

HELMHOLTZ

Briefing

Wassersicherheit für Mensch und Umwelt

Forschung zu einer Schlüsselressource
des 21. Jahrhunderts

Dürre und Hitzestress, Überschwemmungen und Starkregen: Der Klimawandel wirkt sich erheblich auf den Wasserkreislauf aus. Sowohl plötzlich auftretendes Überangebot als auch lange Phasen des Mangels sind möglich. In Ländern des Globalen Südens zeigt sich bereits heute, dass diese unsichere Versorgung die gesellschaftliche und ökonomische Entwicklung hemmen kann. Künftig müssen sich aber auch Industrieländer auf eine schwankende Verfügbarkeit von Wasser einstellen – und damit auf Konkurrenzsituationen zwischen dem Bedarf von Menschen und Natur, Industrie und Landwirtschaft: Wasser ist die Schlüsselressource des 21. Jahrhunderts.

Die Bandbreite unserer Expertise zum Thema Wasser ist in der deutschen Wissenschaftslandschaft einmalig, denn unsere Zentren decken mit ihren Forschungsschwerpunkten den gesamten Wasserkreislauf ab – vom globalen, terrestrischen Wasserkreislauf bis hin zur molekularen Betrachtungsweise. Nun bündeln wir diese Kompetenzen und Ressourcen in der Initiative „Wassersicherheit für Mensch und Umwelt im 21. Jahrhundert“. Sie wird Strategien, Systeme und Technologien für ein verbessertes Wassermanagement entwickeln.

Die Schlüsselressource für Natur, Mensch und Industrie

Weltweit wird Wasser immer mehr zu einer knappen Ressource: Es dient nicht nur als Trinkwasser, sondern versorgt auch Äcker und Fabriken, Kraftwerke und Grünanlagen. Mit der Energiewende wird der Bedarf danach sogar noch steigen – etwa durch die thermische Nutzung von Wasser als Wärme- und Kältespeicher oder bei der Produktion von Wasserstoff. Gleichzeitig beeinflusst der Klimawandel den Wasserhaushalt erheblich und führt zu Engpässen, bei denen zu klären ist, welche Interessenten vorrangig versorgt werden: Siedlungen? Landwirte? Fabriken?

Zudem muss genug Wasser in der Natur verbleiben, damit die ökologischen Systeme intakt bleiben. Um Mensch und Natur nachhaltig zu versorgen, muss Wasser aber nicht nur in ausreichender Menge, sondern auch in der erforderlichen Qualität zur Verfügung stehen. Hier hat Deutschland erheblichen Nachholbedarf: Noch immer ist die Belastung von Gewässern und Grundwasser mit problematischen Stoffen zu hoch. Auch als Lebensraum befinden sich unsere Flüsse und Seen in einem überwiegend schlechten ökologischen Zustand, was zu einem überproportional hohen Verlust der Artenvielfalt führt.



Luftbild des Talsperrensystems Rappbode im Harz. Die Trinkwassertalsperre ist Teil des TERENO-Projekts im Einzugsgebiet der Bode (Bild: André Künzelmann/UFZ).

Nationale und internationale Bemühungen

Angesichts immer knapper werdender Wasserressourcen hat das Bundeskabinett im März 2023 erstmals eine Nationale Wasserstrategie verabschiedet. Diese identifiziert zehn Themenfelder, in denen derzeit erheblicher Forschungsbedarf besteht. Die Helmholtz-Forschungskampagne „Wassersicherheit für Mensch und Umwelt“ adressiert sieben davon:

- Schutz und Wiederherstellung des natürlichen Wasserhaushalts
- Förderung klimaangepasster, gewässerschonender Landnutzung
- Minimierung von Schadstoffeinträgen in Gewässer
- Klimafester Ausbau der Wasserinfrastruktur
- Verknüpfung von Wasser-, Energie- und Materialkreisläufen
- Verbesselter Schutz der Meere vor Landverschmutzung
- Nachhaltige Sicherung globaler Wasserressourcen

Die Dringlichkeit, die Wasserressourcen zu schützen und zu schonen, wurde auch vom Europäischen Parlament und den Vereinten Nationen erkannt. Die kürzlich veröffentlichte Studie „Closing the loops“ des Wissenschaftlichen Dienstes des Europäischen Parlaments (EPRS) unterstreicht die Notwendigkeit, Wasserkreisläufe zu schließen und die Ressource Wasser nachhaltiger und umweltverträglicher zu nutzen. Auch das Sustainable Development Goal (SDG) 6 der Vereinten Nationen betont die Bedeutung des flächendeckenden Zugangs zu sauberem Wasser und sanitärer Grundversorgung.



Bild: Phil Dera/Helmholtz

„Wasser berührt nahezu jeden Bereich unseres Lebens – von unserer Gesundheit über die sichere Versorgung bis hin zu der Frage, wie und wo wir künftig leben werden. Die Forschung dazu bedeutet, Verantwortung für die Zukunft zu übernehmen: für stabile Ökosysteme, eine resiliente Wirtschaft und eine lebenswerte Gesellschaft. Um dieses komplexe Thema ganzheitlich anzugehen, vereinen wir bei Helmholtz interdisziplinäre Expertise, umfassende Daten und innovative Technologien.“

Martin Keller
Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft

Welchen Beitrag leistet Helmholtz?

Wir entwickeln Lösungen für ein verbessertes Wassermanagement und sorgen gleichzeitig dafür, dass die wertvolle Ressource in wichtigen Lebens- und Wirtschaftsbereichen nachhaltiger genutzt werden kann. Unsere Lösungen lassen sich zudem nicht nur in hoch entwickelten Ländern wie Deutschland einsetzen, sondern eignen sich auch für Länder des Globalen Südens, in denen Engpässe in der Wasserversorgung schon heute eine große Rolle spielen. Damit diese Lösungen optimal funktionieren, müssen wir den Wasserkreislauf als Ganzes allerdings noch besser verstehen.

In verschiedenen Modellregionen erforschen wir daher sowohl naturnahe als auch belastete Wasserkreisläufe. Mit diesem Wissen entwickeln wir intelligente Informationssysteme, Steuerungskonzepte, Reinigungstechnologien und Frühwarnsysteme. Dafür nutzen wir zahlreiche innovative Forschungsansätze, zum Beispiel neuartige digitale Simulationen, vernetztes Monitoring, auch per Satellit, und KI-gestützte Hochdurchsatzverfahren, etwa für Wasserproben.

Wir wollen mit unserer Forschung dazu beitragen, auch den ökologischen Zustand unserer Flüsse, Seen und des Grundwassers grundlegend zu verbessern. Dafür stimmen wir uns rege mit wichtigen Akteuren ab und stehen in engem Austausch mit Vertreter:innen des Naturschutzes, der Landwirtschaft, der Industrie, der Wasserversorgung, der Stadtentwicklung und beteiligen Bürger:innen über Citizen-Science-Projekte.

All diese Aktivitäten vereint Helmholtz in der Initiative „Wassersicherheit für Mensch und Umwelt im 21. Jahrhundert“. In ihr führen wir das Wissen, die Daten und die Hochleistungsgeräte unserer Zentren zusammen – und bieten so eine bundesweit einmalige Expertise.

13 Forschungszentren von Helmholtz sind an der Initiative beteiligt:

- Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)
- Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
- Forschungszentrum Jülich
- GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung
- Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR)
- Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung (HZI)
- Helmholtz-Zentrum Hereon
- Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Max Delbrück Center (MDC)
- Helmholtz Munich
- Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI)



Wassersicherheit für Mensch und Umwelt



Integriertes Wasserressourcen-Management (IWRM) in Zentralasien: Modellregion Mongolei (Bild: André Künzelmann/UFZ).

Unsere Forschungsaktivitäten bündeln wir in drei Schwerpunkt- und drei Querschnittsthemen. In den Schwerpunktthemen arbeiten wir an neuen fachlichen Erkenntnissen, während wir in den Querschnittsthemen innovative Forschungsmethoden entwickeln. In allen Schwerpunktprojekten arbeiten wir eng mit der Praxis zusammen. Dafür sorgen unsere Reallabore, „Solutions Labs“ genannt: Wir erforschen die Wasserkreisläufe in verschiedenen Modellregionen und testen dort unsere innovativen Lösungsansätze. Gleichzeitig möchten wir mit den „Solution Labs“ sowohl den Wissensaustausch als auch den Wissenstransfer mit Entscheidungsträger:innen aus Politik und Wirtschaft sowie der Zivilgesellschaft stärker fördern.

1. Solution Lab: Terrestrische Wasserkreisläufe



Verschiedene Gravimeter zur Bestimmung von Veränderungen der natürlichen Wasserspeicherung im TERENO-Observatorium in Nordostdeutschland, Standort „Serrahn“ (Bild: Marvin Reich/GFZ).

Wir wollen noch besser verstehen, welche Einflussfaktoren auf unsere Wasserkreisläufe wirken, und analysieren hierfür die Wasserkreisläufe in verschiedenen Modellregionen: einerseits in natürlichen Einzugsgebieten, in denen der Mensch nicht oder nur wenig eingreift, andererseits in Gebieten mit intensiver Nutzung. Diese Areale überwachen wir umfassend, sowohl satellitengestützt aus dem Weltall als auch durch unterirdische Messungen, um so das komplette Wasserbudget eines Gebiets und seine Schwankungen zu erfassen. Der Abgleich mit geologischen Archiven erlaubt dies auch im historischen Rückblick – über viele Tausend Jahre hinweg. Aus diesen Daten leiten wir Maßnahmen für ein verbessertes Wassermanagement ab, das die Bedürfnisse von Natur, Trinkwasserversorgung, Industrie und Landwirtschaft unter den Bedingungen des Klimawandels, der Energieversorgung und der Bevölkerungsentwicklung berücksichtigt.

2. Solution Lab: Urbane BlauGrünRote Wassersysteme



Gründächer können Regenwasser zurückhalten und durch Verdunstung Häuser kühlen (Bild: chuttersnap/Unsplash).

Städte verbrauchen besonders viel Wasser – und leiden zugleich verstärkt unter dem Klimawandel. Am Beispiel von Modellquartieren untersuchen wir deshalb, wie sich die Wasser- und Energiekreisläufe dort intelligenter steuern lassen. Dafür entwerfen wir Konzepte für eine neue Form der Stadtplanung: Sie kombiniert die Infrastrukturen von Wasser („blau“), städtischem Grün („grün“) und Energie („rot“). Parks dienen dann zum Beispiel auch als Speicher für Regenwasser, begrünte Dächer und Fassaden kühlen Häuser, Abwasser liefert ihnen zudem Wärme. Derartige Lösungen testen wir in verschiedenen Städten und an mehreren Helmholtz-Standorten. Dort untersuchen wir auch, wie wirksam diese Technologien sind, welche Kombinationen sich als sinnvoll erweisen – und wie sie sich auf andere Städte übertragen lassen.

3. Solution Lab: Wasserqualität



Abwasseranalysen weisen frühzeitig auf Veränderungen der Wasserqualität hin (Bild: Ivan Bandura/Unsplash).

Noch immer sind Deutschlands Flüsse und Seen sowie das Grundwasser zu stark mit problematischen Stoffen belastet, zum Beispiel mit Mikroschadstoffen und Plastikpartikeln, die sich nur sehr langsam abbauen, oder durch Arzneimittel und deren Rückstände, die bislang nicht vollständig aus dem Abwasser herausgefiltert oder in der Nutztierhaltung zurückgehalten werden können. Dazu kommen auch problematische Stoffe, die aus dem Boden hineingeschwemmt werden, etwa Pestizide von Äckern oder Nährstoffe aus der Düngung. Diese Belastungen sind ein Risiko für die Natur und unsere Gesundheit, deshalb müssen sie so weit wie möglich eingedämmt werden. Dafür untersuchen wir, wie Schadstoffe in den Wasserkreislauf gelangen und sich dort verbreiten. Außerdem erforschen wir die toxikologische Wirkung dieser Stoffe und analysieren, wie sich ihr Eintrag künftig verringern oder ganz vermeiden lässt. Hierfür entwickeln wir auch innovative Reinigungstechnologien, zum Beispiel für Mikroschadstoffe. Enge Partner sind für uns dabei die kommunalen Unternehmen zur Trinkwasserversorgung und Abwasserreinigung.

1. Querschnittsthema: Mikrobiom, Interaktion im Ökosystem, Datenanalysen

Unsere drei „Solution Labs“ untersuchen hochkomplexe ökologische Systeme mit einer Vielzahl an Einflussfaktoren, etwa Klima, Wetter, Temperatur, Verdunstung, Abfluss und Fließwege, Wasserqualität, Algen- und Bakteriengehalte sowie gleichzeitig die Bedarfe und Bedarfsschwankungen.

Unsere Forscher:innen müssen daher eine extrem hohe Zahl an Messwerten bearbeiten und zusammenführen. Wir entwickeln dafür die notwendigen innovativen Hochdurchsatzverfahren: Sie erlauben das zeitgleiche automatisierte Testen von vielen Tausend Wasserproben, etwa zum Screening von darin enthaltenen genetischen Informationen (Mikrobiom). Die so erhaltenen Datensätze analysieren wir auch mithilfe von künstlicher Intelligenz, außerdem verknüpfen wir sie so, dass Interaktionen innerhalb eines Ökosystems besser sichtbar werden – etwa wie sich der Wasserstand und die mikrobielle Biodiversität in einem Reservoir auf die Trinkwasserqualität auswirken.

Maschinelle Lernverfahren wie Deep Learning helfen uns zudem dabei, in den gewaltigen Datenmengen auffällige Muster und Merkmale zu erkennen. Mit deren Hilfe entwickeln wir Vorhersagemodelle und Warnsysteme. Zusätzlich nutzen wir Analysemethoden aus der Röntgenbildgebung, um damit neuartige Membranen zu untersuchen. Diese könnten künftig wertvolle Metalle aus Abwasser filtern.



UFZ-Wissenschaftler:innen beproben deutschlandweit Kleingewässer in Agrarlandschaften. Damit liefern sie wichtige Fakten für die Politik, wenn es um die Diskussion und Benennung von Grenzwerten beim Einsatz von Pestiziden in der Landwirtschaft geht (Bild: André Künzelmann/UFZ).

2. Querschnittsthema: Monitoring, Fernerkundung und Sensorik

Fabriken, Kläranlagen, Felder: Viele verschiedene Quellen nutzen Wasser und setzen Stoffe frei, die in den Wasserkreislauf gelangen können. Die Wasserqualität muss deshalb immer wieder geprüft werden, um Schäden für Natur und Gesundheit zu verhindern. Während aber punktuelle Einleitungen, etwa von Industrie und Siedlungen, leicht zu überwachen sind, ist der Eintrag von Schadstoffen durch die Landwirtschaft diffuser – und deshalb bislang durch Messprogramme schwerer zu erfassen.

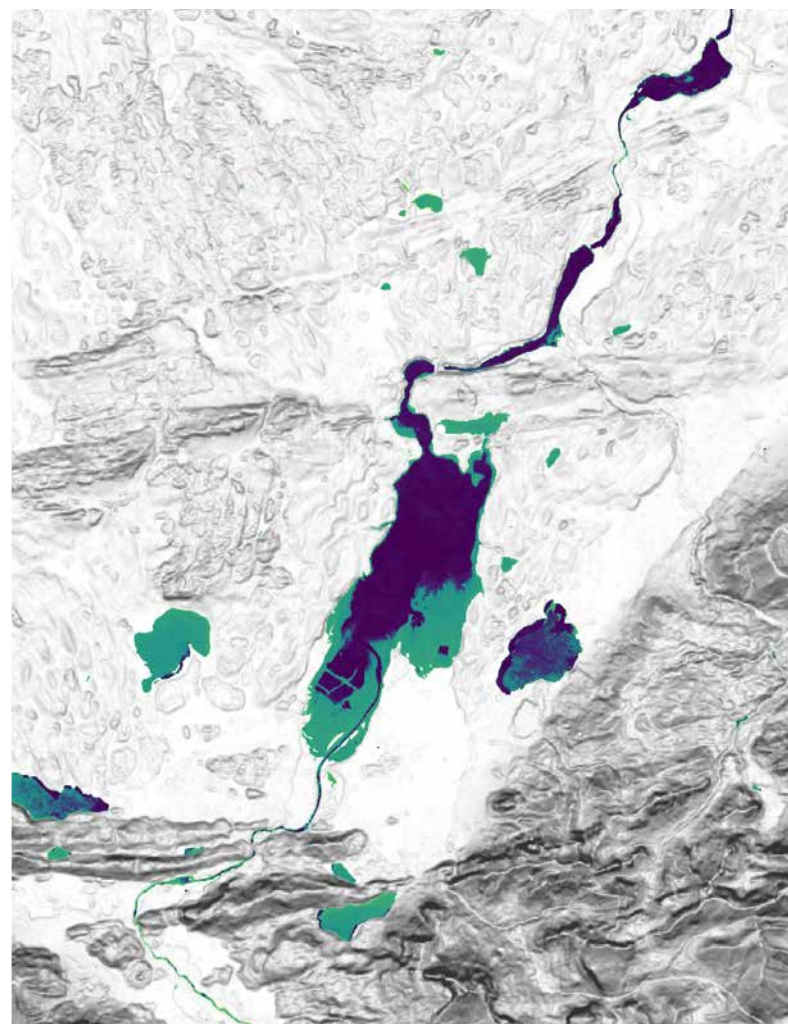
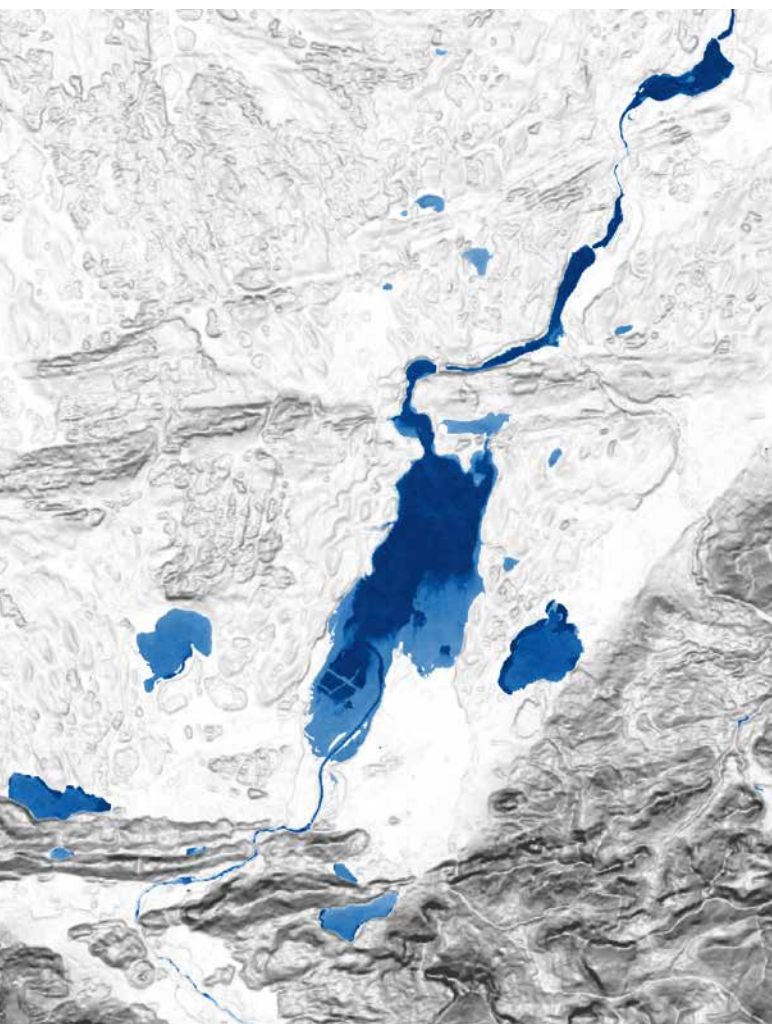
Wir entwickeln daher neuartige Monitoringsysteme: Mithilfe von Satelliten überwachen wir Gewässer und registrieren zum Beispiel Trübungen, Algenblüte und Verschmutzungen, auch über große Gebiete und lange Zeiträume. Zudem lassen sich durch diese Fernerkundung auch die Verteilung und die Vitalität von Pflanzen, Algen und anderen Organismen überwachen – wichtige Indikatoren für die Bewertung der Biodiversität und des ökologischen Zustands eines Gewässers. Zudem setzen wir hochmoderne Sensoren im Boden und in den Gewässern ein: Sie überwachen in Echtzeit den Wassergehalt im Boden und erfassen die Wasserqualität, indem sie zum Beispiel das Auftreten von Algenblüten registrieren und vollständige Tiefenprofile der Wasserqualität in Talsperren erstellen und messen.



Satelliten der GRACE-Missionen dokumentieren die Veränderungen des Schwerefelds der Erde und tragen damit zum besseren Verständnis der weltweiten Wasserressourcen bei (Bild: DLR).

3. Querschnittsthema: Datenanalytik und Informationstechnologie

Wir entwickeln digitale Modelle und Lösungen für den Wassersektor: Von uns gewonnene Daten fließen ein in innovative Simulationen und Frühwarnsysteme. Mit ihnen überblicken Behörden und Unternehmen zum Beispiel ihre Wasserressourcen in Echtzeit. Intelligent vernetzte Sensoren schlagen außerdem Alarm, wenn Engpässe oder Verunreinigungen im Wasserkreislauf drohen. In speziellen Simulationen (digitalen Zwillingen) können Kommunen bei Versorgungskrisen zusätzlich prüfen, wie sie Konkurrenzsituationen zwischen der Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser und dem Wasserbedarf von Industrie und Landwirtschaft vermeiden. Die wertvolle Ressource Wasser wird so effizienter genutzt, gleichzeitig werden unsere Versorgungssysteme robust für Krisenlagen. Die Digitalisierung des Wassersektors birgt allerdings auch Gefahren hinsichtlich des Datenschutzes und der Cybersicherheit. Auch diese Aspekte nehmen wir deshalb umfassend in den Blick.



Dargestellt sind Ergebnisse des „WaterDynamo“-Projekts des Deutschen Fernerkundungszentrums (DFD), einer DLR-Einrichtung. WaterDynamo erfasst und analysiert raumzeitliche Wasserdynamiken mithilfe von Satellitenfernerkundung und fortschrittlichen KI-Methoden. Der Ausschnitt zeigt den Forggensee in Bayern (Bilder: DLR-DFD; ESA).



Forschungsschiff ALBIS auf Probenahmefahrt auf der Elbe (Bild: André Künzelmann/UFZ).



Bild: Sebastian Wedding / UFZ

„Wir werden drei ‚Lösungslabore‘ in ausgewählten deutschen Modellregionen mit typischen Herausforderungen der Wassersicherheit für Mensch und Umwelt einrichten. Damit gehen wir neue Wege, um die Ergebnisse exzellenter Forschung gemeinsam mit Entscheidungsträgern aus Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft schneller als bislang in dringend benötigte, umsetzbare Lösungen zu überführen.“

Dietrich Borchardt
Hydrobiologe am UFZ und Sprecher der Initiative

The background of the entire page is an abstract image featuring a large, out-of-focus blue sphere on the left side, surrounded by numerous smaller, blurred circles in shades of blue and green, creating a bokeh effect.

Herausgegeben von:

Helmholtz-Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren e.V.
Anna-Louisa-Karsch-Str. 2
10178 Berlin

Kontakt:

Nicolas Tellner
Forschungsbereichsbeauftragter
Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr
Helmholtz-Gemeinschaft
Tel. +49 30 206 329-669
nicolas.tellner@helmholtz.de

Mehr Informationen unter:

www.helmholtz.de

Stand:

März 2026