

Unimagazin

11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover

Forschungsmagazin der Leibniz Universität Hannover
Ausgabe 03|04 • 2023



Jetzt
auch mobil
und online lesen.

<https://online-magazine.uni-hannover.de/>



Wasser

Vom Ressourcenschutz bis zu Extremereignissen



Ihre Karriere bei REMONDIS Aqua. Eine nachhaltig gute Entscheidung

Arbeiten im Namen der Zukunft – auch Ihrer eigenen. Als einer der größten Dienstleister für modernes Wassermanagement hat REMONDIS Aqua spannende berufliche Herausforderungen rund um die Themen kommunales und industrielles Wassermanagement zu bieten. Für Studierende genauso wie für Absolventen und erfahrene Ingenieure. Jetzt informieren und bewerben.



Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser,

ohne Wasser gibt es kein Leben – Wasser ist das zentrale Element, welches für alle Lebensbereiche relevant ist: die Versorgung der Menschen mit Wasser, sicheres Siedeln an Gewässern und Küsten sowie Umwelt- und Gewässerschutz. An der Leibniz Universität Hannover forschen ganz unterschiedliche Institute an diesen so vielfältigen Themen. So zum Beispiel das Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft, das Ludwig-Franzius-Institut, das Institut für Umweltpflege, das Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, das Institut für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung, das Institut für Bodenkunde sowie das Institut für Anorganische Chemie.

Die Forschungsaktivitäten der Leibniz Universität zu Themen wie Wasserknappheit oder Bedrohung durch Hochwasser haben auch dafür gesorgt, dass die Leibniz Universität im aktuellen Ranking des renommierten britischen Magazins „Times Higher Education“ ein Spitzenergebnis im Einzelranking „SDG 6 – Clean Water and Sanitation“ erzielte und weltweit den 34. Platz erreichen konnte. Im Vergleich zum Vorjahr ist dies noch eine deutliche Verbesserung des ohnehin schon guten Ergebnisses (aus dem Vorjahr Platz 76).

Im neuen Unimagazin geht es unter anderem um eine Wertschätzung von Wasser und seinen Ökosystemfunktionen wie zum Beispiel die Versorgung von Städten mit Wasser. Wie müssen die bestehenden Systeme umgebaut werden, um auch in Zukunft alle Bewohnerinnen und Bewohner ausreichend versorgen zu können? Konzepte wie das der „Schwammstadt“ oder der „Smart Water City“ können Sie in diesem Unimagazin nachlesen. Aber auch der Küstenschutz, der durch die Veränderungen des Meeresspiegels noch einmal mehr gefragt ist sowie urbane Flusseinzugsgebiete oder die wasserwirtschaftliche Planung von Seen werden dargestellt. Wie kann Wassermanagement auf Ackerböden funktionieren, und wie kann die Chemie – oft auch Verursacher von Verschmutzung und Verseuchung – dabei helfen, Wasser sauber zu halten oder sauber zu machen?

Die Dürren der vergangenen Sommer haben gezeigt, dass auch Niedersachsen die Klimafolgen für die Wasserwirtschaft im Auge behalten muss. Wassermangel gefährdet die Ökosysteme, und die Biodiversität leidet. Das gilt natürlich auch für Extremereignisse wie Überschwemmungen: Zum einen sind die Menschen und ihre Siedlungsräume in Gefahr, zum anderen werden durch reißende Fluten auch natürliche Ressourcen und Landschaften zerstört.

Sowohl das Zukunftslabor „Wasser“ als auch der Große Wellenkanal als eine der größten und bedeutendsten Forschungseinrichtungen im Offshore- und Küsteningenieurwesen weltweit, sind Leuchttürme der Forschung, wenn es darum geht, neue Lösungen zu finden und interdisziplinär sowie vernetzt innerhalb, aber auch außerhalb der Universitäten gemeinsam die Entwicklung der digitalen Wasserwirtschaft sowie den Küstenschutz voranzutreiben.



Viel Spaß beim Lesen

Prof. Dr. Volker Epping
Präsident der
Leibniz Universität Hannover

WASSER

Vom Ressourcenschutz bis zu Extremereignissen

Unimagazin

Forschungsmagazin der Leibniz
Universität Hannover • ISSN 1616-4075

Herausgeber

Das Präsidium der Leibniz Universität
Hannover

Redaktion

Monika Wegener (Leitung),
Dr. Anette Schröder

Anschrift der Redaktion

Leibniz Universität Hannover
Alumnibüro
Welfengarten 1
D-30167 Hannover

Anzeigenverwaltung/Herstellung

ALPHA Informationsgesellschaft mbH
Finkenstr. 10
D-68623 Lampertheim
Telefon: 06206 939-0
Telefax: 06206 939-232
Internet: www.alphapublic.de

Titelabbildungen

Von links oben nach rechts unten:
J.Tiede, pexels, picture alliance/Geisler-
Fotopress/Christoph Hardt, picture
alliance/abaca/Hubert Psaila Marie

Das Forschungsmagazin Unimagazin
erscheint zweimal im Jahr. Nachdruck
einzelner Artikel, auch auszugsweise,
nur mit Genehmigung der Redaktion.
Für den Inhalt der Beiträge sind die
jeweiligen Autoren verantwortlich.

Uwe Haberlandt | Anne Bartens |
Ronja Saskia Iffland

Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft

- 4 **Klimafolgen für die Wasserwirtschaft
in Niedersachsen**
Ein Projektbericht

Torsten Schlurmann et al.

Ludwig-Franzius-Institut

- 10 **Veränderungen des Meeresspiegels**
Unmittelbare Folgen, mittelfristige
Wirkungen und nachhaltige Maßnahmen
zur Anpassung

Tim Wenzel

Institut für Umweltplanung

- 14 **Wassermangel gefährdet Ökosysteme**
Die Biodiversität leidet unter der
Konkurrenz um Wasser

Torsten Schlurmann et al.

Ludwig-Franzius-Institut

- 18 **Küstenstädte unter Wasser**
Rückblick, Vorschau und Vorbereitung auf
Extremereignisse im Klimawandel

Maike Paul et al.

Ludwig-Franzius-Institut

- 22 **Widerstand zwecklos? Von wegen!**
Wie Pflanzen als Küstenschützer wirken

Jörg Dietrich

Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft

- 28 **Hochwasservorhersage und
effektive Warnung**
Die Überschwemmungen im
Erzgebirge (2002) und in der Eifel (2021)

Stephan Köster | Maike Beier

Institut für Siedlungswasserwirtschaft
und Abfalltechnik

- 34 **Erweitertes Schwammstadtkonzept**
Ausreichend Wasser
für eine lebenswerte Stadt

Maike Beier | Stephan Köster

Institut für Siedlungswasserwirtschaft
und Abfalltechnik

- 38 **Wasser in der Stadt**
Transformation städtischer Bestands-
quartiere

Jochen Hack

Institut für Umweltplanung

- 42 **Smart Water City**
Ein Projekt für Wasser, integrierte Stadt-
entwicklung und Klimaresilienz

Jochen Hack

Institut für Umweltplanung

- 48 **Urbane Flusseinzugsgebiete neu gedacht**
SEE-URBAN-WATER führt zu
Naturbasierten Lösungen

Jörg Dietrich | Zoë Bovermann |

Elahe Fallah Mehdipour

Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft

- 52 **Der Lago Laja in Chile**
Ein Beispiel für die multi-sektorale wasser-
wirtschaftliche Planung

Andreas Hahn | Inga Schneider

Institut für Lebensmittelwissenschaft und
Humanernährung

- 56 **Zur Qualität von Wasser**
Erläuterungen aus ernährungs-
physiologischer Sicht

Jetzt
auch mobil
und online lesen.

<https://online-magazine.uni-hannover.de/>



Georg Guggenberger | Norman Gentsch
Institut für Bodenkunde
60**Stickstoff- und Wassermanagement auf Ackerböden**
Zwischenfrüchte statt Winterbrache

Sebastian Polarz
Institut für Anorganische Chemie
64**CHEMIE und sauberes Wasser**
Einfach ein gutes Match

Alexander Schendel | Stefan Schimmels | Torsten Schlurmann
Ludwig-Franzius-Institut
68**Der neue Große Wellenströmungskanal (GWK+)**
Ein Plus für die Meeres- und Küstenforschung

Stephan Köster | Monika Sester
Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Institut für Kartographie und Geoinformatik
70**Zukunftslabor Wasser**
Kostbare Ressourcen managen – Ökosysteme nachhaltig nutzen

72**Personalia und Preise**

HAHNE HOLDING  hahneholdingjobs

Teamplayer?

Aufgepasst!
Unsere Angebote für Werkstudenten, Praktikanten und Minijobber!
Wir freuen uns auf deine Bewerbung unter
www.hahne-holding.de/jobs/aushilfe/

Klimafolgen für die Wasserwirtschaft in Niedersachsen

Ein Projektbericht

Durch den Klimawandel können verstärkt Hochwasser und Niedrigwasser auftreten.

Vom Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) wurde daher bereits im Jahre 2008 das Projekt „KliBiW“ initiiert, welches die Folgen dieser Extreme bis heute untersucht hat. Beteiligt waren neben der LUH, die TU Braunschweig, die Harzwasserwerke GmbH, das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie sowie die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

Zielgrößen	Ergebnisse aus dem Jahr	Emissions-Szenarien	Anzahl GCM+ RCM Ketten	Wirkmodelle
Niederschlag, Temperatur	2023	RCP8.5	6	--
Hochwasser	2017	SRES-A1B RCP 8.5	6 8	2 hydrologische Modelle
Niedrigwasser	2019	SRES-A1B RCP 8.5	6 14	1 statistisches Modell
Grundwasser	2023	RCP 8.5	5-8	2 statistische Modelle und ein ANN Ansatz

Einführung

Unter „Klimawandel“ wird die langfristige Veränderung von Temperatur und Wettergeschehen verstanden, welche hauptsächlich aus menschlichen Aktivitäten resultiert, insbesondere durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe. Veränderungen im Klima wirken sich auf den Wasserkreislauf aus und können zur Verstärkung der hydrologischen Extreme „Hochwasser“ und „Niedrigwasser“ führen. Ziel der Wasserwirtschaft ist es, Bedarf und Dargebot in möglichst gute Übereinstimmung zu bringen. Dies betrifft insbesondere den Schutz vor Hochwasser und den Ausgleich in Niedrigwasserzeiten.

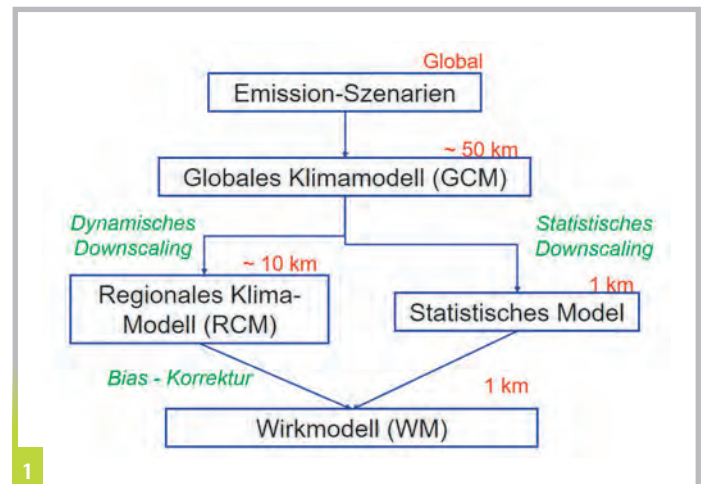
Die globale Zunahme der Temperatur ist unumstritten. Diese führt zu einer Intensivierung des Wasserkreislaufes, welches zunächst Auswirkungen auf Niederschlag und Verdunstung hat und schließ-

lich das Abflussregime beeinflusst. Die hydrologischen Reaktionen werden von vielen regionalen Faktoren beeinflusst und sind sehr komplex. Für eine bessere Planung der zukünftigen Wasserbewirtschaftung in Niedersachsen wurde deshalb vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) im Jahre 2008 ein Projekt zur Untersuchung der Klimafol-

gen für die Wasserwirtschaft im Binnenland unter dem Namen „KliBiW“ initiiert. Das Projekt wurde inzwischen mit Pausen in mehreren Phasen bis heute fortgeführt. Untersucht wurden Einflüsse des Klimawandels auf das Wettergeschehen, auf Hochwasser, auf Niedrigwasser und zuletzt auf die Grundwasserstände. Bisher beteiligte Institutionen waren der NLWKN, die Leibniz Universität Hannover, die

Tabelle 1
Datenübersicht
Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 1
Modellkette für die Projektion und Analyse von Klimaänderungen
Quelle: eigene Darstellung



TU Braunschweig, die Harzwasserwerke GmbH, das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie sowie die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

Methodik & Daten

Um den Einfluss des Klimawandels auf regionale und lokale Verhältnisse zu untersuchen, wird gewöhnlich eine Kette von Modellen verwendet (Abb. 1). Ausgangspunkt sind globale Emissionsszenarien in welchen Annahmen über den zukünftigen Ausstoß an Treibhausgasen gemacht werden. Diese bilden die Randbedingungen für die Simulation des globalen Klimas mit Globalen Klimamodellen (GCM), welche mit einer räumlichen Auflösung von inzwischen bis zu 50 Kilometern arbeiten. Um Aussagen für eine bestimmte Region zu bekommen, erfolgt dann mit den GCM als Randbedingung eine Simulation mit regionalen Klimamodellen (RCM) mit räumlichen Auflösungen von ungefähr 10 Kilometern. Neben diesem sogenannten dynamischen Downscaling kann auch ein statistisches Downscaling erfolgen, um die lokalen Klimavariablen Niederschlag, Temperatur, Strahlung usw. zu erhalten.

Zur Validierung der Klimamodelle kann man die lokal simulierten Variablen mit beobachteten Variablen für einen Referenzzeitraum in der Vergangenheit vergleichen. Häufig wird dabei ein systematischer Fehler – ein Bias – festgestellt, den man mit einer Bias-Korrektur entfernen kann. Für Simulationen in der Zukunft muss man dann davon ausgehen, dass dieser Bias stationär ist, das heißt genauso auch in der Zukunft auftritt.

Mit den lokal simulierten und Bias-korrigierten Variablen kann schließlich ein Wirkmo-

dell betrieben werden, um die hydrologischen Reaktionen zu ermitteln. Diese Wirkmodelle

1981 bis 2010), b) die nahe Zukunft von 2021-2050 und c) die ferne Zukunft von 2071-2100.

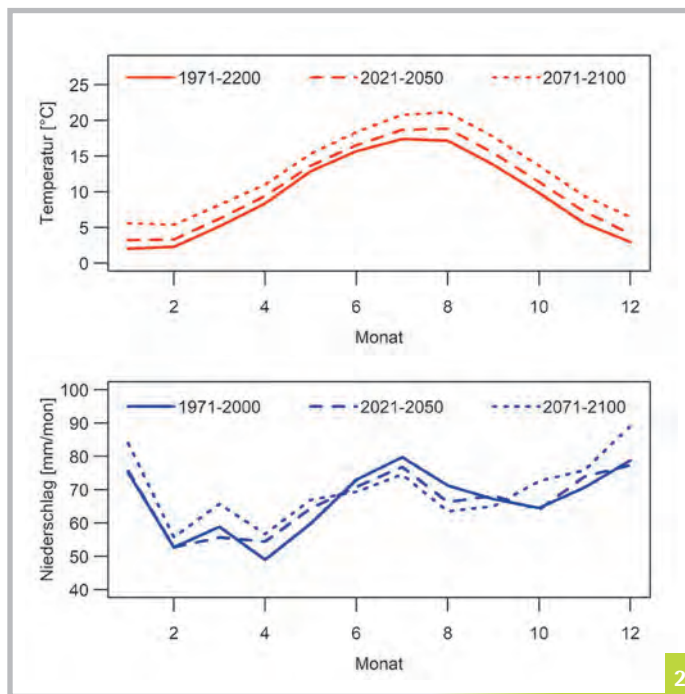


Abbildung 2
Mittlere monatliche Temperaturen und Niederschläge für drei Klimazeiträume gemittelt über sechs Klima-Modellketten exemplarisch für das obere Einzugsgebiet der Ems im westlichen Niedersachsen
Quelle: eigene Darstellung

können deterministischer oder stochastischer Natur sein oder auch aus Softcomputing-Ansätzen wie zum Beispiel künstlichen Neuronalen Netzen (ANN) bestehen. Trotz der erfolgten Bias-Korrektur haben alle Modelle und somit auch die Zukunftsprojektionen Unsicherheiten. Aus diesem Grund wird gewöhnlich ein Ensemble von Modellen verwendet, um eine Bandbreite an möglichen Ergebnissen zu bekommen. Umso eher die Modelle in ihren Aussagen übereinstimmen, umso mehr kann man den Projektionen vertrauen.

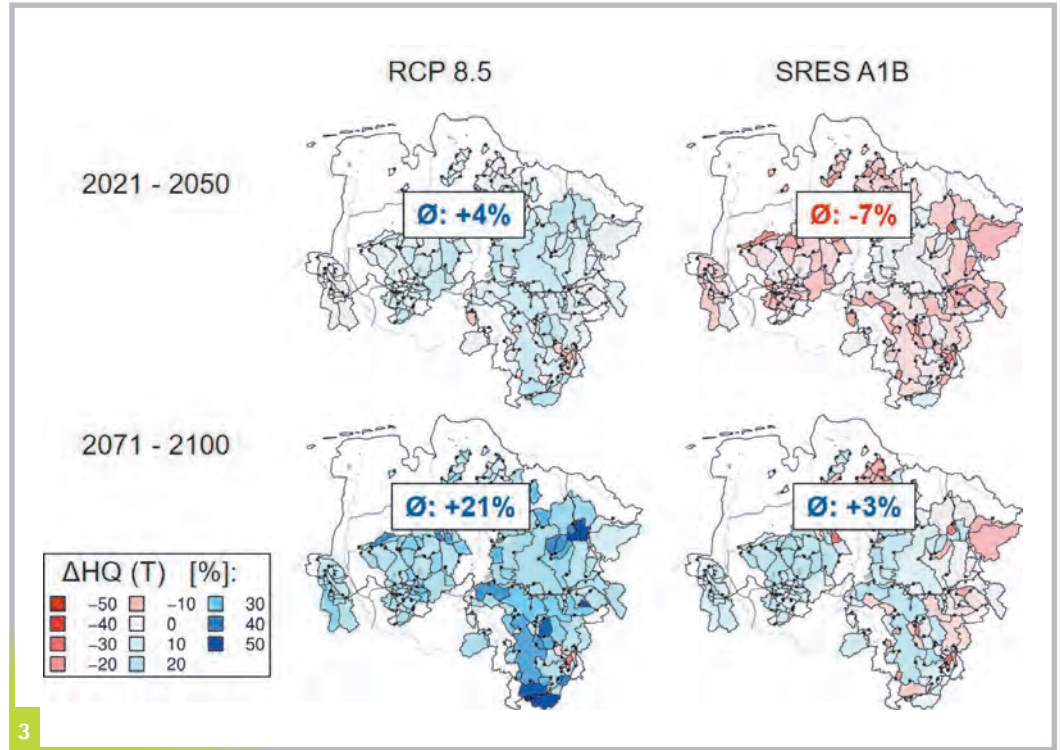
Die Tabelle 1 zeigt eine grobe Übersicht der verwendeten Daten und Modelle, für die hier beispielhaft Ergebnisse präsentiert werden. Sämtliche Daten stehen kontinuierlich in einer täglichen zeitlichen Auflösung zur Verfügung. Es wurden drei Klimazeiträume für die Simulation unterschieden: a) die Vergangenheit von 1971-2000 (beim Grundwasser von

Ausgewählte Ergebnisse

Für die Temperatur sind deutliche Zunahmen homogen für ganz Niedersachsen und ausgeglichen über das gesamte Jahr prognostiziert (Abb. 2, oben). Die Veränderung des Niederschlages ist dagegen räumlich variabel. Typisch für viele Regionen sind jedoch die saisonalen Verschiebungen: mehr Niederschlag im Winter und weniger im Sommer (Abb. 2, unten).

Die Änderungen der Hochwasserabflüsse sind verglichen mit denen der Klimavariablen räumlich viel stärker inhomogen, da hier zusätzlich die Eigenschaften der Flusseinzugsgebiete eine Rolle spielen (Abb. 3). Die Bandbreite der Reaktionen ist groß. Es gibt sowohl Zunahmen als auch Abnahmen. Für die ferne Zukunft zeichnet sich jedoch im Mittel eine Zunahme der Hochwasser ab.

Abbildung 3
Mediane Änderungen des 100 jährlichen Hochwassers (HQ100) berechnet mit zwei hydrologischen Modellen basierend auf zwei Emissionsszenarien und 14 Klimamodellketten für zwei Zukunftszeiträume und 173 Flusseinzugsgebiete in Niedersachsen sowie durchschnittliche Werte für alle Gebiete.
Quelle: NLWKN (2017)



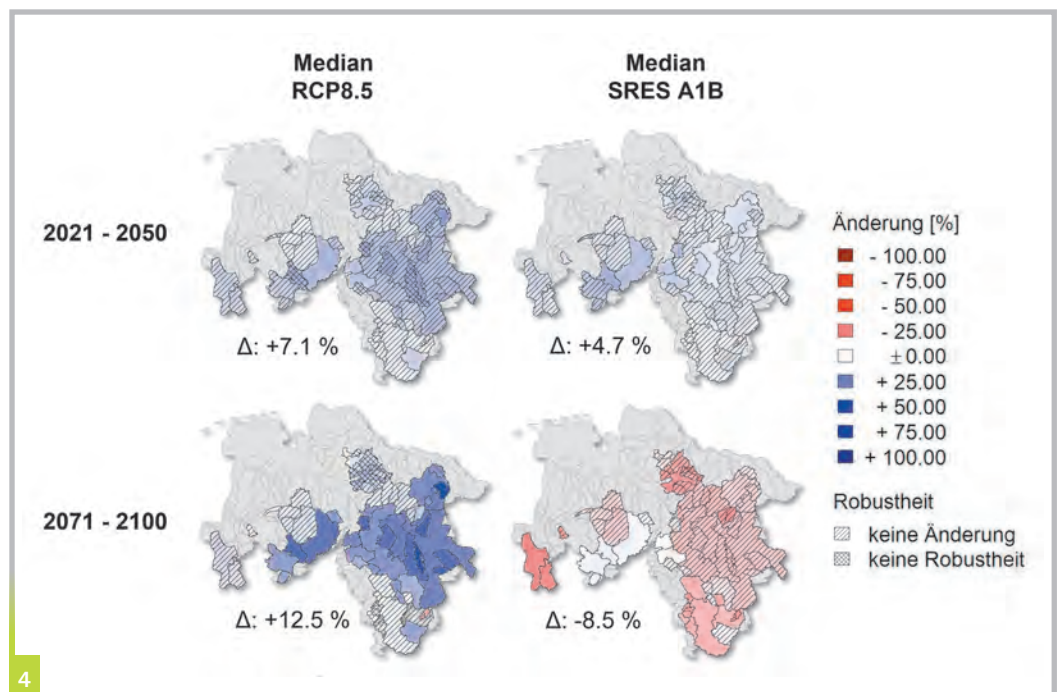
Ein eher unerwartetes Ergebnis zeigt sich für die Niedrigwasserabflüsse mit überwiegend zunehmenden Abflüssen in der Zukunft (Abb. 4).

Eine Ursache könnte in der Umverteilung der Niederschläge in die Wintermonate

liegen, welches zur erhöhten Grundwasserneubildung führt, die dann im Sommer eine Niedrigwasseraufhöhung bewirkt. Allerdings ist zu erkennen, dass bei dieser Projektion die Signifikanz gering und die Unsicherheit sehr hoch ist.

Die Projektion der zukünftigen Grundwasserstände zeigt ebenfalls ein stark regions- und modellabhängiges Ergebnis (Abb. 5). Insgesamt ist eine Abnahme der Grundwasserstände festzustellen, insbesondere im Süden von Niedersachsen (Börden und Berg-

Abbildung 4
Mediane Änderungen des jährlichen Niedrigwasserabflusses (MN7Q = kleinster mittlerer Abfluss an sieben aufeinander folgenden Tagen) berechnet mit einem statistischen Modell basierend auf zwei Emissionsszenarien und 20 Klimamodellketten für zwei Zukunftszeiträume und 162 Flusseinzugsgebiete in Niedersachsen sowie durchschnittliche Werte für alle Gebiete. Schraffierte Gebiete zeigen keine signifikante Änderung, doppelt schraffierte Gebiete sind stark unsicher.
Quelle: NLWKN (2019)



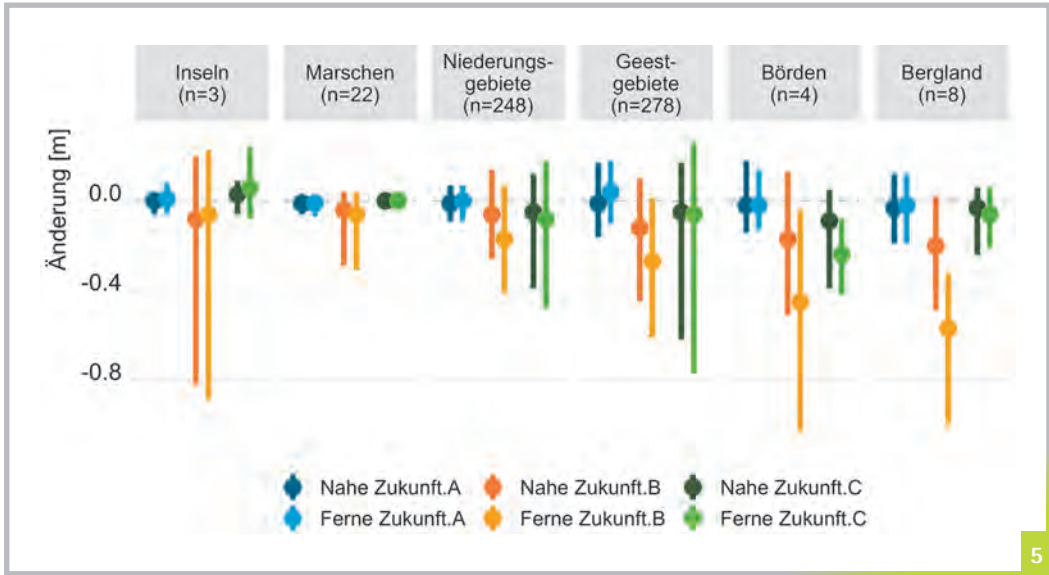


Abbildung 5 Mittelwerte und Spannweite der Änderungen des Jahrestiefstandes des Grundwassers berechnet mit drei Wirkmodellen (A, B, und C) basierend auf dem Emissionsszenario RCP8.5 und 8 Klimamodellketten für A und B sowie 5 Ketten für C. Die Anzahl n der Grundwassermessstellen in Niedersachsen ist über die drei Modelle gemittelt. Die Zukunftszeiträume sind: Nahe Zukunft = 2021-2050 und Ferne Zukunft = 2071-2100. Quelle: NLWKN (2023)

land), wobei hier jedoch nur sehr wenig Messstellen zur Verfügung stehen. Für den Großteil der Messstellen in Niedersachsen (Niederungs- und Geestgebiete) sind die Änderungen im Mittel über alle Modelle und die beiden Zeiträume eher gering.

Aus diesen Untersuchungen kann geschlussfolgert werden, dass sich die Hochwassersituation in der Zukunft sehr wahrscheinlich verschärfen

wird. Beim Grundwasser ist dagegen lediglich mit einer leichten Absenkung zu rechnen. Für die Niedrigwasserabflüsse sind keine eindeutigen Aussagen ableitbar. Grundsätzlich ist festzustellen, dass die räumliche Variabilität der Änderungen für die unterschiedlichen hydrologischen Größen und die Unsicherheit der Prognosen hoch ist und das Ergebnis stark vom gewählten Emissionsszenario abhängt. Es sind re-

gelmäßig Updates der Projektionen notwendig, sobald neue Daten von den Klimamodellen verfügbar werden.

Aus Platzgründen konnte hier leider kein Literaturverzeichnis angegeben werden. Die Ergebnisse der KliBiW Projekte sind in Berichtsform mit ausführlichen Literaturzitierten hier abrufbar: <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/klibiw/das-projekt-klibiw-104191.html>



Prof. Dr.-Ing. Uwe Haberlandt ist Leiter des Instituts für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Modellierung und Prognosen von Hochwasser, Niedrigwasser und Niederschlag. Kontakt: haberlandt@iww.uni-hannover.de



Dr.-Ing. Anne Bartens ist PostDoc am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie. Sie beschäftigt sich mit statistischen Analysen von Hoch- und Niedrigwasser. Kontakt: bartens@iww.uni-hannover.de



Ronja Saskia Iffland, M.Sc. ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie. Ihr Arbeitsschwerpunkt sind statistische Untersuchungen von Grundwasserständen in Bezug auf Klimaveränderungen. Kontakt: iff-land@iww.uni-hannover.de

Klimaschützer*innen gesucht!



Landesamt für
Bergbau, Energie
und Geologie

Wir suchen:

- Agrarwissenschaftler*innen
- Bergbauingenieur*innen
- Bodenkundler*innen
- Geograf*innen
- Geowissenschaftler*innen
- Markscheider*innen
- Rechtswissenschaftler*innen
- Verwaltungsangestellte etc.

Außerdem bieten wir **studentische Praktika** und **Referendariate** an sowie **Ausbildungen** zu Beflissenen im **Bergbau/Markscheidewesen**.

Einfach online informieren und
direkt bewerben!



Nachhaltige
Jobs mit
Zukunft

www.lbeg.niedersachsen.de

Arbeitgeber
Niedersachsen



Gemeinsam mit uns die Zukunft gestalten

- Hydraulik-Simulation und -Optimierung
- Asset Management
- Softwareentwicklung

in den Bereichen Wasser, Wärme & Kälte, H₂

Du bist interessiert?

Dann schau doch mal vorbei: www.3sconsult.de

Kompetente Beratung und exzellente Software seit 1986 — Dresden | Garbsen | Karlsruhe | München

3S Consult



ABWASSERENTSORGUNG
SALZGITTER GmbH

Die ASG Abwasserentsorgung Salzgitter GmbH ist für die Abwasserentsorgung in Salzgitter (ca. 107.000 Einwohner/-innen) verantwortlich.

Wir suchen zum nächstmöglichen Zeitpunkt für unser Team "Planung und Bau"

- **EINE BAUINGENIEURIN/EINEN BAUINGENIEUR (M/W/D)
FACHRICHTUNG SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT**
- **Die Stelle ist mit Entgeltgruppe 11 TVöD bewertet.**

Die Stellenausschreibung mit Informationen zu den Stellen, den Anforderungsprofilen und den Bewerbungsfristen finden Sie im Internet unter:

www.asg-sz.de



Für jeden guten Start gibt es den richtigen Moment.

Mit einem Praktikum, einer Werkstudierendentätigkeit oder einem Traineeprogramm: In der NORD/LB startest du immer in einem Berufsumfeld, das in seiner Dynamik und seinem Leistungsumfang beste Perspektiven eröffnet. Weitere Infos unter: www.nordlb.de/karriere

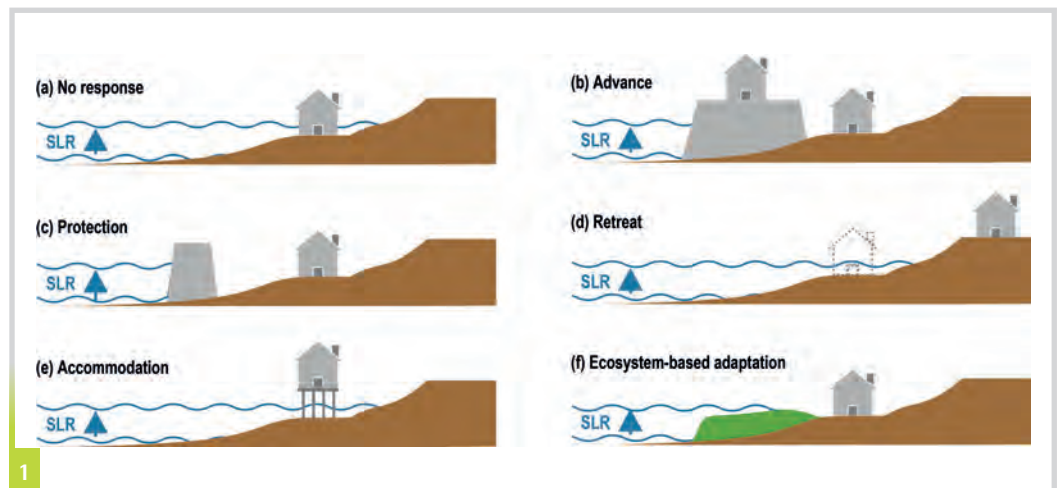


Veränderungen des Meeresspiegels

Unmittelbare Folgen, mittelfristige Wirkungen und nachhaltige Maßnahmen zur Anpassung

Der Meeresspiegelanstieg und seine Folgewirkungen stellen Küstengemeinden in der Gegenwart und für die kommenden Jahrzehnte vor erhebliche Herausforderungen.

Wissenschaftler*innen des Ludwig-Franzius-Instituts stellen den aktuellen Stand der Forschung zu den Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs sowie potenziellen Anpassungsstrategien vor.



Der Klimawandel schreitet uneingeschränkt und mit schwerwiegenden Konsequenzen voran. Es ist nachgewiesen, dass menschliche Aktivitäten die globale Erwärmung verursachen und weiter vorantreiben. Natürliche Prozesse und Stressoren wurden verstärkt und werden bei uneingeschränkten CO₂-Emissionen weiterhin angefacht. Die unmittelbaren Folgen bewirken dabei nicht nur Veränderungen in der Atmosphäre, in der Kryosphäre und Biosphäre, sondern es werden Auswirkungen im Ozean und an den Küsten bereits heute beobachtet, die sich mittelfristig deutlich intensivieren werden.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, muss nicht nur die Wahrnehmung für diese Veränderungen erhöht und das Verständnis für die Folgen des Meeresspiegelanstiegs verbessert werden. Es

muss dazu auch ein breites gesellschaftliches Bewusstsein über die mittelfristigen Wirkungen geschaffen und Handlungswissen für nachhaltige Maßnahmen zur Anpassung der Küsten bereitgestellt werden. Denn seit der Mensch begonnen hat, Küsten, Inseln oder Flussmündungen zu besiedeln, versucht er, sich vor der Kraft des Meeres zu schützen und gleichzeitig die sich ihm bietenden Ressourcen zu nutzen und Lebensräume zu erschließen. Die heute weithin bekannten unmittelbaren Folgen des Klimawandels spiegeln sich in Wetter- und Klimaextremen wider – zum Beispiel Extremtemperaturen, Dürren und Überflutungen in allen Regionen der Welt – und führen unweigerlich zu steigenden Verlusten und Schäden für Mensch und Natur. Noch weitreichendere Verluste

werden infolge des Anstiegs des Meeresspiegels erwartet, der als unmittelbare Folge des globalen Klimawandels zahlreiche Effekte im Küstenraum nach sich zieht.

Diese Entwicklungen verlangen sowohl eine höhere gesellschaftliche und politische Aufmerksamkeit als auch sorgfältig untersuchte und nachhaltige Reaktionen. Für den langfristigen Erhalt des Lebens- und Wirtschaftsraums bei gleichzeitigen Effekten aus Verstädterung und Bevölkerungswachstum stellen sich Fragen, wie ein zukünftiger Schutz der Küsten gewährleistet werden kann, welche Folgen konkret zu erwarten sind und wie sich die Lebensgrundlagen in flachen Küstengebieten in welchen Zeiträumen verändern werden. Beratungen und Entscheidungsprozesse müssen

Abbildung 1
Grundlegende Strategien zur Anpassung an den Meeresspiegelanstieg.
Quelle: Oppenheimer et al. (2019): *Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities*. In H.-O. Pörtner et al. (Hrsg.), *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, Cambridge University Press

dabei alle denkbaren Optionen der Anpassung exponierter Küsterräume vorausschauend ausloten (s. Abb. 1). Damit geht ein Paradigmenwechsel im Küstenschutz einher und grundsätzliche Lösungsansätze und Strategien werden zum Beispiel auf sogenannten Anpassungspfaden aufgestellt, um so mit Blick auf zukünftige Entwicklungen rechtzeitig den Finanzierungsrahmen zur Neuausrichtung von Anpassungszielen oder zur Verbesserung von Schutzniveaus zu diskutieren. Dazu kommen alternative Ansätze des gezielten Rückzugs aus exponierten Gebieten oder des weichen beziehungsweise ökosystembasierten Küstenschutzes, die vielfach zusätzliche Vorteile mitbringen, aber teilweise noch belastbare Wirkungsnachweise erfordern.

Dass der Meeresspiegelanstieg küstennahe Megacities, dicht besiedelte Küstengebiete, ungeschützte Flussmündungen und exponierte kleine Inselstaaten gefährdet, ist hinlänglich bekannt. Absolut ist der Meeresspiegel zwischen 1901 und 2018 global im Mittel um circa 25 Zentimeter gestiegen, davon allein zwischen 1971 und 2018 um etwa 15 Zentimeter. Es ist nachgewiesen, dass es niemals größere Raten des Meeresspiegelanstiegs gab und dieser eine unmittelbare Folge des menschengemachten Klimawandels ist. Die treibenden Faktoren des Meeresspiegelanstiegs liegen einerseits in der thermalen Expansion des Wasserkörpers infolge der Erwärmung der Atmosphäre und andererseits in der Massenzunahme des Ozeans durch das Abschmelzen von Gletschern, vor allem auf Grönland und in der Antarktis. Die Anstiegsraten betragen heute global im Mittel mehr als vier Millimeter pro Jahr – Tendenz steigend (s. Abb. 2), was eine Beschleunigung des Anstiegs darstellt.

Seit Anfang der 1990er Jahre belegen Satellitenbeobachtungen, dass erhebliche regionale Unterschiede in der Veränderung des Meeresspiegels in den Weltmeeren vorherrschen. Ein breit verteiltes Netz von Messstationen erfasst seither die Veränderungen kontinuierlich, um die Prozesse dahinter besser zu verstehen und Projektionen zukünftiger Entwicklungen daraus abzuleiten. Der auf diese Weise be-

folgt hat und sich mit dem absoluten Anstieg des Meeresspiegels überlagert.

Die Entwicklung des Meeresspiegelanstiegs in der Zukunft ist direkt mit den globalen Treibhausgasemissionen und dem damit verbundenen Temperaturanstieg verknüpft. Falls die Emissionen ungebremst weiter wie bisher zunehmen, muss mit 60 bis 110 Zentimetern Anstieg bis Ende

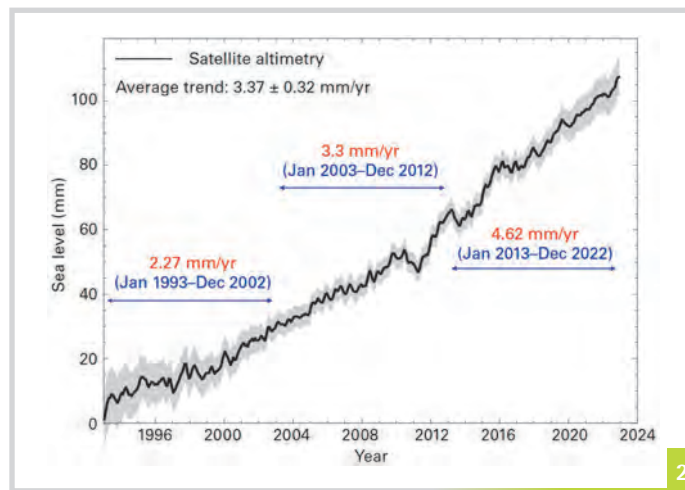


Abbildung 2
Gemittelter globaler Meeresspiegelanstieg [in Millimetern] zwischen 1993–2022 sowie dessen Unsicherheitsbänder (grau) und die beobachteten jährlichen Anstiegsraten in drei aufgezeigten Zeiträumen (linear fitting).
Quelle: World Meteorological Organisation (2023): State of the Global Climate 2022

obachtete Anstieg überlagert sich mit natürlichen Schwankungen des Meeresspiegels, so dass dieser regional auch kurzzeitig abnehmen kann, zum Beispiel beeinflussen El-Niño- und La-Niña-Phänomene die regionale Ozeanerwärmung und prägen sich auf den Meeresspiegel aus. Der sogenannte postglaziale isostatische Ausgleich (GIA) bewirkt wiederum langfristige Hebungen beziehungsweise Senkungen der Landflächen an den Küsten, die während der letzten Eiszeiten von Inlandeis bedeckt waren, sodass der Meeresspiegel auch relativ abnehmen kann, zum Beispiel in Skandinavien. In vielen Küstenmetropolen nimmt der relative Meeresspiegelanstieg wiederum drastisch zu, da anthropogene Nutzungen, wie Grundwasserentnahme zur Trinkwasserbereitstellung, ein Absinken der Landflächen zur

dieses Jahrhunderts gerechnet werden. Sofern die Erwärmung dem Paris-Szenario entsprechend auf deutlich unter zwei Grad Celsius begrenzt wird, müssen wir im Vergleich zu heute immer noch von einem zusätzlichen Anstieg im globalen Mittel von 30 bis 60 Zentimetern bis 2100 ausgehen. Wichtig zu beachten ist, dass der Meeresspiegel über das Ende dieses Jahrhunderts noch lange Zeit weiter ansteigen wird, auch wenn die gesetzten Klimaschutzziele zwischenzeitlich erreicht wurden. Der IPCC-Sonderbericht über den Ozean und die Kryosphäre in einem sich wandelnden Klima (SROCC) projiziert einen möglichen maximalen Anstieg um bis zu 5,40 Meter bis zum Jahr 2300 infolge ungehinderter Treibhausgasemissionen. Indes ist klar, dass Ausmaß und Beschleunigung des Meeres-

spiegelanstiegs insbesondere davon abhängen, wie sich die Änderungen der kontinentalen Eisschilde in Grönland und der Antarktis entwickeln. Auch wenn wir in den nächsten Jahren das viel zitierte 1,5°C-Ziel zur Eindämmung der Klimaerwärmung einhalten, wird der Meeresspiegel global im Mittel trotzdem weiter steigen und gegenüber heute die Marke von +2,0 Metern in 2300 erreichen.

teils in den Küstenräumen Asiens und Afrikas liegen. Die Steigerung des Bewusstseins über diese Veränderungen und die Notwendigkeit der Anpassung und langfristigen Transformation dieser exponierten Räume sind demnach unabdingbar.

Als mittelfristige Wirkung des Meeresspiegelanstiegs werden häufigere Extremwasserstände durch Sturmfluten erwar-

passte Schutzvorkehrungen zu erheblichen Schäden und unweigerlichen Verlusten führen.

Auch die Gezeitendynamik im Küstenmeer und in den angrenzenden Flussmündungen wird sich mittelfristig verändern. Es ist nachgewiesen, dass die Amplituden der halbtäglichen M2-Tide bei einem Meeresspiegelanstieg von etwa 80 Zentimetern in der

Abbildung 3
(A) Darstellung der jährlichen Investitionen in den Küstenschutz an der Küste von Mecklenburg-Vorpommern zwischen 1990 und 2018. (B) Aufspülmenge in Tausend Kubikmetern zwischen 1964 und 2018.
Quelle: Tiede et al. (2023): Long-term shoreline changes at large spatial scales at the Baltic Sea: remote-sensing based assessment and potential drivers. *Frontiers in Marine Science*, 10:1207524

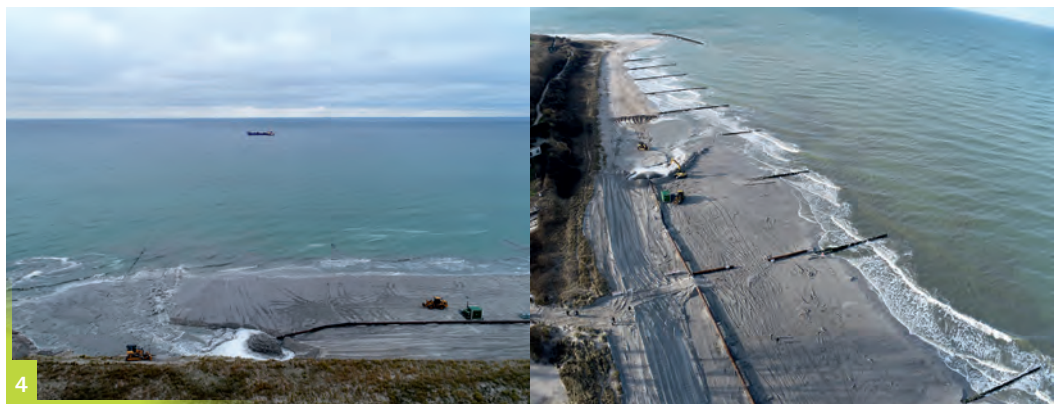
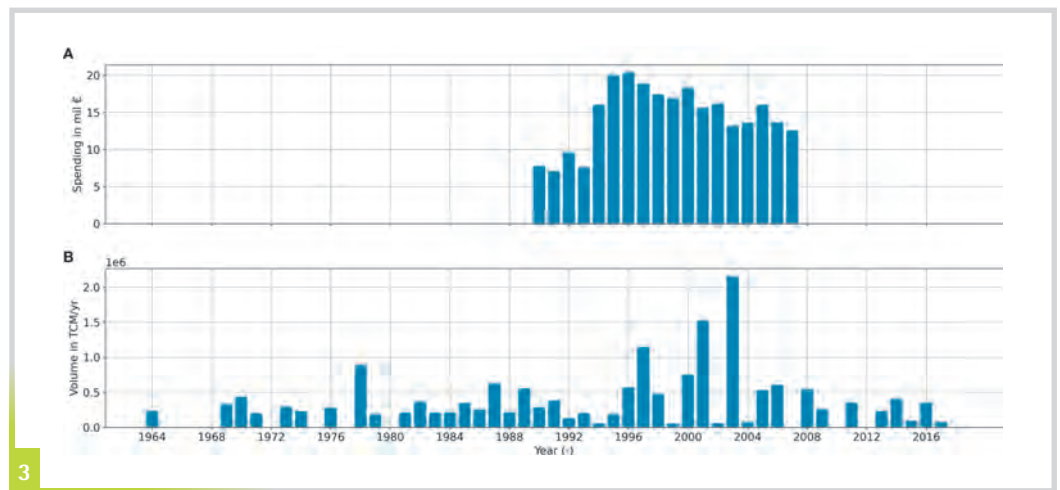


Abbildung 4
Untersuchte Sandaufspülung im Forschungsprojekt ECAS-Baltic bei Ahrenshoop, Ostsee.
Fotos: J. Tiede

Zeitgleich nehmen Nutzungs- und Besiedelungsdruck an den Küsten zu: Im Jahre 2030 werden weltweit circa eine Milliarde Menschen in Küstenniederungen leben. Und schon 30 Jahre später werden es 1,5 Milliarden Menschen in küstennahen Megacities und stark urbanisierten, dicht besiedelten Räumen sein. Jeder vierte Mensch wird dann in Megacities leben, die größten-

tet, das heißt Hochwasser, die bisher statistisch einmal in 100 Jahren aufgetreten sind, wiederholen sich deutlich häufiger, zum Beispiel mit einer 10- oder 20-jährlichen Auftretenswahrscheinlichkeit. Im Umkehrschluss werden neue 100-jährliche Extreme mit weit höheren Wasserständen an den Küsten auftreten und ohne rechtzeitig hergestellte beziehungsweise ange-

Deutschen Bucht um etwa 20 Zentimeter ansteigen werden, was wiederum zu einer Veränderung der Tidenströmungen führt und beispielsweise eine sogenannte Flutstromdominanz der angrenzenden Flüsse wie Elbe und Weser verstärken kann. Die dadurch verursachte Ungleichheit zwischen Sedimenteintrag und -austrag zieht einen erhöhten Bedarf an Baggerungen in den

Seehäfen nach sich und ist nur ein Beispiel der nachgewiesenen kausalen Verkettung von Prozessen mit schwerwiegenden Effekten auf den Lebens- und Wirtschaftsraum.

Ein Paradigmenwechsel im Küstenschutz hilft ferner bei der Anpassung an die bereits heute beobachteten und projizierten Veränderungen der Küste. Die in *Abbildung 1* vom IPCC aufgezeigten Strategien zur Anpassung an den Meeresspiegelanstieg fordern ein Umdenken zur Sicherung der Küsten und erweitern den Katalog möglicher Maßnahmen kategorisch. Konventionelle Küstenschutzwerke bieten immer ein für den jeweiligen Bemessungsfall hinreichendes Schutzniveau, erreichen jedoch vor dem Hintergrund des Meeresspiegelanstiegs deutlich schneller als ursprünglich angesetzt ihr Lebensende. Bestehende Küstenschutzwerke verlieren ihre Wirksamkeit ab einem gewissen Meeresspiegelanstieg und bieten darüber hinaus nur wenige Ökosystemleistungen. Vor diesem Hintergrund gewinnt der weiche Küstenschutz in den letzten Jahrzehnten in Mitteleuropa und in den USA als sogenannte Sandersatzmaßnahme an Bedeutung und ist derzeit die favorisierte Strategie der Anpassung. Aufspülungen von Sand am Strand und im Küstenvorfeld sind flexibel einsetzbar und werden zugleich als ökologisch vorteilhaft angesehen. Allerdings ist auch Sand eine endliche Ressource, die weltweit stark nachgefragt ist und künftig noch knapper werden wird. Diese Entwicklung wirft die Frage auf, welche Maßnahmen langfristig und nachhaltig Sicherheit in Küstengebieten bieten können (s. *Abb. 3*).

Es ist offenkundig, dass sowohl die Exposition als auch der Nutzungs- und Besiedlungsdruck in Küstenregionen

infolge konkurrierender Aktivitäten und Ansprüche steigen. Dies führt zu kontroversen Diskussionen und Regulierungen im Kontext des Schutzes und der nachhaltigen Nutzung von Küstenregionen. Ohne die erfolgreich implementierte Anpassung der Küsten wird es zukünftig zu wesentlich stärkeren Schäden und Verlusten sowie zu Konflikten und Gerechtigkeitsfragen kommen, die bislang politisch, rechtlich und gesellschaftlich – vor allem in Europa – zu wenig diskutiert werden.

Indes wird die unbestritten notwendige Anpassung des Küstenraums an den projizierten Meeresspiegelanstieg auch in Deutschland medial und politisch weitgehend ausgeblendet. Dialoge, ob getroffene Maßnahmen überhaupt ausreichend oder weitere auszuführen sind, fehlen weitgehend. Stattdessen findet eine Trivialisierung statt, die in populistischen Empfehlungen mündet, zum Beispiel „...die Deiche müssen erhöht werden!“, was mit Blick auf die komplexen und vielschichtigen Fragestellungen im Küstenraum viel zu kurz greift. Erstrebenswert sind hingegen breit angelegte, wissenschaftlich fundierte Debatten, die angesichts kommender Herausforderungen die notwendigen Anpassungsziele und daraus abzuleitenden Strategien und Maßnahmen sachlich diskutieren und Handlungsempfehlungen formulieren.

→ Weiterführende Infos:



Prof. Dr.-Ing. habil. Torsten Schlurmann

seit 2007 Geschäftsführender Leiter des Ludwig-Franzius-Instituts für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen. Zeitgleich leitet er geschäftsführend das Forschungszentrum Küste (FZK) mit dem Großen Wellenströmungskanal (GWK+). Seine Forschungsschwerpunkte liegen unter anderem im Küsteningenieurwesen (Küstenschutz), in der Offshore Windenergie sowie im Risiko- und Hochwassermanagement. Kontakt: schlurmann@lufi.uni-hannover.de



Dr.-Ing. Christian Jordan

arbeitet seit 2014 am Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen und ist dort seit 2022 als Postdoktorand tätig. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen in den Bereichen der Küsten- und Ästuardynamik sowie in der Erforschung der Umweltauswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen. Kontakt: jordan@lufi.uni-hannover.de



Dr.-Ing. Jan Visscher

ist seit 2014 Oberingenieur am Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen und leitet die Arbeitsgruppe Hochwasserschutz, Küsten- und Ästuardynamik. Dazu arbeitet er in der Koordination der Feldmessungen und des Forschungsverbands „Gute Küste Niedersachsen“. Kontakt: visscher@lufi.uni-hannover.de



Jan Tiede M.Sc.

ist seit 2018 als wissenschaftliche Mitarbeiter am Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen tätig. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen in der Erforschung der Küstendynamik und des ökosystembasierten Küstenschutzes, insbesondere unter Anwendung von Fernerkundungsmethoden. Kontakt: tiede@lufi.uni-hannover.de

Wassermangel gefährdet Ökosysteme

Die Biodiversität leidet unter der Konkurrenz um Wasser

Wir alle benötigen Wasser. Durch den Klimawandel und steigende Entnahmemengen wird auch die Versorgung von Ökosystemen gefährdet. Die Verteilung von Wasser muss daher künftig stärker reguliert werden.

Grundlegende Modelle zur nachhaltigen Nutzung von Wasser wurden unter anderem am Institut für Umweltplanung entwickelt. In mehreren Forschungsprojekten wurde zu verschiedenen Fragestellungen geforscht.



Die „Dürresommer“ in den Jahren 2018, 2019, 2020 und 2022 haben deutlich gemacht, was Klimaprojektionen für das zukünftige Klima in Deutschland zeigen: weniger Niederschlag im Sommer, längere Trockenperioden und dafür mehr Niederschläge mit hohem Volumen in kurzer Zeit (Starkregen). Niederschläge über 30 Millimeter in der Stunde können nicht vom Boden aufgenommen werden und fließen ab. Sie stehen damit weder der Grundwasserneubildung, den Ökosystemen noch der Landwirtschaft zur

Verfügung und führen zu Bodenerosion und Überschwemmungen.

Die Trockenheit seit 2018 bekommen besonders die Feuchtgebiete sowie die Land- und Forstwirtschaft zu spüren. Um ihre Erträge zu sichern, greift die Landwirtschaft auf zusätzliche Bewässerung zurück. Dies belastet die Grundwasserspiegel zusätzlich. Hinzu kommt der Wasserbedarf der Energiewende. Im zurzeit forcierten Ausbau der Wasserstoffproduktion wird Grundwas-

ser zur Elektrolyse gebraucht. Auch für die Flutung ehemaliger Braunkohleabbaugebiete werden große Mengen Wasser benötigt. Regionale Wasserknappheit ist absehbar oder bereits eingetreten.

Wir müssen davon ausgehen, dass unser bisheriger Wasserverbrauch und die hierfür seit Jahrzehnten entwickelte Infrastruktur sowie Wasserverteilungsmechanismen sich ändern müssen, um weiterhin Wasser für die wichtigsten Nutzungen zur Verfügung zu haben.

Abbildung 1
*Trockenstress im Buchenwald:
Blätter werden bereits
im Sommer abgeworfen.*
Foto: C. Weiß

Auch Ökosysteme benötigen Wasser

Obwohl die Sicherung der Wasserverfügbarkeit für Ökosysteme und für die Biodiversität laut internationaler Abkommen (unter anderem Wasserkonvention, Biodiversitätskonvention, Ramsar-Konvention) – neben der privaten und häuslichen Wassernutzung – höchste Legitimität und Priorität besitzt (höhere als beispielsweise die Lebensmittelproduktion), wird sie in der öffentlichen Debatte wenig berücksichtigt. Arten, die in Feuchtgebieten leben sind bereits heute besonders gefährdet. Der Wandel des Klimas überfordert ihre Fähigkeit, sich schnell genug an die neuen Gegebenheiten anzupassen. Die intensiv genutzte Agrarlandschaft verhindert, dass selbst mobile Arten sich ausreichend schnell in geeigneteren Gebieten neu etablieren. In Trockenperioden reicht der Niederschlag manchmal nicht mehr aus, um Wälder (siehe *Abbildung 1*) oder Moore unbeschadet zu erhalten. Kommen weitere Wasserentnahmen oder zum Beispiel qualitative Aspekte wie erhöhte Nitratkonzentrationen hinzu, verschärfen sich die Probleme. Wir sind nicht nur ethisch, sondern auch rechtlich verpflichtet, unsere Ökosystemleistungen und Biodiversität zu erhalten. Dafür müssen wir die Wasserversorgung der Arten und Ökosysteme der Feuchtgebiete und ihre, für das menschliche Wohlergehen entscheidenden Leistungen wie etwa die Ertragsfunktion der Böden oder den Treibhausgasrückhalt, sicherstellen.

Forschung am Institut für Umweltplanung

Die Verknappung der Ressource Wasser, verbunden mit erhöhten Bedarfen, vor allem der Landwirtschaft, machen

es notwendig, die Verteilung von Wasser stärker zu regulieren. Grundlegende Modelle zur nachhaltigen Nutzung von Wasser und zur Lenkung von Maßnahmen wurden unter anderem am Institut für Umweltplanung entwickelt. Bei den Forschungsprojekten geht es um folgende Fragestellungen:

- Was bedeutet nachhaltige Wassernutzung konkret für einzelne Gebiete?
- Wie können wir Ökosystemleistungen im Klimawandel sichern?

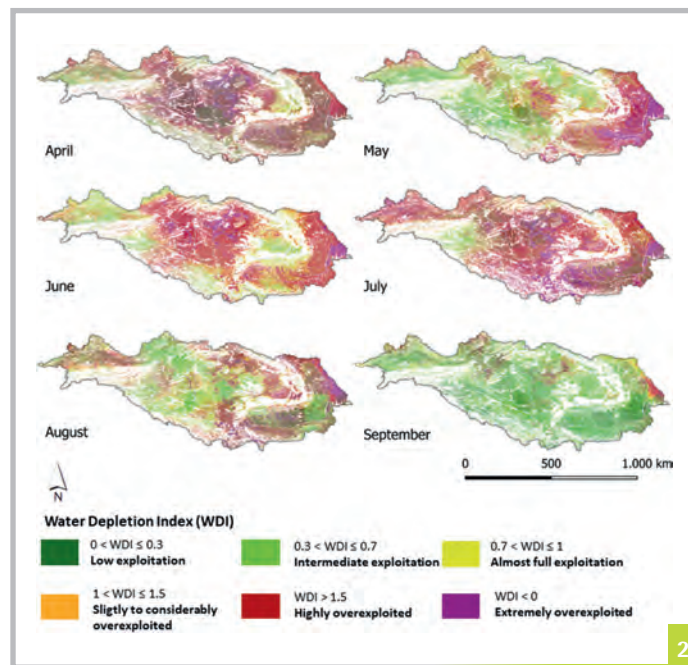


Abbildung 2
Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Virtual Water Values“: zeitlich und räumlich aufgelöste Modellierung des Wasserverbrauchs von Feldfrüchten und der natürlich zur Verfügung stehenden Bodenfeuchte im Einzugsgebiet der Donau
Quelle: Schlattmann et al. 2020
<https://doi.org/10.1007/s00267-022-01662-3>

- Wie viel Wasser benötigen Ökosysteme, um funktionsfähig zu bleiben?
- Wo wird Wasser nicht nachhaltig genutzt?
- Wie groß sind die Risiken für Ökosysteme durch landwirtschaftliche Wasserentnahme und durch den Klimawandel?

Um diese Fragen zu beantworten wurden Modelle auf verschiedenen räumlichen Maßstabsebenen erstellt.

Modelle für ganze Flusseinzugsgebiete wurden in Zu-

sammenarbeit mit der LMU München und dem Helmholtz Zentrum für Umweltforschung in Leipzig am Beispiel der Donau entwickelt (viwa.geographie-muenchen.de). Hier konnte in mehreren Analyseschritten gezeigt werden, wo die größten ökologischen Risiken bestehen. Zunächst wurde räumlich und zeitlich analysiert, wo die Wassernutzung die erneuerbar zur Verfügung stehenden Kapazitäten überschreiten. Dabei wurde auch die Legitimität der Wassernutzung berücksichtigt. Prioritäre Nutzungen

sind nach internationalem Recht die Versorgung der privaten Haushalte und der Ökosysteme. Auch die nicht bewässerte Landwirtschaft ist rechtlich gegenüber anderen Wassernutzungen privilegiert. Besonders in den Monaten Mai und August überschreiten die nicht-prioritären Nutzungen die zur Verfügung stehenden Ressourcen. Der Wasserverbrauch von Feldfrüchten wurde mit der zur Verfügung stehenden Bodenfeuchte verglichen (siehe *Abbildung 2*). Auch hier zeigte sich eine Überschreitung der

nachhaltigen Kapazitäten zwischen April und August auf etwa 60 Prozent der Fläche. Ergänzend wurden die Ökosysteme der Fließgewässer daraufhin überprüft, ob sie noch ausreichend durchströmt werden, um funktionstüchtig zu bleiben. Dies ist überwiegend der Fall, auch wenn gegen Ende der Vegetationsperiode das Wasser knapp wird. Zuletzt wurde das Risiko für grundwasserabhängige Ökosysteme durch landwirtschaftliche Wasserentnahme durch eine Sensitivitätsanalyse bestimmt. Auf 29 Prozent der landwirtschaftlich genutzten Fläche würde eine Wasserentnahme ein hohes oder sehr hohes Risiko der Schädigung von Feuchtgebieten verursachen. Die Ergebnisse der Forschungen haben gezeigt, dass die Wassernutzung im Einzugsgebiet der Donau zu großen Teilen nicht nachhaltig ist und dadurch viele Feuchtgebiete, aber auch der ökologische Mindestabfluss der Donau, bedroht sind. Pläne für die künftige Bewässerung während Trockenperioden sind für viele wasserabhängige Ökosysteme katastrophal.

Das Risiko für Ökosysteme durch klimawandelbedingte Trockenperioden wurde in Bremen erforscht (www.kommklima.de). Eine flächendeckende Analyse wurde anhand der Sensitivität der Vegetation gegenüber Trockenperioden, der Fähigkeit des Bodens, Wasser zu speichern und dem naturschutzfachlichen Wert der Ökosysteme durchgeführt. Dabei konnte gezeigt werden, dass das klimawandelbedingte ökologische Risiko für Ökosysteme auf 19 Prozent der Fläche Bremens hoch oder sehr hoch ist. Insbesondere sind Ökosysteme auf Moorböden mit extensiver Grünland- oder Seggen-/Schilfvegetation betroffen. Für einzelne, besonders wertvolle und geschützte Lebensräume wurde ihr zukünftiger Erhal-

tungszustand modelliert. Anhand von Klimaprojektionen wurde die zukünftige Bodenfeuchte modelliert und mit den Feuchtigkeitsansprüchen der vorhandenen Vegetation verglichen. Je nachdem, ob die Pflanzenarten mit den zukünftigen Feuchtigkeitsbedingungen zurechtkommen oder nicht, wurde der zukünftige Zustand der Lebensräume abgeleitet. Auch wenn es in Bremen einige Lebensräume mit breitem Artenspektrum gibt, die sich gegebenenfalls anpassen können, wird sich der Erhaltungszustand vieler wertvoller Lebensraumtypen verschlechtern. Insgesamt konnte auch in Bremen gezeigt werden, dass viele Feuchtbiope Gefahr laufen, durch den Klimawandel negativ beeinflusst zu werden. Auch international geschützte Lebensräume sind davon betroffen. Dank der in Bremen und an der Donau entwickelten Modelle können frühzeitig Gegenmaßnahmen zur Sicherung der Wasserverfügbarkeit und zum Schutz der Ökosysteme getroffen werden.

Handlungsbedarf aus Sicht der Umweltplanung

Die Landschaft und ihre Funktionen müssen auf den Klimawandel reagieren und entsprechend vorbereitet werden. Ein „natürlicher“ (im Sinne von selbstregulierender) Wasserhaushalt existiert bereits jetzt nicht und wird unter Klimawandelbedingungen noch weniger möglich sein. Bisher dienten wasserbauliche Maßnahmen dazu, das Wasser aus der Landschaft herauszubringen. Nun muss mit aktiven Managementmaßnahmen in umgekehrter Richtung in den Wasserhaushalt eingegriffen werden. Wasserverteilung sowie zeitliche und räumliche Wasserverfügbarkeiten müssen in zukünftigen Planungen berücksichtigt werden. Klare Regeln und Modelle zur

Wasserverteilung in Wassermangelzeiten unter Einbeziehung des Wasserbedarfs der Biodiversität werden dringend benötigt. Grundlage für eine Sicherung der zukünftigen Wasserversorgung ist die Umsetzung von hydrologischen Maßnahmen zu einem Prinzip der „Schwamm-Landschaft“. Das bedeutet Wasserspeicherung in der Landschaft, Rückhalt von Hochwasserspitzen und insbesondere die gezielte (Wieder-)Vernässung von Feuchtgebieten und organischen Böden sowie die Förderung der Grundwasserneubildung.

Innovative Forschung zur Entwicklung von Schwamm-Landschaften wird derzeit im EU-Projekt „SpongeScapes“ vorgebracht, bei dem das Institut für Umweltplanung (Arbeitsgruppe Prof. Albert) für die Leitung eines Arbeitspakets zu räumlicher Planung und Analyse verantwortlich zeichnet. Denn auch wenn die Dringlichkeit länger bekannt ist, findet eine Umsetzung bisher nur langsam statt. Die hohen Kosten scheinen nicht das Problem zu sein. Es stehen substanzielle Mittel, etwa aus dem „Aktionsprogramm natürlicher Klimaschutz“ zur Verfügung. Vermutlich stehen Personalmangel und die individuellen Interessen der vielen Wasser- und Landnutzer und -nutzerinnen einem zügigen Vorgehen im Weg. Hinzu kommt, dass Gesetzgebungen, die eine schnelle Umsetzung forcieren würden, fehlen. Mit der, sich zurzeit in der Abstimmung befindlichen „EU-Verordnung über die Wiederherstellung der Natur“ könnte sich dies schnell ändern. Sie sieht u. a. vor, bis 2030 mindestens ein Fünftel der geschädigten Land- und Wasseroberflächen in der EU zu sanieren.



M. Sc. Tim Wenzel

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Institut für Umweltplanung in der AG Landschaftsplanung und Naturschutz. Seine Forschungsschwerpunkte sind die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung und die Auswirkungen des Klimawandels auf Natur und Landschaft. Kontakt: wenzel@umwelt.uni-hannover.de

Heimat ist da, wo man gerne hinfährt

Finden Sie Ihre berufliche Heimat bei der VGH. Sie haben den Abschluss in der Tasche und brennen darauf, Ihr Wissen anzuwenden? Dann packen Sie es an – bei uns!

fair versichert
VGH 

Finden Sie bei uns Ihre berufliche Heimat. Die VGH ist mit über 1,9 Millionen Privat- und Firmenkunden der größte regionale Versicherer in Niedersachsen. Mehrfach ausgezeichnet als Top-Arbeitgeber bieten wir Ihnen spannende Aufgaben, tolle Entwicklungsmöglichkeiten und einen sicheren Arbeitsplatz.

Gemeinsam mit Ihnen realisieren wir für Ihre künftigen Aufgaben einen maßgeschneiderten Karriereestieg. In unserem 18 Monate dauernden Traineeprogramm werden Sie ressortübergreifend eingesetzt und durch individuelle Fördermaßnahmen gezielt und professionell auf Ihren beruflichen Weg in unserem Unternehmen vorbereitet. Hierbei bieten wir Ihnen einen verantwortungsvollen Freiraum, Ihr Können zu entfalten und sich fachlich und persönlich weiterzuentwickeln.

Die VGH Versicherungen suchen engagierte und qualifizierte

Trainees (m/w/d)

Ihr Profil:

- ✓ abgeschlossenes Masterstudium mit sehr gutem Leistungsbild in rechtlichen, wirtschaftlichen, mathematischen, Ingenieur- oder IT-Studiengängen
- ✓ gerne (versicherungsnahe) Praxiserfahrung durch Praktika
- ✓ eine selbständige, strukturierte und eigenverantwortliche Arbeitsweise
- ✓ Bereitschaft zu partnerschaftlicher Zusammenarbeit

Ihre Aufgaben:

- ✓ praktische Mitarbeit in verschiedenen, zu Ihnen passenden, Bereichen unseres Hauses
- ✓ Kennenlernen der wesentlichen Prozesse, Methoden und Verfahren des Unternehmens

Wir bieten Ihnen:

- ✓ individuell auf Sie angepasste spannende Praxisphasen und begleitende Schulungen
- ✓ ein unbefristetes Arbeitsverhältnis
- ✓ ein gutes Betriebsklima und flexible Arbeitszeiten
- ✓ die Möglichkeit im Homeoffice zu arbeiten
- ✓ gute Karriere- und Entwicklungsmöglichkeiten
- ✓ ein attraktives Gehalt nach Tarifgruppe VI PVT
- ✓ einen attraktiven Standort im Herzen von Hannover

Ihre Bewerbung

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung! Geben Sie Ihre persönlichen Daten im Online-Bewerbungsformular an und laden Sie Anschreiben, Lebenslauf und Zeugnisse in wenigen Minuten hoch.

Für Vorabinformationen:

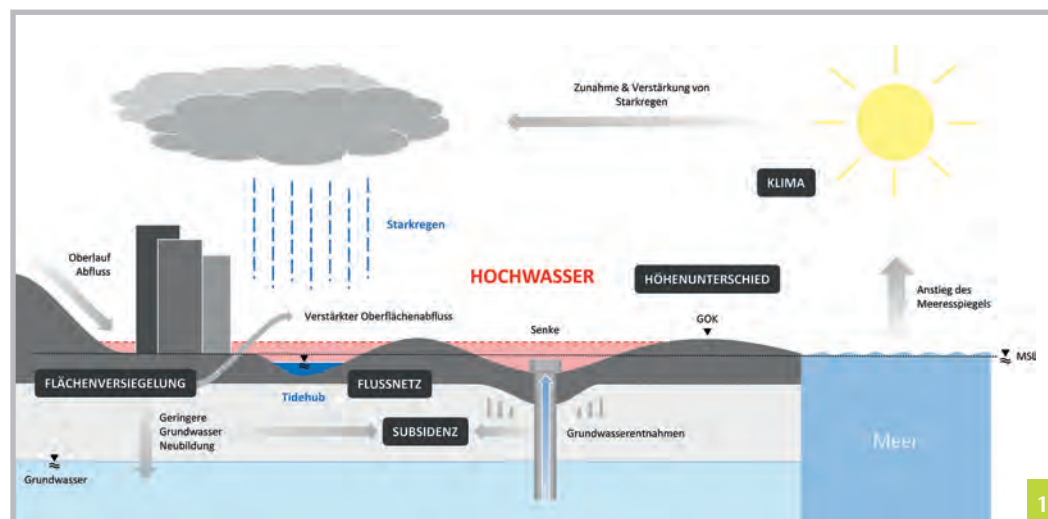
VGH Versicherungen
Christiane Besa-Schmidt
Telefon 0511 362-2152
www.karriere.vgh.de

Küstenstädte unter Wasser

Rückblick, Vorschau und Vorbereitung auf Extremereignisse im Klimawandel

Überschwemmungen sind für küstennahe Städte eine große Herausforderung.

Wissenschaftler*innen vom Ludwig-Franzius-Institut erklären beispielhaft, wie die Risiken von Hochwasser in Ho-Chi-Minh-Stadt in Vietnam und der Pauliner Marsch in Bremen eingeschätzt, bewertet und in einem weiteren Schritt eingedämmt werden können.



Zwischen 1980 und 2009 verursachten Überschwemmungen mehr als eine halbe Million Todesfälle und betrafen weitere 2,8 Milliarden Menschen weltweit. Diese Zahlen werden weiter anwachsen, da der mittlere Meeresspiegel infolge des Klimawandels global weiter steigt und mehr als die Hälfte aller städtischen Ballungsräume (>100.000 Einwohner) näher als 100 Kilometer an der Küste liegen. In niedrig gelegenen Küstenzonen kommen zusätzlich zu Starkregen und Binnenhochwassern auch häufigere und stärkere Sturmfluten sowie Landabsenkung als Ursachen von Überschwemmungen hinzu (s. Abb. 1).

Um das Hochwasserrisiko einer Region grundsätzlich einzuschätzen, vergleichbar zu machen und Anpassungsmaß-

nahmen zu entwickeln, hat sich das Risiko-Modell des Weltklimarats (IPCC) bewährt, nach dem Risiko aus den drei Hauptkomponenten Gefährdung („hazard“), Exposition („exposure“) und Verwundbarkeit („vulnerability“) besteht. Tabelle 1 veranschaulicht diese Komponenten anhand praktischer Beispiele und möglicher Anpassungsoptionen. Nach Aussagen im IPCC-Sonderbericht über den Ozean und die Kryosphäre in einem sich wandelnden Klima (SROCC) gibt es im Allgemeinen fünf Kategorien von möglichen Anpassungsoptionen an heutige und künftige Risiken: Rückzug, Schutz, Anpassung, Landgewinnung und ökosystembasierte Anpassung. Diese Optionen, die sicherlich nicht unabhängig voneinander wirksam werden, müssen in Kombination

gedacht und implementiert werden. Diese Strategien können wiederum in klassische „graue“ Infrastruktur und naturbasierte „grüne“ Lösungen unterschieden werden.

Ein Paradebeispiel für die komplexen physikalischen und sozio-ökonomischen Wechselwirkungen, die das Hochwasserrisiko in vielen Küstenstädten bereits heute ausmachen und in Zukunft verschärfen werden, ist Ho-Chi-Minh-Stadt (HCMC) in Vietnam. Als bevölkerungsreichste Stadt und wichtigste wirtschaftliche Drehscheibe Vietnams, ist HCMC einer unkontrollierten Urbanisierung und Zersiedelung ausgesetzt, was wiederum die Risiken für eine wachsende und teilweise sehr vulnerable Bevölkerung steigen lässt. Die Gefährdung einzelner Stadtteile in HCMC

Abbildung 1
Schematische Darstellung der Hochwasserproblematik in einer Stadt. Neben der Zunahme von natürlichen Gefährdungen („hazards“) aufgrund des Klimawandels wird das Schadensrisiko zusätzlich durch die Steigerung von Gebäudewerten und Bevölkerungszahlen in den betroffenen Gebieten („exposure“) erhöht und kann schließlich auch durch die lokale Anfälligkeit („vulnerability“) beeinflusst werden.
Quelle: eigene Darstellung

ergibt sich in diesem Zusammenhang aus der steigenden Anzahl von Siedlungen in niedrig gelegenen Gebieten und nimmt durch anhaltende Landabsenkungen infolge der Entnahme von Grundwasser sowie anhaltende Bodenverdichtung stetig zu. In Verbindung mit dem weltweit steigenden Meeresspiegel und einem erhöhten Tidenhub des angrenzenden Saigon-Flusses erlebt das veraltete und inzwischen stark unterbemessene

ren und der Hochwasserschutz nicht mehr nur darauf abzielt, Todesfälle durch einzelne Extremereignisse zu vermeiden, sind geeignete Anpassungsstrategien erforderlich, um vor allem die wiederkehrenden finanziellen Verluste durch die regelmäßigen Überschwemmungen zu reduzieren. Hierfür stehen verschiedene Optionen zur Auswahl, darunter groß angelegte „graue“ Hochwasserschutzmaßnahmen sowie kleinere

ein schematisches Niederschlag-Abfluss-Modell für HCMC entwickelt. Mit diesem Modell konnten die zu erwartenden Überschwemmungen unter Berücksichtigung verschiedener Anpassungsoptionen und ihrer Kombination simuliert werden. Zudem wurden auf Grundlage von Haushaltsbefragungen zu den wichtigsten Schadensursachen Risikokarten erstellt, um Gebiete mit besonders hohen Wasserständen und Über-

Tabelle 1
Die drei Hauptkomponenten des Schadensrisikos gemäß SROCC-IPCC, veranschaulicht durch praktische Beispiele, rechnerische Einheiten und mögliche Gegenmaßnahmen zum Erreichen eines definierten Schutzniveaus.
Quelle: eigene Darstellung

	Gefährdung	Exposition	Verwundbarkeit
Beispiel	Überschwemmung durch "Jahrhunderthochwasser"	Flächendichte von Menschen oder Vermögen im Gefährdungsgebiet	Anteile der Bevölkerung und Vermögenswerte, die durch das Ereignis betroffen sind
Rechnerische Einheit	Schädigende Einwirkung (z.B. Überflutungsdauer) mit Eintrittswahrscheinlichkeit (1/100a)	Absolute Anzahl betroffener Personen oder Vermögenswerte in €	Relativer Schaden in %
Gegenmaßnahme zum Erreichen des Schutzniveaus	Hochwasserschutz allgemein, naturbasierte Maßnahmen	Evakuierung bzw. permanenter Rückzug aus Küstengebieten	Hochwasserfeste Gebäude, Versicherungen

Entwässerungssystem der Stadt regelmäßig Rückstau-effekte, was zu einer Behinderung des Abflusses führt und somit zu weitreichenden Überschwemmungen führt (siehe Abb. 2). Abgesehen von den immanenten sozialen Folgen, führen derartige Überschwemmungen zu häufigen und teilweise erheblichen Beeinträchtigungen und Schäden in der lokalen Wirtschaft. Bereits im Jahr 2015 zeigten Studien, dass mehr als 15 Prozent der Produktionsbetriebe in HCMC in aktuellen oder zukünftigen Überschwemmungsgebieten lagen. Viele davon waren kleine und mittlere Unternehmen (KMU), die etwa 37 Prozent aller nationalen Arbeitskräfte beschäftigen.

„grüne“ Lösungen wie dezentral angelegte Rückhaltebecken und Gründächer. Um die Auswirkungen dieser technisch gegensätzlichen Ansätze vergleichen zu können, wurde

schwemmungsdauern hervorzuheben. Diese Methode ermöglicht einen visuellen und quantitativen Vergleich der verschiedenen Strategien zur Anpassung an den Klimawan-

Abbildung 2
Überflutung von Straßen im Bezirk Binh Tan, HCMC, Vietnam.
Quelle: Bem photography, CC BY 2.0 via Wikimedia Commons



Obwohl die lokale Wirtschaft und der Lebensstandard seit vielen Jahrzehnten prosperie-

del, um schließlich fundierte Handlungsempfehlungen für die Zukunft liefern zu können.

Ein weiteres Beispiel dafür, wie Risikobewertungen sowohl Entscheidungsfindung unterstützen als auch Resilienz stärken können, ist die direkt im tidebeeinflussten Bereich der Weser gelegene Pauliner Marsch im Stadtgebiet Bremens. Dieses von einem niedrigen Sommerdeich ge-

Überflutung der Pauliner Marsch aus der Beobachtung fehlen. Zudem existieren wenige Kenntnisse darüber, wie wirksam die im Retentionsraum vorhandenen Entwässerungssysteme nach Abklingen eines Hochwassers sind. Um die oben genannten Punkte aufzuklären, wurden mögliche Überflutungsszenarien mittels hydrodynamischer Simulationen untersucht. Diese verdeutlichten, dass der Re-

zu einem Bruch des Schutzsystems führen könnten. Die Ergebnisse wurden in weiteren Projekten und Initiativen aufgegriffen und vor Ort mit Bürgerinitiativen, der Nutzergemeinschaft der Pauliner Marsch und städtischen Entscheidungsträger*innen diskutiert, um zum Beispiel im Rahmen einer Sturmflutpartnerschaft zwischen den nutzenden Vereinen und der Umweltbehörde die Hochwasservorsorge zu verbessern und Schäden vorzubeugen. Dieses Beispiel zeigt, dass unter geeigneten Annahmen selbst Gebiete ohne detaillierte Datengrundlage von numerischen Simulationen profitieren können, wenn es darum geht, mögliche Gefahren durch Überflutungen zu erkennen und die Wirkung von Gegenmaßnahmen zu analysieren.

Die vorgestellten Forschungsarbeiten in HCMC und Bremen sind anschauliche Beispiele für das beschriebene Spannungsfeld zwischen den Effekten des Klimawandels und einer parallel damit einhergehenden Urbanisierung. Naturgefahren wie Hochwasser, auf die wir uns über Jahrzehnte hinweg eingestellt und gegen die wir Schutzmaßnahmen entwickelt haben, werden zukünftig häufiger und mit gravierenderen Folgen als bisher auftreten. Gleichzeitig verdichten sich städtische Gebiete und werden mit teureren Gebäuden oder kritischen Infrastrukturen bebaut. Dabei spielen wirtschaftliche Interessen eine zunehmende Rolle und beeinflussen die Möglichkeiten städtebaulicher Anpassungen.

Entscheidungsträger*innen suchen daher schon heute nach Lösungsansätzen, welche zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten bieten. Sowohl „graue“ als auch „grüne“ Anpassungsstrategien sollten zudem das Ziel haben, auch in Zukunft möglichst wenig Bedauern



Abbildung 3
Satellitenaufnahme der Pauliner Marsch mit den mithilfe der Software HEC-RAS errechneten maximalen Wassertiefen nach einer schweren Sturmflut mit 6,00 m Höchstwasserstand.
Quelle: eigene Darstellung

schützte Gebiet stellt einen typischen Retentionsraum vor dem Hauptdeich der Hansestadt dar, der im Hochwasserfall bewusst überflutet werden soll, um die Höchstwasserstände im Stadtgebiet zu vermindern. Gleichzeitig bietet es erhebliche Naherholungs- und Freizeitwerte durch Freiräume und Kleingärten sowie durch das Weserstadion und weitere Sportanlagen. Der Sommerdeich hat als Überflutungsschutz bisher auch bei schweren Sturmfluten, wie zuletzt beim Orkan Xaver 2013, gerade noch ausgereicht, weshalb Erfahrungswerte zu den Prozessen und Wirkungen einer

tentionsraum der Pauliner Marsch je nach Szenario bereits nach 30 Minuten vollständig gefüllt sein kann (siehe Abb. 3). Im Gegensatz dazu konnte festgestellt werden, dass die vorhandenen Entwässerungssysteme etwa 50 Stunden für die Entleerung benötigen und dass große Teile der Pauliner Marsch aufgrund von fehlendem Bodengefälle überhaupt nicht natürlich entwässern können; quasi nach einer Sturmflut dauerhaft geflutet sind. Darüber hinaus wurden hohe Fließgeschwindigkeiten während der Überströmung der Krone des Sommerdeichs ermittelt, die

(„Low-Regret“) zu verursachen. Der Begriff „Low-Regret“ bezieht sich dabei nicht nur auf finanzielle Aspekte, sondern zielt auf Lösungen ab, die es ermöglichen, aktuelle Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel zu bewältigen, ohne sich dabei unumkehrbar auf zukünftige Anpassungsoptionen auszuwirken. Angesichts der großen Bandbreite von Klimawandelprognosen ist es wichtig, dass geeignete Anpassungsmaßnahmen auf quantitativen Prognosen ihrer Wirksamkeit in der Gegenwart und in verschiedenen Zukunftsszenarien basieren. Numerische Modelle, wie sie in den dargestellten Fallbeispielen angewendet wurden, sind dabei ein hilfreiches Werkzeug zur Planung robuster Klimawandelanpassung im Einklang mit dem „Low-Regret“-Paradigma. Neben traditionellen Schutzstrukturen sollten zudem auch dezentrale Lösungen mit modularer Flexibilität einbezogen werden, um vielseitig nutzbar zu sein. Das Bau- und Umweltingenieurwesen, und insbesondere das Küsteningenieurwesen, können in diesem Zusammenhang einen wesentlichen Beitrag leisten, um Maßnahmen zur Reduzierung zukünftiger Naturgefahren zu konzeptionieren, zu analysieren und zu bewerten. In Zusammenarbeit mit Entscheidungsträger*innen können zudem Strategien zur bewussten Steuerung von Verwundbarkeit und Exposition entwickelt werden, um den bevorstehenden Herausforderungen effektiv zu begegnen und Küstenstädte widerstandsfähiger und somit überhaupt zukunftsfähig zu gestalten.

→ Weiterführende Informationen:



Prof. Dr.-Ing. habil. Torsten Schlurmann

ist seit 2007 Geschäftsführender Leiter des Ludwig-Franzius-Instituts für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen. Zeitgleich leitet er geschäftsführend das Forschungszentrum Küste (FZK) mit dem Großen Wellenströmungskanal (GWK+). Seine Forschungsschwerpunkte liegen unter anderem im Küsteningenieurwesen (Küstenschutz), in der Offshore Windenergie sowie im Risiko- und Hochwassermanagement. Kontakt: schlurmann@lufi.uni-hannover.de

Dr.-Ing. Christian Jordan

arbeitet seit 2014 am Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen und ist dort seit 2022 als Postdoktorand tätig. Seine Arbeitsschwerpunkte liegen in den Bereichen der Küsten- und Ästuardynamik sowie in der Erforschung der Umweltauswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen. Kontakt: jordan@lufi.uni-hannover.de

Leon Scheiber M.Sc.

arbeitet seit 2019 als wissenschaftlicher Mitarbeiter und seit 2021 als Lehrstuhlassistent am Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsten-

ingenieurwesen. Neben einem vertieften Interesse an geomorphologischen Themen liegt sein Arbeitsschwerpunkt in der Bewertung von Anpassungsoptionen für Metropolregionen im Spannungsfeld zwischen klimatischen Veränderungen und Urbanisierung. Kontakt: scheiber@lufi.uni-hannover.de

Mazen Hoballah Jalloul M.Sc.

arbeitet als Doktorand seit 2021 am Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen. Seine Arbeitsschwerpunkte sind in den Bereichen der hydrodynamischen Modellierung von Hochwasserschutzmaßnahmen sowie in der Erforschung der Kolkbildung an Offshore-Megastrukturen. Kontakt: hoballah@lufi.uni-hannover.de

Dr.-Ing. Jan Visscher

ist seit 2014 Oberingenieur am Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen und leitet die Arbeitsgruppe Hochwasserschutz, Küsten- und Ästuardynamik. Dazu arbeitet er in der Koordination der Feldmessungen und des Forschungsverbands „Gute Küste Niedersachsen“. Kontakt: visscher@lufi.uni-hannover.de

V. l. n. r.: Prof. Dr.-Ing. habil. Torsten Schlurmann, Dr.-Ing. Christian Jordan, Leon Scheiber M.Sc., Mazen Hoballah Jalloul M.Sc. und Dr.-Ing. Jan Visscher
Foto: Lukas Fröhling

Widerstand zwecklos? Von wegen!

Wie Pflanzen als Küstenschützer wirken

In der Forschung für den Küstenschutz stehen Pflanzen derzeit nicht an erster Stelle, wenn es um Strategien zum Erhalt von Deichen und Küstenlinien geht.

Am Ludwig-Franzius-Institut (LuFI) wird in zahlreichen Projekten daran gearbeitet, die Leistungen der Küstenvegetation wie Seegras oder Grasdeckwerke auf Deichen zu messen, damit sie in Zukunft im nachhaltigen Küstenmanagement berücksichtigt werden können.



1

Seit der Mensch begonnen hat, die Küsten zu besiedeln, versucht er, sich vor den Einwirkungen des Meeres infolge von Sturmfluten und anderen Naturgefahren zu schützen. Gleichzeitig ist er bestrebt, die sich ihm bietenden Ressourcen und Lebensräume zu nutzen. Der so entstehende Nutzungsdruck und die Ausbeutung der Küstenräume werden durch gleichzeitig einhergehende Verstädterung und ein weltweit beobachtetes Bevölkerungswachstum verstärkt. Diese Entwicklungen machen den Erhalt des Lebens- und Wirtschaftsraums und den nachhaltigen Schutz eines einzigartigen Naturraums an den

Küsten dringend erforderlich. In diesem Kontext stellen sich folgende Fragen: Wie kann ein zukünftiger Schutz der Küsten in den Dimensionen Lebens-, Wirtschafts- und Naturraum gewährleistet werden? Wie werden sich die Lebensgrundlagen in Küstengebieten in welchen Zeiträumen verändern? Welche Folgen sind zu erwarten und was ist zur Anpassung an diese Entwicklung zu tun?

Diese Anforderungen entsprechen auch einem sich vollziehenden Paradigmenwechsel rund um den Küstenschutz und der nötigen Anpassung an Veränderungen. Am Lud-

wig-Franzius-Institut (LuFI) forschen wir an grundsätzlichen Lösungsansätzen und Strategien im Umgang mit zu erwartenden Veränderungen und der Anpassung des Küstenraums. Unser Ziel ist es, ein besseres Systemverständnis zu erzielen und daraus belastbare Managementoptionen und Handlungsempfehlungen für ein Transformationswissen hin zu einer guten und sicheren Küste zu entwickeln. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Berücksichtigung von Küstenökosystemen in Küstenschutz und Management.

Ökosysteme sind aufgrund ihrer Strukturen und Eigen-

Abbildung 1
Vor einer Salzwiesenkante wird die Strömung gemessen.
Foto: Christina Bischoff (2023)

schaften in der Lage zum menschlichen Wohlbefinden beizutragen und vielfältige Leistungen für die Gesellschaft zu erbringen. Diese sogenannten Ökosystemleistungen (ÖSL) werden konzeptionell in drei Hauptgruppen unterteilt, nämlich i) Bereitstellung – zum Beispiel von Nahrungsmitteln und anderen Materialien, Energieversorgung, ii) Regulierung – zum Beispiel Regulierung des Wasserflusses, Wasser- und Luftreinigung, Erosions- und Klimaregulierung, und iii) Kultur – zum Beispiel Erholung, ästhetisches und kulturelles Erbe. Küstenökosysteme tragen durch ihre Fähigkeit zur Wellendämpfung und im Erosionsschutz erheblich zum Küstenschutz bei. Zusätzlich erbringen sie weitere ÖSL und damit verbundene Vorteile wie die Bindung und Speicherung von Kohlenstoff zur Klimaregulierung (blauer Kohlenstoff) und die Bereitstellung von Lebensräumen für den Schutz und Erhalt der biologischen Vielfalt. Ihr Schutz und ihre Wiederherstellung kann somit erheblich zum Schutz der Küste vor den zunehmenden Belastungen durch den Klimawandel beitragen.

Doch wie funktioniert dieser Küstenschutz mit Pflanzen genau?

Eine Wasserwelle lässt sich anhand ihrer Höhe und ihrer Länge beschreiben. Dabei steigt die Energie, die eine Welle mitführt, quadratisch mit ihrer Höhe an. Eine zwei Meter hohe Welle enthält also viermal so viel Energie wie eine ein Meter hohe Welle. Diese Energie ist auch unter Wasser zu spüren, wobei sie mit zunehmender Tiefe abnimmt. In einer Tiefe, die der Hälfte der Wellenlänge entspricht, spürt man sie nicht mehr; während eines Sturms können Wellen allerdings mehrere 100 Meter lang wer-

den. Sobald Küstenvegetation unter Wasser ist, bekommt sie also die Wellenenergie zu spüren.

Pflanzen lassen sich in ihre ober- und unterirdischen Bestandteile aufteilen. Dabei wirkt die oberirdische Biomasse (Blätter) als Hindernis in der Wassersäule. Durch diesen Widerstand entziehen die Pflanzen den Wellen Energie, was sich durch eine verringerte Wellenhöhe bemerkbar macht. Sie wirken also wellendämpfend, was eine wichtige ÖSL im Küstenschutz ist. Umso steifer, länger und dichter die Pflanzen wachsen, desto stärker ist dieser Effekt. Die vom Wasser auf die Blätter wirkenden Kräfte müssen über die Wurzeln (unterirdische Biomasse) in den Boden abgetragen werden. Steht nicht genug unterirdische Biomasse zur Verfügung werden die Pflanzen entwurzelt und der schützende Effekt geht verloren. Neben der reinen Biomasse sind auch die Wurzeltiefe und die Verzweigung wichtig. Seegras beispielsweise vermehrt sich u.a. über horizontale Wurzelsprosse. Somit bilden dichte Seegraswiesen ein gut vernetztes Wurzelsystem aus, was die einzelnen Pflanzen besonders gut gegen eine Entwurzelung und den Boden vor Erosion schützt.

Im Wasser transportierte Schwebstoffe haben durch die wellendämpfende und strömungsberuhigende Wirkung der Pflanzen die Chance sich abzulagern. Dadurch ist ein vertikales Anwachsen der Küstengebiete möglich. Neben der Fähigkeit, die Sedimentation zu begünstigen, wirken mit Vegetation bedeckte Flächen auf zwei Arten erosionsreduzierend. Einerseits bewirken Wellen mit weniger Energie weniger Erosion, andererseits stabilisiert das Wurzelsystem der Pflanzen die Oberfläche unmittelbar. Das bekannteste Beispiel für die

Erosionsreduzierung an deutschen Küsten sind Grasdeckwerke auf Deichen. Das Wurzelsystem der Pflanzen stabilisiert die Deichoberfläche, die Erosion durch Seegangs- oder Windeinwirkung wird reduziert und dies erhöht die Deichstabilität. Doch dieser Vorteil greift nicht nur auf Deichen, sondern auch in Seegras- und Salzwiesen stabilisieren die Pflanzen die besiedelten Flächen. Die Vegetation hat also einen positiven Einfluss auf die Stabilität der Küstenlinie und trägt damit zum Küstenschutz bei.

Beispiel Salzwiese

Salzwiesen entstehen im Einflussbereich der Gezeiten und stellen damit wichtige Ökosysteme im Übergangsbereich zwischen Land und Meer dar. Die aufrechtstehenden Halme der Salzwiesenpflanzen stellen mit ihrer Widerstandskraft bei einlaufenden Wellen eine Art Hindernis dar und reduzieren somit die Wellenenergie. Diese Eigenschaft macht Salzwiesen zu natürlichen Barrieren, die den Deich vor Wellenangriff schützen. Darüber hinaus fördern Salzwiesen die küstennahe Sedimentation, wodurch die Salzwiesenflächen an Höhe gewinnen, was es ihnen ermöglicht bis zu einem gewissen Grad mit dem steigenden Meeresspiegel mitzuwachsen. Die Pflanzenwurzeln spielen ebenfalls eine wichtige Rolle: Sie verankern den Boden und erhöhen seine Stabilität. Dadurch helfen Salzwiesen, die Küstenlinie vor Erosion zu schützen und Landverluste zu verhindern.

In den Projekten *Gute Küste Niedersachsen* und *VeMoLahn* werden an verschiedenen Standorten Daten über die Wellenenergie und Sedimentablagerungen erhoben (Abb. 1), womit die Beiträge der Salzwiesen zum Küstenschutz quantifiziert werden können.

Außerdem wird nach Wegen gesucht, Salzwiesen und ihre ÖSL für die Zukunft zu erhalten.

Beispiel Seegras

Das Seegras an der Ostsee ist als untergetauchte Küstenv egetation permanent der Welleneinwirkung ausgesetzt, die je nach Windstärke und -richtung sowie lokalen Gegeben-

eine natürliche Wiederansiedlung erschwert ist. Daher wurde in der Ostsee an drei sehr unterschiedlichen Standorten Seegras gezielt wiederangesiedelt (Abb. 2) und im Rahmen des Projekts *SeaStore* finden an diesen wiederangesiedelten sowie in natürlichen Wiesen und vegetationsfreien Kontrollbereichen wiederkehrend Messungen der Strömungsgeschwindigkeiten und Topographie des Meeresbodens statt,

Niedersachsen auf einem Vordeich, der keine offizielle Küstenschutzfunktion mehr hat, alternatives, biodiverses Saatgut ausgebracht und seine Eignung als klimaresistente Deichvegetation untersucht (Abb. 3). Die Hauptaufgabe besteht darin, die Küstenschutzleistung im Vergleich zur aktuellen Saatmischung beizubehalten. Das Wurzelwachstum, das den Boden vor Erosion schützt, konnte

Abbildung 2
Ein Taucher pflanzt die Seegraspflanzen einzeln ein.
Foto: submaris (2022)



Abbildung 3
Saatgut mit unterschiedlichem Blühpflanzenanteil wurde auf einem alten Sommerdeich ausgebracht.
Foto: Jan-Michael Schönebeck (2023)

heiten stärker oder schwächer ausfallen kann. Da Seegras in der Vergangenheit aufgrund unterschiedlicher Ursachen erhebliche Verluste erfahren hat, gleichzeitig aber neben der wellendämpfenden Wirkung auch die Biodiversität steigert und ein sehr effektiver CO₂ Speicher ist, wird in der Forschung nach Möglichkeiten gesucht, um Seegras wieder anzusiedeln. Denn Seegras stellt selbst die Bedingungen her, die es braucht, um weiter zu wachsen. Wenn eine Seegraswiese verloren geht, werden die Geschwindigkeiten nahe des Seebodens erhöht, die Trübung nimmt zu und auch die Sedimentstabilisierung geht verloren, so dass

um die zeitliche Entwicklung der küstenschutzrelevanten ÖSL zu bewerten.

Beispiel Deich

Bei den Grasdeckwerken auf Deichen handelt es sich zwar nicht um klassische Küstenv egetation, sie sind aber auch Wellen ausgesetzt. Der Meeresspiegelanstieg, vermehrte Dürren und Starkregenereignisse stellen zudem erhöhte Anforderungen an die Deichvegetation. Gleichzeitig wird versucht, dem Verlust der Biodiversität eine Erhöhung der Artenvielfalt auf Grünflächen entgegenzusetzen. Daher wurde im Projekt *Gute Küste*

durch kontinuierliche Bodenproben aufgezeichnet werden. Zusätzlich wurde die Widerstandsfähigkeit der Grasnarbe nach einem Jahr durch Scher- und Ausreißversuche getestet. Die bisherigen Analysen zeigen, dass schnellwachsende, grasartige Pionierpflanzen eine wichtige Rolle bei der ersten Stabilisierung spielen, jedoch geringe Vielfalt für Blühaspekte und Insekten bieten. Die abschließenden Auswertungen der laufenden Forschungen werden zeigen, ob ein Kompromiss aus dem richtigen Verhältnis von Kräutern zu Gräsern eine höhere Artenvielfalt bei gleichbleibender Küstenschutzleistung ermöglicht.

Küstenvegetation bietet also zwei wichtige ÖSL für den Küstenschutz: Regulierung des Wasserflusses und Kontrolle von Erosionsraten. Messungen zeigen jedoch eine hohe Variabilität, weshalb sich diese ÖSL noch nicht verlässlich vorhersagen lassen. Daher scheuen sich Küstenschützer noch, Pflanzen in der Planung von Küstenschutzkonzepten zu berücksichtigen. Mit unserer Forschung tragen wir dazu bei, Wissenslücken zu schließen und Unsicherheiten zu verringern, um die Potenziale der Küstenvegetation in belastbare Managementoptionen und Handlungsempfehlungen zu integrieren und somit voll ausschöpfen zu können.



Foto: Ludwig-Franzius-Institut

Maike Paul, PhD

ist seit 2018 die stellvertretende geschäftsführende Leiterin des Ludwig-Franzius-Instituts für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen. Sie leitet dort die Arbeitsgruppe Ökohydraulik und Ökosystemleistungen. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen auf der Wechselwirkung zwischen Pflanzen und Wasser- und Sedimentbewegung sowie auf der Ausweitung von Küstenvegetation im Küstenschutz. Kontakt: paul@lufi.uni-hannover.de

Christina Bischoff, M.Sc.

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Arbeitsgruppe Ökohydraulik und Ökosystemleistungen am Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen, erforscht seit 2022 Lahnungsbauwerke im Wattenmeer. Im Fokus ihrer Arbeit stehen bauwerksbedingte, resultierende Zusammenhänge von Vegetation und Morphodynamik von Salzwiesen im anthropogen gestalteten Deichvorland. Kontakt: bischoff@lufi.uni-hannover.de

Dr. rer. nat. Dorothea Bunzel

befasst sich mit den Salzwiesen der Nordseeküste und ist seit 2022 am Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen angestellt und Mitglied der Arbeitsgruppe Ökohydraulik und Ökosystemleistungen. Ihre Forschungsschwerpunkte sind unter anderem die Untersuchung von Vulnerabilität und Resilienz dieser bedeutenden Küstenökosysteme. Kontakt: bunzel@lufi.uni-hannover.de

Kremena Burkhard, PhD

ist seit 2022 Postdoc am Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen in der Arbeitsgruppe Ökohydraulik und Ökosystemleistungen. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen auf den Bewertung, Kartierung und Modellierung von Ökosystemleistungen zur Analyse der Interaktionen zwischen Mensch und Natur. Kontakt: burkhard@lufi.uni-hannover.de

Lars Kamperdicks, M.Sc.

arbeitet seit 2022 am Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen. Als Mitglied der Arbeitsgruppe Ökohydraulik und Ökosystemleistungen ist sein Forschungsschwerpunkt die Interaktion von Wellen mit Wiederansiedlungshilfen für Seegras, sowie die hydrodynamische Belastbarkeit von Seegras. Kontakt: kamperdicks@lufi.uni-hannover.de

Jan-Michael Schönebeck, M.Sc.

ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Ökohydraulik und Ökosystemleistungen am Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen. Der Schwerpunkt seiner Arbeit liegt auf dem Anwuchs biodiverser Deichvegetation und der Funktion dieses Deckwerks als Küstenschutzelement. Kontakt: schoenebeck@lufi.uni-hannover.de

Mareike Taphorn, M.Sc.

ist seit 2018 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen in der Arbeitsgruppe Ökohydraulik und Ökosystemleistungen. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen in der Interaktion von Seegras mit umgebender Strömung sowie der Wirkung von Seegras auf Wellenparameter und Sedimentbewegung. Kontakt: taphorn@lufi.uni-hannover.de

Prof. Dr.-Ing. habil. Torsten Schlurmann

ist seit 2007 Geschäftsführender Leiter des Ludwig-Franzius-Instituts für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen. Zeitgleich leitet er geschäftsführend das Forschungszentrum Küste (FZK) mit dem Großen Wellenströmungskanal (GWK+). Seine Forschungsschwerpunkte liegen unter anderem im Küsteningenieurwesen (Küstenschutz), in der Offshore Windenergie sowie im Risiko- und Hochwassermanagement. Kontakt: schlurmann@lufi.uni-hannover.de

Unterstützen
Sie junge Talente!
Geben Sie Ihre
Erfahrungen weiter!
Stiften Sie
Bildungserfolge!

Das Deutschlandstipendium

- Zeigen Sie Ihre Anerkennung studentischer Leistungen mit einer Förderung
- Wählen Sie selbst den Studienschwerpunkt, den Sie fördern wollen
- Lernen Sie leistungsstarke Studierende kennen
- Nutzen Sie Austausch und Netzwerk
- Nehmen Sie an der Stipendienvergabe teil, und lernen Sie die Stipendiaten kennen
- Gestalten Sie das Begleitprogramm mit
- Setzen Sie die Förderung als Spende steuerlich ab



Haben Sie Interesse? Wir beraten Sie gern.

Dr. Stefanie Beier, Referentin für Fundraising | Tel. 0511-762 5597 | E-Mail beier@zuv.uni-hannover.de

In Fahrtrichtung Zukunft

Gestalte mit uns die Mobilitätswende.
Als Profi für Gleisbau, Schienenbearbeitung,
Tiefbau und Schweißtechnik.

Mehr Infos auf www.schweerbau.de/karriere

SCHWEERBAU



magrathea

**Jobs
Praktika
Blöde Ideen**

www.magrathea.eu



BRANDI
RECHTSANWÄLTE

WIR FREUEN UNS AUF SIE

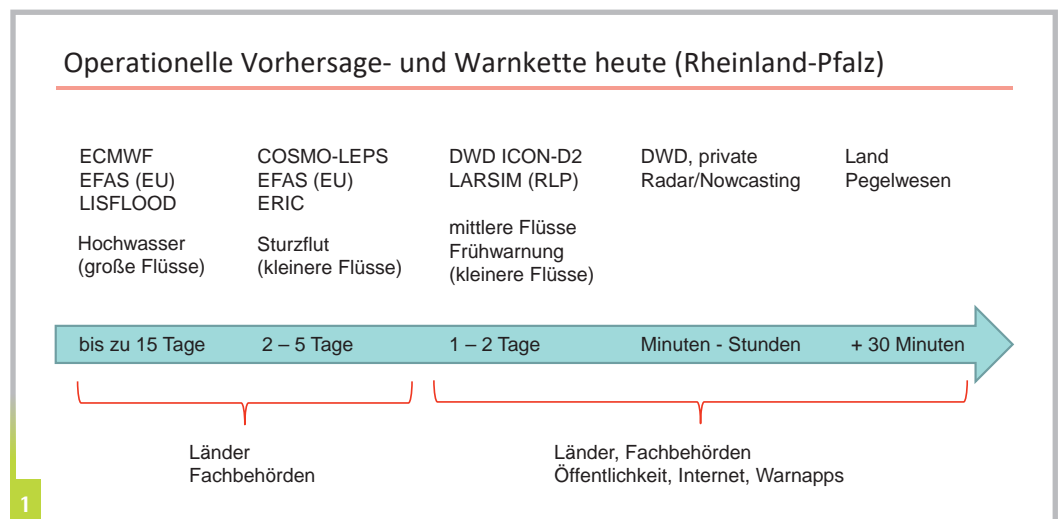
www.brandi.net

Hochwasservorhersage und effektive Warnung

Die Überschwemmungen im Erzgebirge (2002) und in der Eifel (2021)

Am 14. Juli 2021 ereignete sich in der Eifel eine Hochwasserkatastrophe, deren Auswirkungen selbst die Fachwelt überrascht und erschüttert haben. In Anbetracht der zahlreichen Todesopfer und der enormen Sachschäden stellt sich die Frage, ob das Hochwasser vorhersehbar war und warum nicht angemessen gewarnt wurde.

Jörg Dietrich, Wissenschaftler am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft erläutert die Zusammenhänge.



Einleitung

In Rheinland-Pfalz gibt es ein Hochwasservorhersagesystem, welches Wettervorhersagen verwendet, um mit einem hydrologischen Simulationsmodell Abflüsse und Wasserstände zu simulieren. In Nordrhein-Westfalen, wo die ähnlich stark betroffene Erft fließt, gab es zu dem Zeitpunkt gar kein modellgestütztes Hochwasservorhersagesystem.

In diesem Artikel werden der Fortschritt und Defizite der Hochwasservorhersage dargestellt. Insbesondere wird auf die Frage der Warnung eingegangen. Eine technische ausgereifte Hochwasservorhersage ist nicht effektiv, wenn daraus keine verständlichen und rechtzeitigen Warnungen an die Bevölkerung abgeleitet werden.

Hochwasservorhersage mit Simulationsmodellen

Die Entstehung von wetterbedingtem Flusshochwasser im Binnenland hängt vor allem von der räumlichen und zeitlichen Verteilung sowie der Menge des Niederschlages ab. Maßgeblich für die Simulation einer Hochwasservorhersage ist daher vor allem die Wettervorhersage. Diese hat seit Beginn der 2000er Jahre enorme Fortschritte gemacht. So gibt es heute nahtlose Vorhersagen mit Vorlaufzeiten von 15 Tagen (berechnet mit numerischen Modellen) bis hin zu wenigen Minuten (Radar-Nowcasting) (Abbildung 1).

Eine Weiterentwicklung der Wettervorhersage ist die Berücksichtigung der Unsicherheit. Es ist physikalisch unmöglich eine präzise Wetter-

vorhersage zu machen. Mit verschiedenen Techniken werden daher sogenannte Ensembles berechnet. Ein „gutes Ensemble“ sollte das spätere Ereignis einrahmen. Allerdings kann die Spannbreite sehr groß sein, wie das Beispiel einer rückwirkend berechneten Vorhersage des Hochwassers 2002 im Erzgebirge mit Vorlaufzeiten von bis zu vier Tagen zeigt (Abbildung 2). Zum Zeitpunkt des Ereignisses waren derartige Vorhersagen noch nicht im Praxiseinsatz. Das Hochwasser überraschte damals die zuständigen Stellen, zumal deutlich weniger Regen vorhergesagt worden war und in der Zentrale in Leipzig die Sonne schien.

Der in *Abbildung 2* blau dargestellte beobachtete Verlauf des Hochwassers vom 12. August 2002 wird in der Vorhersage

Abbildung 1
Nahtlose Wettervorhersage.
Quelle: eigene Darstellung

vom 8. August 2002 nur von einem Mitglied des Ensembles vorhergesagt. Am 10. August 2002 wird das tatsächliche Geschehen sogar überschätzt, während am 11. August 2002 die Ausprägung des Hochwassers durch den Median der Vorhersagen (rote Linie) relativ gut getroffen wird. Es sind in allen Vorhersagen zahlreiche Fehlsignale erkennbar, so dass die Gefahr von Fehlwarnungen besteht.

vorhersagbar. So warnte das ZDF am Morgen des 12. Juli 2021 bereits vor ergiebigem Regen („Überschwemmungsgefahr und Hochwasser werden ein Thema der nächsten Tage werden“, ZDF Morgenmagazin) und der DWD warnte am 13. Juli 2021 erneut vor extremem Unwetter mit Hochwasser in der Eifel.

Die EU betreibt ein Hochwasservorhersagesystem für grö-

(ERIC, vgl. *Abbildung 1*) mit Vorlauf von bis zu fünf Tagen. ERIC zeigte am 13. Juli 2021 um Mitternacht fast zwei Tage vor dem Scheitel eine relativ hohe Wahrscheinlichkeit für eine Sturzflut im Bereich der Ahr. Für den Großraum Eifel wurde ein Hinweis an die Behörden gesendet (*Abbildung 3*).

Aufgrund der Vorhersagen von EFAS/ERIC wurde nach dem Ereignis behauptet, dass

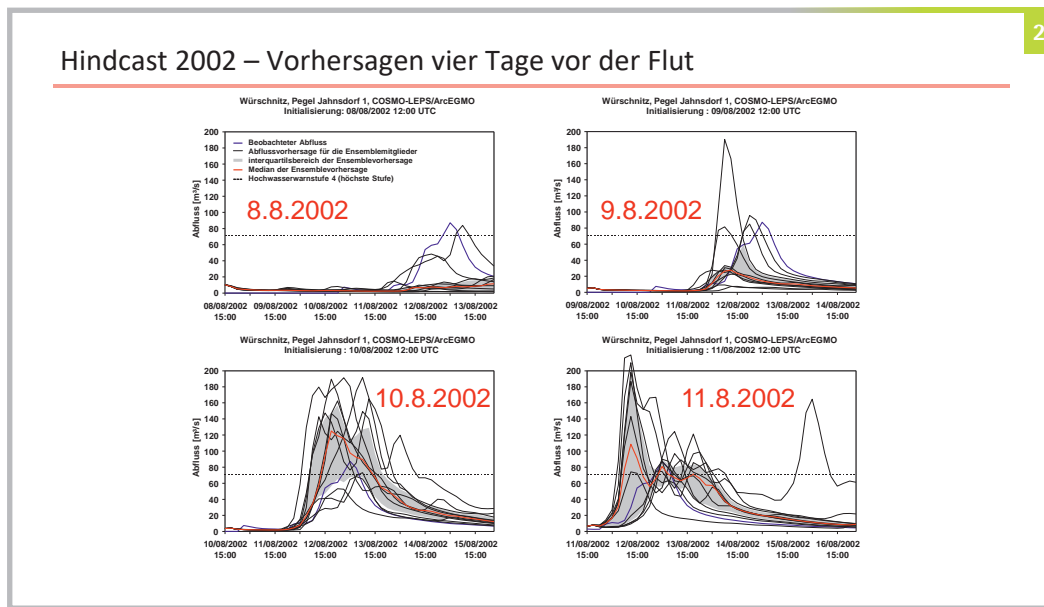


Abbildung 2
Vorhersage-Ensemble einer rückwirkenden Simulation des Hochwassers 2002 im Erzgebirge, bei welcher die europäische COSMO-LEPS-Vorhersage genutzt wurde, um das hydrologische Modell ArcEGMO anzutreiben. Quelle: eigene Darstellung

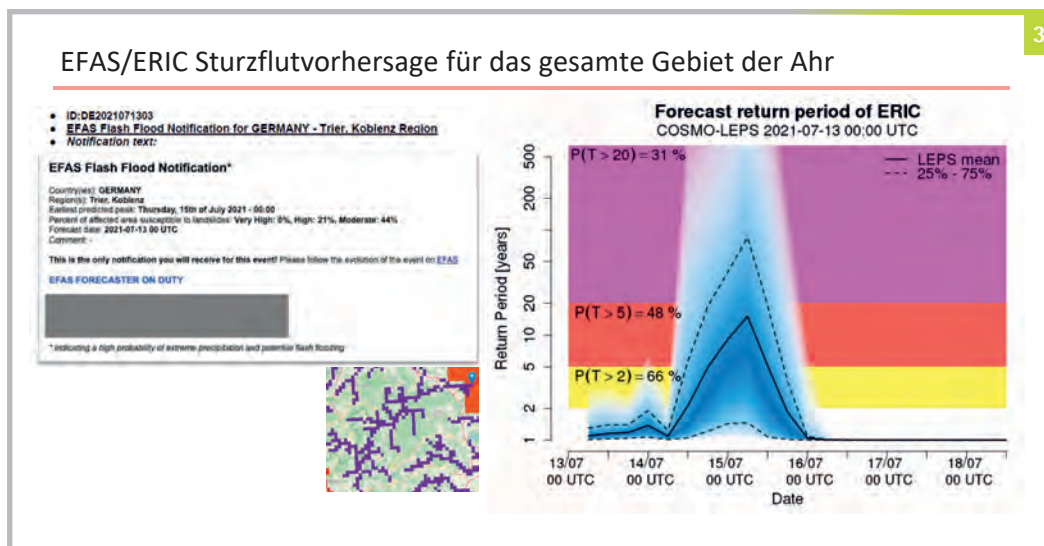


Abbildung 3
Ausgaben des europäischen Sturzflut-Vorhersagesystems ERIC am 13. Juli 2021 knapp zwei Tage vor den erwarteten Hochwasserscheitel: links oben Hinweistext, links unten Karte der Ahr, rechts Vorhersage für den Auslass der Ahr. Quelle: Joint Research Centre of European Commission

Im Mittel sind jedoch mit den heutigen Systemen hochwasserrelevante Wetterlagen bis zu drei Tage vor dem Ereignis

ßere Flüsse (EFAS) mit der Zielgruppe Fachbehörden. Dieses System enthält auch eine Sturzflutvorhersage

die Behörden schon vier Tage vor dem Ereignis hätten wissen müssen, was passieren wird. Die Frage, was die Zu-

ständigen wann wissen hätten können und vor allem welche Entscheidungen daraus abzuleiten gewesen wären, ist jedoch komplexer. Die Wettervorhersage lieferte mehrere Tage vor dem Ereignis stabile Signale für langanhaltenden und ergiebigen Starkregen in der Eifel mit Regengmengen

auf etwa zehn Meter an, wie später rekonstruiert wurde. Dieser Messpegel der Ahr wurde durch die Fluten zerstört. Am späten Nachmittag des 14. Juli 2021 zeigten alle Pegel des oberen Einzugsgebietes der Ahr Rekordwerte an, während im Unterlauf in Sinzig etwa drei bis vier Fließ-

eine konkrete Warnung des zuständigen Landkreises, in Sinzig beidseitig 50 Meter Abstand zur Ahr einzuhalten. *Abbildung 4* zeigt, dass diese Warnung bei weitem nicht ausreichte. Etwa 200 Meter vom Fluss entfernt (orange markiert) ertranken zwölf Menschen in einem Behinder-

Abbildung 4
Überflutung in Sinzig im Unterlauf der Ahr in der Nacht des 15. Juli 2021 gegen zwei Uhr mit Korridor entsprechend der Katastrophenwarnung vom Vorabend gegen 23 Uhr.
Quelle: Copernicus Emergency Management Service, verändert



deutlich oberhalb derjenigen, welche 2016 ein vermeintliches Jahrhunderthochwasser an der Ahr auslösten. Ein schweres Hochwasser war daher erwartbar. Trotzdem ist auch in *Abbildung 3* rechts zu sehen, dass die Unsicherheitsbandbreite sehr hoch ist. Es ist schwieriger vorherzusagen, welches Flusstal am stärksten betroffen sein wird und wie sich die Überschwemmung darstellen wird. Daher simulieren die Bundesländer mit hydrologischen Modellen in der Regel nur mit Vorlaufzeiten von einem Tag.

Während des Ereignisverlaufes simulierte das Land Rheinland-Pfalz regelmäßig Vorhersagen. Am Nachmittag nach Beginn des Ereignisses wurde ein Scheitel von etwa sieben Metern für den Pegel Altenahr vorhergesagt. Tatsächlich stieg der Wasserstand dort sogar

stunden entfernt die Leute bei Sommerwetter am Fluss spazieren gingen.

Entscheidung und Warnung

Während die simulierten Hochwasservorhersagen oft nur unter Fachleuten beachtet werden, ist für den Schutz der Bevölkerung die Herausgabe von verständlichen und rechtzeitigen Warnungen relevant. Bei Fehlwarnungen besteht allerdings die Gefahr, dass spätere Warnungen nicht mehr beachtet werden. Daher versuchen die Behörden des jeweiligen Landes, möglichst spät zu warnen, damit die Vorhersage höchstmöglich zuverlässig ist. Nach einer noch wenig konkreten Frühwarnung des Landes am Morgen des 14. Juli 2021 erfolgte dann am Abend des 14. Juli 2021 nach 23 Uhr über die Warnapp KATWARN

tenwohnheim, welches nicht evakuiert worden war.

Die tragische Entwicklung des Hochwassers trotz guter Wettervorhersage, vorhandener Simulationsmodelle und funktionierender Datenerhebung zeigte Lücken in der Warnkette auf, welche hier in Stichpunkten nur für den Bereich Vorhersage und Warnung dargestellt werden:

- Die Ensemblevorhersage hat zwar den Vorteil, die Unsicherheit zu zeigen, „verschmiert“ dabei aber die Information, so dass bei Anwendung von Mittelwerten oder Medianen eine Unterschätzung der Lage eintreten kann. Eine Bewertung aller Informationsquellen sollte immer neben den Modellen herangezogen werden. Planungskarten der potenziellen Über-

schwemmungsgebiete wurden nicht genutzt, da sie „für einen anderen Zweck erstellt wurden“. Die Entscheidungsfindung ist komplexer als die technische Vorhersage.

- Die Schwere von Hochwasserereignissen wird in der Fachwelt in der Regel nach deren Seltenheit bewertet. „Wiederkehrintervalle“ berechnen sich jedoch nach

Hochwasser 2021 wurden Warnapps verbessert, Sirenen reaktiviert und mit Cell Broadcasting neue Wege der Warnung eingeführt.

Der Wiederaufbau im Ahrtal findet für die Mehrzahl der Gebäude an derselben Stelle statt. Hochwasserkatastrophen mit vielen Opfern hat es in der Geschichte an der Ahr jedoch öfter gegeben, so 1910

Rhein größer und nicht mit der Ahr vergleichbar sind, so sollte doch darauf hingewiesen werden, dass im Rhein jeweils 1993 und 1995 ein so genanntes „Jahrhunderthochwasser“ stattfand und an der Elbe nach der Katastrophe 2002 gleich mehrere weitere Hochwasserereignisse stattfanden, wobei 2013 der Wasserstand sogar noch höher anstieg (Abbildung 5).



Abbildung 5
Hochwassermarken an der Elbe nahe Lauenburg. Rot umrandet die beiden Extreme 2002 und 2013, gelb umrandet zwei große Ereignisse in den Jahren dazwischen.
Foto: Dietrich

Datenlage. Historische Ereignisse gehen oft nicht ein, so dass das Ereignis unterschätzt wurde.

- Die Zuständigkeit im Katastrophenschutz liegt auf einer administrativen Ebene, von welcher die Schwere eines Hochwasserereignisses kaum erkannt werden kann.
- Die Einbeziehung der Bevölkerung und die Nutzung sozialer Netze ist in dem streng hierarchischen System gering entwickelt. Damit gehen wichtige Informationsquellen und Verteilungswege verloren.

und vor allem 1804, welche dem Ereignis von 2021 in seinen Spitzenabflüssen ähnlich war. Insofern war das Hochwasser von 2021 kein beispielloses historisches Ereignis, sondern lediglich ein sehr seltenes. Dies weist auch darauf hin, dass das Hochwasser nicht alleine durch den Klimawandel möglich wurde. Allerdings weisen Forschende dem Klimawandel einen verstärkenden Effekt zu und es ist wahrscheinlich, dass derartige Hochwasserereignisse in der Zukunft häufiger vorkommen als bisher. Dass es an der Ahr etwa alle hundert Jahre zu einem katastrophalen Hochwasser kam, bedeutet nicht, dass in den kommenden Jahrzehnten nicht mehr mit einem ähnlich starken Hochwasser mit schlimmen Folgen gerechnet werden muss. Auch wenn die Einzugsgebiete von Elbe und



PD Dr.-Ing. Jörg Dietrich
ist Privatdozent am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie und leitet dort die Forschungsgruppe Wasserressourcen. Seine Arbeitsschwerpunkte sind multi-kriterielle Optimierung, Simulation und Optimierung. Kontakt: dietrich@iww.uni-hannover.de

Nach dem Hochwasser ist vor dem Hochwasser

Nach dem Hochwasser 2002 wurden in Sachsen Vorhersagen verbessert und Warnsysteme eingeführt. Nach dem



FACHKRÄFTEMANGEL

Mit Ihrer Anzeigenschaltung in den Fachpublikationen helfen Sie dem akuten Fachkräftemangel in Deutschland entgegenzuwirken. Weitere Informationen und Publikationen finden Sie online.



ALPHA Informationsgesellschaft mbH

Finkenstraße 10
D-68623 Lampertheim
Tel.: 06206 939-0
magazin@alphapublic.de
www.alphapublic.de

KAYSER
AUTOMOTIVE GROUP



Über KAYSER:
Das traditionsverbundene Familienunternehmen KAYSER Automotive Group ist ein globaler Partner für die Entwicklung und Fertigung von innovativen und hochkomplexen Systemen im Bereich Fluid Management, Emission Control, Thermomanagement und New Technologies für Fahrzeuge aller Antriebsarten.

Weitere Informationen unter:
kayser-automotive.com/karriere



KAYSER Automotive Group
Hullerser Landstraße 43
37574 Einbeck

kayser-automotive.com

#MorgenEinKAYSER

Dein Kopf ist voller Ideen und deine Hände wollen diese in die Tat umsetzen? Hierfür bieten wir Dir bei KAYSER die für dich passenden Entwicklungsmöglichkeiten. Innovative Produkte und Prozesse sind für die Zukunft unverzichtbar – und ebenso wenig für uns.

Bei uns bringst Du deine Kompetenzen, dein Engagement und deine Leidenschaft täglich in neuen Herausforderungen ein und arbeitest dabei global mit mehr als 3.600 Kolleg:innen eng zusammen.

So fördern wir in unserem Headquarter der KAYSER Automotive Group in Einbeck und an unseren 17 internationalen Standorten, Vielfalt und Karrieren, die die Welt von morgen in Bewegung bringen. Unsere Unternehmenskultur ist dabei geprägt von flachen Hierarchien und einem persönlichen Miteinander, in der gegenseitige Unterstützung und Eigenverantwortung zur Selbstverständlichkeit gehören.

Neben unserer Weltoffenheit und der technischen Expertise sind unsere Mitarbeiter ein bedeutender Faktor für den internationalen Erfolg. Wir sind immer auf der Suche nach neuen motivierten Teammitgliedern, um gemeinsam zu wachsen.

Zur Fortsetzung Deines individuellen Karrierewegs sind wir bereit – Bist Du es auch? Dann sei schon #MorgenEinKAYSER

STIEBEL ELTRON

Ideen entwickeln
Nachhaltigkeit gestalten



Wir bieten vielfältige Karrierechancen in spannenden Bereichen, unter anderem als:

- › Entwicklungsingenieure im Bereich Wärmepumpe (m/w/d)
- › Laboringenieure (m/w/d)
- › Technische Trainer (m/w/d)
- › Praktika, Abschlussarbeiten, Werkstudentenjobs (m/w/d)

Alle Einstiegsmöglichkeiten unter:

www.stiebel-eltron.de/jobs



MENSCH SEIN, KEINE MASCHINE.

Das geht auch in einem internationalen High-Tech Unternehmen. Bei WAGO kommen Menschen mit Herz und Leidenschaft für die großen Themen der Zukunft voll auf ihre Kosten. Neugierig geworden? Dann schauen Sie auf unserem Jobportal vorbei. Wir freuen uns auf Sie!

Willkommen bei WAGO.



www.wago.com/de/karriere

Erweitertes Schwammstadtkonzept

Ausreichend Wasser für eine lebenswerte Stadt

Eine Stadt wie ein Schwamm:
Stephan Köster und Maïke Beier, Wissenschaftler*innen am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Leibniz Universität Hannover arbeiten mit einem Forschungsteam seit vielen Jahren an Lösungen, um mit besonderem Blick auf die städtische Wasserwirtschaft praxistaugliche Transformations- und Entwicklungspfade für Städte und ihre Wasserinfrastrukturen aufzuzeigen.



Schwammstadtentwicklung

Die zunehmend wahrnehmbaren Auswirkungen des Klimawandels machen es erforderlich, zügig infrastrukturelle Weichenstellungen vorzunehmen, um auch in Zukunft in Städten ein hohes Maß an Aufenthalts- und Lebensqualität zu gewährleisten. Das Konzept einer Schwammstadt mit ihrem blau-grünen Inventar akzentuiert die unbestreitbare Bedeutung von Wasser in der Stadt und bietet die einmalige Chance, den urbanen Wasserkreislauf ausgehend von der unabdingbaren Klimaanpassung zu modernisieren, zukunftsfähig aufzustellen und das gebotene Maß an Schadensvermeidung zu gewährleisten. Eine Schwammstadt leistet bei (Stark-)Regenereig-

nissen nicht nur Überflutungsvorsorge, sondern sie ermöglicht die Speicherung von Niederschlagswasser und erhöht so die Verfügbarkeit der Ressource Wasser. Ziel der Forschungsaktivitäten an der LUH ist es, den Ansatz der Schwammstadtentwicklung als Keimzelle zu nutzen, um ausgehend von einer Transformation der Entwässerungsinfrastruktur eine moderne und vor allem zukunftssichere Siedlungswasserwirtschaft zu realisieren.

Zentrale Innovation der hier vorgestellten Forschungsarbeit ist, die Schwammstadt zu einer komplementären Wasserversorgungsinfrastruktur weiter zu entwickeln und damit zu einem wichtigen Baustein des urbanen Wasserkreislaufs

aufzuwerten, vgl. auch (Köster 2021; Köster und Beier 2021).

Wasserbedarf einer Schwammstadt

Grundsätzlich ist für die Zukunft ein steigender städtischer Wasserbedarf zu unterstellen und gleichzeitig sinkt – maßgeblich bedingt durch den Klimawandel – oftmals die (Trink-)Wasserverfügbarkeit. Ein steigender Wasserbedarf ist darin begründet, als dass unter anderem zusätzliche Verbrauchstellen entstehen (zum Beispiel für die Versorgung der blau-grünen Stadt, Wasser für die Stadtkühlung und die urbane Landwirtschaft), die auch in warmen beziehungsweise trockenen Wetterperioden zu decken

Abbildung 1
Schematische Darstellung
Campus Water Hub
Quelle: aus Köster et al. 2023

sind (Köster und Beier 2023). In *Tabelle 1* sind Wasserbedarfe aufgeführt, deren Deckung keine Trinkwasserqualität erfordert und die durch ein qualitätsgesichertes Regenwasser abgedeckt werden können.

Auch in Deutschland, das sich bisher als wasserreiches Land verstand, können diese (Mehr-)Bedarfe nicht mehr überall durch die bestehenden (Trink-)Wasserversorgungssysteme abgedeckt werden.

gung quantitativ nicht abgedeckt werden können beziehungsweise bietet eine Versorgung für Wassernutzungen, bei denen keine Trinkwasserqualität benötigt wird. (vgl. *Tabelle 1*). Hierzu werden unverschmutzter beziehungsweise nur gering verschmutzter Niederschlag vor Ort gesammelt, gespeichert und bedarfsgerecht aufbereitet. Das Regenwasser von unkritischen Flächen wird entweder unmittelbar genutzt (*Basis-Qualität*)

tanzen transportiert und verteilt. Hier kommen insbesondere kleinräumige Verteilungsinfrastrukturen (zum Beispiel für die Parkbewässerung) aber auch Zapfstellen an den City Water Hubs (CWH) oder weiter entlegene Abgabepunkte in Frage, die mit den CWH verbunden sind. Von allen Zapfstellen kann ein Weitertransport mittels LKW für anderweitige Bewässerungsmaßnahmen wie die des Straßengrüns erfolgen.

Maßnahme	Abnehmer
Bewässerungswasser	<ul style="list-style-type: none"> ■ Urbane Nahrungsmittelerzeugung ■ Bewässerung Park-, Grünanlagen und einzelne Bäume ■ Bewässerung von Bepflanzung an und um Straßen ■ Wohngebäude: Gründach-/Fassadenbewässerung/ Garten- und Hofbewässerung ■ Versorgung von Kleingartenkolonien
Stadt-/Quartierskühlung	(unter Umständen einhergehend mit Bewässerungsmaßnahmen)
Städtische Reinigungsmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Straßenreinigung ■ Reinigung Kanalisation ■ Staubkontrolle
Sonstige	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bereitstellung von Wasser zur Speisung urbaner Gewässer ■ Versorgung urbaner Habitats mit Wasser

Tabelle 1
Übersicht über urbane Wasserbedarfe, die durch qualitätsgesichertes Regenwasser gedeckt werden können
Quelle: eigene Darstellung

Somit besteht konkreter Handlungsbedarf, die städtische Wasserversorgung unter den Vorzeichen des fortschreitenden Klimawandels dauerhaft abzusichern. Das nachstehend vorgestellte „*Stadtwasserkonzept*“ sieht die Einführung einer komplementären Wasserversorgungskomponente vor, entwickelt als synergetische Ergänzung zum Niederschlagswassermanagement, und zeigt damit einen konkreten Umsetzungspfad auf.

Niederschlag zu „Stadtwasser“ aufbereiten

Das Angebot eines qualitätsgesicherten „Stadtwassers“ („City Water“) bedient gezielt Wasserbedarfe, die durch die öffentliche Trinkwasserversor-

oder wird dezentral in einem „City Water Hub“ zu den hochwertigeren Stadtwasserqualitäten Basis+ (feststofffrei) und Qualität+ (feststofffrei und hygienisiert) aufbereitet (vgl. Köster und Beier 2021). Bei der Aufbereitung kommen niedrigerenergetische Verfahren wie zum Beispiel schwerkraftgetriebene Membranen und UV-Desinfektion zum Einsatz (*Abbildung 1*). Diese Aufbereitungsbarriere führt zu einer Toleranz gegenüber temporären Verschmutzungen des „Rohwassers“. Lokale Energiequellen wie Photovoltaik, Wind und Abwärme werden ebenfalls in diesem Aufbereitungskonzept genutzt.

Das qualitätsgesicherte Stadtwasser wird über eine eigene Infrastruktur über kurze Dis-

Infrastrukturentwicklung

Mit Blick auf die „Rohwasserversorgung“ des Stadtwaterkonzepts lautet der zugehörige infrastrukturelle Vorschlag, eine Abkehr von der klassischen Mischbeziehungsweise Trennkanalesation vorzunehmen, und vielmehr folgende beide Rohrstränge zu vorzusehen und zu betreiben: einen Abwasser- und einen Stadtwaterkanal (*Abbildung 2*). Dieser Ansatz basiert auf der in dieser UniMagazin Ausgabe ebenfalls vorgestellten qualitätsbasierten Trennentwässerung, die im F&E-Vorhaben Transformation von Misch- und Trennentwässerungen in Bestandsquartieren mit hohem Siedlungsdruck (TransMiT) entwickelt wurde.

Im **Stadtwasserkanal** wird das unverschmutzte und gering belastete Regenwasser gesammelt. Hierdurch erfolgt die „Rohwasser“-samm- lung, -speicherung und -bereitstellung für die quartiersbezogene komplementäre Stadtwas- sersversorgung. Für die Stadt- wasserversorgung ist die Ab-

wiesenen End- und Abgabe- punkten. *Abbildung 2* visuali- siert die hier vorgestellte Infra- struktur zur Stadtwasser- sammlung. Diese qualitative Trennung der Niederschlags- teilstrome erlaubt es ferner, im Stadtwasserkanal Teilstrecken mit Versickerungsfunktion einzurichten. Diese können

len ließe. Derartige Versicke- rungsmaßnahmen dienen der Stärkung des Wasserhaushalts, indem sie zur Bodenbefeuch- tung und Grundwasseranrei- cherung beitragen. Besonders in stark verdichteten Bestands- gebiet würde dieser Ansatz im Untergrund zusätzliche Versi- ckerungsflächen aktivieren, die anderweitig nicht zur Ver- fügung stünden.

Abbildung 2
Kanal-Infrastrukturen
im Stadtwaterkonzept
Quelle: eigene Darstellung



Im **Abwasserkanal** werden Schmutzwasser und behan- lungsbefürdigtes Regenwasser (zum Beispiel von Verkehrsflä- chen) gesammelt und im vor- handenen Entwässerungssys- tem (Schmutzwassersammler) einer Behandlung zugeführt (vgl. *Abbildung 3*). Das erzeugte Schmutzwasser wird auf (zentralen) Kläranlagen behandelt, die leistungsfähige Abwasser- reinigungsverfahren vorhan- den und eine Belastung der Oberflächengewässer wirk- ungsvoll und stabil verhin- dern. Die Auswirkungen ver- änderter Zulaufbedingungen wurden in den genannten For- schungsprojekten in ersten Ansätzen untersucht und sind weiter zu überprüfen.

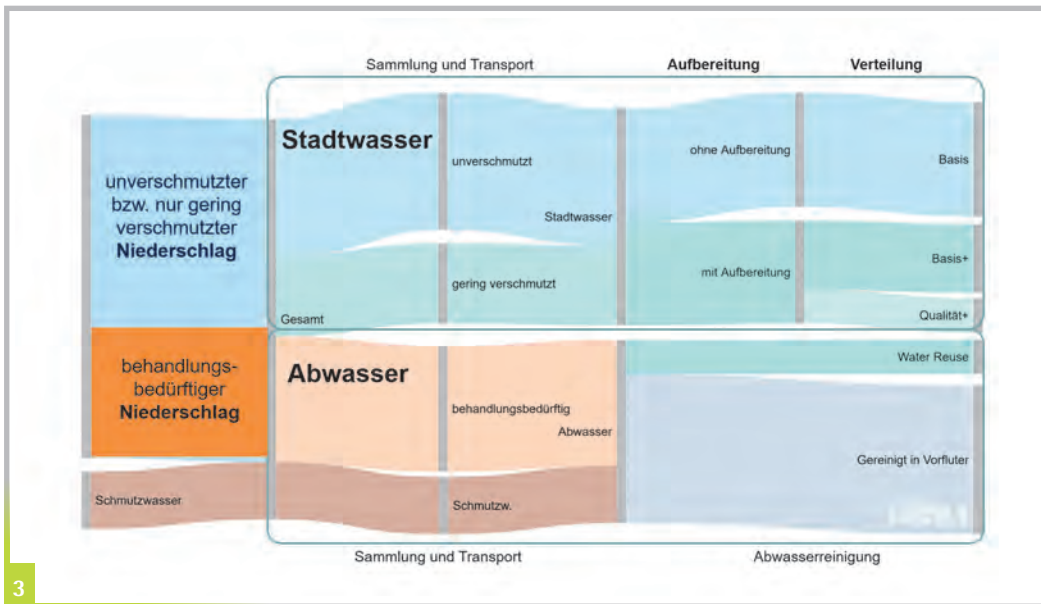


Abbildung 3
Qualitätsbasierte Aufteilung
städtischer Niederschläge im
Stadtwaterkonzept
Quelle: eigene Darstellung

deckung eines gesamten Einzugsgebietes mit entspre- chenden Kanalstrecken nicht erforderlich. Es bedarf ledig- lich definierter Transport- und Speicherstrecken bis zu ausge-

mit einer integrierten Reini- gungs- beziehungsweise Fil- terfunktion ausgestattet wer- den, die sich zum Beispiel durch die Verwendung be- stimmter Porenbetone herstel-

Grundsätzlich darf unterstellt werden, dass die Herausnah- me der Mengen an unver- schmutzten oder gering ver- schmutzten Niederschlägen aus der Abwasserentsorgung eine deutlich bessere Ausnut- zung der vorhandenen Be- handlungskapazitäten auf Kläranlagen ermöglicht. Ferner steht das hier skizzierte Vorgehen im Einklang mit der Reduktion von Mischwasser- entlastungsereignissen, die dringend geboten ist wie durch Reese (2020) dargelegt. Wird ein entlastungsfreies Ableitungssystem umgesetzt, wäre dies nicht nur aus Ge- wässersicht begrüßenswert, sondern es würden weitere Nutzungsmöglichkeiten eröff- net. Beispielsweise ließe sich die Abwasserkanalisation auch für den Transport orga- nischer Substrate (Bio-Abfall/

Speisereste) nutzen und dies verbunden mit einer verbesserten Rückführquote und Vermeidung von Abfallsammel- und Hygieneproblematiken in hochverdichteten Stadtbereichen.

Städtische Wasserbilanzräume

Mit der qualitätsbasierten Differenzierung von Niederschlagsteilströmen kann eine quartierspezifische Wasserbilanz erstellt werden, indem den in *Tabelle 1* genannten Wasserbedarfen ein (potenzielles) zeitlich, räumlich und qualitativ differenziertes Niederschlags- beziehungsweise Stadtwasserangebot gegenübergestellt wird. Hierzu sind passende quartiersbezogene Bilanzräume zu definieren, die sich sowohl an der Oberflächennutzung (qualitätsbestimmend) als auch an den Ableitungsteileinzugsgebieten orientieren. Für die einzelnen Bilanzräume wird jeweils eine Bestandsaufnahme in Form einer ausführlichen Flächenanalyse durchgeführt, die das Potenzial an unverschmutzten und gering verschmutzten Niederschlägen aufgezeigt und die bewirtschaftungsrelevante Festlegung von Fließwegen und Sammelpunkten unterstützt. Wie dies konkret vorgenommen werden kann und welche beachtenswerten Mengenpotentiale hier bestehen, zeigen unter anderem die Untersuchungen für Hildesheim von Kabisch et al. (2021).

Zusammenfassung und Ausblick

Die Schwammstadtentwicklung ist innerhalb des breit anzulegenden Kontextes der urbanen Transformation einzuordnen. Sie muss im Einklang stehen mit den Vorstellungen zum zukünftigen städtischen Leben und zur städtischen Mobilität. Dies ist insofern erforderlich, als dass auch die Schwammstadt Ressourcen

wie Fläche, Wasser und Finanzierung benötigt und sie somit auch in Ressourcenkonflikte involviert ist. Finden die Schwammstadt und ihre Ausgestaltungsmerkmale jedoch allgemeine Anerkennung, hat sie das Potenzial, die städtische Zukunft zu prägen und lebenswert zu gestalten.

Die neuartig gedachte und ausgelegte Niederschlagsbewirtschaftung in der Schwammstadt eröffnet die konkrete Option, die städtische Wasserversorgung auch in Zeiten eines sich verschärfenden Klimawandels dauerhaft und nachhaltig abzusichern und unter Umständen sogar zu verbessern. Gelingt es, die teils erheblichen Anteile an unverschmutzten und gering verschmutzten Niederschlägen aus der Abwasserentsorgung herauszunehmen und in eine komplementäre Stadtwasserversorgungsinfrastruktur zu überführen, ließen sich städtische Wassermehrbedarfe auch in Dürrezeiten abdecken bei zeitgleicher Entlastung der öffentlichen Trinkwasserversorgung.

Wie eine konkrete lokale Umsetzung im Bestand realisiert werden könnte, wurde durch das ISAH jüngst in einer Fallstudie für das Hauptgebäude der Leibniz Universität und den denkmalgeschützten Wellfengarten vorgestellt (Köster et al. 2023). Darüber hinaus hat das hier vorgestellte erweiterte Schwammstadt-Konzept das Potenzial, bestehende Wasserversorgungsprobleme auch anderenorts zu lösen oder zumindest zu lindern, wie erste Untersuchungen des ISAH am Beispiel afrikanischer Länder südlich der Sahara ergaben (Thoms und Köster 2022).

→ Weitere Informationen finden Sie hier:



Danksagung

Das hier vorgestellte Konzept wurde maßgeblich im Kontext der BMBF-geförderten Forschungsprojekte KEYS (Smart Technologies for Sustainable Water Management in urban Catchments as Key Contribution to Sponge Cities, FKZ 02WCL1459A) und TransMiT (Ressourcenoptimierte Transformation von Misch- und Trennentwässerungen in Bestandsquartieren mit hohem Siedlungsdruck, FKZ 033W105A) entwickelt. Wir danken dem BMBF für die Förderung.



Prof. Dr.-Ing. Stephan Köster ist Geschäftsführender Leiter des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie. Seine Arbeitsschwerpunkte sind die Zukunftsentwicklungen in der Siedlungswasserwirtschaft und die Ausgestaltung ihrer Infrastrukturen. Kontakt: koester@isah.uni-hannover.de



Dr.-Ing. Maike Beier ist wissenschaftliche Mitarbeiterin und Leiterin des Forschungsfelds Abwasser und Wassermanagement am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Verfahrensentwicklung kommunaler und industrieller Abwassertechnik, Systemmodellierung sowie urbane Transformation und Entwässerung. Kontakt: beier@isah.uni-hannover.de

Projekte: TransMiT – Transformation von Misch- und Trennentwässerungen in Bestandsquartieren mit hohem Siedlungsdruck. Ziel war es, aufzuzeigen und zu bewerten, wie städtebauliche mit wasserwirtschaftlichen Aspekten bei einer Quartiers- und Infrastrukturplanung langfristig verknüpft, die verschiedenen Alternativen differenziert bewertet und gemeinwohlorientiert gesteuert werden können.

Unter breiter Beteiligung dreier Forschungsabteilungen des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (ISAH), des Instituts für Kartographie und Geoinformatik (ikg) sowie dreier niedersächsischer Stadtentwässerungen, zwei weiteren Universitätsinstituten aus Leipzig und der TU Dortmund, zwei Genossenschaften als Vertreter für die Wohnungsbaugesellschaften und zwei Planungsbüros wurden fallspezifische Lösungen im konkreten Kontext einer strategischen Quartiersentwicklung im innerstädtischen Bestand entwickelt (<https://www.transmit-zukunftsstadt.de/index.php>).

TransMiT-Systeminnovationen

Städte sind klimatischen Extremen gegenüber besonders vulnerabel, zum Beispiel bei Starkregen oder Hitzewellen. Gleichzeitig haben sich die Anforderungen an die Stadtentwässerung erweitert: Es wird mehr Wasser benötigt (Hitze-schutz, Bewässerung) und außerdem sind schärfere Emissionsanforderungen an den Umweltschutz zu beachten (verstärkte Vermeidung vom Mischwasserentlastungen).

Das Projekt TransMiT sieht zwei zentrale Systeminnovationen vor:

1. Einführung einer qualitätsbasierten Trennentwässerung

2. Umsetzung einer integralen strategischen Bestandsquartiersplanung

zu 1. Qualitätsbasierte Trennentwässerung (qbTE)

Zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit ist es naheliegend, geeignetes Niederschlagswasser im Quartier zurückzuhalten und das gespeicherte Wasser zur Verbesserung des lokalen Wasserhaushalts einzusetzen. Um geeignetes Niederschlagswasser zu sammeln, wurde in TransMiT der Ansatz der qualitätsbasierten Trennentwässerung (qbTE) entwickelt. Dieser sieht vor, die Trennentwässerung dahingehend weiterzuentwickeln, dass die urbanen (Ab-) Wasserströme lokal anhand ihrer Verschmutzung entflechtet und bewirtschaftet werden. Durch die Sammlung und Ableitung an der Oberfläche verbleibt das Niederschlagswasser entsprechend seiner Qualität entweder im Quartier/Vorfluter oder wird über das vorhandene Entwässerungssystem zur Kläranlage abgeleitet, um eine optimale Reinigung des verschmutzten Niederschlagswassers in den *hoch effizienten (vorhandenen) Anlagen* zu gewährleisten.

Gleichzeitig sollen die in einem Mischsystem bei starken Regenfällen bisher einkalkulierten Abwasser-Abschläge ins Gewässer vollständig vermieden werden. In *Abbildung 1* ist die Grundidee der qualitätsbasierten Entwässerungsstrategie im Vergleich zur traditionellen herkunftsbasierten Trennung als Prinzipsskizze dargestellt.

Um, wie im letzten Punkt aufgeführt, ein Mischsystem in ein abschlagsfreies Schmutzwassernetz zu transformieren, bedarf es einer anhand von Qualitätskriterien regelbare Niederschlagswasserableitung, sodass im Kontext einer smarten Steuerung statische oder dynamische Weichen-

stellungen vorgenommen werden können:

- **Statisch:** durch bereits an der Oberfläche eingerichtete qualitätsbasierte Trennung der Oberflächenabflüsse nach Oberflächen-nutzung und -charakter
- **Dynamisch:** dynamische Aufteilung durch temporären Verschluss der Kanalisation. Hier ist das Regelungsziel, auch noch während eines Regenereignisses zwischen, in diesem Fall zeitlich differenziert anfallenden, qualitativ unterschiedlich einzustufenden Teilströmen zu unterscheiden (ausschließlich Aufnahme und Ableitung des höher verschmutzten Spülstoßes über den Schmutzwasserkanal zur Kläranlage).

In modelltechnischen Untersuchungen in TransMiT konnte auf Basis der Regelungsstrategie „Kapazität Kanalnetz/ Kläranlage“ gezeigt werden, dass bereits die hydraulische qualitätsorientierte Abwasserweiche gegenüber der statischen Ableitung eine Reduktion des Mischwasserabschlagsvolumen um 48 Prozent erlaubt.

Für Einzugsgebiet der Stadt Hildesheim wäre es zum Beispiel möglich, im Falle der konsequenten Entflechtung der Teilströme, das gesamte als stark verschmutzt einzustufende Niederschlagswasser auf der zentralen Kläranlage zu behandeln. Ergänzend ließe sich die Menge an unverschmutztem Niederschlagswasser, das im Einzugsgebiet verbleibt, um bis zu 72 Prozent erhöhen und könnte dort als wertvolle Ressource verfügbar gemacht werden.

zu 2. „Integrale strategische Bestandsquartiersplanung“

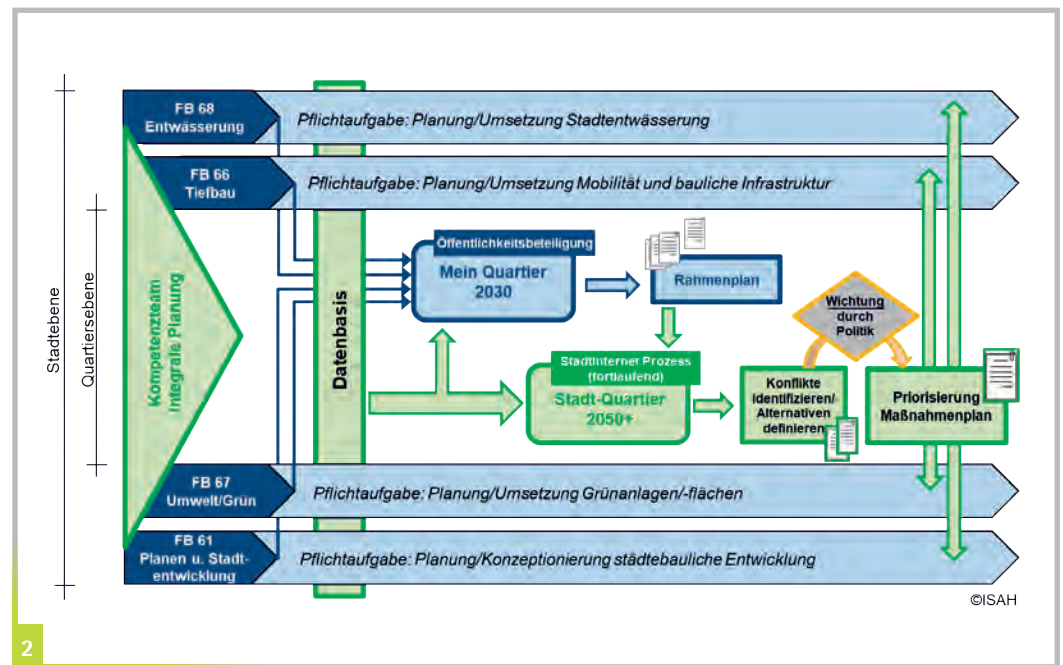
Die Transformation der Entwässerung im Sinne der qbTE bezieht die oberirdische Quartiersgestaltung und damit die

Stadtplanung sektorübergreifend mit ein, um schließlich eine gute Niederschlagsqualität zu gewährleisten. In TransMiT zeigte sich dabei deutlich, dass für alle Transformationschritte in Bestandsquartieren die Entwicklung und Umsetzung eines sektorübergreifenden Planungsprozesses auf strategisch-rahmengebender Ebene essentiell ist, um strukturelle Defizite, die die von allen Beteiligten gewünschte

licht zum einen, eine, die integrale Planung unterstützende, zeitliche und örtliche Konkretisierung der Maßnahmen und zum anderen über die lange Laufzeit der Transformation und die sich gegebenenfalls ändernden Rahmenbedingungen, auch die gemeinsame Festlegung von möglichen Umkehr- oder Anpassungszeitpunkten. Hierdurch wird sichergestellt, dass sich ändernde Eingangsdaten

wurden die Lösungsansätze dabei auf unterschiedlichen städtischen Planungsebenen umgesetzt. In Hildesheim wurde beispielsweise die Kombination von oberflächlichem Abfluss und Kanalsteuerung untersucht, die eine bestmögliche Ausnutzung der Kläranlagenkapazität zur Reinigung verschmutzten Regenwassers ermöglicht. In Braunschweig lag der Schwerpunkt auf der Charakterisie-

Abbildung 2
Einbindung des neu entwickelten integralen Prozessablaufs Stadt-Quartier 2050+ (grün) in die bestehenden innerstädtischen Abläufe (blau) und ergänzende Kommunikations-Dokumente am Beispiel der Landeshauptstadt Hannover
Quelle: ISAH



Vernetzung und Planungsabstimmung erschweren, überwinden zu können.

Der in TransMiT entwickelte übergeordnete kommunaler Prozessablauf „Stadt-Quartier 2050+“ sieht vor (Abbildung 2), die integrale strategische Quartiersplanung als Schlüssel zur Weiterentwicklung urbaner Bestandsquartiere in Richtung Klimaresilienz zu institutionalisieren. Wichtiger Planungsschritt ist hierbei, neben der Entwicklung eines langfristigen Quartiersleitbilds konkrete Transformationswege mit Festlegung der ersten Schritte zu formulieren. Gerade die gemeinsame Formulierung des „Wegs“ ermög-

und Herausforderungen in den laufenden Transformationsprozess mit eingebunden werden. Der entwickelte Prozess dient der Entscheidungsunterstützung sowohl bei der Strategiefindung als auch bei der Priorisierung der Investitionsschritte.

Neben den oben beschriebenen Konzepten wurden in TransMiT zahlreiche transformationsrelevante, innovative Einzelaspekte, -verfahren, -maßnahmen herausgegriffen, um den planenden Kommunen technische Informationen zu Wirkung, Auslegung und Betrieb von Alternativkomponenten bereitstellen zu können. In drei Modellquartieren

wurden Niederschlagswasserqualitäten von Fassaden und Straßen hinsichtlich der Dynamik der Verschmutzung über ein Einzelereignis sowie dem Eintrag von Bioziden und Mikroplastik. In Hannover wurden betriebliche Aspekte blau-grüner Infrastrukturelemente (Dachbegrünung, Fassadengestaltung mit Moos, Hinterhofteiche) mit Blick auf ihr Potenzial hinsichtlich Abkühlung und quartiersnaher Wasserbereitstellung in den Forschungsmittelpunkt gestellt und die QMRA (Quantitative mikrobielle Risikobewertung) als Methode der Qualitätsbewertung des im Quartier genutzten Wassers ausformuliert und angewendet.

Ausblick

Die erste Phase der BMBF-Fördermaßnahme „Ressourceneffiziente Stadtquartiere für die Zukunft (RES:Z)“ adressierte den ressourcenschonenden Umgang mit Wasser, Fläche und Stoffströmen als Grundlage für eine nachhaltige Entwicklung von Stadtquartieren. Untrennbar damit verbunden sind die Themen Stadtgrün und Wasser. TransMiT zeigte auf, wie insbesondere bestehende Entwässerungssysteme weiterentwickelt werden können und wie durch die synergetische Integration von blaugrünen Infrastrukturen gleichzeitig weitere Zielsetzungen für eine lebenswerte

urbane Zukunft (Schwammstadt-konzept, Reduzierung von Hitzeinseln, Starkregenvorsorge) unterstützt werden. TransMiT befindet sich als TransKOM nun mit sieben weiteren Projekten in einer zweiten Förderphase (bis 2025), bei der die Verstetigung der TransMiT-Ergebnisse im Vordergrund steht. Besondere Chancen der Weiterentwicklung werden sich aufgrund der fortschreitenden Digitalisierung ergeben, indem Online-Daten in eine smarte Systemsteuerung einfließen und das Wasserdargebot in der Stadt verlässlich steigern, ohne zentrale Aufgaben der Stadtentwässerung aus den Augen zu verlieren.



Prof. Dr.-Ing. Stephan Köster ist Geschäftsführender Leiter des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie. Seine Arbeitsschwerpunkte sind die Zukunftsentwicklungen in der Siedlungswasserwirtschaft und die Ausgestaltung ihrer Infrastrukturen. Kontakt: koester@isah.uni-hannover.de



Dr.-Ing. Maïke Beier ist wissenschaftliche Mitarbeiterin und Leiterin des Forschungsfelds Abwasser und Wassermanagement am Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Verfahrensentwicklung kommunaler und industrieller Abwassertechnik, Systemmodellierung sowie urbane Transformation und Entwässerung. Kontakt: beier@isah.uni-hannover.de



BE PART OF IT



DVGW-MENTORING PROGRAMM FÜR JUNGE BERUFS-EINSTEIGER:INNEN – EINE STARKE PARTNERSCHAFT FÜR EIN JAHR!

Du bist...

- in der Endphase Deines Studiums?
- junge:r Berufseinsteiger:in?

Du willst...

- Zukunftsthemen wie Energiesicherheit und Ressourcenschutz in Zeiten des Klimawandels mitgestalten?
- Dich in der Energie- und Wasserbranche stärker vernetzen?

Dann bist Du im DVGW genau richtig!

Du erhältst...

- ein 1:1 Coaching durch praxiserfahrene Fachkolleg:innen
- individuelle Unterstützung beim Jobeinstieg und in der Karriereentwicklung

➔ Werde Mitglied in unserer Wertegemeinschaft, vernetze und engagiere Dich!

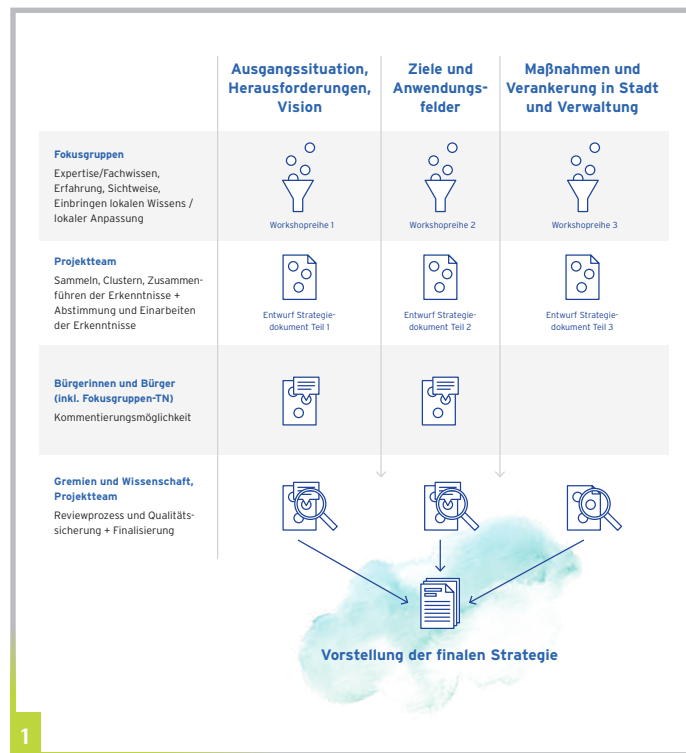
➔ www.dvgw.de/nachwuchsforderung

Smart Water City

Ein Projekt für Wasser, integrierte Stadtentwicklung und Klimaresilienz

Darmstadt soll Smart Water City werden.

Jochen Hack, Professor für Digitale Umweltplanung am Institut für Umweltplanung der Fakultät für Architektur und Landschaft der LUH, hat die Strategieentwicklung der Wissenschaftsstadt Darmstadt zur Smart Water City als Berater begleitet und die 2023 beginnende Umsetzungsphase mit vorbereitet. In den kommenden fünf Jahren geht es um die Umsetzung der konzipierten Lösungsvorschläge und Maßnahmen.



ligen Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat ausgewählt, um modellhafte, übertragbare Smart City-Lösungen mit Fokus auf das blaue Element zu entwickeln. Auf diese Weise soll den typischen Herausforderungen repräsentativer stadtentwicklungspolitischer Probleme wie dem demografischen Wandel, der Energie- und Mobilitätswende, Migration und Inklusion oder der doppelten Innenentwicklung (Konzept aus dem Masterplan Stadtnatur der Bundesregierung mit dem Ziel, Flächenreserven im Bestand baulich sinnvoll zu nutzen, gleichzeitig aber auch urbanes Grün zu entwickeln, zu vernetzen und qualitativ aufzuwerten) begegnet werden. Insgesamt standen zwei Jahre für die Erstellung einer Smart City-Strategie zur Verfügung. Der Fokus lag dabei auf immer häufiger auftretenden Extremwetterereignissen wie Starkregen, Hitze und lange andauernde Trockenperioden, die als größte zu lösenden Herausforderungen der Stadt identifiziert wurden.

Somit wurde das Smart City-Modellprojekt um ein wichtiges Handlungsfeld erweitert: das Element Wasser als neuer Schnittstellenschwerpunkt auf der Metaebene, um von dort aus in alle relevanten Bereiche der Stadtentwicklungsprozesse integriert zu werden, auf schlaue Art und Weise mitgedacht, berücksichtigt und, wo möglich, mitgeplant. Das

Die Digitalisierung ist längst ein globaler Trend, der weiter Fahrt aufnimmt. Digitalisierung kann eingesetzt werden, um Ressourcen einzusparen beziehungsweise effizienter zu nutzen. Smart Cities nutzen Digitalisierungsvorhaben, um das Leben der Menschen zu verbessern. Daten nehmen dabei eine Schlüsselrolle ein, da sie Informationen und Zusammenhänge sichtbar machen können, Prognosen ermöglichen und Menschen dabei unterstützen, ihr Verhalten zu ändern. Die offene Bereitstellung von Daten kann die Start-up-Kultur stärken und

beitragen, neue Geschäftsfelder zu erschließen. Der informierte und strategische Umgang mit Daten kann zum ökologischen und ökonomischen Erfolgsfaktor einer Stadt werden. Der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) ist zentral, wenn es um die Verarbeitung großer Datenmengen geht, um Prozesse zu optimieren und Muster vorherzusagen.

Als eine von inzwischen 73 Kommunen wurde die Wissenschaftsstadt Darmstadt 2020 als Modellprojekt Smart City Deutschland vom dama-

Abbildung 1 Vorgehensweise und Elemente der Smart Water City-Strategieentwicklung. Quelle: Smart-City-Strategie Darmstadt

Smart City-Modellprojekt erhielt somit den Titel „Schlaues Wasser Darmstadt“.

Mit dem Projekt „Schlaues Wasser Darmstadt“ sollen die Potenziale der Digitalisierung, Wasserstrukturen schlau und zukunftsfähig zu gestalten, genutzt werden. Der Begriff „Smart Water“ (zu Deutsch „Schlaues Wasser“) steht für intelligente Wassertechnologien. Ihre Einführung ermöglicht es, Wasserversorgungssysteme dem Klimawandel anzupassen. Eine Smart Water City setzt auf intelligente, vernetzte (Infra-)Strukturen und innovative Lösungsansätze. Durch die Nutzung von Daten und modernen Technologien, wie Künstlicher Intelligenz (KI), maschinellem Lernen, Apps und Sensorik/Aktorik, sollen das urbane Wassermanagement und Wasserdienstleistungen (als Teil der Daseinsvorsorge) verbessert werden. Dabei sollen Wasserkreisläufe ganzheitlich betrachtet werden, um sie nachhaltiger und effizienter gestalten zu können.

Kern der Darmstädter Vorgehensweise war es, zum einen die Bürgerschaft, zum anderen Akteure aus den Schlüsselbereichen Verwaltung und städtische Betriebe, Wissenschaft, Wirtschaft sowie Verbände und Vereine in die Strategieerstellung einzubinden (*Abbildung 1*). Ziel war es, die Darmstädter Stadtgesellschaft selbst zu Wort kommen zu lassen. Ermöglicht wurde dies durch das Konstrukt der Fokusgruppen. Dafür wurden Darmstädter Akteurinnen und Akteure eingeladen, sich zu beteiligen und ihr Wissen einzubringen.

Wassersensible Smart City – Das Darmstädter Zukunftsbild

Das Darmstädter Zukunftsbild veranschaulicht, mit welchen Schritten die Smart City

Vision Wirklichkeit werden kann. Dafür lassen sich in der Vision drei Kernpunkte identifizieren. Für die wassersensible Smart City gilt:

1. Ressourcen werden nachhaltig genutzt

Darmstadt geht nachhaltig mit seiner Ressource Wasser um, sodass das vorhandene Wasser mehrfach genutzt wird und vielerlei Einsatz findet. Naturnahe, regenerative Wasserkreisläufe werden gestärkt, um die Wasservorkommen weiter zu schonen, das Stadtgrün zu erhalten und das Stadtklima zu verbessern. Moderne Technologien stärken die städtischen Wasserkreisläufe und ermöglichen höhere Einsparpotenziale. So können beispielsweise intelligente Regenspeicher Niederschlagswasser auffangen, speichern und in Abstimmung mit Wetter- und Bodensensoren bei Bedarf das Regenwasser als Gießwasser in umliegende Grünflächen und Baumrigolen (unterirdisches Auffangbecken für Regenwasser) ableiten. Über Sensoren im Kanalnetz könnten Wasserverluste durch Leckagen frühzeitig erkannt und behoben werden. Ressourcen werden eingespart.

2. In der wassersensiblen Smart City werden Daten digital vernetzt

Daten werden aus unterschiedlichen Quellen erhoben, analysiert, ausgewertet, in Beziehung gestellt und – wenn möglich – geteilt (s. Open-Data-Grundsätze in *Abbildung 2*). Dies ermöglicht es, relevante Informationen sichtbar zu machen und greifbar zu vermitteln. Die Nutzung von Daten ist immer mit einem konkreten Zweck verbunden und findet unter Beachtung ethischer Grundsätze statt. So können die Daten genutzt werden, um Steuerungs- und Stadtplanungsprozesse sinnvoll zu

Open-Data-Grundsätze

2

- Keine dem Datenschutz unterliegenden/ keine personenbezogenen Daten werden veröffentlicht
- Die Datensätze sollen so vollständig wie möglich veröffentlicht werden (im Rohformat inkl. Metadaten)
- Die Datensätze sollen der Öffentlichkeit innerhalb eines angemessenen Zeitraums zugänglich gemacht werden
- Die Datensätze sollen ohne physische und technische Hürden barrierefrei zugänglich sein
- Informationen sollen in etablierten Dateiformaten abgespeichert werden, die maschinenlesbar sind
- Jede Person soll zu jedem Zeitpunkt Zugriff auf die Daten haben, ohne sich dabei identifizieren/registrieren oder eine Rechtfertigung für ihr Handeln abgeben zu müssen
- Verwendung offener Standards
- Die Daten werden für die Allgemeinheit ohne Restriktionen oder Barrieren zugänglich gemacht
- Die online gestellten Informationen sollen über eine längere Zeit hinweg verfügbar sein
- Es werden keine Nutzungskosten für den Zugriff oder die Verwendung der Daten erhoben
- Die Daten sollen in hochwertiger Qualität erfasst und veröffentlicht werden

Abbildung 2
Open-Data-Grundsätze
Quelle: Smart-City-Strategie
Darmstadt

unterstützen. Beispielsweise können Sensoren Hitze-Hotspots identifizieren. In einer digitalen Abbildung der Stadt (digitaler Zwilling) könnten anschließend Gegenmaßnahmen simuliert und ausgewählt werden.

3. Die wassersensible Smart City wird mit den Menschen gemeinsam geschaffen

Im Darmstadt der Zukunft ist Wasser in der Stadt in vielfältiger Form sichtbar, fühlbar, erlebbar und wird so ins Bewusstsein gerückt. Aus Daten gewonnene Erkenntnisse werden genutzt und anschaulich vermittelt, um die Bürgerinnen und Bürger im nachhaltigen Umgang mit Wasser zu unterstützen und sie zum Mitmachen zu aktivieren. Wichtige Informationen – beispielsweise zu Wasserständen, Not-situationen, aber auch zum nachhaltigen Umgang mit Wasser oder der Anwendung neuer Technologien – werden zielgruppengerecht und zeitnah vermittelt. Die Bürgerinnen und Bürger wissen, wie sie verantwortungsvoll mit diesen und ihren eigenen Da-

ten im Zusammenhang mit Wasser umgehen. Sie können anhand der Daten wichtige Informationen erkennen und Handlungen daraus ableiten. Beispielhaft kann hier die Erprobung neuer Ansätze zur Wiederverwendung von Grauwasser über spielerische Anwendungen (Serious Games) genannt werden. Auch innovative Formate zur Beteiligung und Informationsvermittlung, zum Beispiel über Apps, Real-Labore, Wasserlehrpfade, Zukunftswerkstätten oder Citizen Science-Projekte, bringen die gemeinsame Stadtentwicklung voran.

Um diese drei Kernpunkte – 1. Ressourcen nachhaltig nutzen, 2. Daten digital vernetzen und 3. mit den Menschen gemeinsam etwas schaffen – in konkrete Handlungen und Veränderungen zu überführen, wurden drei Anwendungsfelder (AF) identifiziert (Abbildung 3). Die Anwendungsfelder beschreiben die wichtigsten Aspekte und formulieren konkrete Ziele für die Stadtentwicklung der Smart City. Um festzustellen, wie stark sich die Stadt der Vision angenähert hat, benennen die Anwendungsfelder auch Kriterien zur Bemessung des Erfolgs.

Maßnahmen zur wassersensiblen Smart City

Die Auswahl der Maßnahmen fand innerhalb eines umfangreichen und komplexen Prozesses statt. Zunächst wurden die drei Fokusgruppen dazu aufgerufen, ihre Ideen für das Projekt Schlaues Wasser einzureichen. Die über 70 eingereichten Projektideen wurden anschließend hinsichtlich zahlreicher Kriterien (unter anderem Mehrwerte für die Menschen, Modellhaftigkeit, Skalierbarkeit, Nachhaltigkeit, Innovationspotenzial, Machbarkeit) geprüft, priorisiert und schließlich ausgewählt (siehe *Abbildung 4*):

- Maßnahme 1: Blaues Band – blau-grüne Infrastruktur für multifunktionale Stadträume
- Maßnahme 2: Wasser-Stadtlabor
- Maßnahme 3: Wassersensible Quartiere und Gebäude
- Maßnahme 4: Datenstrategie und -management
- Maßnahme 5: Hitzevorsorge durch Wasser
- Maßnahme 6: Vivarium (kleiner Zoo in

- Maßnahme 7: Smarte Bewässerung von Stadtgrün – effiziente und bedarfsgerechte Bewässerung mit unterschiedlichen Wasserressourcen
- Maßnahme 8: Blaue Orte – Bausteine einer blauen Infrastruktur in den Stadtteilen

Im Laufe der Umsetzungsphase werden die Maßnahmen sukzessive realisiert. Währenddessen ist ein reger Austausch bei der Erstellung des Klimaanpassungskonzepts der Stadt angestrebt. So sollen erste Erfahrungen des Projekts in die Erstellung des Konzepts einfließen. Im Rahmen verschiedener Partizipationsformate sollen zusätzlich auch die Bürgerinnen und Bürger kontinuierlich sensibilisiert und in das Projekt einbezogen werden. Gegen Ende der Umsetzungsphase soll die Strategie überarbeitet und auch die umgesetzten Maßnahmen auf ihre Wirkung hin evaluiert werden, sodass eine Fortführung und Übertragbarkeit geprüft werden kann und auch andere Kommunen möglichst von den Darmstädter Erfahrungen profitieren können.

Abbildung 3
Anwendungsfelder der Smart Water City-Strategie
Quelle: Smart-City-Strategie Darmstadt



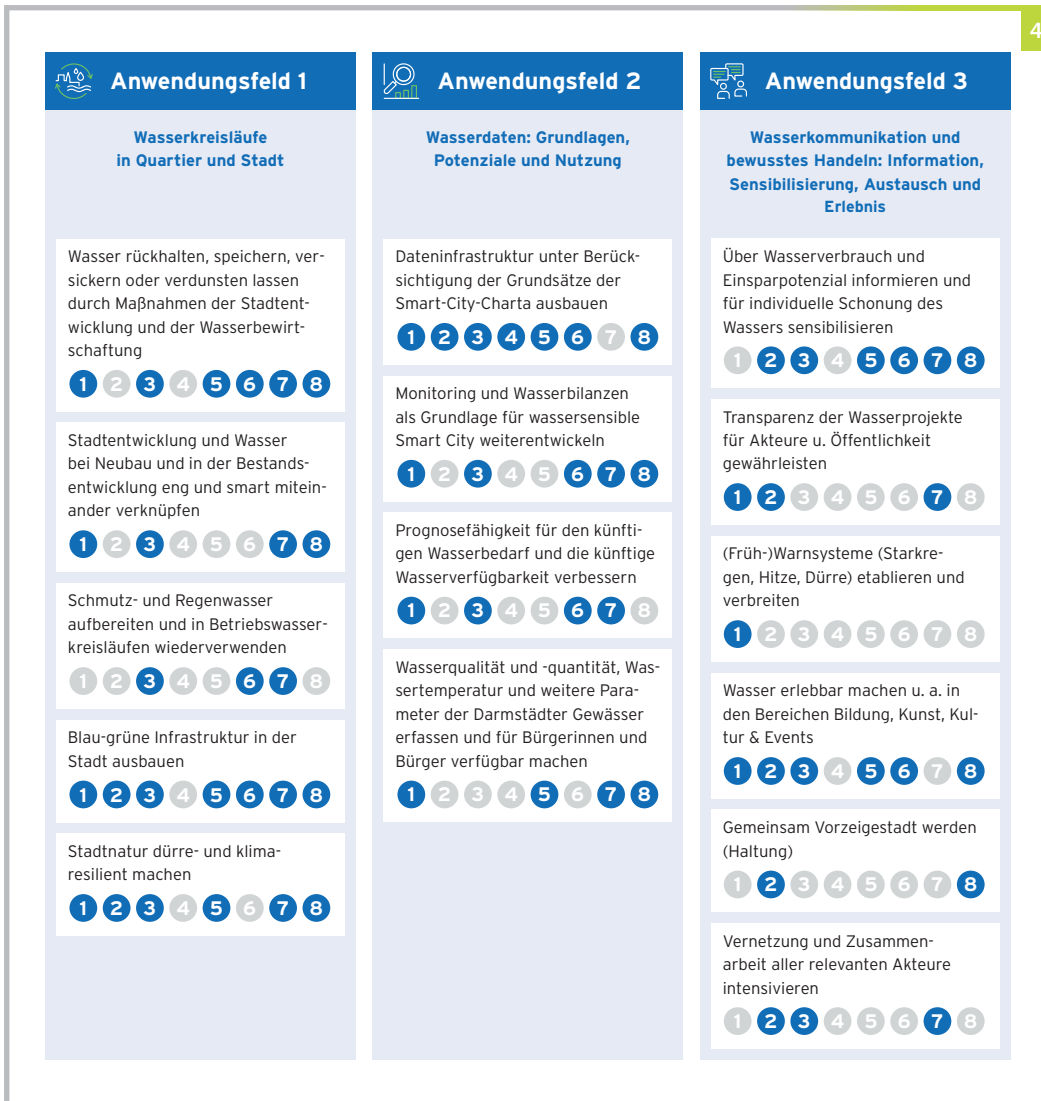


Abbildung 4
Ziele und Anwendungsfelder der Smart Water City-Maßnahmen
Quelle: Smart-City-Strategie Darmstadt



Prof. Dr.-Ing. Jochen Hack ist Professor für Digitale Umweltplanung am Institut für Umweltplanung der Fakultät für Architektur und Landschaft. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Planung und Umsetzung Blau-Grüner Infrastrukturen sowie die wassersensible Stadtgestaltung mithilfe digitaler Werkzeuge und Methoden. Kontakt: hack@umwelt.uni-hannover.de

Auf dem Weg zum Smart Water-Cluster

Eine der Anforderungen an die Maßnahmen und Lösungsansätze des Smart City-Modellprojekts ist die Gewährleistung des Fortbestands der angestoßenen Projekte auch nach Auslauf der Förderperiode. Aufbauend auf dem während der Strategiephase etablierten Netzwerk aus kooperierenden Einrichtungen und Akteuren aus dem Wassersektor, plant die Wissenschaftsstadt Darmstadt, ein zertifiziertes Smart Water-Cluster über das „go-cluster“-Programm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz anzu-

melden. Die Voraussetzungen sind durch die Vielzahl an Wasserexpertinnen und -experten und KMU sehr günstig, um nicht nur einen zentralen Ort der Begegnung zum Thema Wasser zu schaffen, sondern auch eine dynamische Vernetzungsplattform ins Leben zu rufen, auf der alle am Cluster Interessierten Kooperationen eingehen und Aktivitäten sowie Services in Anspruch nehmen können. Das Smart Water-Cluster soll in Form eines Private-Public-Partnership-Konstrukts zum Austausch, Vernetzen, Weiterbilden und Bilden von neuen Konsortien zur Verfügung stehen. Gemeinsam mit den Hochschulen, Wasserexper-

tinnen und -experten und den Unternehmen wird so eine Schnittstelle für alle Wasserthemata zwischen der Kommune, der Wirtschaft und der Wissenschaft geschaffen.



Lidl lohnt sich

JOB UND STUDIUM? KEIN PROBLEM!

Werde **Studentenjobber** (m/w/d) im Verkauf oder Logistikzentrum und profitiere von **flexiblen Arbeitszeiten!**

#teamlidl

JETZT BEWERBEN: [JOBS.LIDL.DE](https://jobs.lidl.de)



Aus Gründen der leichten Lesbarkeit verwenden wir im Textverlauf sowie bei Jobtiteln die männliche Form der Anrede, womit stets alle Geschlechter (m/w/d) gemeint sind. Selbstverständlich sind bei Lidl Menschen jeder Geschlechtsidentität willkommen.
*Mindeststiegslohn für tarifl. Mitarbeiter 14€/Std. (auch ohne abgeschlossene Berufsausbildung), je nach Erfahrung und Tarifgebiet deutlich mehr. Gilt nicht für Praktikum, Ausbildung, Abiprogramm sowie Duales Studium.
Azubis starten mit 1100€, Teilnehmer im Abiprogramm mit 1200€, Duale Studenten mit 1500€/Monat (bei Vollzeit), Praktikanten erhalten 1000€/Monat (Pflichtpraktikum Studenten).



Frischer Wind für neue Ideen

Wir gestalten die Zukunft. Beschichtetes Spezialpapier von Sappi Alfeld löst immer häufiger Verpackungen aus Plastik und Aluminium ab. Mitten im Leinebergland vereint unser Team Tradition und Innovation. Frischer Wind für neue Ideen ist immer willkommen. Nutze jetzt Deine Karrierechance bei uns.

Wir bieten:

- vielfältige Karrierechancen
- internationale Netzwerke
- spannende Projekte

Wir leben:

- Nachhaltigkeit
- Innovation
- Diversität



sappi

www.sappi.com/de/careers

WWW.STARTING-BUSINESS.DE

TRÄUMEN ODER MACHEN?

JETZT EIGENES **STARTUP** GRÜNDEN
UND FÖRDERUNG SICHERN!

avacon

Zusammen fangen wir den Regen.

Avacon Wasser sucht Ingenieur*innen!

Nachhaltiges Regenwassermanagement gehört zu den großen Herausforderungen der Zukunft – und zum spannenden Alltag bei Avacon Wasser. Mit Leidenschaft entwickeln wir neue Wege für die Energie- und Wasserwelt von morgen. Am liebsten mit dir gemeinsam!

Jetzt bewerben:
avacon-wasser.de/karriere



Urbane Flusseinzugsgebiete neu gedacht

SEE-URBAN-WATER führt zu Naturbasierten Lösungen

Die Nutzung von Flüssen durch den Menschen zieht auch unerwünschte Effekte wie Überschwemmungen, Erdbeben und Verunreinigungen nach sich. Sogenannte Naturbasierte Lösungen (NbL) gelten in Forschung und Politik als vielversprechende Maßnahmen zur Bewältigung dieser sozial-ökologischen Probleme.

Ein Wissenschaftler vom Institut für Umweltplanung erläutert das Forschungsprojekt SEE-URBAN-WATER an einem Beispiel aus Costa Rica.

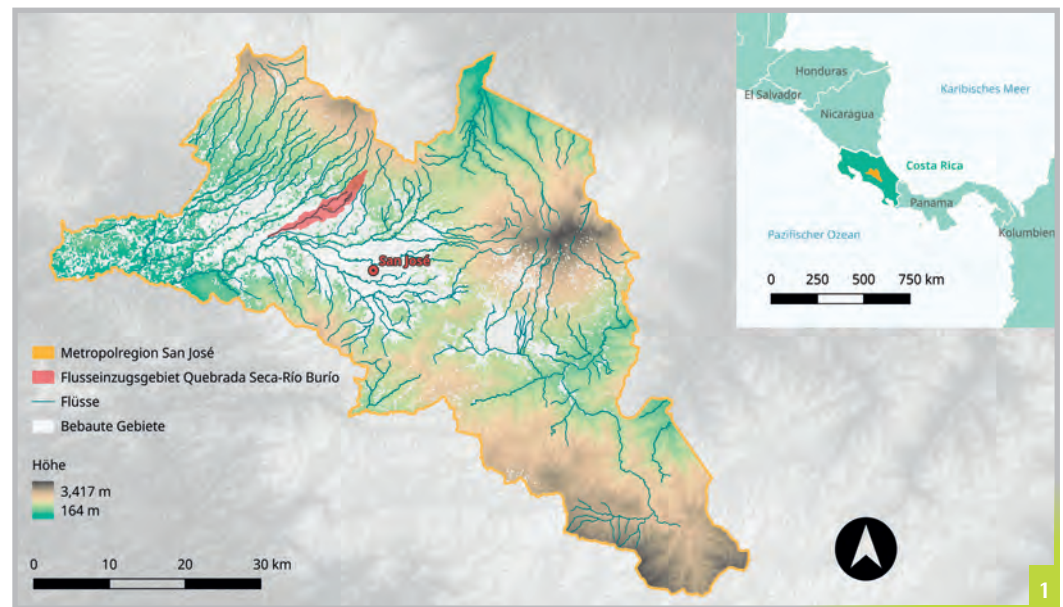


Abbildung 1
Lage innerhalb Costas Ricas und
Übersichtskarte zur Metropol-
region sowie des Flusseinzugsge-
bietes Quebrada Seca-Río Burío.
Quelle: SEE-URBAN-WATER

Neben der Urbanisierung selbst bringt die aktuelle Klima- und Umweltkrise vielfältige Herausforderungen für Städte und ihre Bewohner mit sich. In früheren Zeiten waren Flüsse oft die wichtigste Voraussetzung für die Gründung großer Siedlungen, da sie Trinkwasser lieferten, eine ertragreiche landwirtschaftliche Produktion ermöglichten und Transport- und Handelswege eröffneten. Mit der Entwicklung von Städten wurden Flüsse vom Menschen stetig umgestaltet, welche im Laufe der Zeit zu unerwünschten sozial-ökologischen Auswirkungen geführt haben, wie zum Beispiel erhöhter Erosion, verringerten und verunreinigten Wasserressourcen sowie einer erhöhten Wahr-
scheinlichkeit von Überschwemmungen, sinkender Artenvielfalt sowie dem Verlust von der Gewässerästhetik und von Erholungsfunktionen.

Hier setzen Naturbasierte Lösungen (NbL) an. Sie gelten mittlerweile in Forschung und Politik als vielversprechende Maßnahmen zur Bewältigung sozial-ökologischer Probleme. Bei den NbL handelt es sich laut International Union for Conservation of Nature (IUCN) um „Maßnahmen zum Schutz, zur nachhaltigen Bewirtschaftung und Wiederherstellung natürlicher oder veränderter Ökosysteme, die die gesellschaftlichen Herausforderungen effektiv und anpassungsfähig angehen und gleichzeitig Vorteile für das

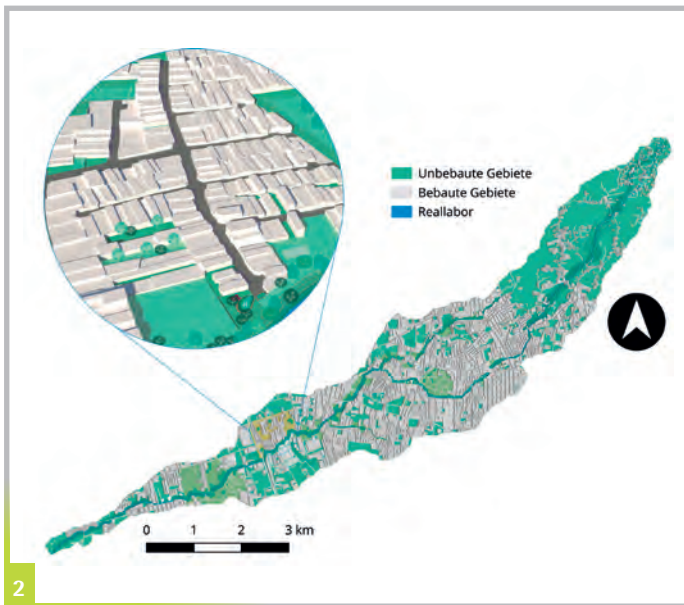
Wohlbefinden des Menschen und die biologische Vielfalt bieten“. Insbesondere in stark urbanisierten Flusseinzugsgebieten – dem Gebiet, welches potenziell durch Niederschlag dem Fluss Wasser zuführt – ist die Wiederherstellung einer natürlicheren Wasserbilanz erforderlich, um Überschwemmungen entgegenzuwirken. Dabei handelt es sich um Maßnahmen der Oberflächenentsiegelung, Begrünung, Wasserspeicherung, um so die Retention, Infiltration und Evapotranspiration zu erhöhen. Zusätzlich zu diesen oft quantitativ wirkenden Maßnahmen ist es auch notwendig, das Niederschlags- und Abwasser in städtischen Gebieten qualitativ zu verbessern.

Neben NbL im Flusseinzugsgebiet, sind Maßnahmen innerhalb des Gewässerkorridors für die Regeneration und Renaturierung von Gewässern im städtischen Bereich unerlässlich. Diese Maßnahmen stehen im Zusammenhang mit der Wiederherstellung der ökologischen Konnektivität in Längs- und Querrichtung zum Gewässer sowie einer allgemeinen ökologischen Verbesserung der

an den Prototypen im Reallabor wurden Strategien für eine flächendeckende Anwendung von NbL als Teil einer multifunktionalen Urbanen Grünen Infrastruktur für die Region abgeleitet. Das Reallabor diente dabei als ein physischer Gestaltungsraum mit einem repräsentativen sozioökonomischen und kulturellem Kontext, um NbL zu testen, die aus einem vorangegangenen partizipativen und

des SEE-URBAN-WATER-Projektes ergaben eine Zunahme der Urbanisierung zwischen 1945 und 2019 um etwa 64 Prozent. Mithilfe eines numerischen Modells konnte weiterhin ermittelt werden, dass dies zu 80 Prozent mehr Abflussvolumen im Gewässer sowie einer Erhöhung des maximalen Abflusses um 220 Prozent und deutlich schnelleren Abflussereignissen führte (um 25 Minuten frühere Ab-

Abbildung 2
Lage des Reallabors und Übersichtskarte zum Flusseinzugsgebietes Quebrada Seca-Río Burío.
Quelle: SEE-URBAN-WATER



Morphologie und der Lebensgemeinschaften. Aber auch die soziale Funktion von Gewässerkorridoren als Naherholungsraum und zur Klimaregulation spielt hier eine wichtige Rolle.

Im Rahmen des von 2018 bis 2023 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten inter- und transdisziplinären Forschungsprojektes SEE-URBAN-WATER (www.see-urban-water.uni-hannover.de), wurde die Implementierung von NbL in Form von Prototypen in einem Reallabor in der Metropolregion von San José, Costa Rica, untersucht (Abbildung 1).

Aus den Erkenntnissen der empirischen Untersuchungen

kooperativen Planungs- und Designprozess resultieren. Weiterhin diente es der gemeinsamen Wissensgenerierung und -synthese sowie als Grundlage für den Wissenstransfer und die Skalierung bewährter NbL für die Region.

Das Projekt begann mit der Auswahl des Quebrada Seca-Río Burío-Flusseinzugsgebietes als Untersuchungsgebiet, eines stark urbanisierten Gebietes in der größten Metropolregion Costa Ricas mit schwerwiegenden Problemen wie regelmäßiger Überschwemmungen, Gewässerverschmutzung und fortschreitender Degradation der Gewässerkorridore. Von Satellitenaufnahmen gestützte Untersuchungen im Rahmen

flussspitze). Basierend auf einem partizipativen Auswahlprozess mit Gemeinden im Untersuchungsgebiet wurde aufgrund der Qualität des Vorschlags, dem Interesse und der zugesicherten Unterstützung bei der Umsetzung von Prototypen, im Bezirk Llorente der Gemeinde Flores das Reallabor des Projektes eingerichtet (Abbildung 2). Das Reallabor ist ein 25 Hektar großes, bereits vollkommen erschlossenes Wohngebiet mit circa 2.500 Einwohnern (Abbildung 3), bestehend überwiegend aus Haushalten mit niedrigem Einkommen von weniger als 175 US-Dollar pro Monat.

Mit einem partizipativen Co-Design-Ansatz wurde die Entwicklung kontextangepasster

Abbildung 3
Luftaufnahme des südlichen Teils des Reallabors des SEE-URBAN-WATER-Projekts: Wohngebiet am Rande des Flusses Quebrada Seca-Río Burío im Bezirk Llorente, Gemeinde Flores, Costa Rica.
Quelle: SEE-URBAN-WATER

NbL-Prototypen und die Entwicklung einer gemeinsamen Vision für eine nachhaltige Transformation der Nachbarschaft erreicht. Die erste Bewertung des Potenzials von NbL, basierend auf intensiven Feldforschungen über mehrere Jahre, bestand aus vier Schritten:

- (1) einer detaillierten Gebietsanalyse und einem Co-Design-Prozess mit verschiedenen lokalen Akteuren.

Und aufbauend auf den vorherigen Schritten, (4) eine Bewertung der räumlichen Eignung von konkreten NbL, um das spezifische multifunktionale Potenzial für die Implementierung von NbL im Reallabor zu bewerten.

Die Ergebnisse dieser Bewertung und das projekteigene Monitoring von Klima- und Abflussdaten im Reallabor er-

Der Planungs- und Bauprozess offenbarte bereits mehrere Herausforderungen in Bezug auf die Implementierung von NbL in dicht besiedelten Gebieten. Ein Thema war, dass Anforderungen an die NbL und Zielsetzungen unter den Stakeholdern variieren. Darüber hinaus stellen die NbL neue Lösungen dar, die politischen und gesellschaftlichen Willen, Flexibilität und Offenheit seitens der Kommu-



Abbildung 4
Darstellung des Planungsentwurfs eines NbL-Prototyps zur Abwasser- und Regenwasserbehandlung (rechts) und Bilder während seines Baus im Reallabor des SEE-URBAN-WATER-Projekts.
Quelle: SEE-URBAN-WATER

- (2) Die Festlegung von Gestaltungskriterien und Platzierungsstrategien zur Erzielung einer möglichst hohen Multifunktionalität.
- (3) Die Entwicklung räumlicher Typologien auf der Grundlage der Charakteristik des Straßenraums und der verfügbaren öffentlichen Räume, die eine Erweiterung durch die Replikation der NbL in anderen Bereichen des Einzugsgebiets mit ähnlichen räumlichen Nutzungsmerkmalen ermöglichen.

möglichten hochauflösende Modelle zur Bewertung der Reduktion von Hochwasserereignissen und den klimatischen Regulierungseffekten von NbL im spezifischen Untersuchungsgebiet sowie die Identifizierung geeigneter NbL-Standorte, um den vorherrschenden sozial-ökologischen Herausforderungen der Flussverschmutzung durch unbehandeltes häusliches Grauwasser, urbane Überschwemmungen und den allgemeinen Mangel an Grünflächen zu begegnen. Anfang 2020 wurden drei Prototypen zur Aufbereitung von Grauwasser aus Haushalten mit unterschiedlichem Dezentrierungsgrad errichtet sowie ein Prototyp zur Regenwasserspeicherung (Abbildung 4).

nen erfordern. Die Realisierung der NbL-Prototypen leitete jedoch einen wichtigen Lernprozess über Implementierungs- und Wartungsherausforderungen für eine umfassendere sozial-ökologische Transformation (von der Nachbarschafts- bis zur Flusseinzugsgebietsebene) ein.

All dies lieferte auch wichtige Informationen für die Bewertung des Umsetzungspotenzials an vergleichbaren Standorten innerhalb des Flusseinzugsgebietes. So wurde das im Reallabor identifizierte NbL-Potenzial genutzt, um Implementierungs- und Skalierungsszenarien in anderen Teilen des Flusseinzugsgebietes zu entwickeln und zu modellieren. Die Untersuchungen

im Rahmen des Projektes ergaben, dass sowohl Maßnahmen im Einzugsgebiet, die auf die Reduzierung der Abflusssentstehung wirken, als auch Maßnahmen entlang des Flusskorridors, die eine temporäre Zwischenspeicherung des Gewässerabflusses ermöglichen, zur Vermeidung von Überschwemmungen im unteren Teil des Flusseinzugsgebietes notwendig sind. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass solche Maßnahmen multifunktional gestaltet werden können und so, neben der Reduktion der Hochwasserentstehung, auch wichtige andere sozial-ökologische Funktionen, wie etwa die lokale Klimaregulation, Naherholung, Förderung der Biodiversität, als Teil einer integrierten Urbanen Grünen Infrastruktur erfüllen können.

In der letzten Phase wurde ein spanischsprachiges Compendium von Anleitungen für die Gestaltung und Umsetzung grüner Infrastrukturen in städtischen Gebieten basierend auf den Erfahrungen der Projektpartner sowie der im Projekt gewonnenen Erfahrun-

gen entwickelt: www.guias-verdes.org Weiterhin ist eine Online-Datenplattform zur Visualisierung und Bereitstellung aller geoinformationsbezogenen Projektdaten und -ergebnisse entwickelt worden. Sie dient als Grundlage für die zukünftige Zusammenarbeit und Weiternutzung des Quebrada Seca-Río Burío als experimentelles Untersuchungsgebiet.

In jüngster Zeit hat die Gestaltung und Umsetzung von NbL viel an Aufmerksamkeit gewonnen, um Städte nachhaltiger und widerstandsfähiger gegenüber dem Klimawandel zu machen. Insbesondere wenn der multifunktionale Mehrwert durch NbL hervorgehoben werden kann und Betroffene in die Gestaltung miteinbezogen werden, kann ihre Umsetzung auch dazu beitragen, sozial-ökologische und strukturelle Ungerechtigkeiten zu überwinden. In diesem Sinne haben Lateinamerika und insbesondere Costa Rica das Potenzial, Vorreiter im Bereich NbL für eine nachhaltige Stadtentwicklung im Globalen Süden zu werden.



Prof. Dr.-Ing. Jochen Hack

ist Leiter der Nachwuchsgruppe SEE-URBAN-WATER und Professor für Digitale Umweltplanung am Institut für Umweltplanung der Fakultät für Architektur und Landschaft. Seit 15 Jahren forscht er in Lateinamerika zu Naturbasierten Lösungen und Ökosystemleistungen im Kontext von Flusseinzugsgebieten. Kontakt: hack@umwelt.uni-hannover.de

Der Lago Laja in Chile

Ein Beispiel für die multi-sektorale wasserwirtschaftliche Planung

Wasser ist die Grundlage allen Lebens. Steht es nur begrenzt zur Verfügung, zum Beispiel durch Dürreperioden, entstehen Verteilungs- und Interessenskonflikte.

Wissenschaftler*innen vom Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft erläutern am Beispiel eines Sees in Chile, wie wasserwirtschaftliche Planung allen Nutzer*innen gerecht werden kann.



Foto: Zoë Bovermann

Einleitung

Wasser ist die Grundlage für Nahrung, Wohlstand, Gesundheit und Artenvielfalt. Die integrierte Bewirtschaftung der Ressource Wasser berücksichtigt Kosten, Nutzen, Ökologie und Fairness bei der Verteilung. Steigende Nutzungsansprüche durch gesellschaftlichen Wandel bei gleichzeitig geringerer Wasserverfügbarkeit (zum Beispiel durch den Klimawandel) führen zu Konflikten zwischen Nutzer*innen. Auch jahreszeitlich bedingte Nutzungsansprüche können sich gegenüber Wasserkraft überlegen: Wasserkraft wird eher konstant benötigt, wäh-

rend die Landwirtschaft im Sommer Wasser zur Bewässerung der Felder benötigt. Gleichzeitig soll ein ökologischer Abfluss das gesamte Jahr über erhalten bleiben. Wassermanagement benötigt daher auch Konfliktmanagement. Wasserspeicher, die Defizitphasen ausgleichen können, stehen dabei oft im Mittelpunkt.

Wasserwirtschaftliche Lösungen „von oben“ führen jedoch in den wenigsten Fällen zu einer erfolgreichen Implementierung [1]. Daher wird in der Forschung an Lösungskonzepten gearbeitet, bei denen die Interessenvertreter*innen

(englisch: *stakeholders*) mitarbeiten.

Der Lago Laja in Chile

In Zentralchile in den Anden liegt der Lago Laja. Obwohl es sich um einen natürlichen See handelt, der durch erkaltetes Vulkangestein aufgestaut wurde, kann er wie ein Stausee genutzt werden. Seit den 1970er Jahren verbindet ein künstlicher Kanal den See mit dem Wasserkraftwerk El Toro. Neben dem Abfluss durch diesen Tunnel entweicht Wasser aus dem See, indem es durch das poröse Vulkangestein sickert. Dieses Sicker-

wasser kann nur indirekt durch den Füllstand des Sees beeinflusst werden – je höher der Füllstand, desto mehr Wasser versickert. Das Wasserkraftwerk Abanico nutzt das Sickerwasser ebenfalls zur Wasserkraftgewinnung. Unterhalb des El Toro Kraftwerkes kommen die beiden Abflüsse zusammen. Weiter flussabwärts wird Wasser abgeleitet, um landwirtschaftliche Anbauflächen zu bewässern. Dort befinden sich auch die Laja-Wasserfälle, eine wichtige touristische Attraktion Chiles. Damit die Wasserfälle aufrechterhalten werden können, muss ein kontinuierlicher Abfluss gewährleistet werden. Die Steuerung des Tunnels für El Toro kontrolliert also das verfügbare Wasser im gesamten Einzugsgebiet. Dementsprechend hoch sind die Konflikte darüber in der Region.

Verhandlungen um Wasserverteilung

Zwischen 2010 und 2020 erlebte Chile die längste jemals beobachtete Trockenperiode. Als diese eintrat, war der Lago Laja bereits stark übernutzt und es kam zu einer Wasserknappheit. Besonders sichtbar wurde die Wasserkrise als die Wasserfälle austrockneten. Das war ein Wendepunkt, da dieses Bild das Bewusstsein für den Umgang mit der Ressource Wasser schärfte. Die Bevölkerung forderte, für eine nachhaltigere Nutzung die Steuerung des Sees neu zu verhandeln. Erstmals sollten auch Interessengruppen berücksichtigt werden, die keine eigenen Wasserrechte besitzen. In diesem Fall war es der Tourismussektor rund um die Wasserfälle. Drei Jahre lang wurde zwischen den Wasserkraftbetreiber*innen, den Landwirt*innen und dem Tourismussektor sowie Vertreter*innen der Regierung über die Steuerung des Lago

Laja verhandelt. Im Jahr 2017 wurde schlussendlich eine neue Regelung implementiert. Diese sieht vor, dass je nach Füllstand des Sees am 1. Dezember eines jeden Jahres Wasseranteile des Sees einem Sektor zugeteilt werden. Die Landwirtschaft darf jedoch nur im Sommer Wasser aus dem See entnehmen, während die Wasserkraft das Wasser ganzjährig nutzen darf [2].

Um Vertrauen und Transparenz zu schaffen und gleichzeitig die Einhaltung der neuen Regelung zu kontrollieren, publiziert die Regierung Abfluss- und Wasserstanddaten des Sees.

Der Mehrwert der Optimierung

Mit Simulationen lassen sich nicht nur verschiedene Szenarien bewerten, mithilfe von Optimierungsalgorithmen können auch faire Lösungen für Konflikte in der Wasserwirtschaft gefunden werden. Dabei ist der Optimierungsprozess ein iterativer Suchalgorithmus. So genannte evolutionäre Algorithmen schauen sich für den Suchvorgang Informationsaustausch- und Optimierungsprinzipien aus der Natur ab. Im vorliegenden Fall war es wichtig, die Differenz zwischen dem Wasserdargebot und dem Wasserbedarf der beiden Wasserkraftwerke El Toro und Abanico sowie der Landwirtschaft zu minimieren. Die Wasserkraftwerke El Toro und Abanico wurden ausgewählt, da sie gegensätzliche Interessen haben: Für El Toro ist es vorteilhaft immer möglichst viel Wasser über den Tunnel zu entlassen, damit möglichst viel Energie generiert werden kann. Umso mehr Wasser jedoch über den Tunnel entnommen wird, umso niedriger ist der Wasserstand im See und damit das Sickerwasser, was die Grundlage der Energieproduktion von Abanico ist.

Das Wasserkraftwerk El Toro kontrolliert somit das Wasserdargebot des Kraftwerks Abanico sowie der Nutzungsgruppen flussabwärts. Am Ende einer Mehrziel-Optimierung wird eine Vielzahl an Lösungen ausgegeben, auch *Pareto-optimale Front* genannt. Diese ergeben sich aus den Lösungen, bei denen jeweils der Wert eines Ziels (hier: Minimierung der Differenz zwischen Wasserdargebot und dem Wasserbedarf von El Toro/Abanico/Landwirtschaft) nicht weiter verbessert werden kann, ohne den Wert eines anderen zu verschlechtern. Mit Hilfe der Präferenzen der Nutzer*innen kann dann eine finale Lösung bestimmt werden. Oftmals wird dafür eine Rangfolge (*ranking*) berechnet. Dieses Vorgehen ermöglicht es, verschiedene optimale Szenarien zu betrachten und Unterschiede und Gemeinsamkeiten herauszuarbeiten. Beim *ranking* wurden die drei Ziele unterschiedlich gewichtet. Exemplarisch wird in diesem Artikel die beste Lösung der Pareto-optimalen Front von zwei verschiedenen Gewichtungen vorgestellt. Beim ersten Szenario wurde das Wasserkraftwerk El Toro bevorzugt ($w = 0,7$), während die anderen beide weniger Gewicht bekommen (jeweils $w = 0,15$). Beim zweiten Szenario erhält der Wasserkraftsektor 50 Prozent des Gewichts ($w = 0,25$ für beide Kraftwerke) und der Landwirtschaftssektor auch ($w = 0,5$).

Der *Abbildung 1* kann entnommen werden, dass sich vor allem in den Frühlingsmonaten Unterschiede zwischen den Strategien erkennen lassen. Dann füllt sich der Lago Laja mit Schmelzwasser aus den Bergen. Der Landwirtschaftssektor benötigt zu diesem Zeitpunkt kein Wasser. Für ihn wäre es vorteilhaft, dass Wasser im See zu speichern, damit mehr für die heißen Sommermonate zur Verfü-

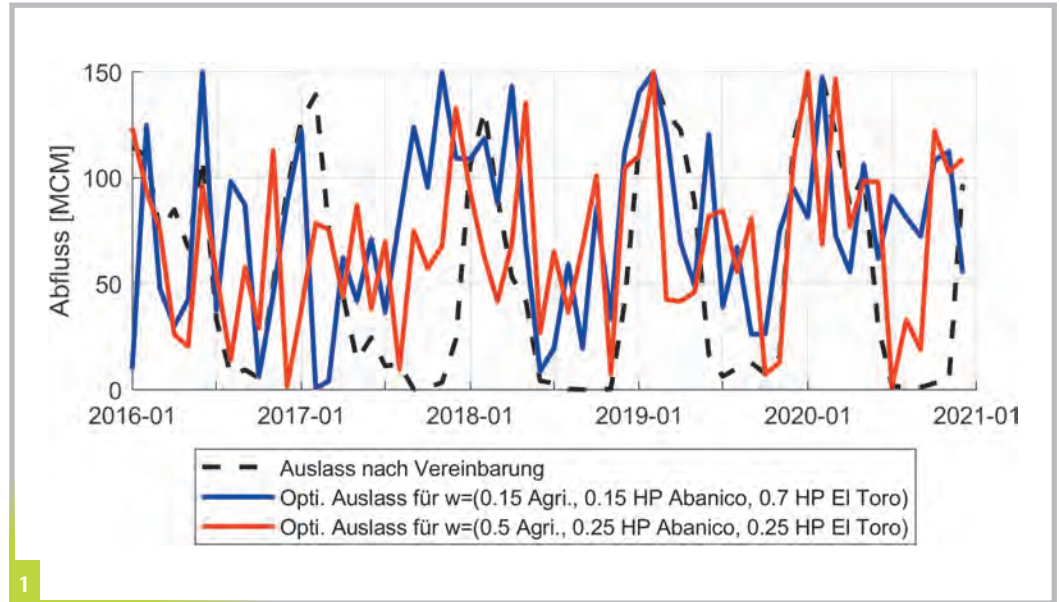


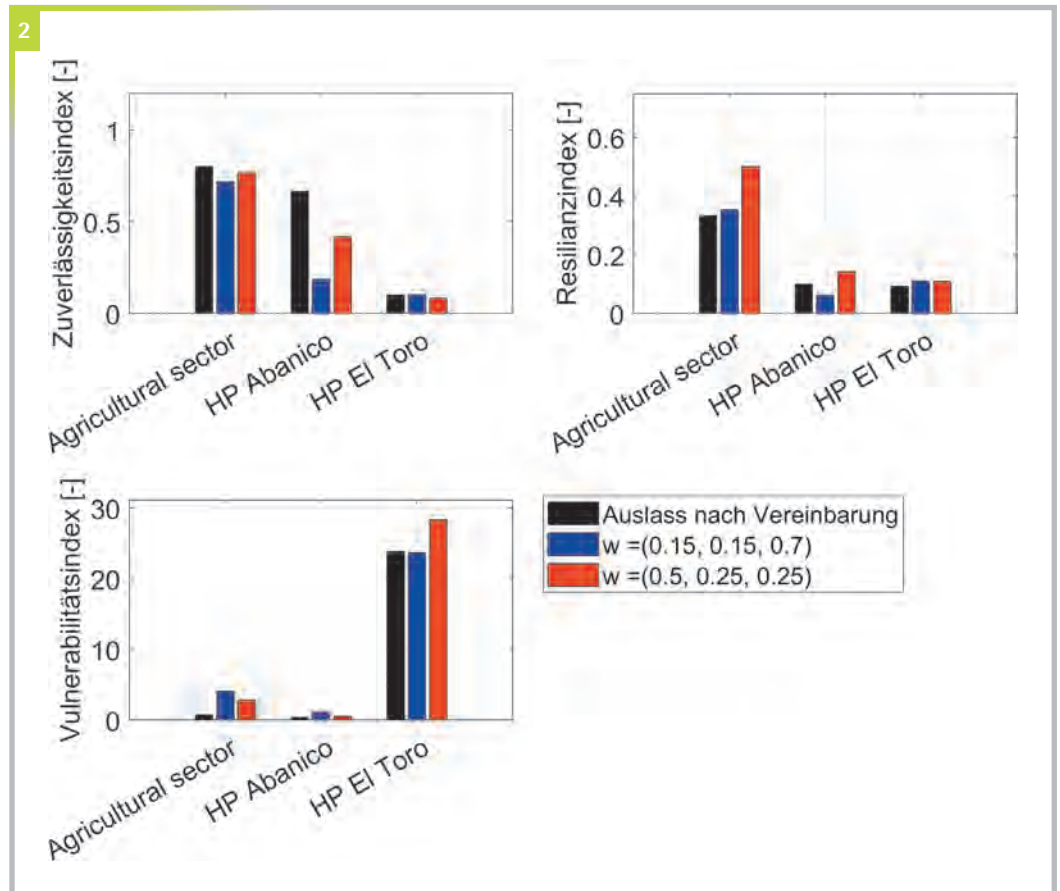
Abbildung 1
 Abflusskurven aus dem
 Lago Laja für verschiedene
 Steuerungsstrategien
 Quelle: eigene Darstellung

gung steht. Für das Wasser-
 kraftwerk Abanico wäre es
 besser, wenn generell kein
 Wasser durch den Tunnel
 entnommen wird. Jedoch ist es
 für das Wasserkraftwerk El
 Toro vorteilhaft, Wasser be-

reits in diesen Monaten zu
 entnehmen. Dies führt aber
 dann im weiteren Verlauf
 dazu, dass weniger Wasser im
 Reservoir ist und im Sommer
 der Landwirtschaft zugeteilt
 werden kann.

Als weiterer Schritt kann
 beurteilt werden, in wie weit
 die jeweilige Steuerungs-
 strategie zuverlässig Wasser
 bereitstellt und ob das System
 resilient oder vulnerabel
 ist.

Abbildung 2
 Beurteilung der Performance für
 verschiedene Interessengruppen
 und Steuerungsstrategien
 Quelle: eigene Darstellung



In *Abbildung 2* zeigt sich, dass die Verhandlungen zu einem guten Ergebnis gekommen sind. Jedoch kann die Optimierung insbesondere die Resilienz im System erhöhen. Es wird durch den Vergleich auch deutlich, dass der Landwirtschaftssektor in der getroffenen Vereinbarung gegenüber den beiden Wasserkraftwerken etwas bevorzugt wird.

Ausblick: Optimierung und Verhandlungen in der Wasserwirtschaft

Es können Simulationsmodelle mit unterschiedlichem Schwerpunkt erstellt werden und Optimierungsalgorithmen können optimale Lösungen finden. Trotzdem findet diese Technik bisher wenig Anwendung in der Praxis. Dies liegt auch am mathematisch komplexen Verfahren. Jedoch kann die Koppelung eines anspruchsvollen Optimierungsalgorithmus mit einer leicht

verständlichen ranking Methode eine gute Alternative sein. Die Optimierung birgt den Vorteil, dass sie Lösungen auch bei einer gleichzeitigen Betrachtung mehrerer Ziele finden kann. Dabei ist jedoch zu beachten, dass es schwierig ist, qualitative Ziele zu integrieren. Deshalb sollte Optimierung immer als zusätzliches Hilfsmittel und Unterstützung bei Entscheidungen herangezogen werden und nicht für sich alleine stehen.

Beim Lago Laja haben die letzten Verhandlungen drei Jahre gedauert. Aufgrund der klimatischen Änderungen kann es sein, dass die vereinbarte Regelung in der mittleren Zukunft nur noch bedingt haltbar ist. Die Nutzung moderner Techniken während der Verhandlungen kann Ausnahmungsprozesse beschleunigen. Effekte für die eine oder andere Nutzungsgruppe können leicht herausgearbeitet und verschiedene Szenarien

betrachtet werden. Schlussendlich muss für eine erfolgreiche Implementierung die Regelung auch akzeptiert werden. Dies gelingt in der Regel besser, wenn die Nutzer*innen bei der Lösungsfindung beteiligt waren. Daher kann ein Optimierungs-Simulations-Modell wie hier vorgestellt eine starke Unterstützung bei der Entscheidungsfindung sein.

Literatur

- [1] Labadie, J. W. (2004). Optimal operation of multireservoir systems: State-of-the-art review. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 130(2), 93–111. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9496(2004)130:2(93)
- [2] Muñoz, E., Guzmán, C., Medina, Y., Boll, J., Parra, V., and Arumí, J. L. (2019). An adaptive basin management rule to improve water allocation resilience under climate variability and change – a case study in the Lake Laja Basin in southern Chile. *water*, 11(1733), 1–18. DOI: 10.3390/w11081733



Zoë Bovermann, M.Sc.

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie. Ihre Arbeitsschwerpunkte sind Optimierung in der Wasserwirtschaft sowie die Vorhersage und das Management von hydrologischen Extremen. Kontakt: bovermann@iww.uni-hannover.de



PD Dr.-Ing. Jörg Dietrich

ist Privatdozent am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie und leitet dort die Forschungsgruppe Wasserressourcen. Seine Arbeitsschwerpunkte sind multi-kriterielle Optimierung, Simulation und Optimierung. Kontakt: dietrich@iww.uni-hannover.de



Dr. Elahe Fallah Mehdipour

ist PostDoc am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie. Sie beschäftigt sich mit der Simulation und Vorhersage des landwirtschaftlichen Bewässerungsbedarfes sowie mit Optimierungsverfahren. Kontakt: fallah@iww.uni-hannover.de

Zur Qualität von Wasser

Erläuterungen aus ernährungsphysiologischer Sicht

Wasser ist aufgrund seiner physiko-chemischen Besonderheiten die Grundlage allen Lebens und der quantitativ bedeutendste Stoff in biologischen Systemen. Wasser ist allerdings nicht nur selbst essenzieller Nährstoff, sondern auch Lösungsmittel für zahlreiche andere Nährstoffe.

Es besitzt daher aus ernährungsphysiologischer Sicht eine doppelte Funktion, wie Andreas Hahn und Inga Schneider vom Institut für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung zeigen.



1

Die verschiedenen Wasserarten

Für den menschlichen Konsum bestimmtes Wasser lässt sich in fünf Kategorien einteilen: Trink-, Mineral-, Quell-, Tafel- und Heilwasser (Infokasten), wobei Trink- und Mineralwasser dominieren. Während Trinkwasser („Leitungswasser“) aus Grund- und/oder Oberflächenwasser gewonnen sowie mit verschiedenen physikalischen und chemischen Verfahren aufbereitet und desinfiziert wird, stammt Mineralwasser aus unterirdischen, vor Verunreinigungen geschützten Wasservorkommen und darf in

seiner Zusammensetzung nicht verändert werden. Bei Mineralwasser sind lediglich Entzug und Zusatz von Kohlensäure sowie Abtrennen von Eisen-, Mangan- und Schwefelverbindungen sowie Arsen erlaubt. Die Gehalte an Mineralstoffen unterliegen, abhängig von Bodenbeschaffenheit, Fließgeschwindigkeit, Temperatur und weiteren Parametern, erheblichen Variationen. Daher unterscheiden sich Mineralwässer von Region zu Region in ihrer Zusammensetzung. So zeichnen sich beispielsweise viele Wässer aus der Vulkaneifel durch eine hohe Mineralisierung aus.

Mikrobiologische und chemische Qualität

Die verschiedenen Wasserarten unterliegen spezifischen gesetzlichen Vorgaben, die insbesondere die jeweiligen mikrobiologischen und chemischen Qualitätsanforderungen festlegen. Trinkwasser stellt die für die Humanernährung bedeutendste Form von Wasser dar. Nach einem aktuellen Bericht des Bundesministeriums für Gesundheit und des Bundesumweltamts besitzt Trinkwasser in Deutschland überwiegend eine gute bis sehr gute mikrobiologische und chemische Qualität. Die bei der Über-

Abbildung 1
Die Entnahme von Trinkwasserproben erfolgt durch zertifizierte Personen nach einem vorgegebenen Schema.
Foto: pexels

wachung nach Trinkwasser-verordnung (TrinkwV) durchgeführten Analysen belegen, dass bei den meisten Qualitätsparametern in über 99 Prozent der Fälle die Anforderungen eingehalten werden. Grenzwertüberschreitungen beschränken sich meist auf einzelne Pestizide. In den letzten größeren Untersuchungen wurde der Grenzwert für die Gehalte an coliformen Bakterien bei 3,4 Prozent der im

wird (siehe hierzu Beitrag „Stickstoff- und Wassermanagement auf Ackerböden“ von Prof. Georg Guggenberger). Eine kürzlich vom Institut für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung der LUH durchgeführte Studie in bundesweit 130 Haushalten konnte diese Ergebnisse im Wesentlichen bestätigen. Mikrobiologisch (Coliforme Bakterien, Enterokokken, Escherichia coli) fanden sich

Ernährungsphysiologische Qualität

Die Zufuhr von Wasser dient zunächst dazu, den Flüssigkeitshaushalt des Menschen aufrecht zu erhalten. Bei Erwachsenen ohne besondere physiologische Belastungen und Erkrankungen ist eine tägliche Wasserzufuhr von mindestens 35 Milliliter pro Kilogramm Körpergewicht anzustreben, entsprechend

Trinkwasser...	...stammt in Deutschland aus Grund- und/oder Oberflächenwasser. Um das Wasser trinkbar zu machen, wird es aufbereitet und desinfiziert.
Mineralwasser...	...entspringt unterirdischen, vor Verunreinigungen geschützten Wasservorkommen und ist von ursprünglicher Reinheit. Mineralwasser wird direkt am Quellort abgefüllt und weist abhängig von seiner Herkunft einen spezifischen Gehalt an Mineralstoffen und Kohlensäure auf. Mineralwasser ist das einzige amtlich anerkannte Lebensmittel in Deutschland.
Quellwasser...	...stammt aus unterirdischen Wasservorkommen, die aber nicht zwingend vor Verunreinigungen geschützt sein müssen. Eine amtliche Anerkennung ist nicht erforderlich.
Tafelwasser...	...ist eine Mischung aus Trinkwasser und natürlichem Mineralwasser, dem natürliches salzreiches Wasser (Natursole), Meerwasser sowie Natriumchlorid und Magnesiumchlorid zugesetzt werden darf.
Heilwasser...	...ist ein Mineralwasser, das aufgrund seiner Inhaltsstoffe vorbeugende, lindernde oder heilende Eigenschaften aufweist; diese müssen wissenschaftlich nachgewiesen sein. Heilwässer unterliegen dem Arzneimittelgesetz (AMG) und bedürfen daher einer Zulassung.

Infokasten
 Trink-, Mineral-, Quell-,
 Tafel- und Heilwasser
 Quelle: eigene Darstellung

Wasserwerk und Rohrnetz genommenen Proben überschritten, in den Haushalten am „Wasserhahn“ zeigten sich in weniger als 0,7 Prozent der Analysen auffällige Werte. Das Auftreten coliformer Bakterien im Trinkwasser stellt nicht zwangsweise eine direkte Gesundheitsgefahr dar; der Nachweis deutet allerdings auf eine allgemeine Verschlechterung der Wasserqualität und damit auf die Notwendigkeit einer verstärkten Überwachung hin. Ein wichtiger Qualitätsparameter des Trinkwassers ist die Konzentration an Nitrat, die wesentlich durch die Beschaffenheit der Böden beeinflusst

in den direkt in den Haushalten entnommenen Leitungswässern nur in Ausnahmefällen geringfügige Auffälligkeiten. Alle weiteren Parameter wie Schwermetalle (Aluminium, Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Mangan), Nitrit sowie Fluorid lagen in allen Proben innerhalb der gesetzlichen Richtwerte. Ein vergleichbares Bild ergibt sich bei Mineralwässern. Eine aktuelle Erhebung von Stiftung Warentest konnte in keinem der untersuchten Mineralwässer Keime oder andere kritische Stoffe aus den Böden (zum Beispiel Uran, Arsen) oder Rückstände wie Arzneimittel nachweisen.

etwa 2,6 Liter am Tag. Hiervon sollten etwa 1,5 Liter auf Getränke (Wasser, Kaffee, Tee, alkoholfreie Erfrischungsgetränke, Säfte usw.) entfallen, der Rest wird in Form fester Lebensmittel zugeführt oder entsteht beim oxidativen Abbau der Makronährstoffe (Oxidationswasser). Es versteht sich von selbst, dass sich – sofern hygienisch und toxikologisch unbedenklich sowie verzehrgeeignet – jede Art von Wasser zur Deckung des Flüssigkeitsbedarfs eignet. Allerdings trägt Wasser auch wesentlich zur Versorgung mit zufuhressenziellen Nährstoffen wie – hier beispielhaft betrachtet – Calcium und

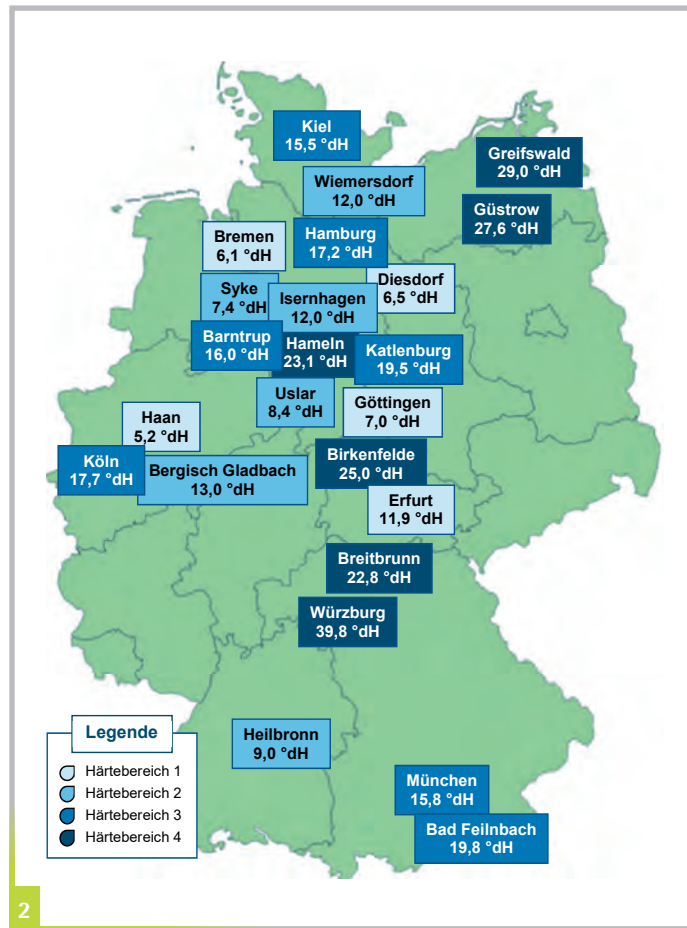


Abbildung 2
Die Wasserhärte und damit der Gehalt an Mineralstoffen wie Calcium und Magnesium variiert erheblich und kann selbst in benachbarten Bereichen sehr unterschiedlich sein. Ergebnisse der am Institut für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung durchgeführten Studie zur Qualität von Trinkwasser.
Foto: eigene Darstellung

Magnesium bei. In Anbetracht dessen, dass rund die Hälfte der deutschen Bevölkerung im Alter von 14 bis 80 Jahren nicht die wünschenswerte Zufuhr an Calcium und mehr als ein Viertel nicht die von Magnesium erreicht, verdient dieser Aspekt ein besonderes Augenmerk.

Dabei besitzen die verschiedenen Wässer einen sehr unterschiedlichen Stellenwert. So ist der Beitrag von Leitungswasser zur Versorgung mit diesen Mineralstoffen insgesamt gering. In der von uns durchgeführten Studie zur Trinkwasserqualität zeigte sich, dass bedeutsame Calciummengen (100 mg/l, entsprechend einem Zehntel der empfohlenen Tageszufuhr) erst ab höheren Wasserhärtegraden von mindestens 17,2°dH vorhanden waren. Magnesium findet sich sogar

erst in sehr hartem Wasser (22,8°dH) in relevanten Gehalten von ebenfalls etwa einem Zehntel der Zufuhrempfehlungen (30 mg/l). Gleichzeitig nutzen Haushalte, die mit hartem Wasser versorgt werden, vermehrt Enthärtungsanlagen, die dem Schutz vor Kalkablagerungen in den Leitungen und in technischen Geräten dienen. Diese Wasserenthärtung durch Ionenaustausch führt zu einer starken Reduzierung der ohnehin geringen Calcium- und Magnesiumgehalte (im Mittel auf 40,2 mg Calcium/l bzw. 9,2 mg Magnesium/l) bei einer gleichzeitig deutlichen Zunahme der Natriumgehalte (im Mittel 164,3 mg/l, gesetzlich zulässig sind maximal 200 mg/l).

Demgegenüber sind die Calcium- und Magnesiumgehalte in Mineralwässern weitaus variabler. Während niedrig

mineralisierte Wässer keinen Vorteil gegenüber Trinkwasser bieten, enthalten hoch mineralisierte Sorten bis zu 500 mg Calcium/l bzw. 250 mg Magnesium/l und können damit einen wesentlichen Beitrag zur Versorgung leisten.

Bioverfügbarkeit von Mineralstoffen aus Wasser

Umstritten war lange Zeit, ob und in welchem Ausmaß die in Mineralwässern enthaltenen Mineralstoffe vom Menschen überhaupt verwertet werden können. Zwei ebenfalls am Institut für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung durchgeführte Bioverfügbarkeitsstudien konnten belegen, dass Calcium und Magnesium aus Mineralwässern ebenso gut verwertet werden, wie aus Lebensmitteln mit einem relativ hohen Gehalt dieser Mineralstoffe (Milch beziehungsweise Brot) oder aus Nahrungsergänzungsmitteln. Dabei zeigte sich auch, dass die Konzentration anderer Mineralstoffe keinen Einfluss auf die Bioverfügbarkeit ausübt; entscheidend war ausschließlich der Gehalt an Calcium beziehungsweise Magnesium.

Weitere Inhaltsstoffe

Die Bedeutung von Calcium, Magnesium und anderen in Wasser gelösten Substanzen (zum Beispiel Fluorid, Jodid/Jodat) ist evident und ergibt sich aus deren physiologischen und biochemischen Funktionen im menschlichen Organismus. Inzwischen finden aber auch andere Inhaltsstoffe Beachtung, so beispielsweise Hydrogencarbonat. Die in Deutschland übliche Ernährungsweise ist durch eine vergleichsweise hohe Zufuhr an schwefelreichen tierischen Proteinen und eine in Relation dazu eher geringe Aufnahme an insbesondere Gemüse ge-

kennzeichnet. Im Zuge einer solchen „western diet“ entsteht im Stoffwechsel ein täglicher Säureüberschuss (ausscheidungspflichtige Protonen) in Höhe von 50-100 Milliäquivalent (mEq), der über die Niere eliminiert werden muss. Eine solche hohe Säurelast (latente Acidose) ist langfristig unter anderem mit negativen Auswirkungen auf den Knochenstoffwechsel verbunden. So steigen die Calciumausscheidung über die Nieren sowie die Knochenabbaurate an, während die Knochendichte ab- und das Frakturrisiko zunimmt. Hydrogencarbonatreiche Mineralwässer können, wie auch weitere eigene Studien zeigen, einer ernährungsbedingten latenten Acidose entgegenwirken und die Calciumausscheidung vermindern. Der tägliche Konsum eines hydrogencarbonatreichen Wassers (≥ 1.800 mg Hydrogencarbonat/l) über vier Wochen reduzierte die Säureexkretion über den Urin signifikant und wirkte dem nutri-

tiven Säureüberschuss entgegen. Studien zeigen, dass eine solche Abpufferung der er-

nährungsbedingten Säurelast vorteilhaft für die Knochendichte ist.



Prof. Dr. Andreas Hahn

ist Professor am Institut für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung der Naturwissenschaftlichen Fakultät. Seine Forschungsschwerpunkte sind Prävention und Therapie ernährungsassoziierter Erkrankungen sowie die Bedeutung verschiedener Ernährungsformen für Gesundheit und körperliche Leistungsfähigkeit. Kontakt: hahn@nutrition.uni-hannover.de



Dr. Inga Schneider

ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Ernährungsphysiologie und Humanernährung am Institut für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung der Naturwissenschaftlichen Fakultät. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Humanstudien im Bereich der Ernährungswissenschaft. Kontakt: schneider@nutrition.uni-hannover.de



Ingenieur*in



~ Siedlungswasserwirtschaft ~ Hydraulik
~ Abwasseranlagen ~ Kanalbau

Sinnvolles und Nachhaltiges tun – für Mensch und Umwelt.
Kommen Sie in unser Team.



SEHi – Stadtentwässerung
Hildesheim AöR
bewerbung@sehi-hildesheim.de
www.sehi-hildesheim.de

Stickstoff- und Wassermanagement auf Ackerböden

Zwischenfrüchte statt Winterbrache

Boden- und Düngungsmanagement ist Grundwassermanagement.

Am Institut für Bodenkunde wird im Rahmen mehrerer Forschungsprojekte zur nachhaltigen Landwirtschaft geforscht. Ziel ist, durch neue Herangehensweisen und Lösungswege, die Produktivität der Böden zu erhalten und dabei gleichzeitig die anderen Funktionen und Leistungen von Böden und ganzen Ökosystemen zu sichern.



Mehr als 60 Prozent unseres Trinkwassers stammt aus Grundwasser, in Niedersachsen beträgt der Anteil sogar 85 Prozent. Bevor das Regenwasser in die Grundwasserleiter kommt, muss dieses jedoch durch den Boden fließen. Wie viel Wasser am Ende im Grundwasser ankommt, hängt sehr stark von der Korngrößenverteilung des Bodens ab. Grobkörnige Sandböden zum Beispiel speichern selbst nur wenig Wasser und leiten es rasch in tiefere Schichten und das Grundwasser weiter. Feinkörnige Lössböden halten Wasser dagegen sehr gut in ihrem Porenraum zurück und stellen es den Pflanzen zur Verfügung, tragen jedoch aus diesem Grund weniger zur Grundwasserneubildung bei. Beim Durchfließen der Bodenhorizonte

wirken diese wie ein Filter und reinigen das Regenwasser durch biologische und chemische Prozesse. Gleichzeitig reichern sich mineralische Elemente, die im Zuge der Mineralverwitterung im Boden freigegeben werden, im Wasser an.

Der Mensch greift nun durch die Bodennutzung massiv in die Menge und die Qualität des gebildeten Grundwassers ein. Die Menge der Grundwasserneubildung wird wesentlich durch die Aufnahme und Verdunstung von Wasser durch die Pflanzen (Evaporation) beeinflusst. Je höher diese ist, desto weniger Wasser sickert in tiefere Bodenschichten. Das meiste Grundwasser wird hierbei nicht unter Wald gebildet, sondern unter Acker, da Wald im Laufe eines Jahres

wesentlich mehr Wasser verdunstet als landwirtschaftliche Nutzpflanzen. Allerdings ist Ackerbau mit der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln und mineralischen und organischen Düngemitteln verbunden, die auch ins Grundwasser gelangen können. Ein kritisches Element hierbei ist der Stickstoff, welcher in Form von Nitrat im Boden sehr mobil ist und somit leicht ins Grundwasser ausgewaschen werden kann. Nitrat selbst ist für den menschlichen Körper ungefährlich, wird aber zu Nitrit umgewandelt, welches Krebs auslösen kann und insbesondere bei Kleinkindern die Sauerstoffaufnahme des Blutes einschränkt. Daher legt die Trinkwasserverordnung für Nitrat einen Grenzwert von 50 Milligramm pro Liter fest,

ein Wert, der häufig überschritten wird und aufwändige Trinkwasserreinigung beziehungsweise Verschneidung mit sauberem Wasser zur Folge hat.

Aus diesen Ausführungen wird deutlich, dass Boden- und Düngungsmanagement auch Grundwassermanagement ist. Wissenschaftler*innen vom Institut für Bodenkunde forschen hierzu im



Rahmen mehrerer Forschungsprojekte zur nachhaltigen Landwirtschaft. Diese haben die Entwicklung innovativer Lösungen zum Ziel, um die Produktivität der Böden zu erhalten, dabei gleichzeitig aber auch die anderen Funktionen und Leistungen von Böden und ganzen Ökosystemen zu sichern. Hierzu zählt es auch zu gewährleisten, dass aus landwirtschaftlich genutzten Böden ausreichend viel und vor allem nicht kontaminiertes Wasser ins Grundwasser gelangt.

Ein Schwerpunkt dieser Arbeiten befasst sich mit der Frage, inwiefern die Integration von Zwischenfrüchten in der Fruchtfolge Bodenfunktionen sichert und möglichst verbessert, was im Rahmen des neunjährigen BMBF-Verbund-

projektes „CATCHY“ untersucht wird.

Zwischenfrüchte im Pflanzenbau

Zwischenfrüchte werden zwischen zwei Hauptkulturen integriert, um so eine Brachezeit – im Mitteleuropa typischerweise im Herbst und im Winter – zu vermeiden. Typische Zwischenfrüchte wie Gelbsenf oder Phacelia nehmen überschüssige Nährstoffe nach der Ernte auf und frieren im Winter ab. Nach Absterben verbleiben die Pflanzenreste zunächst als Mulch auf dem Boden und dienen dann im Folgejahr als Gründüngung zur Hauptkultur. Winterharte Zwischenfrüchte wie Rotklee schützen den Boden und deren Bewohner mit einem aktiven Wurzelgeflecht und werden kurz vor der Neuaussaat eingearbeitet. Das Hauptziel dieser Praxis ist die Verbesserung der Bodenqualität, die Verringerung von Bodenerosion, und die Minimierung von Auswaschungsverlusten an Nährstoffen. Zwischenfrüchte sind daher wertvolle Instrumente für das Nährstoffmanagement in Fruchtfolgen und sind außerdem in der Lage, die Agrobiodiversität und Mikrohabitate zu verbessern sowie langfristig die Kohlenstoffspeicherung im Boden zu erhöhen.

Traditionelle Zwischenfruchtssysteme weisen oft eine geringe funktionale Vielfalt auf, da sie zumeist in Reinbeständen (Abb. 1 links) angebaut werden. Mit der Anwendung diversifizierter Zwischenfruchtmischungen (Abb. 1 rechts) wird eine breitere funktionale Zusammensetzung der Pflanzen gewährleistet und potenziell zusätzliche Ökosystemleistungen erreicht. In unseren bisherigen Studien konnten wir zum Beispiel zeigen, dass biodiverse Zwischenfruchtmischungen den Reinbeständen

bezüglich der Kohlenstofffixierung und der Synchronisation der Nährstofffreisetzung durch mikrobiellen Abbau der Zwischenfruchtreste mit dem Nährstoffbedarf der Folgefrucht überlegen sind.

Im Rahmen von „CATCHY“ interessieren uns aber auch die Fragen, inwiefern Zwischenfruchtanbau den Bodenwasserhaushalt beeinflusst, die Nitratverlagerung reduziert und ob sich diverse Zwischenfruchtmischungen hier anders als Monokulturen verhalten.

Hierfür wurde in Asendorf nördlich von Hannover ein Dauerversuch mit sieben Zwischenfruchtvarianten im Vergleich zur Schwarzbrache angelegt und zwar Senf (*Sinapis alba*), Phacelia (*Phacelia tanacetifolia*), Rauhafer (*Avena strigosa*), Alexandrinerklee (*Trifolium alexandrinum*), eine Mischung aus 4 Zwischenfrüchten (Mix 4) und eine Mischung aus 12 Zwischenfrüchten (Mix 12). Während eines knappen Jahres (15. August 2018 – 24. Juni 2019) wurden unter anderem der Bodenwassergehalt und die Konzentrationen an mineralischem Stickstoff (N_{\min} = Ammonium plus Nitrat) bis zu einer Bodentiefe von 80 Zentimetern beobachtet. Die im Folgenden dargestellten Befunde stammen aus Gentsch et al. (2022).

Bodenwasserhaushalt unter Zwischenfrüchten

Wie alle Pflanzen benötigen auch Zwischenfrüchte Wasser für ihr Wachstum. Aus Abb. 2 wird deutlich, dass daher alle Zwischenfruchtvarianten bis zu ihrem maximalen Wachstum den Bodenwasserspeicher deutlich erschöpften. Anfang November erreichten die relativen Feuchtegehalte unter den Zwischenfrüchten ihr Minimum. Diese lagen zwischen 17 und 33 Prozent unter den

Abbildung 1
Gelbsenf als Zwischenfruchtmonokultur (links) und biodiverse Zwischenfruchtmischung mit 12 Pflanzen (Mix 12) (rechts).
Fotos: Norman Gentsch

Dies hängt einerseits mit einer unterschiedlichen Stickstoffaufnahme während der Wachstumsperiode der einzelnen Pflanzenarten zusammen. Andererseits wird die Zwischenfruchtstreu unterschiedlich schnell mikrobiell abgebaut und N_{\min} in den Böden freigesetzt. So zeigt zum Beispiel Senf bereits im Januar recht hohe N_{\min} -Konzentrationen, was auf die frühe N-Mineralisierung der Streu zurückzuführen ist. Durch die Freisetzung von Nährstoffen aus der Zwischenfrucht kann die N-Düngung der Folgekultur zwischen 15 und 30 Prozent reduziert werden. Hier schneidet Mix 12 mit einer 92 Prozent höheren Stickstoffmineralisation aus der organischen Substanz im Vergleich zur Brache am besten ab. Wie für andere Parameter wichtiger Bodenfunktionen zeigt sich, dass biodiverse Zwischenfrüchte in der Lage sind, Schwächen einzelner Zwi-

schenfruchtspezies zu kompensieren und eine funktionale Redundanz ausbilden.

Schlussfolgerungen

Unsere Studien zeigen, wie mit Zwischenfrüchten Bodenwassermanagement sowohl hinsichtlich der Höhe als auch der Qualität der Grundwassernachlieferung betrieben werden kann. Ein wichtiges Ergebnis ist, dass Zwischenfrüchte der Hauptfrucht keine Wasser ‚stehlen‘, sondern aufgrund verschiedener Effekte der Hauptfrucht sogar mehr Wasser zur Verfügung stellen. Der Zeitpunkt des Absterbens ist hier jedoch entscheidend, um die Bodenwasservorräte wieder aufzufüllen. Ebenso reduzieren Zwischenfrüchte die N_{\min} -Konzentrationen im Herbst und Winter, wenn die Auswaschungsgefahr hoch ist, und erhöhen diese im Frühjahr, wenn die Hauptfrucht

Stickstoff benötigt. Für die Grundwasserneubildung bedeuten die Befunde, dass Zwischenfrüchte den Wasserausstrom aus dem Boden zu Zeiten hohen Nitratgehaltes reduzieren und diesen bei geringer Nitratbelastung erhöhen. Insgesamt haben daher Zwischenfrüchte zumindest keinen negativen Einfluss auf die Grundwasserneubildung, sorgen jedoch für eine deutlich bessere Wasserqualität. Dies ist insbesondere in Trinkwasserschutzgebieten von großer Bedeutung.

Literatur

- [1] Gentsch, N., Heuermann, D., Boy, J., Schierding, S., von Wirén, N., Schwencker, D., Feuerstein, U., Kümmerer, R., Bauer, B., Guggenberger, G. (2022) Soil nitrogen and water management by winter-killed catch crops. *Soil* 8, 269-281. <https://doi.org/10.5194/soil-8-269-2022>



Prof. Dr. Georg Guggenberger

ist Geoökologe und leitet seit 2008 die Arbeitsgruppe Bodenchemie am Institut für Bodenkunde. Seine Forschungsinteressen fokussieren sich unter anderem auf Prozesse der Kohlenstoffspeicherung in Böden, der nachhaltigen Landwirtschaft und der Sicherung der Bereitstellung von Bodenfunktionen und Bodenleistungen. Kontakt: guggenberger@ifbk.uni-hannover.de



Dr. Norman Gentsch

beschäftigt sich in der Arbeitsgruppe Bodenchemie am Institut für Bodenkunde mit der Interaktion zwischen Pflanzen und Mikroorganismen und deren Einfluss auf Bodenparameter und Stoffkreisläufe. Schwerpunkt stellen land- und forstwirtschaftlich genutzte Böden dar, in denen er untersucht, wie über modernes Bodenmanagement die Gesundheit unserer Böden gefördert und eine nachhaltige Sicherung der Erträge erreicht werden kann. Kontakt: gentsch@ifbk.uni-hannover.de

CHEMIE und sauberes Wasser

Einfach ein gutes Match

Die Verfügbarmachung von sauberem Wasser stellt eine der größten, globalen Herausforderungen dar. Für den Mangel an sauberem Wasser ist die Chemie selbst eine der Ursachen und sollte daher auch Lösungen für diese Probleme anbieten und kann dies auch leisten.

Am Institut für Anorganische Chemie (ACI) forschen Wissenschaftler*innen an zahlreichen Innovationen. Eine sehr kleine Auswahl wird in den folgenden Abschnitten anhand von Beispielen angesprochen.

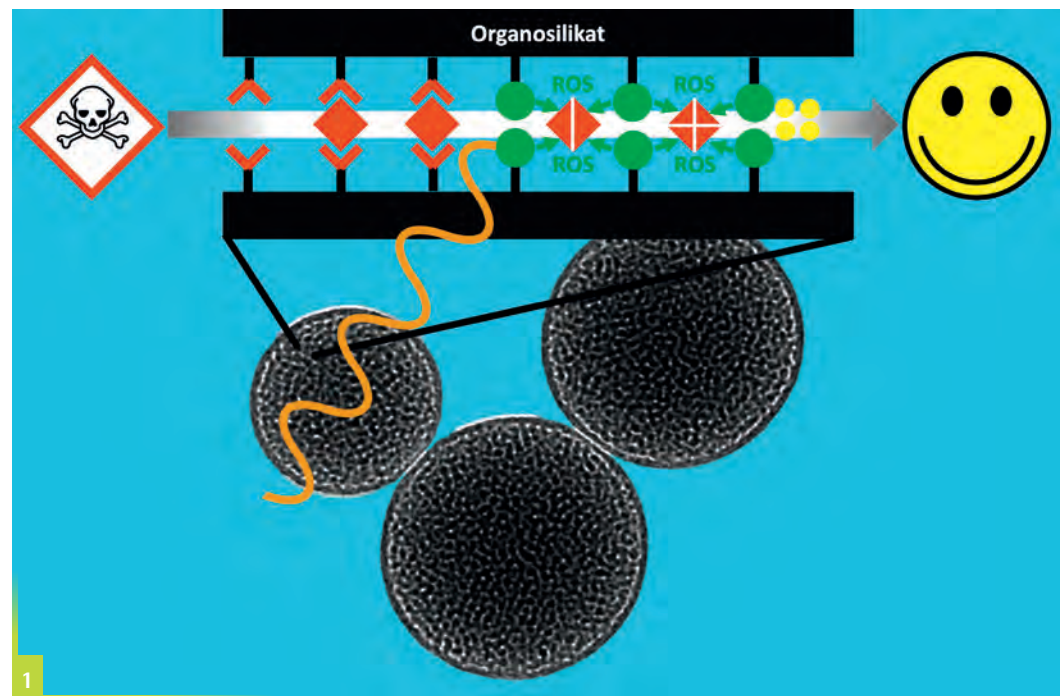


Abbildung 1
In Wasser (blau) gelöste, schädliche Verbindungen (Rauten) werden in Poren an spezifischen Gruppen (rot) der Organosilikatoberflächen (schwarz) gebunden. In einem nachfolgendem Schritt werden reaktive Sauerstoffspezies durch Licht (orange) getriebene Photokatalyse (grün) angegriffen und letztlich zu ungefährlichen Produkten umgesetzt (Smiley). Im unteren Teil des Bildes sind Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) Aufnahmen von mesoporösen Organosilikatnanopartikeln gezeigt.

Quelle: eigene Darstellung

Die reduzierte Verfügbarkeit von Wasser selbst in den gemäßigten Klimazonen ist ein deutliches Anzeichen für den Klimawandel, an dessen Anfang wir stehen. Internationale Organisationen wie die WHO (World Health Organization) oder die UN (United Nations) machen bereits seit vielen Jahren darauf aufmerksam, dass die Zahl von Menschen, die keinen oder sehr stark eingeschränkten Zugang zu sauberem Wasser in Trinkqualität haben, von aktuell bereits zwei Milliarden stark ansteigen wird. Ebenfalls beeinflusst die Verfügbarkeit von Wasser direkt die Fähigkeit, Lebensmittel in ausreichender

Menge in einer (industrialisierten) Landwirtschaft zu erzeugen.

Ausbleibende Niederschläge und Dürren sind jedoch nur ein Faktor, der Druck auf das System ‚Wasserverfügbarkeit‘ ausübt. Je entwickelter eine Gesellschaft ist, desto mehr belastete Abwässer produziert sie direkt und indirekt. Durch den Konsum werden durch jeden Haushalt beträchtliche Mengen Abwässer produziert, deren Aufarbeitung in den momentan betriebenen Kläranlagen nur zum Teil gelingt. Durch eine entsprechende Berichterstattung in den Medien sind der breiten Öffentlichkeit

vor allem zwei Fälle bekannt geworden, die aber nur einen geringen Ausschnitt der gesamten Problematik repräsentieren.

- Pharmaka wie Hormone im Abwasser durch Einnahme von Medikamenten zum Beispiel der Antibabypille, die auf Grund des Verdachts, Einfluss auf die Verteilung von männlichen und weiblichen Individuen zu nehmen, haben zu großen Verunsicherungen bei Bürger*innen geführt. Geklärtes und behandeltes Wasser unterschreitet die gesetzlich vorgegebenen Grenzwerte, die in Abhän-

gigkeit von der Verunreinigung unterschiedlich sind. Restkonzentrationen liegen im Bereich von 100 Nanogramm pro Liter. Zum Vergleich: Lösen Sie 1 x Zuckerkörnchen in 1 x Liter Wasser, erhalten Sie eine in etwa 100fach höhere Konzentration der Zuckermoleküle. Das angegebene Beispiel demonstriert auf eindrucksvolle Weise, dass das Thema ‚sauberes Wasser‘ als wichtige Facette enthält, wie man derart niedrige Konzentrationen durch eine äußerst leistungsstarke chemische Analytik nachweisbar machen kann. Entsprechende Gerätschaften sind mit hohen Investitionskosten verbunden, welche von Gemeinden in Entwicklungs- oder Schwellenländern schwerlich geleistet werden können. Es ist daher davon auszugehen, dass die Qualität von Wasser in vielen Fällen nicht zweifelsfrei bekannt ist.

■ Nur noch wenige Kleidungsstücke enthalten ganz ausschließlich Naturfasern. Nicht nur in Funktionskleidung findet man deshalb signifikante Mengen verschiedener synthetischer Polymere, die beim jedem Waschvorgang zu einem geringen Anteil das Abwasser belasten. Für Mikroplastik gibt es zahlreiche weitere Ursachen, die seit wenigen Jahren in das Bewusstsein der Öffentlichkeit gerückt sind. **Aus chemischer Sicht stellt der Abbau von Mikroplastik eine enorme Herausforderung dar.** Letztlich sind die allermeisten, synthetischen Polymere ja mit Absicht so hergestellt worden, dass sie eine hohe Resilienz aufweisen. Als zweites Beispiel können wir an Autoreifen denken, deren Hauptkomponente ein synthetisches Polymer ist, welches zu einem signifikanten Teil

als Abrieb auf Straßen und somit in der Umwelt landet.

90 Prozent der Produkte, nicht nur die genannten Beispiele, werden durch die Wertschöpfungsketten der chemischen Industrie bereitgestellt. Je mehr Schritte diese Wertschöpfungskette für ein Produkt beinhaltet, desto mehr Abfall entsteht. In der Prozessevaluation verwendet man den sogenannten E-Faktor (Environmental beziehungsweise Umweltfaktor), der das Verhältnis der Gesamtmasse des Abfalls geteilt durch die Gesamtmasse des Zielprodukts quantifiziert. Für Pharmazeutika, zum Beispiel die genannten Hormonpräparate, beträgt der E-Faktor bis zu 100. In Staaten mit unzureichenden Umweltauflagen kann nicht ausgeschlossen werden, dass nennenswerte Mengen dieser Abfälle auch die Abwässer belasten. Die Verwendung von organischen Lösungsmitteln stellt einen Hauptbeitrag bei der Erhöhung des E-Faktors dar. Deshalb besteht in der chemischen Industrie ein großes Interesse daran, die Menge an organischen Lösungsmitteln zu reduzieren oder gar ganz zu vermeiden. **Wasser als Medium für beliebige chemische Synthesen stellt die attraktivste Variante eines grünen Wegs dar.** Nach der Verwendung erhält man natürlich wieder ein Abwasser, welches entsprechend gereinigt werden muss.

„Die CHEMIE“ stellt in Anbetracht der diskutierten Argumente unbestreitbar eine Ursache für den Mangel an sauberem Wasser dar. Da sich unsere Gesellschaften nicht in Richtung einer vorindustriellen Zeit entwickeln werden, muss „die CHEMIE“ selbst auch Lösungen für das Problem erarbeiten. Sie wird dieser Verantwortung durch zahlreiche Innovationen an Forschungseinrichtungen und

der Industrie selbst gerecht. Eine sehr kleine Auswahl wird in den folgenden Abschnitten anhand von Beispielen angesprochen, die maßgeblich am Institut für Anorganische Chemie (ACI) der Leibniz-Universität Hannover erforscht und bearbeitet werden.

1. Alleskönner mit maßgeschneiderten Poren.

Jeder von uns kennt einen Filter, zum Beispiel vom Kaffee-Kochen. Durch die Poren können bestimmte Stoffe passieren und andere nicht, die zu groß sind. Am ACI werden Materialien entwickelt, deren Poren um ein Vielfaches kleiner sind als bei herkömmlichen Filtern. Die Durchmesser der Poren sind so klein, dass in Ihnen nur wenige Moleküle nebeneinander Platz finden (s. Abb. 1). Bei derart kleinen Poren haben die zuvor erwähnten Größenausschlusseffekte nur eine untergeordnete Bedeutung. Vielmehr kommt es jetzt darauf an, wie Moleküle mit den Oberflächen der Poren wechselwirken. Bleiben in Wasser gelöste Verunreinigungen an den Wänden haften, hat man diese entfernt und das Wasser gereinigt. Man spricht von **Adsorbentien**. Leider ist es nicht ganz so einfach, wobei in diesem Artikel lediglich zwei Herausforderungen angesprochen werden sollen, ‚Selektivität‘ und ‚Regeneration‘.

■ In einem realen Abwasser befindet sich nicht nur eine Verunreinigung. Je genauer wir ein Abwasser betrachten, das heißt bei immer geringer werdenden Konzentrationen, desto mehr Verbindungen können wir wahrnehmen, die parallel zueinander vorhanden sind. Verbindungen höherer Konzentration werden schneller adsorbieren und blockieren damit die Oberfläche der

Poren. Wahrscheinlich ist es aber eine niedrig konzentrierte Spezies, die wir aus dem Abwasser entfernen wollen. **Das Material muss selektiv bezüglich einer ganz bestimmten Verunreinigung sein**, was gelingen kann, wenn die Oberfläche mit dieser Spezies stärker wechselwirkt als mit (allen) anderen. Am ACI werden poröse **Organosilikatmaterialien** entwickelt, deren Wände mit praktisch beliebigen Gruppen ausgerüstet werden können. In

silikat **durch Photokatalyse reaktive Sauerstoffspezies (ROS) erzeugen** kann. Diese Spezies sind so reaktiv, dass sie eine Vielzahl von Kontaminationen zersetzen und somit unschädlich machen können. Das Material reinigt sich auf diese Weise selbst.

2. Seife mit aktiver Reinigungsfunktion

Tenside stellen die wichtigste Komponente in Reinigungsmitteln dar. Sie besitzen eine

wasserlöslichen Schicht versehen werden und letztlich noch schlechter vom Abwasser getrennt werden können. Wäre diese Schicht aber magnetisch, dann wäre eine Abtrennung im Idealfall ohne Einsatz von Energie durch Anwendung eines Magneten möglich. Tenside mit magnetischen Kopfgruppen werden am ACI entwickelt und es gelang zu zeigen, dass man diese durch handelsübliche Permanentmagnete manipulieren kann.

Abbildung 2

Tensidmoleküle bestehen aus einem wasserlöslichen Kopf und einer in Wasser unlöslichen Kette, weshalb sie sich zu Aggregaten (Mizellen; rote Kreise) zusammenschließen. Das hier gezeigte Tensid weist eine spezielle, katalytisch aktive und magnetische Kopfgruppe auf. Unerwünschte Kontaminationen (Rauten) können bevorzugt in das Innere der Mizelle wandern, wo sie durch die speziellen Tenside durch Katalyse (grün) zu besseren Produkten (gelb) umgewandelt werden. Bei ausreichender Reaktion der Tenside in einem äußeren Magnetfeld können diese dann abgetrennt werden.

Quelle: eigene Darstellung

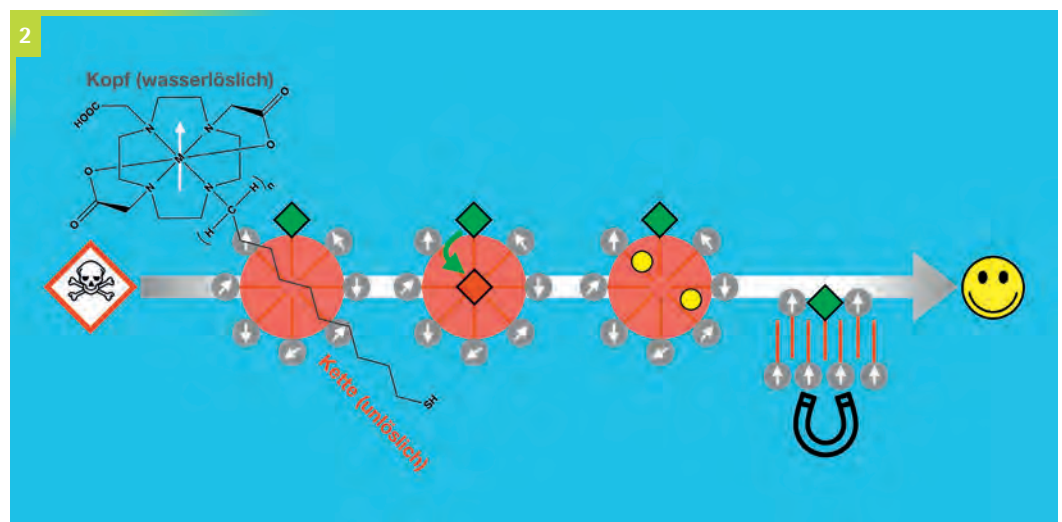


Abb. 1 ist das symbolisch über ein Schlüssel-Schloss Prinzip verdeutlicht.

- Selbst ein selektiver Filter ist irgendwann erschöpft und muss ersetzt werden. Das Filtermaterial wegzuwerfen und durch ein neues zu ersetzen, ist nur nicht besonders nachhaltig, im schlimmsten Fall entsteht auch ein fester, möglicherweise giftiger Sondermüll. **Effektive Wege für die Regeneration des Filters** müssen etabliert werden, das heißt mit möglichst geringem Energieaufwand und ohne zum Beispiel durch Extraktionsprozesse wieder ein belastetes Abwasser zu erzeugen. Elegant ist es, wenn das poröse Organo-

wasserlösliche Kopfgruppe und eine wasserabweisende Kette (siehe Abb. 2). Auf diese Weise können Tenside in Wasser unlösliche Stoffe im Inneren von Aggregaten, den sogenannten Mizellen einschließen. Diesen Prozess nutzen wir beispielsweise täglich bei der Reinigung von Wäsche. **Tenside, die chemisch aktive Kopfgruppen besitzen**, werden am ACI entwickelt und können im Hinblick auf die ‚Abtrennung‘ und die ‚Umwandlung‘ von Stoffen in Wasser wertvoll sein.

- Auf den ersten Blick erscheint es kontraproduktiv, wenn zum Beispiel Mikroplastik in die Mizellen eingeschlossen würde. Denn dadurch würden sie ja mit ei-

- Bei der erfolgreichen Abtrennung hätte man das Problem zunächst nur verlagert. Zwar wäre das Wasser nun nicht mehr belastet mit Mikroplastik oder anderen Kontaminationen; dafür hätte man nun aber eine Seife, die für sich einen hochproblematischen Sonderabfall darstellen würde. Das möchte man nicht, zumal für die Herstellung dieser speziellen Tenside auch ein großer Aufwand erforderlich ist. Eine besonders reizvolle Vorstellung sind daher Tenside, die die in den Mizellen eingeschlossenen Spezies umwandeln können, bevorzugter Weise sogar in wertvolle Produkte durch einen Prozess, den Chemiker Katalyse nennen. Die am

ACI etablierten **katalytisch aktiven Tenside** können somit nicht nur einen Beitrag zur Abwasserreinigung leisten, sondern eröffnen einen neuen Weg zur Veredlung von Produkten aus Abfall und können so langfristig den Weg der Transformation der chemischen Industrie zu Wasser als primäres Lösungsmittel ebnet.



Prof. Dr. Sebastian Polarz ist Professor am Lehrstuhl für Anorganische Chemie im Bereich Molekül- und Materialchemie. Seine Arbeitsgebiete sind Poröse Materialien, Funktionelle Tenside, Halbleiternanostrukturen, Partikel-basierte Materialien sowie Nanoanalytik. Kontakt: sebastian.polarz@aca.uni-hannover.de

Die Strategien „der CHEMIE“ zur Aufarbeitung von kontaminierten Abwässern geht deutlich über die Aspekte hinaus, die in diesem Artikel angesprochen wurden. An zwei Materialklassen sollte jedoch das Potenzial angedeutet und klargestellt werden, dass sauberes Wasser und CHEMIE kein Widerspruch darstellen, sondern zusammengehören. Sie sind ein gutes Match.



Neue Perspektiven



www.harzwasserwerke.de/karriere

Finden Sie Ihre Berufung beim größten Trinkwasserversorger Niedersachsens. Besuchen Sie uns unter: www.harzwasserwerke.de

Harzwasserwerke
herrlich meißes Wasser

Harzwasserwerke GmbH Bördestraße 23 31135 Hildesheim



Institut für gewässerökologische Untersuchungen

Arbeitsfeld Gewässerökologie

Als expandierendes, kleines und familienfreundliches Unternehmen mit einem internationalen, jungen und engagierten Team suchen wir für unsere Standorte Oldenburg, Bremerhaven und Hamburg regelmäßig Mitarbeiter*innen, die im Idealfall taxonomische Kenntnisse in den unten genannten Schwerpunkten mitbringen und begeisterungsfähig sind. Wir freuen uns deshalb über deine Initiativbewerbung an: bewerbung@aquaeology.de

Unser Dienstleistungsangebot
(für Behörden, Wissenschaft, Wirtschaft, NGO, Planungsbüros etc.)

- Biologische Analytik (Schwerpunkte Plankton, Makrophyten, Phytobenthos)
- Chemisch-physikalische Analytik
- DNA-Analytik (Meta-Barcoding, eDNA, qPCR-Einzelartennachweise)
- Qualifizierte Probenahmen mit moderner Ausrüstung und eigenen Booten
- Bewertung der Gewässerqualität von Seen, Teichen, Fließ- und Küstengewässern
- Beratung und Gutachten zu Gewässereingriffen, Klärwerks- und Industrieeinleitungen
- Durchführung von Verfahren sowie Monitoring zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, Ballastwasserkonvention u.a.
- Wissenschaftliche Datenbearbeitung und -auswertung
- Ökologische Modellierung
- Auftragsforschung, Entwicklung von innovativen Messmethoden
- Biologische/ökologische Softwareentwicklung, Online-Bewertungsportale, Datenbanken
- Lehre und Schulungen
- Ökosystemanalysen
- Ökologische Baubegleitung

AquaEcology GmbH & Co. KG · Steinkamp 19 · 26125 Oldenburg
Tel.: +49-441-55978530 · info@aquaeology.de · www.aquaeology.de



Der neue Große Wellenströmungskanal (GWK+)

Ein Plus für die Meeres- und Küstenforschung



Brechende Wellen beim Auflauf auf einen Strand. Foto: Thomas Damm

Global werden sich Küstenregionen durch den Klimawandel und seine Effekte stark verändern. Die unmittelbaren Folgen für besiedelte Küsten sind noch nicht vollständig absehbar. Gleichzeitig steigt der Bedarf an einer nachhaltigen Nutzung mariner Ressourcen für die notwendige Energiewende, aber auch als zukünftige sichere Nahrungsquelle. Die Küsten- und Meeresforschung ist heute wichtiger denn je, um die sich rasch verändernden Bedingungen und Anforderungen an die Küstenregion und die Meere zu verstehen und damit Grundlagen für die gemeinsame Entwicklung nachhaltiger Anpassungsstrategien bereitzustellen. Modellversuche im Labor haben gegenüber Naturmessungen grundsätzlich den Vorteil kontrollierbarer Randbedingungen und geringerer Kosten. Ein Nachteil ist, dass häufig nicht alle Prozesse im Labor simuliert werden können und durch Verkleinerung der Modelle Maßstabeffekte entstehen. Mit dem Großen Wellenströmungskanal (GWK+) können diese Nachteile minimiert bis ausgeschlossen werden.

Der alte Große Wellenkanal (GWK) war und ist eine der größten und bedeutendsten Forschungseinrichtungen im Offshore- und Küsteningenieurwesen weltweit. Seit 1983 haben etwa 180 Experimente in Forschungsvorhaben in dem etwa 300 Meter langen, fünf Meter breiten und sieben Meter tiefen Kanal zu einem besseren Prozessverständnis im Bereich des Sedimenttransports und der Ökohydraulik sowie zur sicheren Bemessung von Küstenschutzwerken und Offshore-Strukturen wesentlich beigetragen. Im Okto-

ber 2020 begann ein großer Umbau des GWK zum GWK+, dem Großen Wellenströmungskanal. Diese Erweiterung im Rahmen des mit 35 Millionen Euro vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Forschungsvorhabens „marTech“ schafft einzigartige neue Versuchsmöglichkeiten für die zukünftige Meeres- und Küstenforschung. Diese Entwicklungen umfassen die Erzeugung von Wellen und Seegang bis zu drei Meter Höhe bei simultaner Absorption reflektierter Wellen (Prinzip ähnlich zum „Active Noise Cancelling“). Zudem können gleichzeitig Strömungen mit Durchflüssen von bis zu 20.000 Litern pro Sekunde erzeugt und ganze Tidezyklen, einschließlich Strömungsumkehr und Wasserstandsänderungen, ohne Unterbrechung simuliert werden. Ein neuer gestaffelter Tieftteil (Länge / Tiefe: 28 Meter / 2 Meter & 8 Meter / 6 Meter) erlaubt den ebenerdigen Einbau von

Seeboden und eine realitätsnahe Einbettung von Offshore-Gründungsstrukturen in den Boden.

Mit dem GWK+ wurde eine weltweit einmalige und zukunftsweisende Versuchs- und Forschungseinrichtung geschaffen, die es erstmals erlaubt, die natürliche Interaktion zwischen Wellen, Strömung, Struktur und Boden in einem großen Maßstab unter Laborbedingungen zu untersuchen. Hiermit können feste und schwimmende Anlagen zur Nutzung mariner Energien realitätsnah wie nie zuvor erprobt, Prozesse an der Küste und im Küstenvorfeld detailliert untersucht und nachhaltige, ökosystembasierte Küstenschutzmaßnahmen entwickelt werden.

FZK 
FORSCHUNGSZENTRUM KÜSTE

Prof. Dr.-Ing. habil. Torsten Schlurmann

Geschäftsführung Ludwig-Franzius-Institut
für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen

Dr.-Ing. Stefan Schimmels

Betriebsleitung Forschungszentrum Küste

Dr.-Ing. Alexander Schendel

wissenschaftlicher Mitarbeiter am Ludwig-Franzius-Institut
für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen

avacon

**Alles wie immer? Wir sagen:
Gern auch mal anders.**

Ob als Trainee oder per Direkteinstieg – deine Ideen sind gefragt. Informiere dich jetzt unter avacon.de/karriere



Verantwortung übernehmen, Wandel gestalten –

Deine Karriere bei uns!

Landkreis
Ammerland

**REGIONALPLANER | INGENIEURE |
MOOR- & KLIMAMANAGER (w/m/d)**

Jetzt informieren auf ammerland.de/karriere



Mensa

Wohnen

BAföG

Soziales

**Damit dein
Studium die
Hauptrolle spielt.**



Studentenwerk
Hannover

www.studentenwerk-hannover.de



Zukunftslabor Wasser

Kostbare Ressourcen managen – Ökosysteme nachhaltig nutzen

Die Verantwortlichen der Wasserwirtschaft stehen vor der erheblichen Herausforderung, im fortschreitenden Klimawandel ein sicheres Siedeln, eine sichere Wasserversorgung und einen ambitionierten Umwelt- und Gewässerschutz zu gewährleisten. Gleichzeitig ist den klimatischen Extremsituationen zunehmend effizienter zu begegnen. Die Möglichkeiten der Digitalisierung, die sich derzeit rapide entwickeln, werden erheblich dazu beitragen, diese Ziele zu erreichen.

An der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie gibt es den Forschungsschwerpunkt „Digitalisierung Wasser“, der auf vielfältige Weise und mit zahlreichen F&E-Vorhaben die Entwicklung der digitalen Wasserwirtschaft vorantreibt. Dabei werden völlig neue und bisher so nicht umsetzbare Möglichkeiten des Umweltmonitorings, der Planung und Umsetzung von wasserwirtschaftlichen Maßnahmen sowie der Bewirtschaftung und Instandhaltung der zugehörigen Anlagen und Infrastrukturen auf den Weg gebracht.

Im Projekt „Zukunftslabor Wasser“ vernetzen sich fünf Institute der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie und ein Institut der Fakultät für Architektur und Landschaft und treiben ihre Forschung gemeinsam mit Partnern weiterer Hochschulen und außeruniversitärer Forschungseinrichtungen zum Einsatz intelligenter Systeme und neuer digitaler Methoden im Wassermanagement voran (<https://www.zdin.de/zukunftslabore/wasser>). Mittelgeber ist das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK). Das Zukunftslabor findet Heimat unter dem Dach des Zentrums für digitale Innovationen Niedersachsens (ZDIN), das im Rahmen mehrerer themenbezogener Zukunftslabore die Vernetzung von Hochschulforschung, außeruniversitärer Forschung, industrieller Forschung und der Entwicklung und die Arbeit von Praxispartnern unterstützt. „Der Fokus aller Zukunftslabore liegt auf der Digitalisierung in den verschiedenen, für Niedersachsen zentralen Bereichen Agrar, Energie, Gesellschaft & Arbeit, Gesundheit, Mobilität, Produktion und Wasser. Die Zusammenarbeit in und mit den Zukunftslaboren ist offen für alle Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft.“

Die konkreten Ziele der Akteure der Leibniz Universität Hannover, die durch die Arbeit Zukunftslabor Wasser erreicht werden sollen, sind:



Foto: Stephan Köster

- mit modernen Methoden der Künstlichen Intelligenz und der Data Science wasserwirtschaftliche und assoziierte Daten zunehmend automatisiert auszuwerten, zu fusionieren und so bisher unbekannt Zusammenhänge erkennen,
- mit einem digitalen Abbild der Realität (digitale Zwillinge) wasserwirtschaftliche Prozesse zu simulieren, um Risiken zu quantifizieren und mögliche Gegenmaßnahmen rechtzeitig in die Wege zu leiten,
- mit intelligenten Visualisierungen relevante Daten und Informationen für Entscheider*innen und auch Bürger*innen aufzubereiten und damit den Weg für ein verbessertes Verständnis, eine intensivere Interaktion sowie stärkere Akzeptanz von Maßnahmen zu bereiten.

Die einzelnen Akteure und Teilprojekte der Leibniz Universität Hannover im Zukunftslabor Wasser sind auf folgenden Websites im Detail beschrieben:

- <https://www.fbg.uni-hannover.de/de/forschung/interdisziplinare-forschungsverbuende/zukunftslabor-wasser>
- <https://www.umwelt.uni-hannover.de/de/forschung/forschungsprojekte/forschungsprojekt-detailansicht/projects/zukunftslabor-wassermanagement>

Für die Akteure der LUH:

Prof. Dr.-Ing. Stephan Köster

Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. Monika Sester

Institut für Kartographie und Geoinformatik

Softwareentwickler

(m/w/d)

- ✓ Elektrotechnik / Informatik Studium oder Informatik Ausbildung
- ✓ Erfahrung in den Programmiersprachen C#, C++ und JavaScript
- ✓ Kenntnisse gängiger Webtechnologien (HTML, XML, etc.)
- ✓ Idealerweise Erfahrung mit Datenbanken (MS SQL)

Jetzt bewerben!



deister electronic GmbH

Hermann-Bahlsen-Straße 11
30890 Barsinghausen, DE
Tel.: +49 5105 516111
E-Mail: karriere@deister.com

Softwareentwickler Linux

(m/w/d)

- ✓ Elektrotechnik / Informatik Studium oder Informatik Ausbildung
- ✓ 2 oder mehr Jahre Berufserfahrung in der Linux Entwicklung
- ✓ Erfahrung in den Programmiersprachen C, C++ und Python
- ✓ Idealerweise Erfahrung im Umgang mit Datenbanken (SQLite)

Jetzt bewerben!



deister electronic GmbH

Hermann-Bahlsen-Straße 11
30890 Barsinghausen, DE
Tel.: +49 5105 516111
E-Mail: karriere@deister.com

Machen Sie Ihre Zukunft klar!

Werden Sie Teil unseres Teams,
zum Beispiel als ...

- Verfahrensingenieur*in
- Umweltingenieur*in
- Elektroingenieur*in
- Bauingenieur*in
- IT-Expert*in



Stadtentwässerung
Hannover
Wir klären das.



Jetzt
bewerben!

Personalia und Preise

BERUFUNGEN

Rufe an die Leibniz Universität Hannover

Dr. **Maike Hagena** hat den Ruf auf die W1-Professur mit Tenure Track nach W2 „Inklusive Mathematikdidaktik“ erhalten.

Prof. Dr. **Roxana-Mihaela Halbleib** hat den Ruf auf die W3-Professur „Data Science und Finanzmarktökonomie“ erhalten.

Dr. **Christoph Hirche** hat den Ruf auf die Juniorprofessur für „Quantum Learning & Algorithms“ erhalten.

Prof. Dr. **Malte Kramme** hat den Ruf auf die W3-Professur „Bürgerliches Recht, IT Recht und möglichst ein weiteres Fach“ erhalten.

Prof. Dr. **Peter Limbach** hat den Ruf auf die W3-Professur „Finanzmärkte und Unternehmensrechnung“ abgelehnt.

Dr.-Ing. **Nadine Nagler** hat den Ruf auf die W3-Professur für „Maschinenkonstruktion und Tribologie“ abgelehnt.

Prof. Dr. **Yarema Okhrin** hat den Ruf auf die W3-Professur „Data Science und Finanzmarktökonomie“ abgelehnt.

Dr. **Robby Peibst** hat den Ruf auf die W2-Professur „Halbleitertechnologien für nachhaltige Energiesysteme“ erhalten.

Dr. **Selma Saidi** hat den Ruf auf die W3-Professur für „Verteilte Echtzeitsysteme“ erhalten.

Assistant Prof. Dr.-Ing. **Eike Schling** hat den Ruf auf die W2-Professur mit Tenure Track nach W3 „Tragwerksplanung“ angenommen.

Associate Professor Dr. **Christoph J. Sextroh** hat den Ruf auf die W3-Professur „Finanzmärkte und Unternehmensrechnung“ erhalten.

Prof. Dr. **Isabel Stenger** hat den Ruf auf die W1-Professur für Algebraische Geometrie erhalten.

Dr. **Birgit Stiller** hat den Ruf auf die W3-Professur für „Optik und Photonik“ erhalten.

Prof. Dr. **Alexander Strohmaier** hat den Ruf auf die W3-Professur für Analysis angenommen.

Prof. Dr.-Ing. **Stephan Tremmel** hat den Ruf auf die W3-Professur „Maschinenkonstruktion und Tribologie“ erhalten.

Prof. Dr. **Antje von Ungern-Sternberg** hat den Ruf auf die W3-Professur „Öffentliches Recht mit einem internationalen Schwerpunkt“ erhalten.

Prof. Dr. **Vera Volkmann** hat den Ruf auf die W3-Professur „Sportpädagogik und Sportdidaktik“ angenommen.

Dr. **Matthias Weigelt** hat den Ruf auf die W2-Professur für „Satellitengeodäsie und geo-

dätische Modellierung“ angenommen.

Rufe nach außerhalb

Prof. Dr.-Ing. **Fadi Aldakheel** hat den Ruf auf die W3-Professur der Montanuniversität Loeben abgelehnt.

Prof. Dr.-Ing. **Nadja Bigall** hat den Ruf auf die W3-Professur „Chemie, insbesondere Physikalische Chemie und Dynamik Nanoskopischer Systeme“ der Universität Hamburg angenommen.

Dr. **Stefanie Heiden** hat ein Angebot aus der Privatwirtschaft erhalten und ein Bleibeangebot der LUH angenommen.

Prof. Dr. **Tuba Esatbeyoglu** hat den Ruf auf die W3-Professur „Lebensmittelchemie“ der Universität Potsdam abgelehnt.

Prof. Dr.-Ing. **Matthias Müller** hat den Ruf auf die W3-Professur „Automatisierungstechnik“ der Ruhr Universität Bochum abgelehnt.

Prof. Dr. **Selin Kara** hat den Ruf auf die W3-Professur „Grenzflächenverfahrenstechnik“ in Kooperation mit dem Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik erhalten.

Prof. Dr. **Meik Zülsdorf-Kersting** hat den Ruf auf die W3-Professur „Geschichtsdidaktik“ der Pädagogischen Hochschule Freiburg erhalten.

ERNENNUNG ZUR UNIVERSITÄTSPROFESSORIN / ZUM UNIVERSITÄTSPROFESSOR

Prof. Dr.-Ing. **Christian Albert**, Fakultät für Architektur und Landschaft, mit Wirkung vom 01.08.2023

Dr. **Annika Bande**, Naturwissenschaftliche Fakultät, mit Wirkung vom 01.09.2023

Dr. **Stefanie Büchner**, Philosophische Fakultät, mit Wirkung zum 01.06.2023

Dr.-Ing. **Inken Formann**, Fakultät für Architektur und Landschaft, mit Wirkung vom 01.09.2023

Prof. Dr. **Jorge Groß**, Naturwissenschaftliche Fakultät, mit Wirkung vom 01.08.2023

Prof. Dr. **Imke Niediek**, Philosophische Fakultät, mit Wirkung vom 01.08.2023

Prof. Dr. **Robert Raußendorf**, Fakultät für Mathematik und Physik, mit Wirkung vom 01.09.2023

BESTELLUNG ALS UNIVERSITÄTSPROFESSORIN / UNIVERSITÄTSPROFESSOR IM BEAMTENVERHÄLTNISS AUF ZEIT

Dr. **Dominik Egger**, Naturwissenschaftliche Fakultät mit Wirkung zum 01.07.2023

BESTELLUNG ZUR JUNIORPROFESSORIN / ZUM JUNIORPROFESSOR

Dr. Hartmut **Michael Zopf**, Fakultät für Mathematik und Physik, mit Wirkung vom 01.04.2023

BESTELLUNG ZUM / ZUR AUSSERPLANMÄSSIGEN ODER HONORARPROFESSOR/IN

Am 11. Mai 2023 wurde Dr. **Malte Grützmaker**, LL.M.



Der Dekan der Juristischen Fakultät Prof. Dr. Jan Eichelberger (rechts) übermittelt Dr. Malte Grützmaker die Glückwünsche der Fakultät.

Foto: David B. Erhardt, Juristische Fakultät Hannover

(University of London) von Präsident Prof. Dr. Volker Epping zum Honorarprofessor ernannt. Die Leibniz Universität Hannover würdigt damit – auf Vorschlag der Juristischen Fakultät – die wissenschaftliche Leistung und das große Engagement von Herrn Dr. Grützmaker als langjähriger Lehrbeauftragter der Fakultät in Studium und Lehre.

Dr.-Ing. **Andreas Wurpts**, Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, mit Wirkung zum 24.07.2023

BEENDIGUNG DES BEAMTEN- VERHÄLTNISS MIT DEM LAND NIEDERSACHSEN

Juniorprofessor Dr.-Ing. **Amir Ebrahimi**, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, mit Ablauf des 30.06.2023

Juniorprof. Dr. **Kerstin Nolte**, Naturwissenschaftliche Fakultät, mit Ablauf des Monats August

EINTRITT IN DEN RUHESTAND

Prof. Dr.-Ing. **Birgit Herz**, Philosophische Fakultät, mit Ablauf des Monats September 2023

Prof. Dr.-Ing. **Bernardo Wagner**, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, mit Ablauf des Monats September 2023

Prof. Dr. **Klaus-Peter Wiedmann**, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, mit Ablauf des Monats September 2023

Prof. Dr. **Hartmut Stützel**, Naturwissenschaftliche Fakultät, mit Ablauf des Monats September 2023

VERSTORBEN

Herr Professor Dr. **Friedrich Bölsing**, ehemals Institut für Organische Chemie, verstarb am 09.07.2023 im Alter von 95 Jahren.

Prof. **Eberhard Eckerle**, ehemals Institut für Gestaltung und Darstellung, verstarb am 06.06.2023 im Alter von 73 Jahren.

Prof. Dr. **Friedrich Geigant**, ehemals Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, verstarb am 30.03.2023 im Alter von 89 Jahren.

Prof. Dr. **Konrad Günther**, ehemals Institut für Geologie, verstarb am 30.03.2023 im Alter von 87 Jahren.

Prof. Dr. **Karl Jug**, ehemals Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie, verstarb am 03.04.2023 verstarb im Alter von 83 Jahren.

Prof. Dipl.-Ing. Dr. Sc. Techn. **Kurt Lecher**, ehemals Institut für Wasserwirtschaft, verstarb am 01.05.2023 im Alter von 86 Jahren.

Rahi Avinash Shet, ehemals Institut für Kommunikationstechnik, verstarb am 09.09.2023 im Alter von 29 Jahren.

Shule Li, M.Sc, ehemals Institut für Kommunikationstechnik, Kommunikationsnetze, verstarb am 09.09.2023 im Alter von 29 Jahren.

Prof. Dr. **Wolfgang Mader**, ehemals Institut für Mathematik, verstarb am 13.03.2023 im Alter von 86 Jahren.

Hans-Jörg Weber, ehemals Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen, verstarb am 14.06.2023 im Alter von 62 Jahren.

GASTWISSENSCHAFTLER/INNEN

Dr. **Hasan Uzkuç**, Türkei, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung, 14.08.2023 bis 14.10.2023

Prof. **Berkay Bahadur**, Türkei, Institut für Erdmessung, 03.08.2023 bis 03.04.2024

Dr. **Tong Hou**, China (VR), Institut für Mineralogie, 01.08.2023 bis 31.01.2024

Prof. Dr. **Esra Capanoglu Guven**, Türkei, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung, 01.08.2023 bis 31.07.2024

Dr. habil. **Evgeny Khaydukov**, Russland, Institut für Quantenoptik, 01.08.2023 bis 31.01.2024

Dr. **Taiwo Aderinola**, Nigeria, Institut für Lebensmittelwissenschaft und Humanernährung, 01.06.2023 bis 31.05.2025

Dr. rer. nat. **Eman Bassiony**, Ägypten, Institut für Organische Chemie, 15.05.2023 bis 31.03.2024

Jian Peng, China (VR), Institut für Botanik, 10.05.2023 bis 13.05.2027

Peng Yuan, China (VR), Institut für Risiko und Zuverlässigkeit, 01.05.2023 bis 30.04.2025

Dr. **Fahimeh Roshanfar**, Iran, Institut für Mehrphasenprozesse, 01.05.2023 bis 31.01.2024

PREISE UND AUSZEICHNUNGEN

Prof. Dr.-Ing. **Peter Schumann**, Institut für Stahlbau, ist mit dem „Charles Massonnet Award“ der European Convention for Constructional Steelwork ausgezeichnet worden. Die Preisverleihung fand während der Konferenz Eurosteel 2023“ in Amsterdam statt.

Mirjana Voelsen, M.Sc., vom Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (IPI) erhielt im September 2023 für ihren bei der ISPRS Geospatial Week in Kairo eingereichten Beitrag „Transformer models for multi temporal landcover classification using remote sensing images“ den Best Paper Award des Workshops Semantics3D. Koautoren des Beitrags sind Simon Lauble, Franz Rottensteiner und Christian Heipke.

Sören Möller, M. Sc., vom Institut für Statik und Dynamik, hat auf der „10th International Conference on Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering (EVACES)“ in Mailand den „Best Paper Award“ erhalten. Sein ausgezeichnete Beitrag trägt den Titel „Investigations Towards Physics-Informed Gaussian Process Regression for the Estimation of Modal Parameters of a Lattice Tower Under Environmental Conditions.“

Julian Baasner und **Merlin Petry** haben für ihr Projekt „VR-Bildungsbrücke“ eine Förderung des DigitalChangeMaker Accelerators 2023 erhalten. Das von den Studierenden initiierte Projekt beschäftigt sich mit der Vermittlung von Virtual-Real-

ty (VR)-Kompetenzen an Lehramtsstudierende in den modernen Fremdsprachen.

Für seine Promotion im Fach Geschichte ist Dr. **Sven Erdner** mit dem „VGH-Preis für hervorragende Leibniz-Dissertationen“ ausgezeichnet worden. Die Verleihung fand während des XI. Internationalen Leibniz-Kongresses im Welfenschloss statt.

Den Preis für nachhaltige Mobilität Hannover 2023 hat **Jonas Lamberg**, Lehrbeauftragter am Institut für Umweltplanung, erhalten. Er bekam einen Sonderpreis für sein Konzept einer Ring-S-Bahn für Hannover.

Dr.-Ing. **Mareike Dorozynski** (Institut für Photogrammetrie und GeoInformation) wurde für ihre Promotionsarbeit einer von fünf Preisen des EU H2020 SILKNOW Konsortiums verliehen. Die Preise sind ein Zeichen für „best practice“ in Bezug auf die Anerkennung der Arbeit derjenigen Forscherinnen und Forscher, die an exzellenten EU-Projekten teilnehmen und dort hervorragende Arbeit leisten. Ihre Dissertation hat Mareike Dorozynski am 07.06.2023 an der Leibniz Universität mit Auszeichnung abgeschlossen.

Prof. Dr. **Elyas Ghafoori**, Leiter des Instituts für Stahlbau, erhält den Distinguished Young Researcher Award des International Institute for FRP in Construction (IIFC). Der Preis wurde am 25.07.2023 bei der Konferenz CICE 2023 in Rio de Janeiro verliehen (<https://cice2023.org/>). Elyas Ghafoori hat dort eine Keynote Lecture gehalten. Der Preis wird an ein junges Mitglied des IIFC (nicht älter als 40 Jahre) verliehen, das sich durch Forschungsbeiträge auf dem Gebiet der Faserverbundkunststoffe (FVK) als Verbundwerkstoff für das Bauwesen besonders auszeichnet.

Prof. Dr. **Benjamin Burkhard** wurde zum Generalsekretär der International Association for Landscape Ecology (IALE) gewählt. IALE fördert die Landschaftsökologie als wissenschaftliche Grundlage für die Analyse, Planung und das Management von Landschaften weltweit und fördert die internationale Zusammenarbeit durch wissenschaftliche, akademische, bildungsbezogene und kommunikative Aktivitäten. Derzeit hat IALE etwa 1400 Mitglieder weltweit.



Foto: Lena Wöhler/LUH

Die LUH gratuliert **Elina Fuchs** zum Erhalt des Heinz Maier-Leibnitz-Preises 2023. Die Juniorprofessorin für „Theoretische Hochenergiephysik mit kalten Atomen“ forscht seit 2021 im Rahmen des Exzellenzclusters QuantumFrontiers an der LUH und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig. Der Preis wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) vergeben und ist in diesem Jahr erstmals mit 200.000 Euro dotiert. Die Verleihung findet am 16. Oktober 2023 in Berlin statt.

Ein Karl-Diederichs-Stipendium des Industrieverbands Massivumformung hat **Pascal Giesecke**, Fakultät für Maschinenbau, erhalten. Die Auszeichnung ist mit 12.000 Euro dotiert.

Dr. **Birgit Barden-Läufer**, Leitung Hochschulbüro für Internationales, ist erneut in den Vorstand des Deutschen Akademischen Austauschdienstes gewählt worden.

Mit Humboldt zu Leibniz

Humboldt-Forschungsstipendium für Postdocs

Dr. **Hyun Ho Lee**, Bodenkunde, Yonsei University, Wonju, Südkorea, Gastgeber: Prof. Dr. Marcus A. Horn

Dr. **Yang Chen**, Polymere und biogene Werkstoffe und darauf basierende Verbundwerkstoffe, University of Bath, Vereinigtes Königreich, Gastgeber: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Peter Wriggers

Georg Forster-Forschungsstipendium für Postdocs

Dr. **Taiwo Aderinola**, Lebensmittelchemie, Federal University of Technology Akure (FUTA), Akure-Ondo State, Nigeria, Gastgeberin: Prof. Dr. Tuba Esatbeyoglu

Georg Forster-Forschungspreis

Prof. Dr. **Juanita Bornman**, Allgemeine und Historische Erziehungswissenschaft, University of Pretoria, Südafrika, Gastgeberin: Prof. Dr. Ulrike Lüdtke

SONSTIGES

Im April ist der neu gewählte **Senat** an den Start gegangen. Die Mitglieder dieses Hochschulgremiums haben vielfältige Aufgaben: die Grundordnung der LUH, die Entwicklungsplanung, Selbstverwaltungsangelegenheiten und vieles mehr. Im Senat stellt die Hochschullehrergruppe sieben Vertreter*innen, die anderen Gruppen (Wissenschaftliche Mitarbeiter*innen, Mitarbeiter*innen der Verwaltung, Studierende) jeweils zwei Personen.

Zu sehen sind von links: **Prof. Jörn Ostermann, Maximilian Matthias, Prof. Bettina Lindmeier, Prof. Stephan Köster, Julia Kuscha, Dr. Hartmut Lehne, Susana Dänzer Barbosa, Prof. Stefan Schreieder, Katja Bohne, Prof. Stephan Thomsen, Edwina Albrecht, Prof. Hans-Peter Braun, Prof. Monika Sester, Dr. Justin Siefert (Geschäftsführung) – Juni 2023.**

Zeitraum der Personalameldungen:
15.05.2023 bis 01.10.2023



Foto: Luca Emanuelli/LUH

Lesen Sie lieber online?

Das
Ehemaligenmagazin
LeibnizCampus gibt
es jetzt auch in der neuen
App für Publikationen
der Leibniz Universität
Hannover.



Im angepassten Format für Android und Apple für Smartphone und Tablet. Oder auch im Browser für die Nutzung am PC-Bildschirm. Einfach herunterladen und auch unterwegs lesen!
<https://online-magazine.uni-hannover.de/>



Sie suchen:

- Einen krisensicheren und zukunftsorientierten Job
- Verlässliche Bezahlung und geregelten Urlaub
- Spannende und abwechslungsreiche Aufgaben
- Wahlweise Einsatzmöglichkeiten bundesweit
- Ausgewogene Work-Life-Balance
- Attraktive Arbeitszeiten und flexible Arbeitszeitmodelle
- Moderne, digitale Arbeitsplätze
- Umfangreiche Fort- und Weiterbildungsangebote

Bei uns sind Sie richtig!

Wir, die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), sind Infrastrukturgeber für ein leistungsfähiges, zukunftsgerichtetes und sicheres Bundeswasserstraßennetz in Deutschland. Da wir Wasserwege als wertvollen Natur- und Kulturraum verstehen, setzen wir unser Know-how gezielt ein, um verkehrliche, ökologische und klimabedingte Ziele zu verknüpfen.

Mit einem starken Team von ca. 12 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in zahlreichen technischen und nichttechnischen Berufen sorgen wir bundesweit für einen reibungsfreien Schiffsverkehr an Küsten und auf schiffbaren Flüssen sowie Kanälen.

Mit stetig wachsendem Aufgabenportfolio suchen wir bundesweit:

- Bauingenieure (m/w/d)
- Maschinenbauingenieure (m/w/d)
- Vermessungsingenieure (m/w/d)
- Elektroingenieure (m/w/d)
- IT-Spezialisten (m/w/d)
- Juristen (m/w/d)
- ... und viele weitere Berufsgruppen

Bewerben Sie sich gerne - wir freuen uns!

Informationen über Karrieremöglichkeiten, Stellenangebote, Ansprechpersonen und unsere Social-Media-Kanälen finden Sie hier :



11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover



Der Shop der Leibniz Universität Hannover

LeibnizSHOP

Welfengarten 1, 30167 Hannover



Öffnungszeiten

während der
vorlesungsfreien Zeit:

Montag 10 – 14 Uhr

Mittwoch 12 – 15 Uhr



Unser Onlineshop:
www.leibnizshop-uni.de