkungen mit der Umwelt, die wirtschaftliche Nutzung sowie den Schutz vor wasserbedingten Gefahren. Hydrologisches und hydraulisches Prozessverständnis und die Beschreibung dieser Prozesse sind fundamental, um Wasserflüsse und den Transport von Stoffen und Energie zu verstehen, vorherzusagen und somit Wasserressourcen langfristig schützen und nachhaltig nutzen zu können. Dabei spielen

Innovationen in allen wasserbaulichen Themenstellungen (von Energie bis Ökologie) eine wesentliche Rolle.

3.1 Status

Durch den globalen Wandel ändert sich der hydrologische Kreislauf. Weltweit haben extreme Wetterereignisse in den letzten Jahren zugenommen. Auch Österreich ist von Hoch- und Niedrigwasser, Sturzfluten oder Trockenphasen mit massiven Auswirkungen auf die Wasser-, Land- und Forstwirtschaft betroffen. Prognosen mit verschiedenen Klimaszenarien deuten darauf hin, dass Extremereignisse auch noch weiter zunehmen werden, sodass die Verfügbarkeit von Wasser – vor allem von sauberem Wasser – nicht zwangsläufig langfristig und überall garantiert werden kann. Diese Pro-

gnosen sind generell mit großen Unsicherheiten behaftet, da das momentane Prozessverständnis nicht ausreichend ist und Rückkopplungsprozesse unklar sind, um mit Sicherheit vorhersagen zu können, wo zukünftig mehr oder weniger Wasser zur Verfügung stehen wird. Schon jetzt ist aber offensichtlich, dass es starke räumliche und zeitliche Variabilität gibt. Von trockenen Perioden im Jahr 2019 waren vor allem Teile des Nordens und (Süd-)Ostens stark betroffen. Diese Regionen mit großen landwirtschaftlichen Flächen sind auf Wasser angewiesen, ebenso wie die touristisch wertvollen und ökologisch einzigartigen Landschaften rund um den Neusiedler See. Dabei ergeben sich aus der Vielfalt an Nutzungsansprüchen potentielle Nutzungskonflikte. Dementsprechend kann auch ein verbessertes Wasserressourcenmanagement dazu beitragen, diese Herausforderungen abzumildern. Im Bereich der Landwirtschaft wird zukünftig – neben Anpassungen der Anbausysteme – die Bewässerungswirtschaft an Bedeutung zunehmen, um negative Auswirkungen von Trockenheit auf die Produktivität abzuschwächen, was nicht nur den Osten und Süden des Landes, sondern auch große Teile der extensiven Landwirtschaft in ganz Österreich betreffen könnte.

Vergangene Jahre, wie z.B. 2019 oder 2023, waren aber auch immer wieder gekennzeichnet von sehr starken Niederschlägen in Österreich, die zu Gefahren wie Sturzfluten, Hochwässern, Erosionen, Muren oder anderen Massenbewegungen führten und massive ökologische sowie sozio-ökonomische Auswirkungen zur Folge hatten. Auch wenn sich das Verständnis für regionale Gefährdungen durch Sturzfluten und Hochwässer sowie die entsprechende Risikovor-sorge in den letzten Jahren stark verbessert haben, besteht auch hier Forschungsbedarf. Dies betrifft vor allem abflussbildende Prozesse und Prognosen für fluvial (durch

Flüsse) und pluvial (durch Niederschläge) verursachte (Hochwasser-)Ereignisse und ihre Kombinationen, das Mobilisierungspotential und den Transport von Sedimenten, morphologische Änderungen während Hochwasserereignissen (z.B. Laufverlagerungen, Seitenerosion) sowie auch die Wechselwirkung zwischen Oberflächenabflüssen und diesen Massenbewegungen. Besonders der mit dem Bodenverbrauch verbundene Verlust von Überflutungsflächen wirkt sich verschärfend auf die Entwicklung von Hochwasserereignissen flussab aus, wo sowohl die Gefahr als auch der Schaden steigt. Österreichweit fehlt hier eine wissenschaftliche Evaluierung, um auf Basis von Grenzwerten die weitergehenden Verluste zu minimieren.

Risikokarten sind für Österreich zwar verfügbar, basieren aber größtenteils auf reiner Information zum Oberflächenabfluss. Eine gekoppelte Betrachtung des Oberflächenabflusses und der Infiltrationsprozesse sowie der Oberflächen-Grundwasser-Interaktionen wäre für ein besseres Prozessverständnis von Sturzfluten, Hochwässern und Massenbewegungen entscheidend, würde aber flächige Kenntnisse zu boden- und geo-hydraulischen Eigenschaften voraussetzen. Die Risikoanalyse berücksichtigt derzeit auch kaum die Rolle von Sedimenten, die als Katalysator für wasserbedingte Gefahren wirken. Die Erosion von Böden und Flussufern führt zu einer Reduktion von fruchtbarem Boden. Erosion und Massenbewegungen gefährden ferner Eigentum und Infrastruktur und verändern zudem terrestrische und aquatische Ökosysteme. Dabei sind Gewässerverbreiterungen während Hochwasserereignissen und lokale Erosionen im Flussbett eine häufige Ursache für die Zerstörung von Häusern (mit Todesfällen), Infrastrukturbauten, den Einsturz von Brücken und für die Ablagerung von Sedimenten, die den Wasserspiegel und dadurch das Risiko von Überschwemmungen

erhöhen. Hier ist der flussmorphologische Raumbedarf ein integrativer Bestandteil künftiger Risikokarten.

Im Gebirge können die Auswirkungen des Klimawandels räumlich stark unterschiedlich sein. Mit Hilfe von hydro-klimatologischen Modellen in Kombination mit Fernerkundungsmethoden lassen sich Gletscherveränderungen, Schneehöhen und Schneeverlagerungen regional gut beschreiben. Diese Untersuchungen dienen als Basis, um großflächig jene Wassermengen zu erfassen, die zum Abfluss beitragen. Wie sich dabei verkürzte Schneeperioden, Änderungen der Niederschlagsmengen und -intensitäten sowie fortschreitende Gletscher- und Permafrostschmelze generell auf die ober- und unterirdischen Wasserspeicher im alpinen Raum, auf die Wasserkraftnutzung oder auf den Sedimenthaushalt auswirken werden, ist allerdings noch unklar, ebenso die Auswirkungen auf Hoch- und Niedrigwasser. Im Besonderen sind auch die Auswirkungen der sich ändernden Speicher- und Entwässerungsdynamik auf das sensible Ökosystem im alpinen/hochalpinen Raum hervorzuheben. Auch wenn hydro (geo-)logische Modelle das jetzige Abflussverhalten simulieren können, fehlt ein detailliertes, hydro(geo-)logisches Prozessverständnis zu den beteiligten Fließwegen und unterirdischen Speichern. Dies wäre aber zwingend notwendig, um eben räumlich und zeitlich explizit Wasserflüsse und Stofftransporte verstehen und prognostizieren zu können.

3.2 Forschung (Trends)

Zur Verbesserung des Prozessverständnisses ist Grundlagenforschung erforderlich. Viele Prozesse sind noch nicht ausreichend verstanden, mathematisch beschrieben und damit modellierbar. Selbst der Wassertransport ist häufig hydraulisch nur in verein-

fachter Form beschrieben, viele Detailprozesse sind aber nach wie vor nicht ausreichend erfasst. Weitergehende Prozesse beim Sedimenttransport, bei der Morphodynamik oder auch der Ökohydraulik ebenso wie Fließ- und Transportprozesse im Boden und Grundwasser führen zu einem ansteigenden Bedarf an Grundlagenforschung, wobei Klima- und Landnutzungsänderungen und die daraus folgenden künftigen Entwicklungen miteinzubeziehen sind. Die Gewässerentwicklung muss sowohl auf längeren Zeit- als auch größeren Raumskalen – auch über Einzugsgebiete hinaus – betrachtet werden, damit Trends verstanden und Grundlagen für ein verbessertes, überregionales Management abgeleitet werden können. Eine neue Generation von Wasser-(bau)laboren mit Versuchen auf unterschiedlichen Skalen und mit neuen Methoden kann dabei helfen, Wissenslücken zu schließen. Darüber hinaus ist die Verknüpfung von Modellversuchen mit numerischen Simulationen (hybride Modellierung) in allen Bereichen der Wasserforschung von zunehmender Bedeutung. Die Verbesserung von Monitoringsystemen führt zur Bereitstellung von Daten aus Feldmessungen, die einerseits selbst verbessertes Prozessverständnis erzeugen und andererseits auch die Modellierungen stärken.

Integrative Betrachtung von Prozessen und Funktionen sind für eine moderne quantitative Wasserforschung unumgänglich. Die Änderung der gesellschaftlichen Prioritäten und eine bessere Einsicht in Wassersysteme haben den Trend zu einem tatsächlich integrativen Ansatz in Forschung, Technik und Wassermanagement vorangetrieben. Diese integrative Vorgehensweise umfasst viele Facetten. Anstatt Wirkungsketten anhand einzelner Komponenten eines Wassersystems (z.B. Atmosphäre-Oberfläche-Untergrund, Wasser-Sediment-Biota-Strukturen, Wassermengen-Wasserqualität) separat zu untersuchen und

zu modellieren, geht die Forschung immer stärker in Richtung eines holistischen Ansatzes, der alle Komponenten auf der räumlichen Skala des Wassereinzugsgebiets integriert.

Inter- und Transdisziplinarität erlauben eine integrative Betrachtung von multifunktionalen Wassersystemen. Auch in der Wasserforschung geht der Trend zu einer inter- oder auch multidisziplinärer Herangehensweise, die nicht nur auf die Integration wasserbezogener Naturwissenschaftsdisziplinen (z.B. Hydrologie, Hydraulik, Hydrogeologie) beschränkt ist, sondern auch die Einbeziehung anderer Disziplinen berücksichtigt (z.B. Soziologie, Wirtschaft). Dieser Trend zur Interdisziplinarität wird durch die Entstehung neuer Begriffe wie zum Beispiel „Hydrometeorologie“, „Ökohydrologie“, „Soziohydrologie“, „Ökohydraulik“ oder einer sozio-ökohydrologischen Betrachtungsweise veranschaulicht. Weiters geht die Entwicklung auch in Richtung Multifunktionalität. Heutzutage wird die quantitative Wasserforschung von der Notwendigkeit angetrieben, mehrere Ziele

miteinander in Einklang zu bringen: Gefahreminderung (z.B. Überschwemmungen, Dürren, Umweltverschmutzungen, Erosion) mit der Aufrechterhaltung von Ökosystemleistungen (z.B. Wasserrückhalt, Wasserverfügbarkeit, Wasser-Selbstreinigungskraft, Bereitstellung Wasserkraft).

In Bezug auf **ökologische Ziele und um Mehrzweckansätze** umsetzen zu können, gibt es derzeit einen starken **Trend in Richtung „Natur-basierte Lösungen“** („*nature-based solutions*“; NbS). Anstatt weitreichender, technischer Eingriffe in die Natur werden Natur-basierte Lösungen eingesetzt, die kosteneffizient sind und sich positiv auf die Verfügbarkeit und die Qualität von Wasser sowie auf andere ökologische Funktionen und Ökosystemleistungen auswirken. Insbesondere in vom Menschen (stark) genutzten Räumen, wie z.B. in urbanen Gebieten, stellen NbS eine Möglichkeit dar, um Nutzungsansprüche der Gesellschaft und ökologische Funktionsfähigkeit effizienter in Einklang zu bringen. Jedenfalls zielen NbS darauf ab, Natur und Biodiversität zu unterstützen. In Österreich hat sich der



Schwerpunkt von der Planung und dem Bau neuer Anlagen im Wassersystem auf die Optimierung und Wartung bestehender Systeme sowie auf die Abschwächung von nachteiligen Auswirkungen verlagert. Die gesellschaftliche Relevanz eines integrierten Ansatzes wird in politischen Rahmenbedingungen wie der EU-WRRRL und den UN-Zielen für nachhaltige Entwicklung hervor gehoben.

Die Kombination aus neuen methodischen Ansätzen und innovativen Messtechnologien verbessert das Prozessverständnis. Aufgrund neuer Messtechnologien lassen sich immer mehr Daten zu hydrologischen und hydraulischen Prozessen zeitlich und räumlich hochaufgelöst erheben („Big Data Offensive“). Das beinhaltet hydrometrische Messungen, Fernerkundungsdaten, in-situ Messungen physikalischer Variablen, sowie chemischer und biologischer Wasserinhaltsstoffe, Sedimenttransport, Partikelmessungen und vieles mehr. Zusätzlich schaffen Methoden der Künstlichen Intelligenz neue Möglichkeiten für Datenanalysen. Diese neuen Techniken sind die Basis für ein größeres Prozessverständnis und entscheidend, um kurz- und langfristige Veränderungen erfassen und näher untersuchen zu können. Die Entwicklung in der Modellierung geht dabei von rein empirisch-statistischen mehr zu prozessbasierten Modellen. Dabei werden vermehrt große Datenmengen mit Hilfe von Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) ausgewertet, um kausale Zusammenhänge besser zu verstehen. Ein anderer Trend in vielen Bereichen der Wasserwirtschaft zeigt – angetrieben durch die Digitalisierung – in Richtung Realzeitsimulationen, um zum Beispiel bedarfsgerecht zu düngen oder zu bewässern oder Frühwarnsysteme für Extremereignisse zu entwickeln. Um zuverlässige Prognosen abzugeben und wissenschaftlich fundierte Entscheidungsgrundlagen zu generieren, gewinnt auch die Be-

rücksichtigung von Unsicherheiten in der Datenerhebung und in der Modellierung immer mehr an Bedeutung.

3.3 Defizite & Herausforderungen

Um die zukünftigen Herausforderungen im Bereich der Wasserwirtschaft zu bewältigen, braucht es ein detailliertes Prozess- und Systemverständnis. Nur so lassen sich komplexe Wirkungszusammenhänge in der quantitativen Wasserforschung erkennen und Handlungsoptionen für ein nachhaltiges Wassermanagement ableiten. Dabei sind eine ganzheitliche Betrachtung, die Erfassung von kurzfristigen und langfristigen Veränderungen sowie die Berücksichtigung von Dynamiken und Rückkopplungsprozessen wichtig. Der für ein detailliertes Prozess- und Systemverständnis erforderliche Erkenntnisgewinn benötigt verbessertes theoretisches Wissen sowie Ergebnisse aus (großmaßstäblichen) Modellversuchen, Naturmessungen und numerischen Simulationen, um daraus mathematische Beschreibungen abzuleiten, die dann Simulationen durch Modelle ermöglichen. Modelle müssen dabei Prozesse und ihre Unsicherheiten abbilden, sodass die Ergebnisse als wissenschaftlich-fundierte Grundlage dienen können, um Entscheidungsoptionen auszuarbeiten, in denen die Nutzung von Wasserressourcen durch verschiedene Interessensgruppen mitberücksichtigt werden.

Wichtige zukünftige Forschungsthemen müssen sich mit den ökologischen und ökonomischen Auswirkungen von gleichzeitig auftretenden Hitzewellen und Sturzfluten befassen. Des Weiteren ist unklar, wie sich Extremereignisse kurz- und langfristig auf den Stofftransport sowie auf den Boden- und Grundwasserspeicher auswirken. Generell müssen gerade in Bezug auf Extreme auch das hydrologische Verhalten sehr unterschiedlicher Systeme sowie

die jeweiligen Wirkungsweisen detailliert und separat untersucht werden (urbaner vs. ländlicher Raum; Gebirge vs. Flachland; oberirdische vs. unterirdische Wasserressourcen). Lösungen müssen gefunden werden, um Gefahren ausgehend von Wasser- und Stofffrachten zu minimieren. Dazu müssen auch potentielle Nutzungskonflikte in Regionen mit Wasserknappheit näher untersucht werden, um langfristige Lösungen für Wasserrückhalt und Wassernutzung auf regionaler Ebene zu ermöglichen. Themen zur bedarfsorientierten Bewässerung werden in diesen Regionen wichtiger werden, ebenso wie die Wiederverwertung („water reuse“) von Wasser im ländlichen Raum zur Bewässerung und im städtischen Raum zur Reduzierung des Wärmeinseleffekts („Sponge-City“).

Integraler Wasserbau entwickelt innovative und nachhaltige Lösungen. Während in der Vergangenheit der Wasserbau primär sektorale Lösungen entwickelt hat, die vom Siedlungswasserbau, Hochwasserschutz bis zur Wasserkraft reichen, ist künftig nur ein integrativer Ansatz zielführend. Im Idealfall werden Maßnahmen entwickelt, die allen drei Zielen – Wasser nutzen, Gewässer schützen und vor dem Wasser schützen – dienen. Dazu bedarf es der Forcierung des integrativen Wasserbaus, der innovative Ansätze in Kooperation mit den Sektoren und Fachdisziplinen Wasserkraft, Siedlungswasserbau, Hochwasserrisikomanagement, Management von Dürren, Schifffahrt und Ökologie erforscht. Ohne die Berücksichtigung von z.B. ökologischen Zielsetzungen sind wasserbauliche Maßnahmen

nicht akzeptabel und umsetzbar. Das erfordert ein verbessertes Prozessverständnis, angepasste Modellierungsansätze und bessere Datengrundlagen aus der Natur. Weiters ist eine Verstärkung des Wissens um sozio-ökonomische Zusammenhänge erforderlich, um einerseits Maßnahmen zu optimieren, andererseits aber auch die gesellschaftlichen Ansprüche und deren Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft kritisch zu reflektieren und zu kommunizieren.

Quantitative Wasserforschung würde stark von einem verbesserten Monitoring in vielen Bereichen profitieren. Dies beinhaltet die Entwicklung und Implementierung neuer Techniken und Sensoren (z.B. Fernerkundung, in-situ Messungen) sowie innovative Datenübertragungstechniken (Internet der Dinge). Des Weiteren inkludiert dies auch eine Erweiterung der betreffenden physikalischen und chemischen Variablen (nicht nur hydrometrische Daten, sondern auch Sediment- und Stofffrachten, Verunreinigungen, usw.) und der Vielzahl von beprobten Wasserkompartimenten (nicht nur Oberflächengewässer, sondern auch die ungesättigte und gesättigte Zone des Wasserkörpers). Schließlich sollte sich die Überwachung von punktuellen Beobachtungen und Konzepten (Wasser- und Sedimentfluss in einem bestimmten Abschnitt entlang eines Flusses, Konnektivität an einer Hydraulikstruktur usw.) zu räumlich verteilten Beobachtungen und Konzepten weiterentwickeln (Wasser- und Sedimentwege im Einzugsgebiet, Feststoffbilanzen, longitudinale und laterale Konnektivität, Fragmentierung des Lebensraums usw.).

Wasserressourcen qualitativ

Die Kriterien für die Definition von Wasserqualität sind immer eng mit der Nutzung der entsprechenden Wasserressource verbunden. Die Ableitung der Qualitätskriterien orientiert sich dabei an den Anforderungen an das Schutzgut und beruht – wieder in Abhängigkeit von der Nutzung – im Wesentlichen auf ökologischen, toxikologischen und hygienischen Betrachtungen. Im Folgenden werden insbesondere die immissionsseitigen Aspekte der Wasserqualität betrachtet. Der Schwerpunkt der qualitativen Bewertungskriterien für Oberflächengewässer und Grundwässer lag auch in Österreich lange Zeit bei den Auswirkungen und Belastungen, die auf Makronährstoffe (C/N/P, d.h. Nährstoffbelastungen) sowie zentrale abiotische Faktoren (T, pH, O₂, Cl, etc.) zurückzuführen sind. Die Rahmenbedingungen dafür sind etwa in der „Qualitätszielverordnung Ökologie“ sowie den einschlägigen Emissionsverordnungen festge-

schrieben. Mit der Umsetzung der WRRL wurde darüber hinaus anhand zahlreicher Parameter in der „Qualitätszielverordnung (QZV) Chemie“ ein guter chemischer Zustand festgelegt, der – im Gegensatz zu den Parametern und Kriterien der „Qualitätszielverordnung Ökologie“ – auf toxikologisch abgeleiteten Kriterien beruht. Hier werden Parameter erfasst, die sowohl eine direkt wirkende, akute Toxizität als auch eine sich über die Lebensspanne aquatischer Organismen langsam ausprägende, chronische Toxizität aufweisen. Dabei handelt es sich sowohl um natürlich vorkommende, aber auch anthropogen eingetragene anorganische Substanzen (z.B. Ammonium, Nitrit oder Schwermetalle) oder um organische Verbindungen mit negativer Wirkung auf Wasserorganismen. Mit diesem toxikologischen Konzept gilt nun auch für natürliche Wasserressourcen ein Ansatz, der für die Bewertung von Trinkwasser bereits

traditionell – wenn hier auch der Mensch als Schutzgut im Zentrum steht – angewandt wird.

4.1 Status

Die Beurteilung von Wasserqualität hängt immer von den betrachteten Kriterien sowie den angewandten Methoden ab. Beide müssen aufeinander abgestimmt sein, um eine umfassende Beurteilung von potenziellen Einflüssen zu ermöglichen, wie sie etwa durch direkte oder diffuse Einleitungen menschlich genutzter Wasserressourcen entstehen. Die wasserrechtliche Bewilligungspraxis zur Nutzung natürlicher Wasserressourcen, die Rückführung genutzter Wasserressourcen sowie die Qualitätskriterien für eine weitere Nutzung im Sinne der oben genannten Aspekte, müssen einen stimmigen und holistischen Ansatz ergeben, dessen Konkretisierung jedoch einem dynamischen Prozess unterliegt, der von den dominanten Stressoren im System anhängt.

In Bezug auf Makronährstoffe weist die Wasserqualität heute österreichweit einen

guten Zustand auf (mit wenigen vereinzelt Ausnahmen). Dabei weisen landwirtschaftlich geprägte Einzugsgebiete noch Handlungsbedarf auf. Mit zunehmendem Erfolg der Schutzmaßnahmen und Verbesserung der Wasserqualität wurden jedoch weitere Faktoren identifiziert, die zu einer Beeinträchtigung der Wasser- bzw. Gewässergüte führten. Immissionschemisch gesehen verschob sich der Fokus von akuten, direkt beobachtbaren Auswirkungen zunehmend hin zur Betrachtung chronischer Langzeitauswirkungen. Es ist jedoch festzuhalten, dass die akuten, saprobiellen und trophischen Kriterien immer eine zentrale Grundvoraussetzung für die Wasserqualität bilden werden.

Die traditionelle Definition von Wasserqualität kann den komplexen Auswirkungen neuer Stoffe nicht mehr Rechnung tragen. Seit der Erstellung und ersten Umsetzung der WRRL 2003 veränderte sich die Nutzung von Chemikalien in unserer Gesellschaft, was sich auch deutlich in einem zunehmenden Nutzungsdruck auf die Wasserressourcen widerspiegelt. Durch Einführung neuer medizinischer und kosmetischer



Produkte, zusätzlicher Haushaltschemikalien oder der industriellen Produktion kommt es auch in Österreich zu einer deutlichen Zunahme der eingebrachten „Contaminants of Emerging Concern“ (CECs), nicht nur in quantitativer Hinsicht, sondern auch durch „neue“ Verbindungen. Die Zunahme der in Umlauf gebrachten, neuen chemischen Verbindungen wird eindrucksvoll durch die Registrierungen in der weltweiten Chemikaliendatenbank der [American Chemical Society](#) dokumentiert: Waren es 1990 etwa 10.000.000 erfasste chemische Substanzen, so sind es im Jahr 2020 15 Mal so viele (also über 150.000.000). Auch wenn nicht alle diese Verbindungen für Gewässer relevant sind, so belegen die Zahlen doch, dass sowohl die Gesellschaft als auch die Ökosysteme heute einer wesentlich veränderten chemischen Umwelt ausgesetzt sind.

Die QZV Chemie und die Emissionsverordnungen werden deshalb im Rahmen der WRRL-Revisionszyklen kontinuierlich nachgeschärft. Dies betrifft insbesondere die unter dem Begriff CECs (Contaminants of Emerging Concern) zusammengefassten Stoffklassen. Diese umfassen Substanzen, die bereits in der Vergangenheit in der aquatischen Umwelt vorgekommen sein können, bei denen jedoch erst jüngst potenziell negative Auswirkungen auf die Umwelt und/oder den Menschen identifiziert wurden. Die Bezeichnung CEC beinhaltet nicht nur Chemikalien, sondern auch Mikroorganismen, Antibiotikaresistenzen und Partikel (wie Nanopartikel und Mikroplastik). Diese Substanzen finden in der derzeitigen Bewertung der Wasserqualität vermehrt Berücksichtigung. Auch im Zuge der Überarbeitung der Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (UWWTD - Urban Wastewater Treatment Directive 91/271/EEC) auf EU-Ebene werden die organischen Spurenstoffe als Qualitätskriterien implementiert. Aktuell wird

die Substanzgruppe der Per- und Polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) in allen Kompartimenten des urbanen Wasserkreislaufs intensiv untersucht. Aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften stellen sie einerseits zentrale Chemikalien mit vielfältiger Nutzung in allen Bereichen der Gesellschaft dar, weisen jedoch auf der anderen Seite ein toxikologisches Potential auf und können sowohl natürlich als auch technisch nur sehr schwer abgebaut bzw. entfernt werden.

4.2 Forschung (Trends)

Die Beschäftigung mit CECs umfasst heute drei zentrale Bereiche: organische Spurenstoffe, Mikroplastik und Antibiotikaresistenzen. Dabei beschäftigt sich die Forschung auf breiter interdisziplinärer Ebene intensiv mit Fragestellungen über die damit verbundenen potenziellen und realen Gefahren, geeignete Risikobewertungsansätze und in weiterer Folge mit Risikomanagement-Maßnahmen sowie den dafür benötigten methodischen Grundlagen. Die Schwerpunkte in der Thematik fokussieren auf die Schaffung geeigneter verwaltungstechnischer Rahmenbedingungen sowie anerkannter Herangehensweisen für die Bewertung des Auftretens von gemessenen Stoffkonzentrationen in den verschiedenen Wassertypen (Trink- und Abwasser sowie Oberflächen- und Grundwasser). Weitere Hauptaugenmerke liegen in der Umsetzung neuartiger Analyseverfahren mit Schwerpunkt auf Automatisierung und in konkreten Überlegungen zur Einbeziehung von toxikologischen Wirktests mit definierten Endpunkten in Bewertung und Zielvorgaben. Daraus ergeben sich Möglichkeiten zu großtechnischen Implementierungen von Verfahren für die weitergehende Abwasserreinigung, die zukünftig auch Antibiotikaresistenzen und Mikroplastik berücksichtigen muss.

Ansätze für eine systematische Identifizierung von bis dato regulativ unberücksichtigten CEC-Stressoren werden in Österreich gegenwärtig untersucht. Das inkludiert die Identifikation möglicher zukünftiger Anforderungen an die Siedlungswasserwirtschaft (Abwassersammlung, Abwasserableitung und Abwasserreinigung) aufgrund stofflicher und mikrobiologischer Belastungen.

Im Themenbereich organische Spurenstoffe liegt der Fokus der wissenschaftlichen Forschung auf den Aspekten der Non-Target Analytik, der effektbasierten Biotests und der weitergehenden Abwasserreinigung. Auf Grund des kontinuierlich zunehmenden Einsatzes unterschiedlicher Chemikalien sowie der Metabolisierung bekannter Verbindungen, kann die stoffspezifische Target-Analytik, mit der Einzelstoffe nachgewiesen werden, kein umfassendes Bild der vorhandenen Stoffe mehr liefern. Aus diesem Grund wird vermehrt der Einsatz von Non-Target Analytik untersucht, die mittels biostatistischer Verfahren und dem Abgleich mit chemischen Fragmentdatenbanken ein umfassenderes Bild der Immissionen liefern kann. Effektbasierte Biotests zielen darauf ab, die Auswirkungen von Substanzgemischen zu charakterisieren. Dabei werden all jene Substanzen gemeinsam erfasst, die eine ähnliche Wirkung im verwendeten Testsystem aufweisen. Die eingesetzten Endpunkte umfassen das gesamte Spektrum der toxikologischen Wirkkaskade, von der Ebene der Genregulation bis zu komplexen integrierenden Endpunkten (z.B. eine Photosynthesehemmung). Ein wesentlicher Aspekt ist die Festlegung von effektbasierten „Triggerwerten“ (EBT), welche als Zielwerte für eine Bewertung der Immissionsqualität dienen. Die weitergehende Abwasserreinigung soll schließlich die Entfernung der eingetragenen Spurenstoffe sicherstellen. Dabei stehen beson-

ders Mikroplastik und Antibiotikaresistenzen im Blickfeld.

Durch die sogenannte „Abwasser-Epidemiologie“ können aus Abwasser durch geeignete Analysen vielfältige epidemiologische Informationen zur Bevölkerung gewonnen werden. In den kommunalen Abwässern sammelt sich das menschlich genutzte Wasser, welches alle Ausscheidungen – und damit auch die organischen und biologischen Komponenten der Einwohner – im Kanaleinzugsgebiet integriert. Der Ansatz kommt für Untersuchungen zu Drogenkonsum oder zur Verbreitung spezieller Krankheitsbilder sowie für Parameter der Abwasserhygiene (z.B. Polio) zum Einsatz. Im Rahmen der SARS-CoV-2 Pandemie unterstützte die Methodik das Epidemie-Management, indem sie Informationen zum Nachweis von auftretenden Varianten sowie deren zeitliche und quantitative Entwicklung lieferte.

Mikroplastik ist auch ein relevantes Thema für die Wasserqualität. Dabei liegt auch hier die zentrale Herausforderung in der Analytik. Zunächst wird ein Nachweisverfahren benötigt, um das Vorhandensein, die Identität und die Menge an Mikroplastik zu bestimmen. Eine Reihe von Faktoren kann die Repräsentativität dieser Daten beeinflussen, darunter räumliche und zeitliche Variabilität, Partikelarten, verschiedene Methoden der Probenahme, Größenauswahl, Extraktionsmethoden, Charakterisierung oder Berichtseinheiten. Anschließend muss die Frage der Umweltrelevanz und vor allem der Toxikokinetik von Mikroplastik beantwortet werden. Diese ist nach wie vor weitestgehend unbekannt. Neben der mechanischen Bedeutung der Partikel sind auch die Wirkungen der chemischen Bestandteile von Mikroplastikpartikeln zu betrachten. Schlussendlich besteht durch die gesellschaftspolitische Brisanz des Themas Mikroplastik ein verstärkter Druck nach der

Definition von Grenzwerten. Dies ist angesichts fehlender einheitlicher Analysemethoden und dem Fehlen toxikologischer Grundlagen grundsätzlich problematisch. Da trotz dieser Defizite regulatorische Maßnahmen zur Minimierung von Mikroplastik (auch) in der aquatischen Umwelt gefordert werden, müssen alternative und innovative Bewertungsmechanismen erarbeitet werden, die dennoch den allgemein gültigen Kriterien eines Risikomanagements genügen.

Antibiotikaresistenz ist ein wachsendes Problem von globalem Ausmaß, welches zu großen Teilen immer noch unverstanden ist. Eine Korrelation zwischen dem Antibiotika-Einsatz und dem Aufkommen von Resistenzen in Kliniken wurde bereits weltweit gezeigt. Der Transfer von Resistenzen aus humanrelevanten Bakterien auf Umweltbakterien, die Persistenz in aquatischen Ökosystemen und die Selektionsmechanismen unter natürlichen Umweltbedingungen sind hingegen noch weitestgehend unbekannt. Dementsprechend hat sich auch im Bereich der Antibiotikaresistenzen die Forschung von einem rein deskriptiven Ansatz, über das Vorhandensein von resistenten Keimen und Resistenzgenen, hin zu Fra-

gestellungen eines Systemverständnisses entwickelt, das helfen soll, im Sinne eines „One Health“-Ansatzes auch im human- und veterinärmedizinischen Bereich die Problematik zu entschärfen.

Umwelt-DNA (eDNA) ist ein vielversprechender neuer Ansatz zur Untersuchung wasserbezogener Ökosysteme. Wie noch im Kapitel 5 (Aquatische Biodiversität) dargelegt wird, hat sich der Einsatz von eDNA beziehungsweise von Meta-Barcoding-Analytik zur Bewertung von Wasser- und Gewässergüte in den letzten Jahren stetig weiterentwickelt. Dabei werden DNA-Fragmente, die in einer Umwelt-, Sediment-, oder Sammelprobe von Organismen vorkommen, durch geeignete molekularbiologische Methoden analysiert. Die Anwendung dieses Verfahrens unterliegt auf Grund ihrer Universalität kaum Einschränkungen. Besondere Stärken der eDNA-Analytik liegen beispielsweise in der Detektion und dem flächendeckenden Nachweis von pathogenen Mikroorganismen (wie zum Beispiel fäkalbürtiger Mikroben, die durch Verklappung von Schwarzwässern oder übermäßige Düngung eingebracht werden).

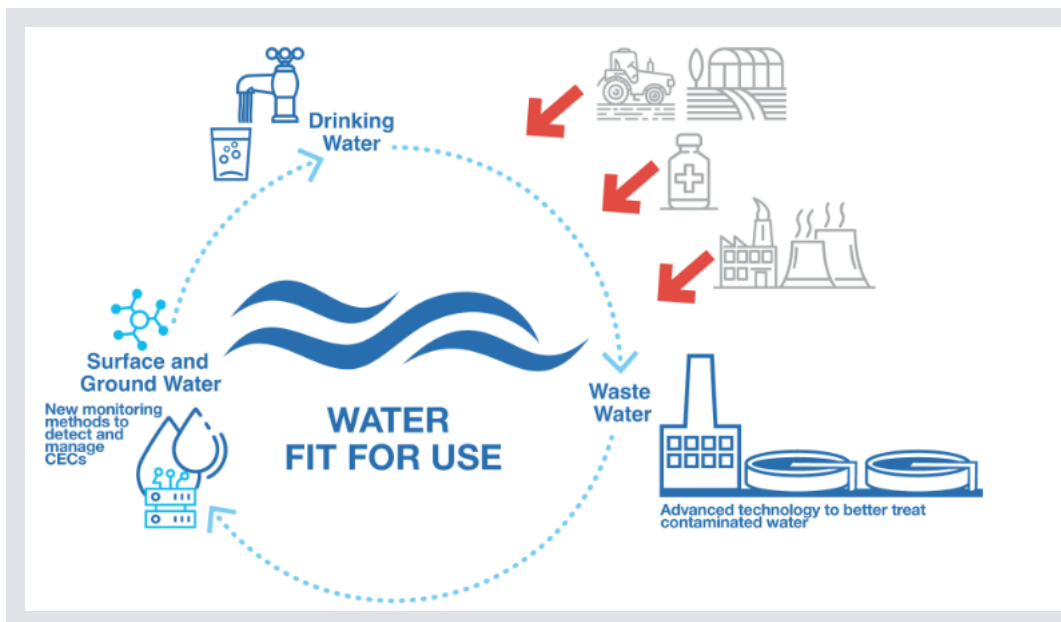


Abbildung 4.1: Wasserqualität, urbaner Wasserkreislauf, Kreislaufschließung und neue Herausforderungen, © JPI

4.3 Defizite & Herausforderungen

Die neuen Herausforderungen im Bereich der Wasserqualität bedürfen einer Berücksichtigung im regulatorischen Rahmen.

Angesichts der Intensivierung des Wasserkreislaufs, des zunehmenden Nutzungsdrucks auf Wasserressourcen, des Zuwachses in der Verwendung organischer Substanzen, die im Zuge ihrer Nutzung in den Kreislauf der urbanen Wassernutzung – und damit auch in die aquatische Umwelt – eingetragen werden, sowie der Themenfelder Mikroplastik und Antibiotikaresistenzen, liegen die zentralen Herausforderungen darin, die bestehenden regulatorischen Rahmenbedingungen an das heutige Belastungsbild anzupassen und die damit verbundenen Risiken abzudecken (Abbildung 4.1). Ein weiterer relevanter Aspekt dabei ist die (Wieder)verwendung von Abwasser (teil)strömen, da nicht alle Wassernutzungen Trinkwasserqualität erfordern.

Die Wiederverwendung von Abwässern bzw. Abwasserteilströmen kann einen wichtigen Beitrag zum nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser leisten. Neben der Bedeutung für die aquatische Umwelt als natürlichen Lebensraum kondensieren sich viele der Fragestellungen betreffend CECs im urbanen Wasserkreislauf auf die Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser. Angetrieben durch faktischen Wassermangel in einem Drittel der EU-Mitgliedsstaaten, aber auch durch die Umsetzung strategischer Ziele – wie einer Kreislaufwirtschaft oder der Minimierung eines Ver-/Gebrauchs von natürlichen Ressourcen – stellt die Thematik der Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser für verschiedenste Zwecke ein umfangreiches

und komplexes Thema dar. Dabei steht speziell die Verwendung für landwirtschaftliche Bewässerungen im Mittelpunkt. Es sollen EU-einheitliche Qualitätsstandards gesetzt werden, die verhindern, dass unterschiedliche länderspezifische Anforderungen an die Abwasserwiederverwendung zu verschiedenen Risiken für Konsumenten in anderen Ländern führen. Die Frage einer sicheren Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser zur Bewässerung von Naturräumen, Park- und Freizeitanlagen, in der Landwirtschaft sowie zur Anreicherung natürlicher Wasserressourcen in der Umwelt, ist nicht nur für die Bedarfsdeckung selbst von hoher Bedeutung, sondern stellt auch für die europäische Wirtschaft – und damit auch für Österreichs Industrie, Planer und Ausrüster – ein zukünftiges Betätigungsfeld dar.

Die Forschung zu neuen Verunreinigungen (CECs) bringt weitere wissenschaftliche Inhalte und Fragestellungen mit sich, die interdisziplinär behandelt werden müssen. Neben den oben erwähnten Trends in der wissenschaftlichen Forschung zum Thema Wasserqualität, sind für eine detaillierte Erfassung der Thematik auch die Bearbeitung von ergänzenden Aspekten unumgänglich. Dazu gehören Monitoringansätze und neue Sensorik, Stoffströme und Management von CECs, Einführung und Umsetzung neuer Bewertungskriterien, Entwicklung und Implementierung neuer Technologien sowie die Erhöhung des Systemverständnisses zur Bedeutung und Verhalten von CECs im Wasser. Nur durch einen breiten, interdisziplinären Ansatz können diese Aspekte zum Thema Wasserqualität gelöst werden.

Aquatische Biodiversität



Die Biodiversitätsforschung befasst sich mit der Vielfalt des Lebens und den Interaktionen zwischen Lebensformen und ihrer Umwelt. Ihre Kernaufgabe umfasst die Beschreibung der Biodiversität auf ökologischer, morphologisch-anatomischer und molekularer Basis. Daten, die so gewonnen werden, fließen in die Planung von Schutzmaßnahmen ein und sind im Rahmen verschiedener nationaler und gesamteuropäischer Gesetzeswerke von Bedeutung für den Erhalt der Biodiversität (z.B. WRRL, FFH Richtlinie etc.). Außerdem stellen Biodiversitätsdaten die Grundlage für die Bewertung von Veränderungen der Lebensräume infolge von Landnutzung oder Klimawandel dar, besonders wenn auf lange Zeitreihen zurückgegriffen werden kann. Gleichmaßen werden verschiedene Ökosystemleistungen (siehe Kapitel 6) von Lebewesen erbracht, weshalb die Biodiversität – beispielsweise durch ihre wasserreinigen-

de oder klimaregulierende Funktion – eine große Bedeutung für die menschliche Gesellschaft hat.

5.1 Status

Die Biodiversität Österreichs ist vielfältig, aber nicht vollständig bekannt und nimmt mit hoher Wahrscheinlichkeit beständig ab. In Österreich sind ca. 16.000 Arten aus aquatischen Ökosystemen bekannt. Knapp ein Viertel der 54.100 Tierarten Österreichs ist somit zumindest einmal während des Lebenszyklus an das Wasser oder an den aquatischen Lebensraum gebunden. Wasserpflanzen umfassen mindestens 200 Arten und zumindest 2.000 photoautotrophe Organismen ohne höhere Organisation (Algen) besiedeln österreichische Stillgewässer, sowie weitere 200 Algenarten die heimischen Fließgewässer. Jedes Jahr werden in

Österreich neue Arten entdeckt, auch aus Gewässerlebensräumen. Insgesamt sind – von globalen Schätzungen ausgehend – wahrscheinlich über 100.000 Arten in den österreichischen Gewässern zu erwarten. Diese Artenvielfalt wird derzeit – laut **Living Planet Index** – weltweit in bisher nie da gewesener Geschwindigkeit vernichtet. Die aquatische Biodiversität ist durch ihren räumlich eingeschränkten Lebensraum besonders betroffen. Trotz Neubeschreibungen von Arten, reduziert sich die Anzahl der in Gewässer lebenden Organismen auch in Österreich stetig. Eindeutiges Indiz dafür ist der Gefährdungsstatus bei gut erforschten Organismengruppen (wie z.B. den Libellen, Abbildung 5.1).

Österreichweit sind mindestens 15.000 Insektenarten von Bestandsverlusten betroffen – Artverluste bei besonders empfindlichen aquatischen Gruppen wie den Libellen sind Zeugnis dieses dramatischen Umstandes. Auf globaler Ebene sind mindestens 40% aller Amphibienarten vom Aussterben bedroht, jede der ca. 20 in Österreich vorkommenden Amphibienarten ist mehr oder minder stark gefährdet. Die ein-

heimische Fischfauna ist zu mehr als 75% als gefährdet eingestuft und 7 Arten gelten zumindest als regional ausgestorben.

Ein Großteil der Biodiversität geht verloren, ohne wissenschaftlich bearbeitet worden zu sein. Die Prozesse, die dem Biodiversitätsverlust zugrunde liegen, sind momentan überwiegend menschlichen Ursprungs (inklusive Klimawandel). Zahllose Arten sind seit Mitte des 18. Jahrhunderts ausgestorben und in den kommenden Jahren und Jahrzehnten wird mehr als die Hälfte der bekannten Arten vom Aussterben bedroht sein (laut IPBES mehr als eine Million; IPBES 2019). Dieser massive Verlust an Biodiversität wird bereits jetzt als „6. Globales Massensterben“ bezeichnet. Der dramatische und anhaltende Rückgang von Populationen (in Anzahl und Größe) tausender Tier- und Pflanzenarten ist Zeichen dieses Massensterbens. Beispiele aus europäischen Binnengewässern zeigen dies klar: das Tobias-Wassergeistchen (*Hydropsyche tobiasi*), eine im Gewässer lebende Köcherfliege, ist um 1940 durch die Verschmutzung des Rheins ausgestorben. Der Hausen (*Huso huso*) und weitere Störarten der Donau sind

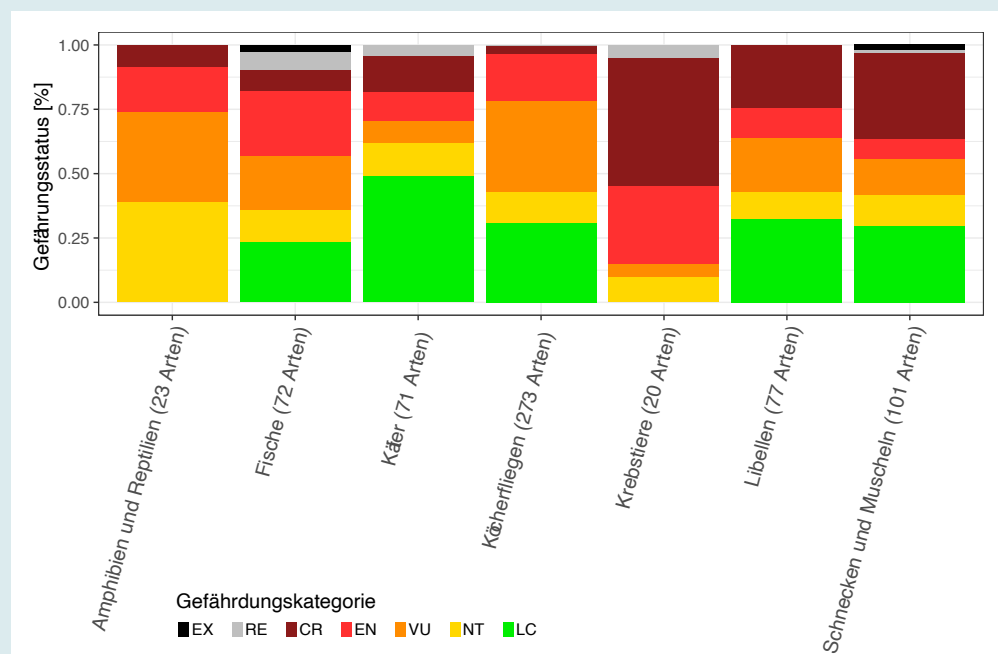


Abbildung 5.1: Die Roten Listen der gefährdeten Tier- und Pflanzenwelt Österreichs geben Auskunft über den Status der Biodiversität anhand ausgewählter Organismengruppen.

aus ihrem ursprünglichen Verbreitungsgebiet weitgehend verschwunden und Populationen werden teilweise nur durch Besatz erhalten. Das Aussterben schreitet unmerklich fort, weil es als verzögerte Reaktion auf eine Vernichtung einzelner lokaler Populationen passiert, bis schließlich die Gesamtpopulation zu sehr geschrumpft ist, um die Art zu erhalten. Frühe Vorhaben wie die ZOBODAT und neuere Initiativen wie das Netzwerk Biodiversität Österreich oder der Biodiversitätsatlas Österreich zielen darauf ab, die Biodiversität in Österreich sichtbar zu machen.

5.2 Forschung (Trends)

Biodiversitätsforschung entwickelt sich durch neue Methoden kontinuierlich weiter. Integrative Biodiversitätsforschung vereint Methoden zur besseren Erforschung der Vielfalt des Lebens. Molekulargenetische und chemische Analyseverfahren sowie digitale Mess- und Analysetechniken ermöglichen heutzutage eine „feinere“ Differenzierung. Entsprechend haben sich in der Biodiversitätsforschung in jüngster Zeit vier Forschungstrends herauskristallisiert: (1) die integrative Biodiversitätsforschung, (2) die Erfassung der molekularen Biodiversität, (3) die Erhebung von Biodiversität auf Basis von Umweltproben (eDNA) und (4) die Erforschung von Biodiversität und Ökosystemfunktionen. Die integrative Biodiversitätsforschung nutzt Daten, die mittels verschiedener Methoden gewonnen werden (z.B. komparative morphologische Analysen, molekulargenetische Analysen, chemische Analysen), zur Beschreibung der biologischen Vielfalt. Allerdings wird die integrative Biodiversitätsforschung bislang nur in einer begrenzten Anzahl von taxonomischen Gruppen angewandt. Eine systematische Ausweitung zur vollständigen Erfassung der in Österreich beheimateten Lebensformen steht noch aus.

Ein weiterer, aufstrebender Bereich, der von besonderem Interesse ist, ist die automatisierte Erfassung von Biodiversität durch moderne bildgebende Verfahren und Imaging-Technologie auf Basis Künstlicher Intelligenz. Derartige Verfahren werden in Österreich allerdings bislang nicht angewendet, haben aber in Kombination mit der hohen in Österreich verfügbaren taxonomischen Expertise, ein großes Potenzial, wichtige Erkenntnisse zu liefern.

Molekulare Biodiversitätsforschung auf Basis von Umweltproben erfasst und beschreibt die genetische Vielfalt einzelner Arten und schon Bestände sensibler Arten. Die Erfassung der molekularen Biodiversität in Österreich, auch unter Berücksichtigung der aquatischen Lebensräume, wird im Wesentlichen durch die nationale Initiative „Austrian Barcode of Life“ (ABOL) vorangetrieben. Dieses Projekt zur Schaffung einer Referenz- und Vergleichsdatenbank hat bereits in sehr kurzer Zeit zu einer guten Abdeckung der österreichischen Biodiversität geführt. Beispielsweise sind etwa 3.400 Arten der „Fauna Aquatica Austriaca“ – dem Referenzkatalog für wirbellose wasserlebende Organismen – derzeit bereits 65,8% mit Sequenzdaten in ABOL hinterlegt. Um jedoch eine vollständige Erfassung der aquatischen Biodiversität – besonders jener Artengruppen, die routinemäßig zur Gewässergütebewertung herangezogen werden – zu erreichen, bedarf es weiterer umfangreicher Anstrengungen.

Die Erhebung von Biodiversität auf Basis von Umweltproben basiert auf dem Umstand, dass Erbgut in sämtlichen Lebensräumen als Umwelt-DNA (eDNA) zu finden ist. Sensible molekulargenetische, analytische Methoden ermöglichen es Lebewesen nachzuweisen, ohne sie fangen bzw. töten zu müssen. In Binnengewässern können so besonders gefährdete Arten sowie äußerst versteckt lebende Arten (vor allem Fische

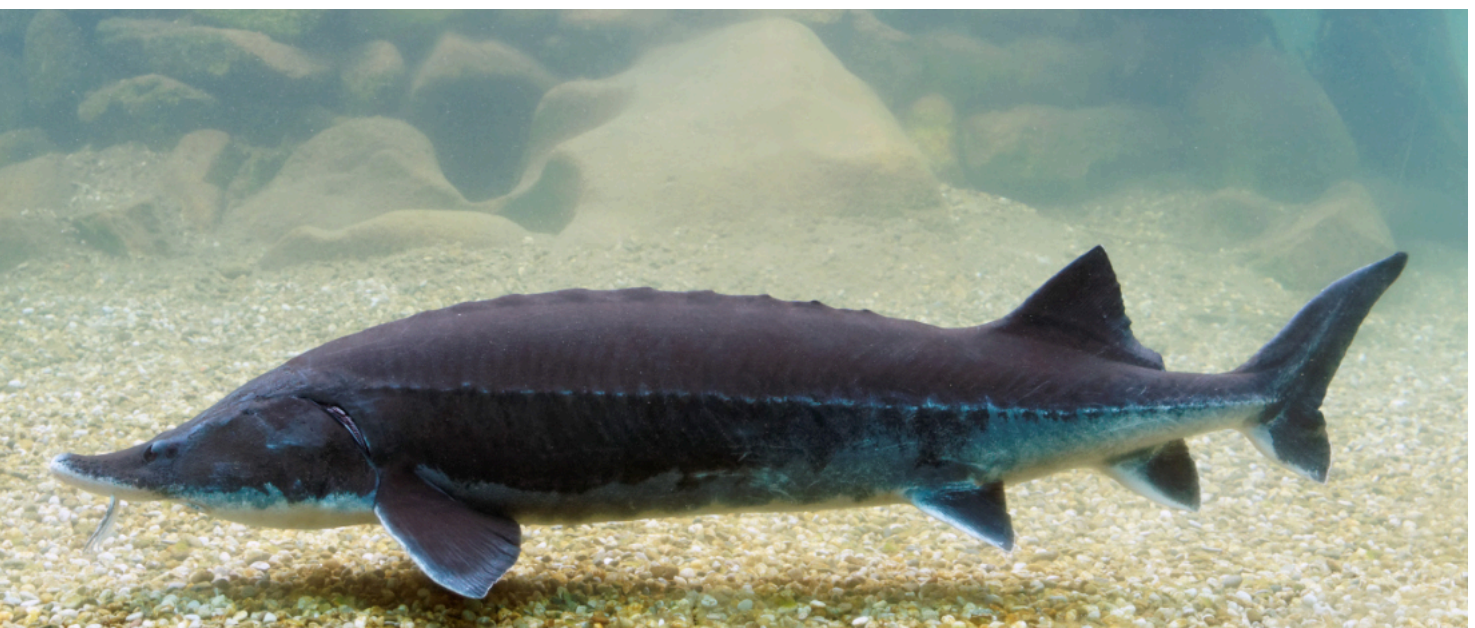
und Amphibien) nachgewiesen werden, ohne invasive Probenahmen durchführen zu müssen. Die Möglichkeiten dieser Methode hängen allerdings stark von den verfügbaren Referenzdatenbanken wie ABOL ab. In Österreich ist eine methodische Expertise auf weltweitem Spitzenniveau vorhanden (u.a. an den Universitäten Innsbruck, Graz und Wien). Diese wird allerdings noch nicht zur flächendeckenden Erfassung der Biodiversität oder im Rahmen von Gewässergütebewertungen angewandt, sondern ausschließlich in der Forschung genutzt.

Langzeitforschung schafft die notwendige Datengrundlage für sozio-ökologisch nachhaltige Entscheidungsprozesse. Die Bedeutung langer Zeitreihen in der Biodiversitätsforschung wurde in Österreich früh erkannt. Seit 2001 gibt es eine Beteiligung am internationalen Forschungsnetzwerk **ILTER**. In Österreich bestehen mittlerweile drei Long-Term Socio-Ecological Research Plattformen: *Eisenwurzen*, *Tyrolean Alps* und *Neusiedler See-Seewinkel*, die unterschiedliche Langzeit-Forschungsstandorte (**Long-Term Ecological Research**; LTER) zusammenfassen. Damit besteht eine breite Forschungsbasis, die sich der Langzeitforschung annimmt. Besonderen Bezug auf

aquatische Ökosysteme nehmen sieben LTER Forschungsstandorte, wobei die betreibenden assoziierten Institute hier unterschiedliche Expertise einfließen lassen. Aquatische Biodiversitätsforschung in Österreich liefert somit wichtige Langzeitdaten, mit denen fundierte Entscheidungen getroffen werden können: nur so können aktuelle lokale und globale Trendanalysen durchgeführt und Zukunftsszenarien – vor allem auch in Hinblick auf die globalen Herausforderungen wie Insektensterben und Klimakrise – entwickelt werden. Die internationale Vernetzung im Rahmen der Langzeitforschung ist ein wichtiger Impulsgeber für die österreichische Forschungslandschaft.

5.3 Defizite & Herausforderungen

Der Rückgang der Biodiversität ist auf die direkte Einwirkung des Menschen zurückzuführen: durch den Verlust von Lebensräumen, ihrer Konnektivität und den Klimawandel. Die große Herausforderung besteht darin, die Auswirkungen dieser Faktoren durch Schutzmaßnahmen und Gewässerrückbau derart abzuschwächen oder umzukehren, dass der Biodiversitätsverlust



aufgehalten werden kann. Die Biodiversitätsforschung ist hier gefragt, die Reaktionen einzelner Organismen bzw. von Gemeinschaften auf (kombinierte) Stressoren darzustellen, sowie die spezifischen zentralen und limitierenden Faktoren für das Vorkommen einer Art und ihren Beitrag zu Ökosystemleistungen zu untersuchen.

Neben den anthropogenen Triebkräften des Biodiversitätsverlusts kommt als weiterer Druck die Besiedelung des österreichischen Naturraums durch gebietsfremde Arten hinzu. Eingewanderte bzw. eingeschleppte gebietsfremde Tier- und Pflanzenarten wirken auf die in Österreich beheimateten Arten und Lebensgemeinschaften in unterschiedlicher Weise ein: einheimische Arten werden zum Beispiel räumlich verdrängt, wenn die gebietsfremden Arten konkurrenzstärker sind oder keine natürlichen Feinde in ihrem neu besiedelten Lebensraum haben. Außerdem können Krankheitserreger eingeschleppt werden, gegen die einheimische Arten keine Resistenzen ausbilden (wie z.B. bei den Flusskrebse).

Veränderungen durch den Klimawandel wirken sich vor allem auf das Abflussregime und die Temperaturbedingungen in Gewässern aus. Häufiger werdende Starkregenereignisse tragen in Kombination mit einer Verringerung der Saum- und Ufervegetation außerdem zur Verschmutzung von Gewässern bei, indem mehr Sediment, Nähr- und Schadstoffe eingetragen werden. Maßnahmen zugunsten der aquatischen Biodiversität, die hier getroffen werden können, beziehen die terrestrischen Lebensgemeinschaften mit ein und zielen auf die Schaffung von Pufferstreifen bzw. Retentionszonen ab. Hier muss ein mechanistisches Verständnis der Zusammenhänge zwischen Lebensraumqualität-Biodiversität-anthropogene Stressoren geschaffen und umfassende Schutzmaßnahmen zum Erhalt

von Biodiversitätshotspots und deren Konnektivität eingeleitet werden.

Eine umfassende Risikoabschätzung für die aquatische Biodiversität Österreichs fehlt, weil Biodiversitätsdaten zeitlich wie räumlich fragmentiert vorhanden sind.

Eine gezielte, koordinierte Erfassung der Biodiversität österreichischer Gewässer und Feuchtgebiete entlang ihrer gesamten Erstreckung wurde bislang nicht durchgeführt, wie auch die rezenten Neubeschreibungen und -nachweise von Arten belegen. Vorhandene Daten stammen oft aus regional und zeitlich begrenzten Beprobungen, die im Auftrag von Nationalparks bzw. Schutzgebieten oder aus Eigeninteresse von Forschungseinrichtungen oder Einzelpersonen durchgeführt wurden.

Flächendeckende und qualitativ gute Biodiversitätsdaten mit einer hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung sind nur sehr begrenzt verfügbar, weshalb die Planung von Schutzmaßnahmen bis dato nicht umfassend erfolgen kann. Gerade deshalb sind die aktuellen Entwicklungen der LTER-Initiative im österreichischen Kontext so bedeutsam und bieten zugleich die Möglichkeit, bestehende Langzeitdaten (wie beispielsweise aus dem RITRODAT-Projekt der Biologischen Station Lunz) der modernen Forschung zuzuführen. Ein flächendeckendes Biodiversitätsmonitoring, das Gewässerlebensräume explizit berücksichtigt, ist unumgänglich und für den Erhalt der aquatischen Biodiversität essentiell. Außerdem können nur so ökonomisch oder medizinisch bedeutsame Einschleppungen, wie zum Beispiel die der Asiatischen Tigermücke oder der Asiatischen Buschmücke, rasch erkannt werden.

Die Möglichkeiten der eDNA-Methodik müssen besser ausgeschöpft werden.

eDNA-Proben stellen wertvolle Biodiversi-

tätsdaten bereit, die auch in die Gewässergüte-Bewertung einfließen können. Der direkte Einsatz derartig erhobener Daten ist bis dato aber noch nicht zulässig, da die in der WRRL als wesentlich definierten Parameter (z.B. Häufigkeit und Altersstruktur von Fischgemeinschaften) derzeit nicht präzise genug erhoben werden können. Aktuell wird daran geforscht, Daten aus der eDNA-Analytik in bestehende Bewertungsverfahren einfließen zu lassen bzw. diese komplementär zu ergänzen, um zum Beispiel sehr seltene Arten nachzuweisen. Weiterer Forschungsbedarf ergibt sich vor allem deshalb, weil numerische Experimente mit bestehenden Datensätzen (insbesondere das Verwerfen von Informationen zur Häufigkeit) darauf schließen lassen, dass derzeit im Schnitt einer von vier zu bewertenden Gewässerabschnitten eine falsche Ökologische Zustandsklasse zugeordnet werden würde. Damit verbunden wäre das Risiko einer ökologisch falschen bzw. nicht zielführenden Setzung von Maßnahmen zur Renaturierung oder Nutzung eines derart bewerteten Gewässers.

Mangelndes Bewusstsein für die Bedeutung von Biodiversität und Lebensraumvielfalt ist eine große gesellschaftliche Herausforderung. Der Einsatz wirkungsvoller und allgemein akzeptierter Gewässerrückbau- und Schutzmaßnahmen benötigt nicht nur eine breite Wissensbasis bei Entscheidungsträgern und Stakeholdern, sondern insbesondere auch Unterstützung in der Öffentlichkeit. Die aquatische Biodiversität bleibt oft unter der Wasseroberfläche verborgen, weshalb die Wahrnehmung und das Interesse der breiten Bevölkerung oft eingeschränkt ist. Hier muss ein umfassender Wissenstransfer eingeleitet werden, der das Bewusstsein um die heimische Fauna- und Floren-Vielfalt in aquatischen Ökosystemen und deren Wert auf allen gesellschaftlichen Ebenen tief verankert.

Die österreichische Forschungslandschaft folgt Trends in der Biodiversitätsforschung, kann sich aber nicht dynamisch entwickeln und Impulse setzen. Zusammenfassend ist festzustellen, dass in der Biodiversitätsforschung aktuell vorherrschende Trends in der österreichischen Forschungslandschaft gut abgebildet werden. Diese Forschungstätigkeiten sollten allerdings forciert werden, um die Vielfalt des Lebens in Österreich weiterhin erfassen und vor allem auch langfristig schützen zu können. Dies ist umso wichtiger, als der österreichische Naturraum äußerst komplex ist und die Vielfalt an Lebensräumen eine umfassende Bearbeitung mit einem breiten Spektrum an Expertisen und Methoden erfordert.

Wissenschaftliche Expertise und Ausbildung müssen gesichert und für eine internationale Konkurrenzfähigkeit verbessert werden. Defizite in der Forschungslandschaft betreffen die Ausbildung von Expert*innen in der Biodiversitätsforschung. An Universitäten wird aktuell das biodiversitätsbezogene Kursangebot zu mehr als 30 Prozent von externen Lehrenden abgedeckt – mit steigender Tendenz. Eingeschränkte Ausbildungsmöglichkeiten in Kombination mit einer geringen beruflichen Erfolgswahrscheinlichkeit von Biodiversitätsexpert*innen führt zu einer Verarmung der Forschungslandschaft. Hier muss durch die Schaffung von universitären Ausbildungsprogrammen, Professuren, Laufbahnstellen und Kompetenz-Clustern auf dem Gebiet der Biodiversität gegengesteuert werden. Durch neu geschaffene Stellen an Forschungsinstitutionen können auch methodische Innovationen schneller übernommen bzw. Entwicklung und Anpassung beschleunigt werden. Dies erhöht wiederum die Konkurrenzfähigkeit der österreichischen Biodiversitätsforschung.



Ökosystemleistungen

Ökosystemleistungen (ÖSL) können als der Nutzen, den der Mensch aus Ökosystemen gewinnt, definiert werden (MEA 2005). Dabei kann zwischen „bereitgestellten ÖSL“ – also jenen ÖSL, die ein Ökosystem potenziell zur Verfügung stellt, unabhängig davon, inwieweit diese auch tatsächlich genutzt werden – und „genutzten ÖSL“ – also jene ÖSL und deren Outputs, die in einem gegebenen Raum zu gegebener Zeit tatsächlich genutzt werden – unterschieden werden. „Genutzte“ oder auch „finale“ Ökosystemleistungen werden nach der „[Common International Classification of Ecosystem Services](#)“ (CICES) in folgende drei Gruppen eingeteilt:

- Versorgungsleistungen (z.B. Wasserversorgung, Nahrungsmittel, Energiegewinnung oder Transport)
- Regulierungs- und Erhaltungsleistungen (z.B. Erhalt der Wasserqualität durch

natürliche Reinigungsprozesse, Hochwasser- und Erosionsschutz, Klimaregulierung)

- Kulturelle Leistungen (z.B. Erholungsnutzung, Freizeitfischerei)

Durch das [Millennium Ecosystem Assessment](#) (MEA), die [TEEB-Initiative](#) und die [Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services](#) (IP-BES) sind Ökosystemleistungen stärker in den Fokus der Forschung gerückt. Auch das [Übereinkommen über die biologische Vielfalt](#) ([Convention on Biological Diversity](#), CBD) hat einen starken Fokus auf ÖSL und behandelt dieses Thema als eines seiner strategischen Ziele. In Österreich sind Biodiversität und Ökosystemleistungen in den Bereichen Raumordnung und Verkehr/Mobilität der Biodiversitätsstrategie 2020+ berücksichtigt.

6.1 Status

Ökosystemleistungen bzw. deren Erhalt können ein überzeugendes Argument für die Notwendigkeit des Schutzes biologischer Vielfalt sein. Neben der Bereitstellung eines neuen Kommunikationsrahmens zwischen Politiker*innen, Wissenschaftler*innen und der Öffentlichkeit über die Zusammenhänge zwischen Natur und Gesellschaft bietet das Konzept aber auch weitere potenzielle Anwendungsbereiche. Es dient beispielsweise der Förderung des Bewusstseins der Öffentlichkeit für die Bedeutung von Ökosystemen und ihrer Biodiversität in Bezug auf menschliche Aktivitäten und Wohlbefinden.

Die Bewertungsmethoden von Ökosystemleistungen sind vielfältig. Es existieren inzwischen mehrere quantitative und qualitative, monetäre und nicht-monetäre Bewertungsmethoden und -techniken, um die Vielzahl von ÖSL systematisch zu bewerten. Neben diesen neu entwickelten Ansätzen

werden auch bereits etablierte Methoden zur Datenerhebung und -bewertung für ÖSL Studien verwendet, wie z.B. Kartierungs- und Monitoringaktivitäten oder (Experten-)Interviews. Die Bandbreite der ÖSL, die monetär bewertet werden können, ist im Vergleich zu der größeren Anzahl von ÖSL, die nur qualitativ bzw. nicht monetär bewertet werden können, eher klein. Auch wenn zahlreiche Studien ihre Bedeutung betonen, sind insbesondere kulturelle ÖSL bei quantitativen Bewertungen oft schwieriger zu berücksichtigen. Im Gewässerkontext zählen zu den kulturellen Leistungen beispielsweise Sport und Erholung am Gewässer, Naturerlebnis, Ruhe, Treffpunkt, wissenschaftliche Erkenntnisse, Bildung, Kultur- und Naturerbe, Schönheit, Landschaftsbild, Heimatgefühl oder Spiritualität. Um ein repräsentatives Bild über die unterschiedlichen ÖSL hinweg gewährleisten zu können, müssen quantitative (inklusive möglicher monetärer) und qualitative Bewertungen kombiniert werden. Sozio-kulturelle Bewertungsansätze gewinnen in die-



Abbildung 6.1: Ökosystemleistungen der Gewässerlandschaften im Kontext des Policy Cycles.
© I. Offenthaler, Umweltbundesamt

sem Zusammenhang zunehmend an Bedeutung. Diese berücksichtigen Leistungen, die mit Nichtnutzungswerten in Zusammenhang stehen, wie z.B. die lokale Identität oder den intrinsischen Wert von Ökosystemen, und die per se nicht mit ökonomischen Techniken erfasst werden können.

Eine umfassende Erhebung des Status von Ökosystemleistungen der Gewässerlandschaften fehlt. Eine Stuserhebung etwa analog zur WRRL oder der FFH Richtlinie ist aktuell für Ökosystemleistungen nicht verfügbar, wäre aber als Element zur Erfassung des sozial-ökologischen Kontexts von Gewässerökosystemen essenziell. Im Rahmen der EU Biodiversitätsstrategie 2030 (Aktivität 5) werden auf Ebene der EU-Mitgliedsstaaten bereits Strategien für eine einheitliche Kartierung und Bewertung von Ökosystemleistungen entwickelt. Eine solche Bewertung gewässerrelevanter Ökosystemleistungen liegt allerdings in Österreich noch nicht vor, ist aber notwendig, um Multifunktionalität und Mehrwert von Maßnahmen darstellen zu können. Hier liegt der Fokus auf der Erhebung und Bewertung von biologischen und Umweltcharakteristika, da mit der Erhaltung und Wiederherstellung der Biodiversität auch viele Funktionen und Leistungen von Ökosystemen erhalten oder reaktiviert werden können, diese sind aber nicht explizit erfasst. Dazu gibt es aber bereits Internationale Initiativen wie IPBES, die in Österreich als Grundlage für Bewertungsansätze genutzt werden könnten.

Ökosystemleistungen mit Bezug zur Wasserqualität und -quantität wurden bereits teilweise für den gesamten EU-Raum oder speziell für das Donaeinzugsgebiet und somit auch für Österreich modelliert. Diese Modellierungen zeigen, dass in Österreich, vor allem im Voralpenraum, ein steigender Bedarf an Hochwasserretention gegeben ist, da extreme Hochwasserereignisse

in den letzten Jahrzehnten – begünstigt durch menschliche Eingriffe wie Landnutzung im Einzugsgebiet, und den Klimawandel – stark zugenommen haben. Während im Bergland hauptsächlich Anpassungen der Landnutzung notwendig sind, um die Hochwasserschutzleistung zu erhöhen, ist in den Tieflagen die Restaurierung von Auen und Uferzonen als Retentionszonen ausschlaggebend. Hier sind insbesondere „nature-based solutions“ (NbS) relevant, um für einen natürlichen Wasserrückhalt zu sorgen. Dafür kann zum Beispiel verstärkt Ufervegetation eingesetzt werden, die auch eine zentrale Rolle im Rückhalt von Sedimenten und diffusem Nährstoffeintrag spielt und eine weitere wesentliche Leistung der Fließgewässer – die Selbstreinigungskraft und Nährstoffretention – unterstützt.

6.2 Forschung (Trends)

Gewässer sind multifunktionelle (Öko-)Systeme, die eine Vielzahl von Leistungen für die Menschen erbringen. Die aktuelle Forschung konzentriert sich in Österreich und Europa auf einen integrativen Ansatz, das heißt es werden neben der Biodiversität mehrere ÖSL in einer Analyse angesprochen und deren Interaktionen (synergistisch oder antagonistisch) untersucht, um die Multifunktionalität der Gewässer zu beleuchten und zu erhöhen. Erhaltungs- und Gewässerrückbaumaßnahmen haben das Ziel, mehrere Leistungen bzw. Funktionen zu erhöhen bzw. die Verluste bei anderen Leistungen gering zu halten. Hydromorphologische Restaurierung hat zum Beispiel ein hohes Potential für die Hochwasserretention sowie für die Bereitstellung von Lebensraum und dient somit der Biodiversität sowie der Nährstoffretention. Bei der Hochwasser- sowie der Nährstoff- und Schadstoffretention spielt wiederum die Schaffung bzw. der Erhalt von natürlichen Aus-

uferungsflächen – wie zum Beispiel Überflutungsflächen oder Auen – zum Rückhalt von Wasser und Stoffen eine bedeutende Rolle, und stellt eine Grundlage für eine integrative Analyse und daraus abgeleitete Vorgangsweise dar. Weitere Funktionen solcher Flächen sind die bessere Wasserspeicherung bei längeren Trockenphasen durch erhöhte Grundwasseranreicherung. Gleichzeitig sind hier Trade-Offs und Synergien hinsichtlich der Bereitstellung kultureller Leistungen zu berücksichtigen.

Multifunktionelle Betrachtung bedeutet auch eine Abstimmung der politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen. In diesem Zusammenhang sollten unterschiedliche EU Richtlinien (wie z.B. WRRL, HWRL, FFH) und nationale Gesetzgebungen besser aufeinander abgestimmt werden, um alle Ziele tatsächlich erreichen zu können. Beispielsweise können durch hydromorphologische Rückbaumaßnahmen unterschiedliche Aspekte dieser Richtlinien berücksichtigt werden. Dies zeigt das erste österreichische „Integrierte LIFE Projekt“ **IRIS**, in dem an sieben österreichischen Flüssen Planungsprozesse und Verbesserungsmaßnahmen durchgeführt werden, die in den Fachbereichen Gewässerökologie, Umweltschutz und Hochwasserschutz unter Berücksichtigung sozio-kultureller Aspekte (Bewertung kultureller Ökosystemleistungen) aufeinander abgestimmt werden. Dieses Projekt stellt einen ersten Versuch dar, soll aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass eine Abstimmung von Zielen und Interessen über Disziplinen, Richtlinien und wirtschaftliche Sektoren hinweg dringend erforderlich ist und in der Praxis stärker umgesetzt werden muss. Forschung und Wissenschaft können hier einen Beitrag leisten, indem diese Prozesse durch Fakten und Wissen objektiv unterstützt werden.

Das Zusammenspiel von Umwelt und Gesellschaft wird zunehmend als sozio-ökologisches System beschrieben und erforscht. Im Rahmen dieses Konzeptes wird zunehmend die Abhängigkeit des gesellschaftlichen Wohlergehens von der Struktur und den ökologischen Funktionen der Ökosysteme – also der Gewässer – anhand von Ursache-Wirkungs-Ketten untersucht. Die ÖSL stellen hier das Verbindungsglied zwischen Umwelt und Gesellschaft dar. Beispielsweise sorgt der Klimawandel in Österreich für eine zunehmende lokale Wasserknappheit einerseits beziehungsweise eine Zunahme von Hochwasserereignissen andererseits, was einen direkten augenscheinlichen Effekt auf alle Aspekte der Wasserversorgung und des Hochwasserschutzes hat. Allerdings ergeben sich auch indirekte Effekte durch Prozessänderungen in den Gewässern, die Auswirkungen auf Selbstreinigungskraft, Nährstoff- und Schadstoffretention, Habitatverfügbarkeit für bedrohte Arten oder Ästhetik haben. Insgesamt erwächst daraus eine schwer abschätzbare Wirkung auf die Gesellschaft. Dies wiederum erfordert eine stärkere Vernetzung natur- und sozialwissenschaftlicher Disziplinen. In diesem Zusammenhang ist auch die Einbindung von verschiedenen betroffenen Interessens-/Stakeholdergruppen von zunehmender Bedeutung. Das trifft besonders auf Renaturierungsprojekte zu; die von Anrainern wahrgenommenen Ökosystemleistungen können die Diskussionen bereichern und die Umsetzbarkeit und langfristige Akzeptanz eines Renaturierungsprojektes verbessern.

6.3 Defizite & Herausforderungen

Methodenvielfalt führt zu unterschiedlichen Aussagen. Eine große Herausforderung im Bereich der Ökosystemleistungen

ist die Vielfalt an verfügbaren Methoden zur Erfassung und Bewertung dieser Leistungen. Vergleiche zeigen, dass es durch die gewählte Methodik zu erheblichen Unterschieden in den Ergebnissen kommen kann und somit auch Aussagen sowie daraus abgeleitete Managementempfehlungen stark variieren und von der Methodenwahl abhängig sind. Eine Statuserhebung etwa analog zur WRRL oder der FFH Richtlinie ist für Ökosystemleistungen derzeit nicht verfügbar. Hier bedarf es intensiver Forschung, um Methoden zu entwickeln, die österreich- oder sogar europaweit konsistent angewendet werden können.

Kulturelle ÖSL werden tendenziell vernachlässigt, obwohl sie von großer Bedeutung für die Gesellschaft sind. Quantitative und insbesondere monetäre Bewertungen sind – obwohl oft gefordert und für die breite Öffentlichkeit leicht(er) verständlich – nicht für alle ÖSL Kategorien gleich gut umsetzbar. Speziell kulturelle ÖSL lassen sich nur schwer eindeutig quantifizieren bzw. monetär bemessen und werden daher bei Umweltbewertungen, bei denen der

Schwerpunkt eher auf biophysikalischen oder ökonomischen Messgrößen liegt, tendenziell weniger berücksichtigt. Um diesem Defizit entgegenzuwirken, gibt es verschiedene Bemühungen, einheitliche Bewertungsmethoden zur Erhebung und Beurteilung kultureller ÖSL zu entwickeln. Wichtig ist dabei sowohl die Definition von aussagekräftigen Kriterien und Indikatoren als auch die Entwicklung eines weiterführenden Ansatzes, der zukünftig in Monitoring- bzw. Evaluierungsprozesse Eingang finden kann. Im Zusammenhang mit monetären Bewertungen ist nicht nur auf die technische Umsetzung, sondern auch auf die ethische Komponente zu achten, beispielsweise wenn die Natur nur dann als erhaltenswert angesehen wird, wenn sie (ökonomisch) profitabel ist. Zu berücksichtigen ist jedenfalls, dass das ÖSL Konzept nicht dazu gedacht ist, naturwissenschaftlich fundierte Argumente zu ersetzen, sondern als zusätzlicher Beitrag zu einem besseren Verständnis der Auswirkungen von Ökosystemveränderungen auf das menschliche Wohlbefinden anzusehen ist.



Aktuell ist das ÖSL Konzept im österreichischen Wassersektor noch nicht ausreichend angekommen. Obwohl das ÖSL Konzept in der Wissenschaft sehr populär ist und in zahlreichen Forschungsartikeln und Strategiepapieren diskutiert und als relevant erachtet wird, hinkt seine Anwendung in der Praxis deutlich hinterher. Ein Grund für diese Lücke zwischen Forschung und Praxis besteht darin, dass den politischen Entscheidungsträgern eine wissenschaftlich fundierte Anleitung bzw. ein Implementierungsansatz fehlt, um ÖSL zu definieren und zu bewerten, um sie in Politik und Verwaltung entsprechend zu integrieren.

Call for Action



7.1 Themen-übergreifende Herausforderungen in der Wasserforschung

Die Wasserwirtschaft in Österreich benötigt themen-übergreifende, forschungsba- sierte Lösungsansätze. Nicht zuletzt auf- grund des Klimawandels, der Biodiversi- tätskrise, der Landnutzungsänderungen und der wirtschaftlichen Anforderungen sind integrative wasserwirtschaftliche An- sätze erforderlich. Hochwasser- und Dürre- ereignisse, die sich auf alle aquatischen Ökosysteme auswirken, sind Beispiele, bei denen sowohl die Möglichkeiten als auch die Grenzen von Maßnahmen erforscht werden müssen. Monokausale Antworten reichen nicht mehr aus. Erneuerbare Ener- gie aus Wasserkraft oder Geothermie und ökologische Herausforderungen an Gewäs- sern stellen ein weiteres Beispiel für den Be-

darf an neuen Lösungsansätzen dar. We- sentlich ist, dass objektive, wissenschaftli- che Grundlagen erarbeitet werden, die ei- nerseits Stakeholder-Anforderungen einbe- ziehen und andererseits eine Entschei- dungsgrundlage für die Politik und Verwal- tung darstellen.

Das Formulieren und Anwenden integri- ver Forschungsansätze fördert ein umfas- senderes Verständnis und weitere gesell- schaftliche Fortschritte. Inter- und Trans- disziplinarität sind ein wichtiger Teil der Forschungslandschaft – sie sollten nicht zu einfachen Schlagwörtern verkommen, son- dern durch gemeinsame Forschungsansätze mit Leben gefüllt werden. Forschung, Wis- senschaft und Praxis sind nach wie vor weitgehend nach „klassischen“ disziplinä- ren Gesichtspunkten organisiert (Hydrolo- gie, Hydrogeologie, Hydrobiologie, Boden- hydrologie, Wasserbau, Flusshydraulik,

Stadthydraulik, Ökologie, Wasserqualität usw.). Die Bedeutung eines integrativen Ansatzes in der Gewässerforschungslandschaft (sowie Wasserwirtschaft) ist offensichtlich und durch die Überschneidungen von Herausforderungen in der quantitativen Wasserforschung einerseits (Kapitel 3) und der Biodiversität (Kapitel 5), der qualitativen Wasserforschung (Kapitel 4) und der Ökosystemleistungen (Kapitel 6) andererseits gegeben. Ein solch integrativer Ansatz sollte zu operativ-integrierten Modellierungswerkzeugen für Wasserressourcenmanager*innen und -ingenieur*innen führen. In jüngster Zeit wurden Fortschritte im Verständnis und der Modellierung von Prozessen im disziplinären Rahmen erzielt. Die größte Herausforderung aber besteht derzeit darin, diese Entwicklung auch an Grenzflächen (Atmosphäre-Pflanze-Boden-Grundwasser, Wasser-Sediment-Biota, Nährstoffflüsse an der Grenzfläche zwischen Oberfläche und Untergrund oder an der Grenzfläche zwischen Wasser und Erde usw.) zu erzielen und Wechselwirkungen zwischen Prozessen sowie ihre Auswirkungen auf Fauna und Flora sowie die Gesellschaft zu beschreiben (natürliche Prozesse & Dynamik sowie die Soziologie menschlichen Eingreifens in die Natur), um Systeme ganzheitlich abbilden zu können. Hier stellt das Aufgreifen und Abbilden von relevanten Aspekten in einem mechanistischen Prozessverständnis nach wie vor eine große Herausforderung dar und ist für ein nachhaltiges Management der Ressource Wasser unabdingbar.

Die wesentlichen Defizite der wasserverbundenen Ökosysteme sind in Österreich im Allgemeinen gut bekannt, aber erfolgreiche Restoration braucht Handeln und Wissen. Die Umsetzung der WRRL erforderte eine systematische Erfassung der vorhandenen Beeinträchtigungen für einen sehr großen Anteil der Gewässerökosysteme, die im Nationalen Gewässermanage-

mentplan (NGP) erfasst sind. Besonders stark wirken der Verlust und die Fragmentierung von Lebensräumen, stoffliche Belastungen und Verschmutzung, die Übernutzung von Tierbeständen und Lebensräumen sowie der Einfluss gebietsfremder Arten. In Binnengewässern sind zusätzlich Änderungen der hydrologischen Verhältnisse (z.B. Wasserstand, Fließregime) sowie Verbauung und fehlende Durchgängigkeit (longitudinal, lateral, vertikal und zeitlich) für Wasser, Nährstoffe, Organismen und Sediment zu nennen. Die Klimakrise wandelt die Auswirkungen dieser Faktoren zusätzlich weiter ab. In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass eine rein sektorale Betrachtung – wie z.B. nur aus dem Blickwinkel der WRRL oder nur aus der Sicht der Wasserkraft – nicht ausreicht, um die vielfältigen Nutzungen aufeinander abzustimmen und nachhaltig Ökosysteme zu sichern. Die Erfassung der ÖSL unterstützt dabei eine integrative Betrachtungsweise, da sie den Nutzen von funktionierenden Ökosystemen für den Menschen darstellen können. Zum Beispiel führen Defizite in Bereichen wie Naturschutz oder Raumplanung, die nicht durch die WRRL erfasst sind, ebenso zu einem Rückgang der (aquatischen) Biodiversität. Hier sind neue Ansätze notwendig, die Gewässer und Gesellschaft integrativ als sozial-ökologische Systeme analysieren und ÖLS als wichtige Elemente ebenfalls systematisch erfassen.

Erfolgreiche Forschung und Wissenschaft braucht belastbare Daten. Erkenntnisse in der Forschung im Allgemeinen, aber natürlich auch in den Forschungsbereichen Biodiversität, Wasserqualität und -quantität sowie Ökosystemleistungen, beruhen auf Information, für deren Bereitstellung Beobachtungs- und Monitoringdaten erforderlich sind. Angestoßen durch die Umweltgesetzgebung oder die Initiative von Einzelinstitutionen oder -personen, erfolgt die Erfassung solcher Daten in den unterschied-

lichsten Bereichen. Durch Weiterentwicklung bzw. Aufkommen neuer Methoden (z.B. eDNA) sowie neuer Erkenntnisse und Sachverhalte (z.B. hormonelle Belastung durch Abwässer), verändern sich die Notwendigkeiten für Monitoring immer wieder und werden teilweise auch umfassender. Ausschlaggebend sind aber auch Kontinuität und Konsistenz der aufgezeichneten Daten oder das Schließen von räumlichen und zeitlichen Erhebungslücken, also die Vergleichbarkeit bestehender und neuer Daten sowie eine adaptive Vorgangsweise, um auf zukünftige Herausforderungen zu reagieren. Um robuste Aussagen über Veränderungen unserer Umwelt machen zu können, sind solche kontinuierlichen und konsistenten Daten wichtig und unermesslich wertvoll. In diesem Sinne ist es sehr zu begrüßen, dass das europäische Netzwerk zur langfristigen Ökosystemforschung **eLTER** sich als eine mögliche EU-weite Forschungsinfrastruktur im Rahmen von **ES-FRI** formiert; die eLTER Standorte in Österreich decken allerdings Fließgewässer, Auen, Böden oder das Grundwasser nicht ausreichend ab. Das Langzeitmonitoring muss daher dringend auch in diesen Gewässerlebensräumen stärker ausgebaut werden bzw. durch ein weiteres ESFRI-Projekt **DANUBIUS-RI** mit einem Fokus auf Gewässer entlang eines Fluss - Meer Kontinuums und einer Supersite in Österreich integriert werden. Das WRRL-Monitoring liefert zwar flächendeckend Daten, doch die räumliche und zeitliche Ausprägung dieses Netzwerks entspricht nicht dem eines Langzeitmonitorings und beinhaltet auch keine Referenz-, Klein- oder Sonderlebensräume. Flächendeckende Daten über lange Zeiträume stellen aber die wichtigste Grundlage für die Forschung und somit den Erhalt der Biodiversität dar. Aber auch die Prozesse auf Organismenebene dürfen nicht außer Acht gelassen werden. Neben der Biodiversitätsforschung muss die Physiologie von Organismen (z.B. Stressphysiologie) stärker

in den Fokus rücken, weil nur so die Prozesse offengelegt werden können, die das Aussterben von Arten und somit den Biodiversitätsrückgang verursachen. Die Biodiversitätskrise ist mittlerweile neben der Klimakrise wohl das wichtigste Thema auf der internationalen Umweltagenda. Biodiversitätsaspekte sind sowohl in den UN SDGs als auch im EU Green Deal zentral verankert. Biodiversitätsnetzwerke wie IPBES – das Biodiversitätspendant zum IPCC – erlangen dabei mit ihren Forderungen immer mehr Gehör.

Dabei ist es wesentlich, dass offensichtliche Datenlücken in der Wasserforschung geschlossen werden müssen. Gerade im Zusammenhang mit Modellen für den Klimawandel und Voraussagen zur Änderung von Stoffkreisläufen ist offensichtlich, dass die Datenlage für Binnengewässer in vielen Bereichen dünn oder gar nicht vorhanden ist. Beispielsweise liegen regional für den periglazialen-glazialen Raum und dessen Grundwasserspeicher – ein Bereich des Wasserkreislaufs, der massiv durch das Abschmelzen des Gletscher- und Permafrostes vom Klimawandel betroffen ist – kaum Monitoringsysteme vor. Im Bereich des Feststoffhaushaltes und der Flussmorphologie sowie der Biodiversität und Ökologie fehlen an vielen (vor allem kleineren) Gewässern Messstationen oder überhaupt Angaben über die zeitliche Entwicklung (auch in Zusammenhang mit Extremereignissen). Des Weiteren gibt es in Bezug auf die Klimagase (Kohlendioxid, Methan, Distickstoffmonoxid) nur eine Handvoll Untersuchungen in Oberflächengewässern, die in der Mehrzahl keine große zeitliche und räumliche Auflösung haben. Andere Daten zur Konzentration und Emission von Klimagasen in Österreichs Gewässern fehlen. Für Grundwasser liegen bisher keine Daten vor, obwohl es sich dabei um die quantitativ wichtigste Süßwasserressource handelt und ein enger Austausch zwischen Grundwasser, Oberflä-

chengewässern, Boden und Vegetation gegeben ist. Dementsprechend wäre es notwendig einerseits bestehende, aber unzureichende Messungen auszuweiten und andererseits zu beginnen, fehlende Parameter zu erfassen.

Grundlagenforschung muss in Österreich verstärkt gefördert werden. In allen hier dargestellten Wasserforschungsbereichen stellt die anwendungsnahe Grundlagenforschung einen wesentlichen Aspekt dar. Neben der dafür notwendigen Infrastruktur (z.B. Wasser(bau)labore, Standorte zur ökologischen Langzeitforschung), die zuletzt in Österreich deutlich weiterentwickelt wurde, erfordert dies eine Bereitstellung von ausreichenden Projektmitteln. Im Vergleich zu anderen Ländern (z.B. Deutschland) sind die Mittel für Grundlagenforschung in Österreich – besonders auch den oftmals anwendungsnahen Wassersektor betreffend – deutlich geringer. Um international bestehen zu können und das sehr gute Wasser-Knowhow unter anderem für die Wirtschaft und Umwelt nutzbar zu machen, bedarf es einer Stärkung der Grundlagenforschung sowie der anwendungsorientierten Grund-

lagenforschung. Bestehende Möglichkeiten der Integration bzw. Abstimmung von Förderprogrammen sollten ausgelotet und verstärkt werden (z.B. FWF-FFG, CDG).

Eine weitere Herausforderung für die Zukunft ist die Bereitstellung von Daten, welche die verschiedenen Disziplinen integriert und den Grundsätzen der Open Data Standards folgt. Derzeit gibt es zwar eine einheitliche österreichweite GIS-Plattform für hydrometrische Messungen an österreichischen Flüssen (**eHYD**), eine Erweiterung auf eine Online-Plattform mit Web-GIS-Funktion, welche die einzelnen bereits existierenden Fachdatenbanken (wie z.B. Hydrologie, Wasserqualität, Sediment etc.) sowie weitere Informationen (z.B. Hydrogeologie, Wasserbau, Biodiversität, Ökosystemleistungen etc.) umfänglich zusammenführt und die Daten zentral frei zur Verfügung stellt, wäre aber sehr wünschenswert. Dies würde einerseits den Fortschritt in der quantitativen und qualitativen Wasserforschung und andererseits auch den Schulterchluss und die Vernetzung der einzelnen Disziplinen massiv fördern.



Die Vernetzung im Wassersektor und gemeinsame Aktivitäten wie Knowledge Hubs, Ausarbeitung strategischer Dokumente oder die Weiterentwicklung des Science-Policy-Interfaces müssen weiter gefördert werden. Die genannten gemeinsamen Aktivitäten unterstützen eine bessere Verbindung innerhalb der Forscher*innen-gemeinschaft, was wiederum eine noch stärkere Beteiligung der österreichischen Wasserforschung an internationalen Forschungsinitiativen und internationalen Netzwerken ermöglicht. In diesem Zusammenhang ist die **Etablierung klarer Kompetenzprofile der Forschungsinstitutionen** unumgänglich. Um die internationale Anbindung der nationalen Akteure zu verbessern bzw. auch Überschneidungen innerhalb Österreichs möglichst zu vermeiden, ist die Ausarbeitung von Kompetenzprofilen der Forschungsinstitutionen, der Austausch zu bereits bestehenden internationalen Netzwerken sowie eine deutlichere Sichtbarmachung der österreichischen Wasserforschung anzustreben. Die Allianz Biodiversität & Wasser (BiodiWa) soll in diesem Zusammenhang dazu beitragen, die Themenbereiche Biodiversität und Wasser besser zu vernetzen, um die Teilnahme österreichischer Forschungsinstitutionen an den europäischen Netzwerken zu verbessern.

Die Verbindungen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft zu fördern, stellt eine wichtige Herausforderung in der Wasserforschung dar. Eine Priorisierung des Transfers von Technologie, Methoden, Modellen und anderen Werkzeugen an Praktiker*innen (Wasserressourceningenieur*innen und -manager*innen) und eine enge Interaktion mit Entscheidungsträger*innen könnte die gesellschaftliche Relevanz und Akzeptanz der wasserbezogenen Forschung erhöhen. Neben der Forschung sollte daher die Bildung eine hohe Priorität haben. Dies bein-

haltet nicht nur managementorientierte Forschung oder die Ausbildung von Expert*innen mit einer breiten multidisziplinären Wissensbasis, sondern auch Frühförderungsinitiativen, die Kinder unterstützen, den Wert der Ressource und des Lebensraums Wasser zu erkennen und ihr Bewusstsein für die Bedeutung ihrer Erhaltung zu schärfen.

7.2 Spezifische Herausforderungen in der Wasserforschung

Zum **Schutz und zur Sicherung der Wasserressourcen**, müssen die Auswirkungen von extremen Wetterereignissen besser verstanden werden. Hierzu gehören einerseits sehr lokale und kurzfristige Effekte von Extremen auf die Verfügbarkeit und Qualität von ober- und unterirdischen Wasserressourcen. Andererseits müssen langfristige Änderungen und Trends erfasst und durchleuchtet werden, um diese Wasserressourcen eben auch langfristig zu schützen. Für die Umsetzung sind Monitoringprogramme ebenso fundamental wie die Weiterentwicklung von mathematischen Modellen, wobei vor allem die räumliche und zeitliche Auflösung erhöht werden muss, um Dynamiken und regionale wie lokale Aspekte besser zu verstehen. Zur ganzheitlichen Erfassung sind integrative Ansätze notwendig, die sowohl kompartmentübergreifende Prozesse und Wechselwirkungen im Wasserhaushalt berücksichtigen als auch deren Rückkopplungen mit ökologischen Aspekten und der Gesellschaft beinhalten. Nur so können die Voraussetzungen für überregionale Wasserbewirtschaftungspläne geschaffen werden, deren Umsetzung Österreichs Wasserressourcen langfristig sichern werden.

Dabei kommt der **systematischen räumlich-zeitlichen Erfassung der Entwicklung der Fließgewässer** samt Überflutungsflächen eine besondere Bedeutung zu. Es sind dabei sowohl die natürliche Variabilität als auch die durch den Menschen verursachte Veränderung einzubeziehen. Klimawandel, Landnutzungsänderungen, Änderungen im Feststoffhaushalt sowie Regulierungstätigkeiten und die damit im Zusammenhang stehenden Probleme im Hochwasserrisikomanagement (z.B. Gefahr der Verlagerung bei Sohleintiefungen), der Wasserkraft (z.B. Stauraumverlandung), der Schifffahrt (z.B. erforderliches Geschiebemanagement) oder der Ökologie (z.B. Fehlen von Laichplätzen, vernetzten Auegebieten und Wanderkorridoren) müssen in ihren Auswirkungen dargestellt werden. In diesem Zusammenhang muss auch das Prozessverständnis in der quantitativen Wasserforschung verbessert werden. Viele Prozesse im Bereich der Hydro-, Sediment-, Morphodynamik oder Ökohydraulik müssen mit Hilfe von theoretischen Ansätzen, Modellversuchen, numerischen Simulationen und Feldmessungen besser verstanden und beschrieben werden. Die Entwicklung von nachhaltigen wasserbaulichen Maßnahmen, die gleichzeitig die Wassernutzung, den Schutz des Wassers und den Schutz vor dem Wasser fördern, sollte Priorität haben („win-win-win“). Hierzu ist es notwendig, den integrativen Wasserbau zu stärken, der neue Ansätze in den Bereichen Wasserkraft, Siedlungswasserwirtschaft, Hochwasserrisikomanagement, Dürremanagement, Schifffahrt und Ökologie untersucht. Basierend auf der erforderlichen Grundlagenforschung, ist eine Zusammenarbeit mit den Stakeholdern unerlässlich.

Kurz- bis mittelfristig sollten **vergleichbare gesetzliche Voraussetzungen für den Schutz aller Gewässer** umgesetzt werden, das heißt eine Gleichbehandlung aller Gewässerökosysteme vor dem Wasserrechts-

gesetz. Dazu ist die Quantifizierung des Einflusses relevanter, aber bisher nicht berücksichtigter Stressoren erforderlich. Deshalb müssen Grundlagen für die Implementierung neuer Qualitätskriterien geschaffen werden. Derartige Parameter müssen auch geeignet sein, subtile Langzeiteffekte auf Biodiversität, Ökosystemstabilität und Nutzungsanforderungen aufzuzeigen, und sollen die Basis für ein zukünftig erweitertes Risikomanagement in Hinblick auf die Ressource Wasser darstellen. In einem ersten Schritt sollten auch für Grundwassersysteme ökologische Qualitätsziele definiert werden, welche anschließend in nationalem Wasserrecht festgeschrieben und zukünftig überwacht werden sollten.

In der Abwasser-Epidemiologie bestehen noch viele offene Fragestellungen. Diese betreffen wissenschaftliche Detailuntersuchungen zu Stabilität und Verhalten von Zielsubstanzen (u.a. SARS-CoV-2, PFAS, ...) in Kläranlagen-relevanten Proben (Zulauf, Ablauf, Klärschlamm) inklusive weiterer Ausarbeitung von Standardprozeduren für Probenahme, Lagerung, Transport, Analytik und EDV-Lösungen für die rasche Auswertung und Weiterleitung von Daten an die zuständigen Behörden. Die Erprobung der Abläufe in Form von retrospektiven und prospektiven Längs- und Querschnittstudien in ausgewählten Testregionen zur Ableitung des Zusammenhangs zwischen im Abwasser nachgewiesenen Stoffmenge und Anzahl von Ausscheidern im Einzugsgebiet ist noch weiterzuführen.

Die **Biodiversität des Lebensraums Wasser in Österreich** muss durch geeignete Forschungs- und spezifische Monitoringtätigkeiten vollständig und integrativ (d.h. taxonomische, genomische und ökologische Information zusammenfassend) erfasst werden. Nur auf Basis solcher Daten kann eine zuverlässige Einstufung der Gefährdungssituation einzelner Arten vorgenommen und

darauf aufbauend umfassende Maßnahmen zum Schutz und Erhalt der Biodiversität abgeleitet werden. Zum Erreichen dieses Ziels sind eine ausreichende finanzielle Dotierung faunistischer und floristischer Biodiversitätsarbeiten, die weitere Förderung von DNA Barcoding-Initiativen wie ABOL, der Auf- und Ausbau von Biodiversitätsforschung und taxonomischer Expertise an Universitäten und Museen, sowie die Förderung moderner molekulargenetischer und bildgebender Methoden der Biodiversitätsforschung notwendig.

Zur vollständigen Erfassung der aquatischen Biodiversität muss die **Weiterentwicklung von neuen Bewertungsansätzen zur genaueren Bestimmung des Zustands von Ökosystemen unterstützt werden**. So wurde zum Beispiel die Nutzung der eDNA-Methodik zur Gewässergütebewertung bisher unzulänglich in die nationale Forschungsagenda aufgenommen. Dies ist auch dem Umstand geschuldet, dass die in Österreich bestehenden Verfahren zur Bewertung von Oberflächengewässern im europäischen Vergleich sehr präzise und trennscharf sind und Informationen zur Häufigkeit von Organismen ganz wesentlich in die Bewertung miteingehen. Eine Neuentwicklung von Bewertungsverfahren

auf Basis von eDNA oder Meta-Barcoding wären allerdings gerade in Österreich äußerst vielversprechend: mit der bestehenden Expertise in der Wasser- und Gewässerbewertung könnten hier für den europäischen Raum maßgebliche Entwicklungen vorangetrieben werden und bestehende Bewertungsansätze ergänzt werden. Die neue Methodik bietet – beispielsweise durch Einbeziehung anderer Organismengruppen – die Möglichkeit, bisher nicht von den bestehenden Verfahren erfasste Belastungen abzubilden. Weitere Perspektiven ergeben sich in der größeren räumlichen und zeitlichen Auflösung, um Maßnahmen zur Erhaltung von Wasserressourcen schneller und in größerem Maßstab setzen zu können. Zudem stellen eDNA- und Meta-Barcoding-**Ansätze wesentliche Entwicklungsschritte** in der ökologischen Bewertung von Grundwasser dar, da über diese Methoden der Nachweis der Grundwasserfauna potentiell umfassender erfolgen kann. Die Überwachung und Bewertung von Grundwasserökosystemen hinkt aber generell den anderen aquatischen Ökosystemen hinterher. Die Mitberücksichtigung der in der Umwelt noch kurzlebigeren RNA (eRNA) erweitert die oben erwähnten molekularbiologischen Ansätze um zusätzliche Aspekte, die Aussagen über eine tatsächliche Präsenz der Organis-



men im Gewässer sowie weitere Aussagen über die Zusammensetzung der Organismengemeinschaft und deren genetischer Ausprägung – etwa hinsichtlich Geschlecht, aktueller Lebensphase des Organismus sowie Stressoren wie Fraßdruck, Toxine etc. – ermöglichen könnten.

Um die **Bedeutung von Ökosystemleistungen** auch für Entscheidungsträger und die interessierte Bevölkerung klar darzustellen, braucht es zukünftig vor allem quantitative und somit vergleichbare Daten. Dazu müssen zuallererst einheitliche Erfassungs- und Beurteilungsmethoden erarbeitet werden, damit diese in einem weiteren Schritt in Österreich gesetzlich verankert werden können. Da die quantitativ schwierig erfassba-

ren kulturellen Ökosystemleistungen bei Umweltbewertungen derzeit tendenziell weniger berücksichtigt werden, ist es notwendig, dass die zukünftigen Bewertungsmethoden auch Verfahren zur Erhebung und Beurteilung kultureller Ökosystemleistungen inkludieren, die dann in Monitoring- bzw. Evaluierungsprozessen Eingang finden können. Zielführend wäre auch die Entwicklung von Leitfäden, um politische Entscheidungsträger*innen dabei zu unterstützen, Ökosystemleistungen belastbar zu definieren und zu bewerten. Damit könnte eine bessere Verankerung von Ökosystemleistungen in Politik und Verwaltung erreicht werden.

