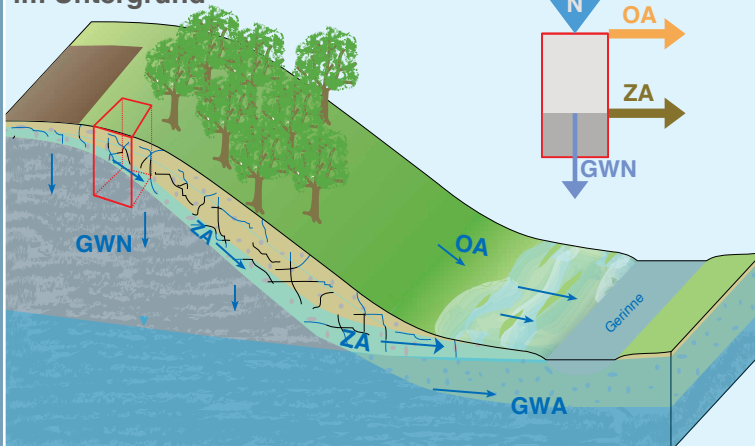


Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

Hydrology and Water Resources Management

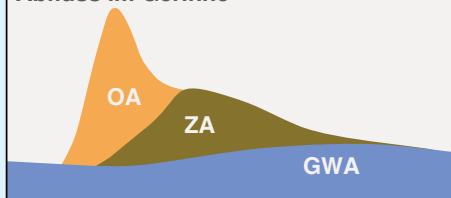
Gebiet mit geringer Durchlässigkeit
im Untergrund



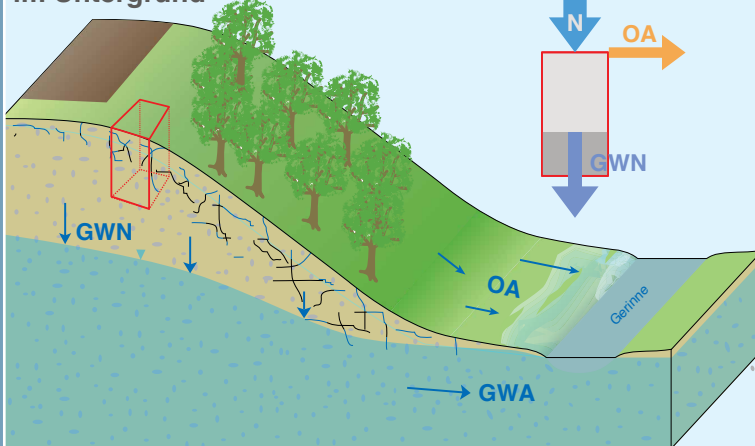
Abflussbildung



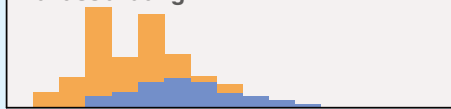
Abfluss im Gerinne



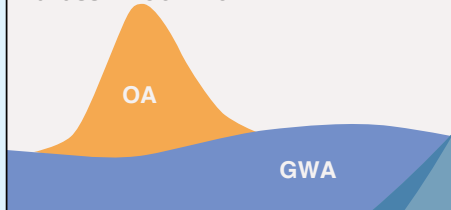
Gebiet mit hoher Durchlässigkeit
im Untergrund



Abflussbildung



Abfluss im Gerinne



Weichenstellung im Untergrund – vom Baseflow-Index zum
Grundwasser-Neubildungs-Index?

Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

Die Zeitschrift Hydrologie und Wasserbewirtschaftung (HyWa) ist eine deutschsprachige Fachzeitschrift, die Themen der Hydrologie und Wasserwirtschaft umfassend behandelt. Sie bietet eine Plattform zur Veröffentlichung aktueller Entwicklungen aus Wissenschaft und operationeller Anwendung. Das Spektrum der Fachbeiträge sollte aus den folgenden Themenbereichen entstammen inklusive deren qualitativen, quantitativen sowie ökologischen Gesichtspunkten:

- Hydrologische Prozesse und Kreislaufgeschehen von Binnen- und Küstengewässern
- Bewirtschaftung der Wasservorkommen
- Wasser- und Stoffflüsse, Gewässerschutz
- Ökologische Studien und Bewertungen
- Limnologische Untersuchungen
- Darstellung und Entwicklung von Grund- und Bodenwasser.

Zur Veröffentlichung werden nur fachlich fundierte, originäre Artikel zu aktuellen Themen zugelassen. Ein Redaktionsausschuss sowie assoziierte Editoren, bestehend aus Hochschulvertretern, Vertretern des Bundes und der Länder, gewährleisten, dass nur qualitativ hochwertige Fachbeiträge veröffentlicht werden (peer review). Die HyWa enthält außerdem einen nachrichtlichen Teil, der über aktuelle Projekte und Studien aus Forschung und Praxis sowie neue Publikationen informiert.

Redaktionsausschuss (Stand: Dezember 2021)

Prof. Dr. Axel Bronstert,
Universität Potsdam
Prof. Dr.-Ing. Markus Disse,
Technische Universität München
Stephanie Gudat,
Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz
Prof. Dr. Bruno Merz,
Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam
Dr. Volker Mohaupt,
Umweltbundesamt
Dr. Heike Puhlmann,
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Freiburg
Prof. Dr. Britta Schmalz,
Technische Universität Darmstadt
Dr. Natalie Stahl-van Rooijen,
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Sebastian Wrede,
Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Redaktion:

Dr. Thomas Lüllwitz, Leitung, v.i.S.d.P. • redaktion@hywa-online.de •
Telefon: 0261/1306-5879
Proofreading Englisch: ISL Übersetzungsbüro, 56068 Koblenz

Anschrift:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Am Mainzer Tor 1 • 56068 Koblenz • www.hywa-online.de

Verlagsrechte:

Die eingereichten Aufsätze und Kurzberichte müssen Originalarbeiten sein. Sie dürfen in der vorgelegten oder in ähnlicher Form weder an anderer Stelle eingereicht noch veröffentlicht sein. Mit der Annahme des Manuskripts willigen die Autoren ein, das eingereichte Manuskript nicht unverändert in einer anderen Zeitschrift zu veröffentlichen.

Hinweis:

Namentlich gekennzeichnete Artikel geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion und des Herausgebers wieder.

Erscheinungsweise:

zweimonatlich im Abo, 34,- €/Jahr, Studententarif 17,- € (gg. Nachweis)
kündbar jeweils drei Monate vor Jahresende

Herausgeber:

BfG für die gewässerkundlichen Fachverwaltungen des Bundes und der Länder

Satz und Druck:

Druckerei des BMDV, Bonn
ISSN 1439-1783
Gedruckt auf FSC-zertifiziertem Papier

The journal Hydrologie und Wasserbewirtschaftung (HyWa) (Hydrology and Water Resources Management) is a German-language periodical which comprehensively reports on hydrological topics. It serves as a platform for the publication of the latest developments in science and operational application. The range of contributions relates to the following subjects that are treated from qualitative, quantitative and ecological aspects

- hydrological processes and circulation of inland and coastal waters
- water resources management
- water and material fluxes, water protection
- ecological studies and assessment
- limnological investigations
- Description and processes of ground- and soilwater.

Only scientifically substantiated articles on current topics are selected for publication. An editing committee comprising representatives from universities, and from the Federal Republic and the Federal States guarantees that only high-quality contributions are published (peer review).

HyWa also contains a news section informing on current projects and studies in research and practice as well as on recent publications.

Assoziierte Editoren (Stand: Dezember 2021)

Prof. Dr.-Ing. Jens Bender,
Duale Hochschule Baden-Württemberg
Prof. Dr. Günter Blöschl,
Technische Universität Wien
Prof. Dr. Markus Casper,
Universität Trier
Prof. Dr. Bernd Cyffka,
Universität Eichstätt-Ingolstadt, Eichstätt
Norbert Demuth,
Landesamt für Umwelt, Rheinland-Pfalz
Dr. Svenja Fischer,
Ruhr-Universität Bochum
Prof. Dr.-Ing. Uwe Haberlandt,
Universität Hannover
Dr. Dr. Dietmar Mehl,
biota GmbH
Prof. Dr. Lucas Menzel,
Universität Heidelberg
Prof. Dr. Konrad Miegel,
Universität Rostock
Prof. Dr. Günter Meon,
Technische Universität Braunschweig
Prof. Dr. Elisabeth I. Meyer,
Universität Münster
Prof. Dr. Heribert Nacken,
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
Dr. Enno Nilson,
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
Angela Pfister,
Emschergenossenschaft
Dr. Ina Pohle,
Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Berlin
Prof. Dr. Frido Reinstorf,
Hochschule Magdeburg-Stendal
Prof. Dr. Benny Selle,
Beuth Hochschule
Prof. Dr. Benedikt Toussaint,
Taunusstein
Prof. Dr. Markus Weiler,
Universität Freiburg
Prof. Dr. Rolf Weingartner,
Universität Bern

Inhalt | Contents

Vorwort | Foreword

Abflussbildungsprozesse, Grundwasserneubildung und Basisabfluss	64
---	----

Fachartikel | Scientific reports

DOI: 10.5675/HyWa_2022.2_1	
Andreas Steinbrich, Hannes Leistert, Michael Stoele & Markus Weiler	
Weichenstellung im Untergrund – vom Baseflow-Index zum Grundwasser-Neubildungs-Index?	
Switches in the subsurface – moving from a base flow to a ground water recharge index?	66

Hydrologische Notizen | Hydrological notes

Aktuelles Latest news	76
Personen Persons	94

Nachrichten | News

Deutsche Hydrologische Gesellschaft German Hydrological Society	95
Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften Association for Hydrological Sciences	96
Neue Publikationen New publications	98
Termine Events	99

Die Fachzeitschrift Hydrologie und Wasserbewirtschaftung ist gelistet im:
Science Citation Index Expanded (SCIE), Journal Citation Reports/Science Edition, Scopus und Geobase.

Abflussbildungsprozesse, Grundwasserneubildung und Basisabfluss

Grund- und Quellwasser sind in Deutschland die Hauptquelle für die öffentliche Wasserversorgung (KERN et al., 2007). Einer der wesentlichen Gründe hierfür ist der hohe Schutz vor Verschmutzung, den Grund- und Quellwasser im Gegensatz zu Oberflächenwasser in der Regel durch die überlagernden Schichten und die Filtereigenschaften des Bodens erfährt.

Grundwasser füllt unterhalb der Grundwasseroberfläche den Poren- und Kluftraum des Untergrundes komplett aus. Daher wird der grundwasserführende Teil des Untergrundes oft auch als gesättigte Zone bezeichnet. Der Anteil des Poren- und/oder Kluft-Raumes am Gesamtvolumen des Untergrundes sowie dessen Mächtigkeit bestimmen, wie viel Grundwasser im Untergrund gespeichert werden kann. Die Größe und Konnektivität der Poren und/oder Klüfte ist dafür verantwortlich, wie schnell Grundwasser sich im Untergrund fortbewegen kann (hydraulische Leitfähigkeit). Gesteinsschichten mit hoher Leitfähigkeit werden als Aquifere bezeichnet, solche mit geringer Leitfähigkeit als Aquitarde. Aufgrund ihrer Beschaffenheit werden drei Arten von Grundwasserleitern unterschieden: Poren-, Kluft- und Karst-Grundwasserleiter, die aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften der Hohlräume jeweils typische Speichereigenschaften und Fließgeschwindigkeiten aufweisen.

Grundwasser fließt letztlich aus den Aquifern über Quellen, Flusssufer und -sohlen den Flüssen zu und sorgt dort in unserer gemäßigten Klimazone auch in Trockenzeiten für den Basisabfluss. Dieser ist von großer Bedeutung für den Erhalt der Ökosysteme der Flüsse sowie Dienstleistungen, die Flüsse uns Menschen gewähren, wie etwa Schiffsverkehr oder die Verdünnung von Abwasser. Mit zunehmend trockenen Sommern aufgrund des Klimawandels kommt es aber auch in unseren Breiten vermehrt zum kompletten Trockenfallen von Gewässern. Um eine Übernutzung unserer Aquifere durch Wasserentnahmen zu verhindern, ist es von großer Bedeutung, die zu erwartende Menge der Grundwasserneubildung zu kennen. Damit ist es auch möglich, die Entwicklung im Basisabfluss und somit häufig im Niedrigwasserbereich der Flüsse besser vorherzusagen zu können.

In Deutschland erfolgt der größte Teil der Grundwasserneubildung flächenhaft über den Niederschlag. Dieser infiltriert in den Boden oder wird, wenn die Intensität des Niederschlags die Infiltrationskapazität des Bodens überschreitet oder der Boden gesättigt ist, auf der Erdoberfläche lateral als Oberflächenabfluss abgeleitet. Der Oberflächenabfluss gelangt aufgrund der relativ hohen Fließgeschwindigkeit meist direkt in den Vorfluter.

Infiltriertes Wasser kann schnell über präferenzielle Fließwege und vergleichsweise langsam über die Bodenmatrix weiter in die Tiefe sickern. In Hangbereichen mit gering durchlässigem Untergrund kann das Wasser im Untergrund lateral abgeleitet werden und an einer Hangschuttquelle, einem Wegeinschnitt oder Gewässer innerhalb einiger Stunden oder Tage wieder an die Oberfläche gelangen. In diesem Fall wird das austretende Wasser als Zwischenabfluss bezeichnet. Kann das Wasser weiter in die Tiefe sickern bis in einen permanent gesättigten Bereich,

wird es als Grundwasserneubildung bezeichnet. Welchen Weg das Wasser, das an einer Quelle oder in einem Flussbett austritt, genommen hat, ist ihm aber nicht anzusehen. Der Übergang von Zwischenabfluss zu Grundwasserabfluss in Quellen und Flüssen ist quasi fließend. Aufgrund der meist kürzeren Passage durch den Untergrund und der generell höheren Durchlässigkeit der oberflächennahen Gesteins- und Bodenschichten kann meist davon ausgegangen werden, dass Zwischenabfluss schneller in ein Gewässer oder eine Quelle gelangt als Grundwasser und auch schneller wieder abebbt. Aber auch Grundwasser kann im Falle von Karstsystemen oder von "Groundwater ridging" im gewässernahen Bereich zu einer schnellen Abflussreaktion im Gewässer führen (DWA, 2020).

Oberflächenabfluss fließt nach einem Niederschlagsereignis schnell (innerhalb von Stunden) in den Flüssen ab und ist häufig durch eine Trübung des Wassers zu erkennen. Daher kann man davon ausgehen, dass der Abfluss im Fluss nach einiger Zeit nur noch von Zwischenabfluss und Grundwasserabfluss gespeist ist. Dieser Übergang von schnellen Abflusskomponenten zu langsamen ist auch in der Dynamik von gemessenen Abflussganglinien erkennbar, was auch in der Titelbild-Collage erkennbar ist. Hier setzen verschieden Ganglinien-Separations-Verfahren an, um die Anteile von schnell abebbenden Abflusskomponenten an langsam abebbenden Komponenten zu quantifizieren. Je nach Ansatz werden die langsamen Komponenten dem Grundwasser zugeschrieben, wobei die Unterscheidung von Grundwasser- und Zwischenabfluss aus oben genannten Gründen schwierig ist. Somit ist eine dynamische Separierung der Komponenten zielführender, um diese sich unterschiedlich schnell verzögernd abfließenden Abflusskomponenten zu erfassen (STOELZLE et al., 2020).

Im folgenden Artikel wird, alternativ zu verschiedenen Ganglinien-Separations-Ansätzen zur Quantifizierung der Grundwasserneubildung, eine neue Methode vorgestellt, die anhand des prozess-basierten, räumlich verteilten hydrologischen Modells RoGeR_WB_1D die Dynamik der Abflussbildungsprozesse an der Oberfläche und im Boden über einen langen Zeitraum (11 Jahre) quantifiziert. Damit ist eine prozessbasierte Unterscheidung von Oberflächenabfluss, Zwischenabfluss und Grundwasserneubildung möglich. Gleichzeitig kann dadurch auch die nachhaltige Nutzung der Ressource Grundwasser räumlich differenziert verbessert werden. Außerdem wird eine Möglichkeit geschaffen, die nicht-linearen Beziehungen zwischen den verschiedenen Abflussprozessen und somit dem Anteil der Grundwasserneubildung räumlich differenziert zu ermitteln und mögliche Veränderungen durch Klimaveränderungen zu quantifizieren.

*Andreas Steinbrich, Hannes Leistert, Markus Weiler
Professur für Hydrologie,
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg*

*Michael Stoezl
Professur für Umwelthydrosysteme,
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg*

Literaturverzeichnis

- DWA (2020): DWA-Merkblatt M-922, Bodenhydrologische Kartierung und Modellierung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.).
- KERN F.-J., STEINBRICH A. & S. KRENZKE (2007): Öffentliche Wasserversorgung – Wassergewinnung nach Wasserarten (Atlastafel 7.2). Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart (2001): Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg, 3. Lieferung 2007.
- STOELZLE, M., SCHUETZ, T., WEILER, M., STAHL, K. & L.M. TALLAKSEN (2020): Beyond binary baseflow separation: a delayed-flow index for multiple streamflow contributions, Hydrol. Earth Syst. Sci., 24, 849–867. DOI: 10.5194/hess-24-849-2020.

Andreas Steinbrich, Hannes Leistert, Michael Stoelzle & Markus Weiler

Weichenstellung im Untergrund – vom Baseflow-Index zum Grundwasser-Neubildungs-Index?

Switches in the subsurface – moving from a base flow to a ground water recharge index?

Ein neuer, räumlich verteilter, prozessbasierter Ansatz zur Quantifizierung der Grundwasserneubildung wird vorgestellt. Der Anteil der Grundwasserneubildung am Gesamtabfluss, bestehend aus Oberflächenabfluss, Zwischenabfluss und Grundwasserabfluss, wird als Grundwasser-Neubildungs-Index (GwN-I) definiert. Er unterscheidet sich von dem, normalerweise aus den Abflussganglinien am Pegel abgeleiteten, Baseflow-Index (BFI) oder anderen Basisabflusstrennungen hinsichtlich der Methodik der Berechnung und der Definition der Abflusskomponenten. Der GwN-I quantifiziert Sickerwasser, das dem Grundwasser zufließt. Der BFI dagegen quantifiziert den Abfluss aus langsam leerlaufenden Speichern, was je nach Reaktionszeit der Abflusskomponenten zu größeren Unterschieden zwischen BFI und GwN-I führen kann. Der GwN-I kann flächendetailliert ermittelt werden und stellt somit eine Option dar, um vorhandene Grundwasserneubildungsmodelle entsprechend anzupassen oder direkt mit dem entsprechenden Modell RoGeR die Abflusskomponenten und die Grundwasserneubildung zu ermitteln.

Schlagwörter: Wasserhaushaltsmodellierung, Modell RoGeR, Grundwasserneubildung, Grundwasser-Neubildungs-Index, Baseflow-Index, Delayed Flow Index

In the current study, a novel, spatially distributed and process-based, method of quantifying groundwater recharge is presented. The spatially explicit proportion of groundwater recharge in the total runoff (overland flow, interflow and groundwater recharge) is defined as the groundwater recharge index (GwR-I). It can be distinguished from the baseflow index (BFI) by the method of derivation and the definition of the components. The GwR-I quantifies water percolating towards the groundwater while the BFI quantifies delayed discharge of slowly draining storages. This might, depending on the reaction time of flow components, lead to considerable differences between BFI and GwR-I. The GwR-I can be derived on a spatially detailed basis, which makes it an option for the adaption of existing groundwater recharge models or to apply the model RoGeR directly to determine groundwater recharge.

Keywords: water balance model, RoGeR, groundwater recharge, groundwater recharge index, baseflow index, delayed flow index

1 Einführung

Die Prozesse der Abflussbildung an der Landoberfläche und im Oberboden entscheiden, wie viel Niederschlagswasser in den Boden gelangt oder oberflächlich abfließt. Infiltrierendes Wasser füllt den Bodenspeicher, bis dieses an die Grenze des geologischen Untergrundes weitergegeben wird oder kann über präferenzielle Fließwege direkt an diese Grenzen gelangen. Im Boden und am Übergang zum geologischen Untergrund entscheidet sich nun, ob Perkulationswasser vertikal dem Grundwasser zustrebt oder lateral als Zwischenabfluss abfließt. Wesentliche Faktoren sind hierbei das Gefälle, die Durchlässigkeit und Schichtung von Boden und Untergrund sowie die laterale Durchlässigkeit im Boden aufgrund präferenzierter Fließwege (DWA, 2020). Diese Weichenstellung im Untergrund ist von hoher Relevanz für die Abflussbildung und Grundwasserneubildung und daher Gegenstand vieler Untersuchungen und Modellansätze (KIRKBY, 1988; ANDERSON & BURT, 1990; WEILER & MCDONNELL, 2004; DWA, 2020). Da die Abschätzung der Grundwasserneubildung essenziell ist für ein nachhaltiges Grundwassermanagement, werden neben prozessbasierten Ansätzen in der Hangskala für Einzugsgebiete mit gemessenen Abflusswerten Ansätze verfolgt, um aus der Abflussganglinie den Grundwasseranteil am Gesamtabfluss abzuschätzen. Dies erfolgt häufig durch Verfahren zur Abtrennung der langsamen Abflusskomponenten (Basisabfluss) vom Gesamtabfluss (DEMUTH, 1993; WMO, 2009 (Baseflow-Index); STOELZLE et al. (2020 (Delayed Flow Index (DFI)). Der Baseflow-Index (BFI) wird für einige

eindimensionale Grundwasserneubildungsmodelle verwendet, um das simulierte Sickerwasser in laterale Komponenten und Grundwasserneubildung aufzuteilen (z. B. GWN-BW (GUDERA & MORHARD, 2015), mGROWA (HERRMANN et al., 2013)). Dazu erfolgt üblicherweise eine Übertragung des BFI mittels verschiedener Regionalisierungsansätze (ARMBRUSTER, 2002), um den in Pegelinzugsgebieten ermittelten BFI auf andere Gebiete zu übertragen. Armbruster (2002) verwendete für die Übertragung ein auf Geofaktoren basierendes multiples Regressionsmodell. Die Grundwasserneubildung ergibt sich dann als Produkt aus Sickerwasser und BFI. Üblicherweise modellieren Wasserhaushaltsmodelle in täglicher Auflösung. Damit ist es nicht möglich, Prozesse abzubilden, die intensitätsabhängig sind. Das betrifft sowohl die Bildung von Oberflächenabfluss als auch die Aufteilung von Sickerwasser in Zwischenabfluss und Tiefenperkolation.

Das prozessbasierte Wasserhaushalts-Modell RoGeR_WB bildet neben der Verdunstung die Abflussbildung an der Bodenoberfläche und die Aufteilung des Sickerwassers im Untergrund räumlich und zeitlich hoch aufgelöst ab (STEINBRICH et al., 2021). Somit sollte es bei solch einem Modellansatz nicht mehr notwendig sein, die Aufteilung der lateralen und vertikalen Komponenten durch einen BFI durchzuführen, um eine zeitlich und räumlich konsistente Vorhersage der Grundwasserneubildung zu erhalten. Dazu wird eine Vielzahl von flächenhaft verfügbaren Daten genutzt (STEINBRICH et al., 2021). So ist es möglich, die absolute Menge der einzelnen Abflusskompo-

nenten und damit auch den Anteil der Tiefenperkolation bzw. Grundwasserneubildung am Gesamtabfluss flächendetailliert zu berechnen. Da die Ermittlung dieses Anteils auf einer gänzlich anderen Grundlage beruht als die des BFI oder DFI, wird dafür der Begriff Grundwasser-Neubildungs-Index (GwN-I) vorgeschlagen.

Gegenstand der hier vorgestellten Untersuchung ist zum einen die detaillierte Beschreibung des neuen Ansatzes für die Anwendung auf das Bundesland Baden-Württemberg und der Vergleich des räumlich verteilten GwN-I mit den BFI-Ansätzen auf Einzugsgebietsebene sowie mit regionalisierten BFI-Werten für Baden-Württemberg. Daher lassen sich folgende Forschungsfragen ableiten:

- Führt der Ansatz der GwN-I zu ähnlichen räumlichen Mustern wie BFI-Ansätze?
- Wie fallen die Wertebereiche der GwN-I im Vergleich zu den Wertebereichen der BFI-Ansätze aus?
- Wo liegen Unterschiede und was könnten die Ursachen dafür sein?

2 Methoden

2.1 Das Wasserhaushaltsmodell RoGeR_WB_1D

Das Wasserhaushaltsmodell RoGeR_WB ist eine Weiterentwicklung des ereignisbasierten Niederschlag-Abfluss-Modells RoGeR (STEINBRICH et al., 2016). Es bildet neben den Prozessen der Abflussbildung auch die Evapotranspiration, Schneeschmelze und kapillaren Aufstieg ab. Der Zeitschritt des Modells entspricht für Zeiten ohne Niederschlag 24 Stunden. Tritt an einem Tag Niederschlag auf, erfolgt die Modellierung in stündlicher Auflösung. Wird innerhalb eines Niederschlagsereignisses eine Intensität von 5 mm/10 Minuten erreicht, wird dieses Ereignis in 10-minütiger Auflösung modelliert. Damit wird der Bedeutung hoher Intensitäten bei der Entstehung von Horton'schem Oberflächenabfluss (d. h. infolge von Infiltrationsüberschuss) oder schnellem Zwischenabfluss Rechnung getragen. Aus dem rasterbasierten Modell RoGeR_WB, das Wasserflüsse zwischen Rasterzellen abbilden kann, wurde auch eine 1-D-Version abgeleitet, um eine schnellere Modellierung des Wasserhaushalts zu ermöglichen, bei der keine laterale Umverteilung auf benachbarte Flächen berücksichtigt werden muss. Diese Version (RoGeR_WB_1D) wurde für die hier vorgestellten Untersuchungen herangezogen. Eine Übersicht der Modellversionen von RoGeR findet sich in STEINBRICH et al. (2021).

Abbildung der Prozesse, welche die Bildung von Grundwasser steuern im Modell RoGeR_WB

Die Infiltration von Niederschlag und/oder Schneeschmelze über die Bodenoberfläche, durch Makroporen und Trockenrisse wird in Abhängigkeit der Bodeneigenschaften, der aktuellen Bodenfeuchte und der Niederschlagsintensität modelliert (STEINBRICH et al., 2016). Die nutzbare Feldkapazität (nFK) und die Luftkapazität (LK) werden aufgrund der BK50 (Bodenkarte im Maßstab 1 : 50.000) parametrisiert und durch Infiltration und kapillaren Aufstieg gefüllt. Entleert wird der Bodenspeicher durch Verdunstung, Tiefenperkolation und Zwischenabfluss. Die Verdunstung aus dem Boden und dem Interzeptionsspeicher

(auf Blättern oder anderen Oberflächen zwischengespeicherte Menge Wasser) sowie die Transpiration der Pflanzen, die den Boden bedecken, werden in Abhängigkeit der aktuellen potenziellen Verdunstung und des aktuellen Wassergehaltes des Bodens modelliert. Im Falle von Bäumen bzw. Wald steht über dem Boden ein zusätzlicher Interzeptionsspeicher für die Verdunstung zur Verfügung. Die Vegetation am Boden und die Bäume teilen sich das im Boden verfügbare Wasser für die Transpiration. Die potenzielle Verdunstung steht zum einen für die Baumschicht und zum anderen reduziert durch die Baumbeschattung für den Boden respektive für die Bodenvegetation zur Verfügung. Dadurch ist es möglich, dass die aktuelle Verdunstung aus beiden Verdunstungsebenen höher sein kann als die potenzielle Verdunstung.

Austausch mit dem geologischen Untergrund und Zwischenabfluss

Sowohl aus nFK als auch aus LK kann in Abhängigkeit der hydraulischen Potenziale und der vertikalen Leitfähigkeit an der Basis des Bodens Wasser in den geologischen Untergrund gelangen. Umgekehrt kann bei hohen Grundwasserständen Wasser kapillar in den Boden aufsteigen. Wenn die nFK durch Infiltration überschritten wird, steht auch Wasser für Zwischenabfluss zur Verfügung. Wie viel Zwischenabfluss gebildet werden kann, hängt ab vom Gefälle, der Höhe des Sättigungswasserspiegels an der Basis des Bodens, der Tiefe dieser Basis und der lateralen Leitfähigkeit an der Bodenbasis (Matrixdurchlässigkeit und Makroporosität) (STEINBRICH et al., 2016). Ist der Boden trotz Zwischenabfluss und Tiefenperkolation gesättigt, tritt Sättigungs-Oberflächenabfluss auf.

Sonderfall Perkolatation aus dem Boden direkt ins Grundwasser

Steht Grundwasser so hoch an, dass der Boden davon direkt erreicht wird, findet bei Überschreitung der nFK eine Abgabe von Wasser aus dem Boden direkt in das Grundwasser statt. In der Regel sind Bereiche, in denen das stattfindet, gewässernah. Zudem findet der laterale Fließprozess dieses Wassers, wie beim Zwischenabfluss im Boden, dort auch durch Makroporen statt. Damit ist hier in der Regel mit geringeren Reaktionszeiten zu rechnen als durch den geologischen Untergrund und aus gewässerferneren Bereichen. Aus diesem Grund gibt es sowohl gute Argumente, dieses Wasser dem Grundwasser zuzuordnen, als auch dafür, es dem Zwischenabfluss zuzuschlagen. Für die hier vorgestellten Vergleiche wurde dieses Wasser der Grundwasserneubildung zugeschlagen.

2.2 Eingangsdaten für RoGeR_WB_1D

Physische Gebietseigenschaften

Für eine auf Baden-Württemberg bezogene, landesweite Parametrisierung des Modells RoGeR_WB_1D konnte auf flächendeckend verfügbare Daten zurückgegriffen werden (Tab. 1).

Zur flächendeckenden Parametrisierung des Modells RoGeR_WB_1D wurde eine Verschneidung der Bodenkundlichen Kartiereinheiten, der hydrogeologischen Einheiten und der Landnutzung durchgeführt. Daraus ergaben sich für die gesamte Landesfläche rund 4.380.000 Teilflächen (Modelleinheiten). Für die als Rasterdaten vorliegenden Eingangsgrößen "Gefälle", "Versiegelungsgrad" und "Grundwasserflurabstand" wurde für jede Modelleinheit der Mittelwert aus den detaillierten Rasterdatensätzen ermittelt.

Tabelle 1

Verwendete Datensätze für die Parametrisierung des N-A-Modells RoGeR_WB_1D (LUBW = Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, LGRB = Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, PHF = Professur für Hydrologie Freiburg, WaBoA = Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg).

Applied data sets (LUBW = Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, LGRB = Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, PHF = Professur für Hydrologie Freiburg, WaBoA = Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg).

Datensatz	Zeitstempel	Bereitstellende Institution
ATKIS-Landnutzung	2015	LUBW
Versiegelungsgrad der Erdoberfläche	2008	WaBoA
Bodenkundliche Kartiereinheiten 1 : 50.000 (BK50)	2018	LGRB/PHF
Hydrogeologische Karte 1 : 50.000 (HGK50)*	2018	LGRB
LIDAR-DHM	2008	LUBW
Landesweite mittlere GW-Flurabstände	2018	PHF

* Nach Plausibilisierung und Aktualisierung der kf-Werte durch das LGRB mit Blick auf die Durchlässigkeit in vertikaler Richtung

Klimadaten

Für den meteorologischen Antrieb des Modells wurden Niederschlagsstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ausgewählt. Kriterien für die Auswahl sind eine hohe zeitlichen Auflösung der Niederschlagsaufzeichnungen (10 Minuten) sowie eine ausreichend lange Zeitreihe (mindestens 10 Jahre). Außerdem sollte das Zeitfenster der Aufzeichnung nicht in die Zeit vor dem Jahr 1994 reichen, da erst ab diesem Zeitpunkt Zeitreihen der Grasreferenz-Verdunstung beim DWD vorliegen, die für RoGeR_WB als Eingangsdaten für die potenzielle tägliche Verdunstung verwendet werden.

Aufgrund dieser Kriterien konnten 139 Niederschlagsstationen ausgewählt werden. Anhand der Stationen wurde die Fläche von Baden-Württemberg in Thiessen-Polygone gegliedert. Jedes Thiessen-Polygon ist eine Modellregion, für die ein Modelllauf über 11 hydrologische Jahre (1. November 2006 bis 31. Oktober 2017) erfolgte.

Um lückenlose Daten (10 min Niederschlag, Tageswerte Temperatur und potenzielle Verdunstung) für alle Niederschlagsstationen sicherzustellen, wurden verschiedene Datenaufbereitungsschritte durchgeführt. Zuerst wurden die in ein- und fünfminütiger Auflösung vorliegenden Niederschlagsdaten zu 10-Minutenwerten aggregiert. Danach wurden fehlende Niederschlagsdaten mit Daten der nächstgelegenen Station ersetzt. Dabei wurde der Niederschlag entsprechend des mittleren jährlichen Niederschlagsverhältnisses zwischen den beiden Stationen korrigiert, wobei die stationsspezifische Variabilität der Zeitreihe erhalten bleibt. Letztlich wurden die Niederschlagswerte der Stationen so skaliert, dass der langjährige mittlere Jahresniederschlag an der Station dem mittleren, korrigierten Jahresniederschlag (1961 bis 1990) entspricht. Dieser wurde der Atlas Tafel 2.2 "Mittlere korrigierte Niederschlagshöhe" des Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg (WaBoA) (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG, 2001) entnommen. Grundlage der Atlas Tafel 2.2 sind die korrigierten Tageswerte nach REGNIE (DWD-Verfahren "Regionalisierte Niederschlagshöhen"), aggregiert zum mittleren Jahresniederschlag (1961 bis 1990).

Da nur an den Klimastationen Temperaturwerte und andere meteorologische Daten vorliegen, war es notwendig, diese Zeitreihen auf die verbleibenden Niederschlagsstationen zu übertragen. Dazu wurde jeweils die nächstgelegene Klimastation verwendet, um die Tagesmitteltemperatur entsprechend der Höhendifferenz der beiden Stationen unter Annahme einer Temperaturabnahme von 0.65 K pro 100 m zu korrigieren. Die potenzielle Verdunstung wurde übertragen, wobei basierend auf der WaBoA-Karte der langjährigen mittleren potenziellen Verdunstung ein Faktor aus dem Wert der WaBoA-Karte an der Stelle der Lage der Klimastation und dem entsprechenden Wert an der Stelle der Niederschlagsstation abgeleitet wurde. Fehlwerte bei den Temperaturmessungen und den Daten der potenziellen Verdunstung wurden entsprechend dem Vorgehen bei

den Niederschlagsdaten aus den nächstgelegenen Stationen mit den entsprechenden Korrekturfaktoren ersetzt.

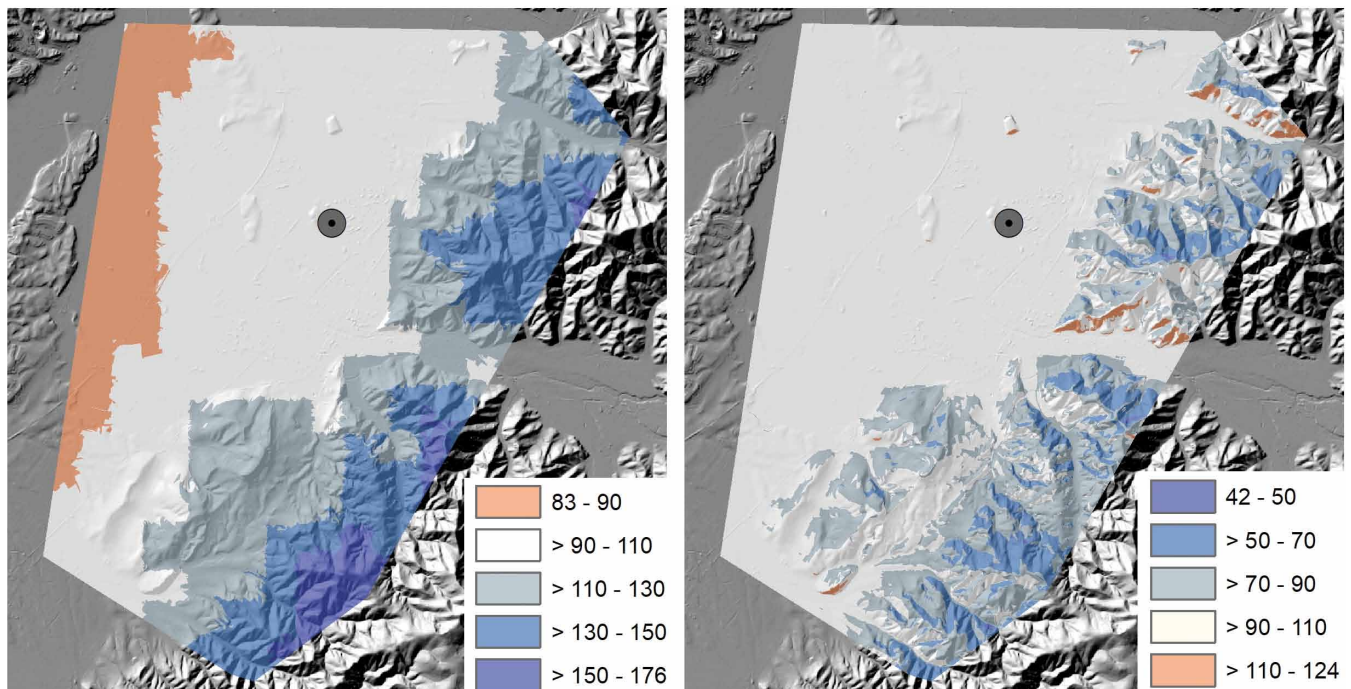
Die Übertragung der Stationswerte für Niederschlag, Verdunstung und Temperatur auf die im entsprechenden Thiessen-Polygon liegenden Modelleinheiten aus der Verschneidung von Landnutzung, Bodenkarte und Hydrogeologie geschieht, ausgehend von der Lage der Station, entsprechend langjähriger mittlerer höhenabhängiger Abweichungen. Die Höhenabhängigkeit wurden aus den WaBoA-Atlas Tafeln 2.2 "Mittlere korrigierte Niederschlagshöhe", 2.11 "Mittlere potenzielle Verdunstungshöhe" und 2.15 "Mittlere Lufttemperaturen" entnommen. Für die Regionalisierung der Verdunstungs- und der Temperaturdaten wurden zudem die mittlere jährliche Erhöhung bzw. Reduzierung der Strahlungsenergie aufgrund der Exposition im Vergleich zu einer flachen Ebene ermittelt. Dieser Strahlungsfaktor ist der Quotient aus der mittleren jährlichen Strahlung im tatsächlichen Relief und der mittleren jährlichen Strahlung auf einer ebenen Fläche an der gleichen Stelle. Er wird mit den Faktoren aus der Höhenabhängigkeit von Temperatur und Verdunstung verrechnet. Die Kombination der Faktoren erfolgte hierbei multiplikativ. Der Faktor aus der Höhenabhängigkeit der Verdunstung ergibt sich dabei einfach als Quotient aus der langjährigen mittleren Verdunstung nach WaBoA für die jeweilige Modelleinheit und dem langjährigen mittleren Wert nach WaBoA an der Stelle der Station.

Im Falle der Temperatur musste der Faktor noch in eine absolute Temperaturdifferenz (ΔT) umgerechnet werden. Diese ergibt sich aus dem Faktor und der Jahresmitteltemperatur an der Station:

$$\Delta T = T_{stat} * F_t - T_{stat}$$

Dabei ist ΔT die absolute Temperaturkorrektur [°C], T_{stat} die mittlere Jahrestemperatur an der Station und F_t der Temperaturfaktor aufgrund von Höhe und Exposition [-].

Aus diesen Faktoren ergeben sich somit für jede Modelleinheit drei weitere Parameter für das Modell. In Abbildung 1 ist beispielhaft für das Thiessen-Polygon um die DWD-Station am Flughafen

**Abbildung 1**

Verteilung der Anpassungsfaktoren [%] für Niederschlag (links) und potenzielle Verdunstung (rechts) für das Thiessen-Polygon um die DWD-Station am Flughafen Freiburg (graues Symbol).

Distribution of the factors [%] for the adaption of precipitation (left) and potential evaporation (right) within the Thiessen polygon around the station Freiburg airport (grey symbol).

von Freiburg die Verteilung der Faktoren (hier in %) für Niederschlag und potenzielle Verdunstung dargestellt.

Anhand der Stationsdaten in den Thiessen-Polygonen und der Faktoren können so die räumlichen Verteilungen der Klimaparameter für alle Ereignisse bzw. Tage ermittelt werden.

Eine Zusammenstellung der für RoGeR_WB_1D erforderlichen physischen Eingangsdaten, Klimadaten und den daraus abgeleiteten Modellparametern findet sich in STEINBRICH et al. (2021).

2.3 Abflussdaten

Für die Ableitung der abflussganglinienbasierten Ansätze standen Pegeldata der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) mit Tagesmittelwerten des Abflusses (m^3/s) zur Verfügung. Die Auswahl der Pegel zielt darauf ab, alle wesentlichen Naturräume Baden-Württembergs abzudecken, aber fokussiert dabei auf kleinere, möglichst homogene Einzugsgebiete mit möglichst geringer anthropogener Beeinflussung des Abflusses (z. B. Kläranlagen, Stauhaltungen, Wasserentnahmen). Weiterhin waren die Länge der vorliegenden Abflusszeitreihen (mindestens 30 Jahre) und deren Vollständigkeit maßgeblich für die Auswahl. So ergab sich eine Auswahl von 91 Pegeln.

2.4 Ermittlung der langjährigen Grundwasserneubildung und des GwN-I mit RoGeR_WB_1D

Für jede der Modelleinheiten gibt es in der Attribut-Tabelle der zugrundeliegenden ArcGIS Shape-Dateien aus der oben genannten Verschneidung einen Parametersatz für RoGeR_WB_1D. Über eine eindeutige ID können die Modellergebnisse je Teilfläche wieder den Geometrie-Daten zugeordnet werden. So entsteht

je Ausgangsgröße der Modellläufe ein flächendeckender Datensatz für Baden-Württemberg. Die quantitative Ausprägung aller Komponenten des Wasserhaushaltes kann so flächendetailliert ausgegeben werden. Aus dem Verhältnis der lokalen Grundwasserneubildung (Tiefenperkolations) zum Gesamtabfluss (Oberflächenabfluss + Zwischenabfluss + Tiefenperkolations) kann so unter anderem auch der Grundwasser-Neubildungs-Index (GwN-I) berechnet werden.

2.5 Methoden zur Ermittlung des BFI

Der Basisabflussindex (Baseflow-Index; BFI) ist ein quantitatives Maß, um die Speicherkapazität eines Einzugsgebiets zu bestimmen. Anhand der Speicherkapazität kann bestimmt werden, wie hoch im Mittel der Anteil von grundwasserbürtigem Abfluss (Basisabfluss) am Gesamtabfluss ist. Zahlreiche Methoden zur Bestimmung der Grundwasserneubildung beruhen auf der Annahme, dass die Neubildung über längere Zeiträume der Basisabflusssumme entspricht.

Bei der Methode nach DEMUTH (1993) werden monatliche Niedrigwasserabflüsse (MoNQ) aufsteigend sortiert aufgetragen und bis zu einem kritischen Punkt beginnend bei den niedrigsten MoNQ durch eine geradlinige und stetig ansteigende Ausgleichsgerade abgebildet. Für höhere MoNQ und höhere Ränge zeigt diese Kurve ein exponentielles Verhalten. Daher wird hier eine Beeinflussung des Abflusses durch schnellere Komponenten angenommen (z. B. während des Winterhalbjahres). Diese hohen MoNQ-Werte wie auch sehr geringe MoNQ (Messfehler) werden für die Ermittlung des Basisabflusses ausgeschlossen. Die Zielgröße ist die Identifikation des kritischen Punktes zwischen beiden Abschnitten der Approximation. Details der Methodik

sind ausführlich in DEMUTH (1993) dargelegt. Da zahlreiche höhere MoNQ-Werte in dieser Analyse verworfen werden, kann angenommen werden, dass der abgeleitete BFI nach der Demuth-Methode im Allgemeinen eher zu niedrigeren BFI-Werten im Vergleich zu anderen Methoden führt.

Die Methode der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) basiert auf einer anderen Herangehensweise (GUSTARD et al, 1992). Hierbei werden auf der Basis von 5-Tagesblöcken sogenannte Stützpunkte innerhalb der Abflusszeitreihe identifiziert. Die Stützpunkte stellen generell Abflussminima dar und werden mit benachbarten Stützpunkten verglichen und verworfen, wenn kein lokales Abflussminimum vorliegt. Die verbleibenden Stützpunkte werden durch lineare Interpolation miteinander verbunden und ergeben so die gewünschte abgetrennte Abflussganglinie des Basisabflusses. Diese Methode wird auch als "smooth minima" oder "IH-UK" (Institute of Hydrology, United Kingdom) bezeichnet und findet in der Literatur zahlreiche Anwendung. Einzelheiten der Methode finden sich im Low-Flow-Manual der WMO (WMO, 2008) und auch bei STOELZLE et al. (2020). Untersuchungen haben gezeigt, dass die BFI-Abschätzung nach der WMO-Methode anfällig ist für Schneeeinfluss oder Abfluss verzögernde Strukturen, wie z. B. Seen. Daher wird angenommen, dass die BFI-Werte nach der WMO-Methode auch aufgrund der verwendeten 5-Tagesblöcke im Vergleich zu anderen Methoden eher höhere BFI-Werte aufweisen. Die Unterschiedlichkeit der DEMUTH-Methode (geringere BFI-Werte) und WMO-Methode (höhere BFI-Werte) ist auch in MEYER et al. (2011) dargestellt.

2.6 Ermittlung des Delayed Flow Index (DFI)

Die DFI-Methode erweitert den bisherigen BFI-Ansatz auf Basis der WMO-Methode. Anstatt vordefinierte 5-Tagesblöcke zur Identifikation von Minima in den Abflusszeitreihen zu verwenden, werden Abtrennungen auf Basis variabler Blockweiten durchgeführt. Dabei wird die Dauer der Tagesblöcke zwischen $N = 1$ und 120 Tagen variiert und jedes Mal ein spezifischer DFI_N -Wert zwischen 1 und 0 ermittelt. Alle DFI_N werden anschließend gegen N aufgetragen, wodurch sich eine monoton absinkende DFI_N -Kurve ergibt. Diese Kurvenform ist dabei für jedes Gebiet spezifisch, je nachdem wie viel Wasser das Gebiet im Vergleich zum Gesamtabfluss bei einer Abflussverzögerung von N Tagen verlässt. Durch diese hohe Spezifität der DFI-Methode ist davon auszugehen, dass die bisherige Bandbreite der BFI-Werte aus der DEMUTH- und WMO-Methode prinzipiell erweitert werden kann. Durch Festlegung von drei Knickpunkten kann diese Kurve in quasi-lineare Abschnitte zerlegt werden, wobei die Knickpunkte so gewählt werden, dass die Residuen der einzelnen linearen Approximationen minimal werden. Die abnehmende Steigung der einzelnen linearen Abschnitte bei größerem N wird durch die Abnahme oder das Ausbleiben schnellerer Abflusskomponenten bei fortschreitend ausbleibendem Niederschlag begründet. Das Verhältnis der DFI-Werte an den Knickpunkten ermöglicht es daraufhin, relative Anteile aus vier verschiedenen Abflussverzögerungsklassen auszuweisen: schnelle Abflüsse (Klasse S), intermediäre Abflüsse (Klasse I1 und I2), langsame Abflüsse (Klasse L). Die Methodik ist detailliert in STOELZLE et al. (2020) beschrieben.

2.7 Vergleichende Untersuchung zu den Methoden

Für 91 ausgewählte Pegel-Einzugsgebiete (Abb. 2 rechts) wurden anhand der Abflussdaten und der Modellausgaben von RoGeR_WB_1D für den Modellzeitraum 1. November 2006 bis 31. Okto-

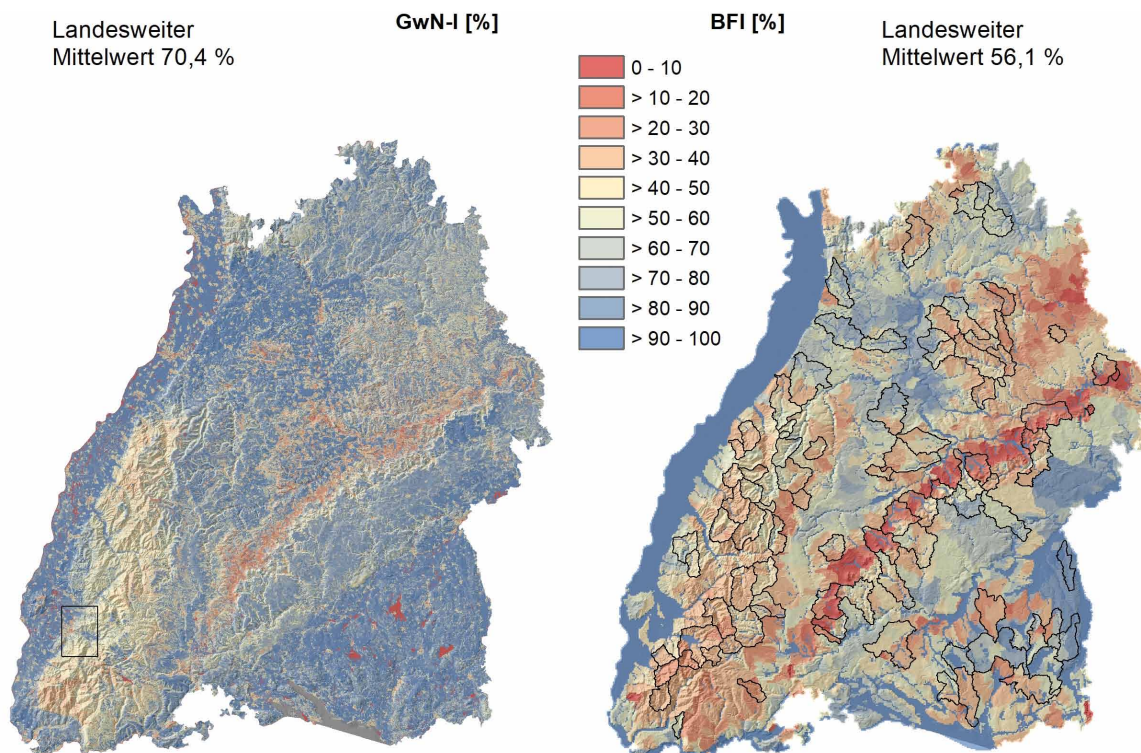
ber 2017 vergleichende Untersuchungen durchgeführt. Dazu wurden aus den Modellergebnisdaten die langjährigen mittleren $GwN-I$ und die Gesamtabflüsse extrahiert. Aus den Abflussdaten wurden auf Tageswert-Basis die BFI nach WMO und DEMUTH, die DFI für verschiedene Abflussverzögerungsklassen sowie die mittleren Abflusshöhen für den Modellzeitraum abgeleitet. Für die DFI-Methode wurde dann sowohl der Anteil für die langsamen Abflüsse (Klasse L) berechnet als auch der Anteil ohne die schnellen Abflüsse (Klassen I1, I2 und L). Außerdem wurden die von ARMBRUSTER (2002) auf die Landesfläche von Baden-Württemberg regionalisierten BFI den landesweit modellierten $GwN-I$ gegenübergestellt. Schließlich wurde eine für das Thiessen-Polygon um Freiburg (Abb. 3) für den Zeitraum vom 1. Januar 2005 bis 31. Dezember 2016 durch das Büro GIT HydroS Consult auf Tageswert-Basis durchgeführte Wasserhaushalts-Modellierung mit dem Modell GWN-BW (GUDERA & MORHARD, 2015) herangezogen und die Modellergebnisse mit denen aus RoGeR_WB_1D für den Zeitraum 1. November 2006 bis 31. Oktober 2017 verglichen. Geometrische Grundlage für den Vergleich sind die bislang für GWN-BW verwendeten Verschneidungsflächen aus der Bodenübersichtskarte (BÜK), CORINE-Landnutzung und 1 km²-Raster der interpolierten Klimadaten. Für diese Geometrien wurden die Flächen-Mittelwerte der Wasserhaushaltsgrößen aus dem aktuellen Modelllauf mit RoGeR_WB_1D bestimmt und den Werten aus GWN-BW gegenübergestellt. Die Modellzeiträume von GWN-BW und RoGeR_WB decken sich nicht genau. Vom Zeitraum 1. Januar 2005 bis 31. Oktober 2017 werden aber rund 80 % von beiden Modellen abgedeckt. Auch unterscheidet sich der mittlere Jahresniederschlag der beiden Zeitreihen an der für beide Modelle maßgeblichen Niederschlagsstation "Freiburg" nur geringfügig (1. Januar 2005 bis 31. Dezember 2016, 876 mm; 1. November 2006 bis 31. Oktober 2017, 852 mm). So kann der Vergleich als repräsentativ angesehen werden.

3 Ergebnisse

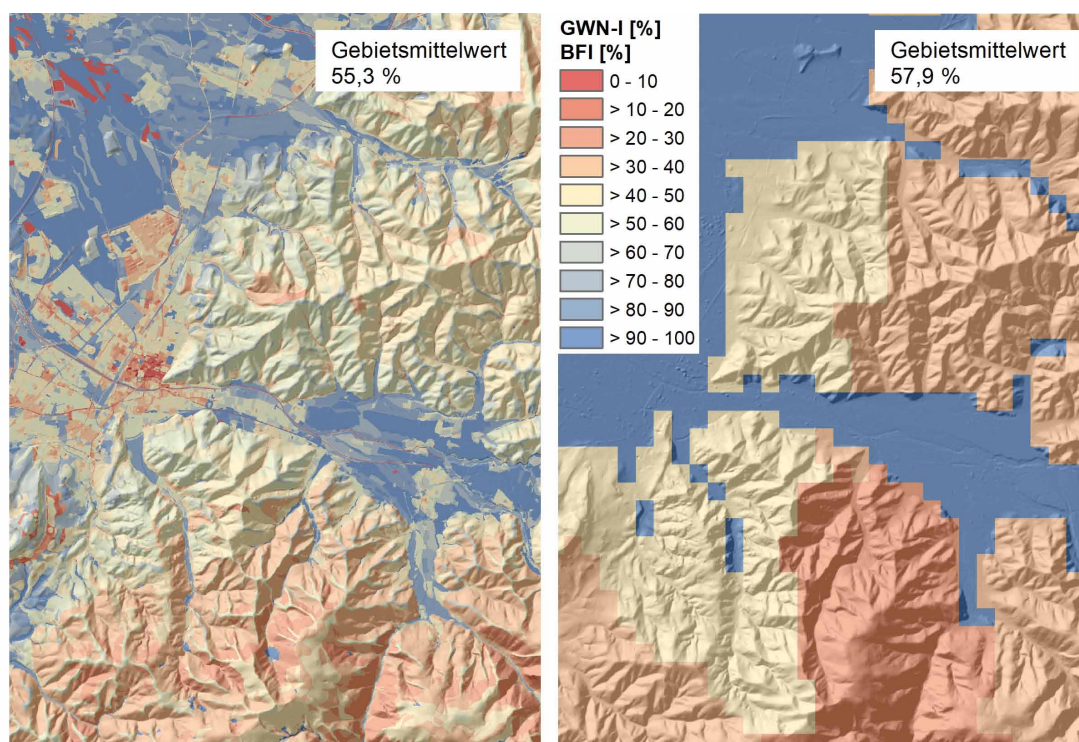
In Abbildung 2 ist die landesweite räumliche Verteilung der $GwN-I$ den von Armbruster (2002) regionalisierten BFI nach DEMUTH (1993) gegenübergestellt. Dabei ist generell eine ähnliche räumliche Gliederung erkennbar. Die $GwN-I$ weisen jedoch einen viel höheren räumlichen Detaillierungsgrad auf. Im landesweiten Mittel liegen die $GwN-I$ -Werte höher als die BFI-Werte nach ARMBRUSTER. Insbesondere im Rheingraben fällt die starke Strukturierung der $GwN-I$ -Werte im Vergleich zur einheitlichen Fläche der BFI-Werte (90 bis 100 %) auf. Im Schwäbisch-Fränkischen Lias (Nordosten) und im Odenwald (Norden) werden von den regionalisierten BFI deutlich geringere Grundwasseranteile am Gesamtabfluss ausgegeben als von den $GwN-I$.

Abbildung 3 zeigt den in Abbildung 2 unten links dargestellten Ausschnitt bei Freiburg. Hier wird die höhere Strukturdichte der $GwN-I$ im Vergleich zu den regionalisierten BFI besonders deutlich. Das Zartener Becken und der Rheingraben weisen bei den BFI einheitlich die höchste Klasse auf, während durch die $GwN-I$ die Wirkung verschiedener Situationen im Untergrund oder Versiegelungsgrade berücksichtigt werden. So ist die Lage der Stadt Freiburg und insbesondere die dicht bebaute Innenstadt deutlich an geringeren $GwN-I$ erkennbar.

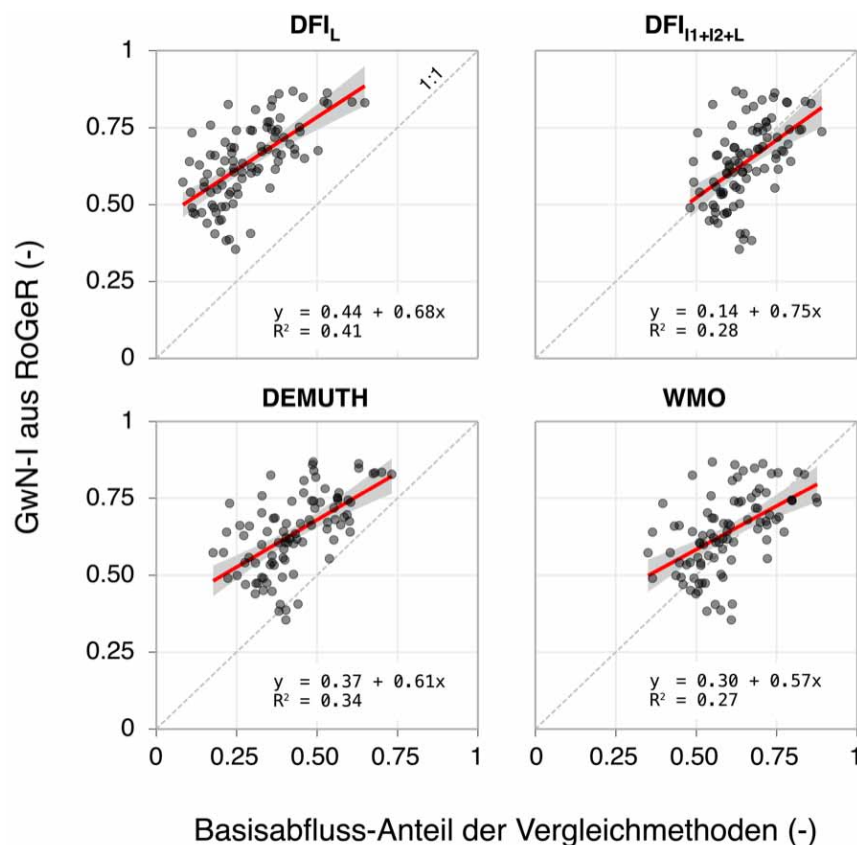
Abbildung 4 zeigt den Vergleich der für die Einzugsgebiete ermittelten mittleren $GwN-I$ -Werte gegen BFI- bzw. DFI-Werte aus den oben genannten Ansätzen. Generell ist eine starke Streuung

**Abbildung 2**

Landesweite Verteilung von GwN-I (links) und der von ARMBRUSTER (2002) regionalisierten BFI (rechts) mit Lage der für diese Untersuchung ausgewählten Pegelbezugsgebiete (rechts). Die Lage des vergrößerten Ausschnitts in Abbildung 3 um Freiburg ist in der linken Karte markiert.
Distribution of GwR-I (left) and BFI regionalized by ARMBRUSTER (2002) for the state of Baden-Württemberg. Position of the catchment areas used for this investigation (right). The zoom area around Freiburg (cf. Fig. 3) is shown on the GwN-I map of this figure.

**Abbildung 3**

Verteilung von GwN-I (links) und der regionalisierten BFI von ARMBRUSTER (2002) (rechts) für die Region um Freiburg, inklusive der Schummerung der Topographie.
Distribution of GwR-I (left) and BFI (right), regionalized by ARMBRUSTER (2002) within the region around Freiburg, highlighted by shading of topography.


Abbildung 4

Vergleich des GwN-I (y-Achse) gegen verschiedene DFI (oben) und BFI (unten) (x-Achse) für 91 Einzugsgebiete in Baden-Württemberg. Zwei sehr kleine, teils verkarstete Einzugsgebiete sind aus dieser Analyse entfernt worden.

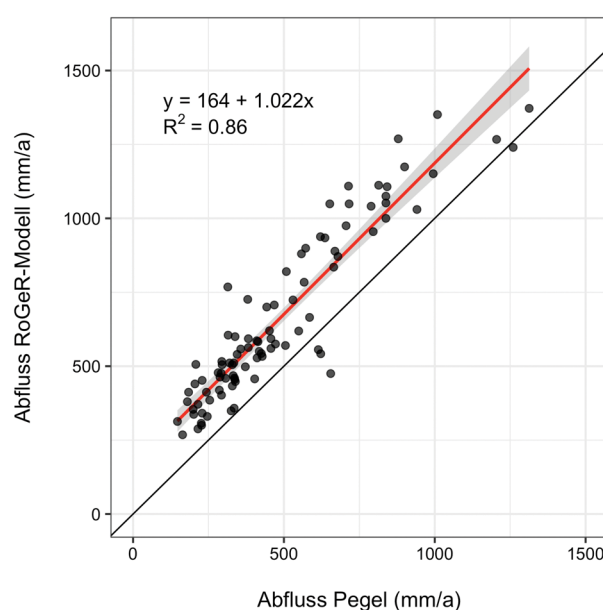
Comparison of GwN-I (y-axis) against diverse DFI and BFI (x-axis) over 91 catchments within the state of Baden-Württemberg. Two very small, partly karstic catchments are excluded from this analysis.

der GwN-I zu den BFI- bzw. DFI-Werten festzustellen. Im Verhältnis zum Verfahren nach DEMUTH (1993) und den langsamen Abflussanteilen in der DFI-Methode (DFIL) nach STOELZLE et al. (2020) liegen die ermittelten GwN-I alle über der 1:1-Linie. Im Vergleich zu den BFI nach WMO und den DFI aus langsamen und intermediären Komponenten (DFI_{I1+I2+L}) streuen die GwN-I um die 1:1-Linie.

Die Gegenüberstellung der modellierten Abflusshöhen (Oberflächenabfluss + Zwischenabfluss + Tiefenperkolations) mit den gemessenen Abflusshöhen (Abb. 5) zeigt, dass die modellierten Abflusshöhen generell höher als die gemessenen, aber tendenziell ähnlich ausfallen.

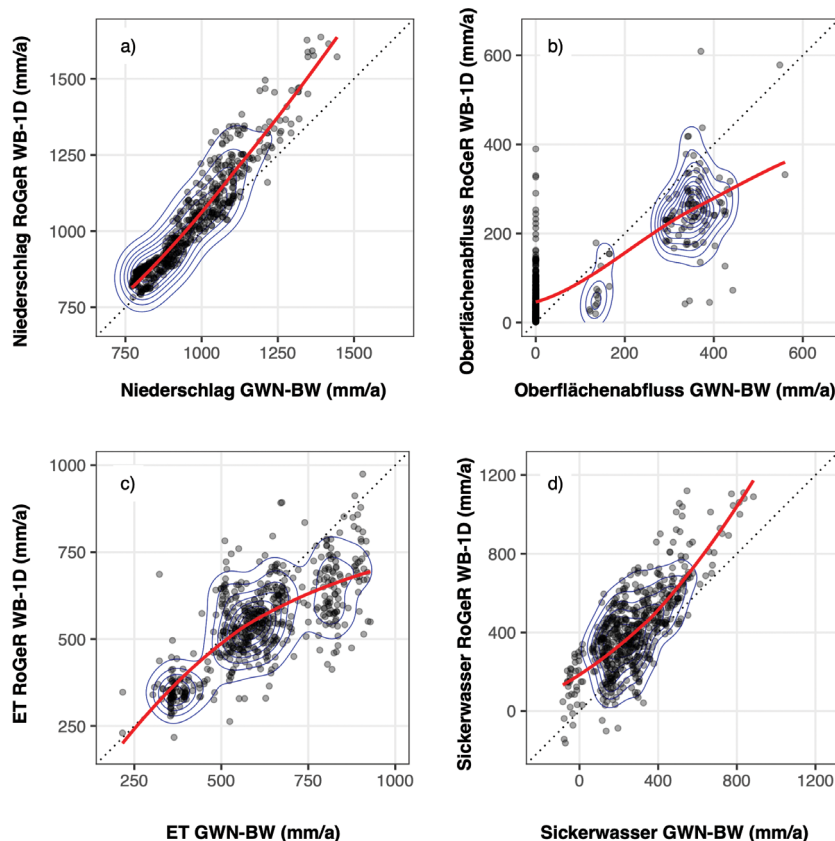
In Abbildung 6 sind Modellergebnisse von RoBeR_WB_1D (1. November 2006 bis 31. Oktober 2017) und GWN-BW (1. Januar 2005 bis 31. Dezember 2016) für das Thiessen-Polygon um Freiburg gegenübergestellt. Jeder Punkt entspricht hier einer dem Modell GWN-BW zugrundeliegenden Verschneidungsfläche (Modelleinheit in GWN-BW) von BÜK, CORINE-Landnutzung sowie dem 1 km²-Raster der in GWN-BW interpolierten Klimadaten. Die Werte aus GWN-BW stammen direkt aus den GWN-BW-Modellergebnissen für diese Flächen. Die Werte aus RoGeR_WB_1D sind die Mittelwerte für diese Flächen aus einem hinterlegten 5 * 5 m²-Raster, das dafür aus den RoGeR_WB_1D Modelleinheiten abgeleitet wurde. Die Sickerwassermenge entspricht

in beiden Modellen dem Wasser, das für die Grundwasserneubildung und den Zwischenabfluss vor der Auftrennung zur Verfügung steht. Da bei der Bilanzierung des Sickerwassers der kapillare Aufstieg mit eingeht, können auf manchen Flächen auch negative Werte auftreten. Die verwendete Eingangsgröße für den Niederschlag ist bei GWN-BW fast auf allen Modelleinheiten geringer als der im Modell RoGeR_WB_1D, wobei die Abweichung für hohe Niederschlagswerte zunimmt. Hier zeichnet sich bei den Niederschlags-Eingangsdaten von RoGeR_WB_1D eine stärkere Höhenabhängigkeit ab als bei den entsprechenden Eingangsdaten für GWN-BW. Der Oberflächenabfluss deckt in RoGeR_WB_1D recht kontinuierlich den gesamten Bereich zwischen 0 und 600 mm ab. In GWN-BW gibt es viele Flächen, die gar keinen Oberflächenabfluss generieren, während von RoGeR_WB_1D für diese Flächen zum Teil beträchtliche Mengen an Oberflächenabfluss ausgegeben werden (versiegelte oder teilversiegelte Flächen). Auch wenn viele Punkte unter der 1:1-Linie plotten, fällt daher der Oberflächenabfluss in GWN-BW im flächengewichteten Mittel deutlich geringer aus als in RoGeR_WB_1D (Tab. 2). Im Modell GWN-BW liegt die Verdunstung tendenziell deutlich über der von RoGeR_WB_1D. Der höhere Niederschlag und die geringere Verdunstung führen in erster Linie zu den höheren Sickerwassermengen in RoGeR_WB_1D.


Abbildung 5

Mittlere jährliche Abflusshöhen aus dem Modell RoGeR_WB_1D gegen mittlere jährliche Abflusshöhen aus den an den Pegeln gemessenen Daten.

Average annual discharge sum by the model RoGeR_WB_1D in comparison with the measured values.

**Abbildung 6**

Vergleich des Niederschlags (a) und der modellierten Wasserhaushaltsgrößen (b-d) in den Modellen RoGeR_WB_1D (y-Achse) und GWN-BW (x-Achse) auf Basis der GWN-BW-Verschneidungsflächen im Thiessen-Polygon um Freiburg (n = 545). Die gestrichelte Linie ist die 1:1-Linie, Dichtelinien (in blau) zeigen die 2D-Verteilung des Niederschlags/der Modellgrößen. Die rote Linie zeigt Local Polynomial Regression Fitting (d. h. eine nicht-lineare Regression) mit Parameter Alpha $\alpha = 1$ als Grad der Glättung. Für Sickerwasser (d) treten auch negative Werte auf.

Comparison of precipitation (a) and modelled water balance values (b-d) of the models RoGeR_WB_1D (y-axis) and GWN-BW (x-axis) based on the GWN-BW model units within the Thiessen polygon around Freiburg (n = 545). Dashed line is the 1:1 line. Density lines (blue) show the 2D distribution of the values. The red line shows local polynomial regression fitting (i.e., non-linear regression) with parameter alpha $\alpha = 1$ as degree of smoothing.

In Tabelle 2 sind die flächengewichteten Mittelwerte für das Thiessen-Polygon um Freiburg zusammengestellt.

Die Eignung von RoGeR_WB_1D, den Wasserhaushalt ohne Kalibrierung adäquat abzubilden, wurde ausgiebig untersucht. Für drei Großlysimeter mit den Landnutzungen Wiese, Laubwald

und Nadelwald konnten die Sickerwasser-raten über 10 Jahre gut abgebildet werden (STEINBRICH et al., 2018). Auch für ein wägbares Lysimeter wurden sowohl die Parameter Sickerwasserrate als auch Verdunstung über 5 Jahre sehr zufriedenstellend wiedergegeben (LEISTERT et al., 2018).

Für 26 Standorte in Baden-Württemberg mit Messreihen der Bodenfeuchte von einer Länge zwischen drei und elf Jahren konnten bezüglich der Häufigkeitsverteilung der Bodenfeuchte Bestimmtheitsmaße zwischen 0,52 und 0,98 (im Mittel 0,84) erreicht werden (STEINBRICH et al., 2020).

4 Diskussion

Bezüglich der in der Einführung formulierten ersten Forschungsfrage zum Vergleich der räumlichen Muster kann festgestellt werden, dass die räumliche Verteilung Ähnlichkeiten mit den regionalen Mustern aufweist, die GwN-I aber aufgrund der räumlich hoch aufgelösten Eingangsdaten deutlich stärker strukturiert sind. In zwei Regionen weichen die GwN-I von den BFI ab.

Bezüglich der Wertebereiche (2. Forschungsfrage) hat sich gezeigt, dass die für die Pegelbezugsgebiete gemittelten GwN-I stark um die BFI- und DFI-Werte für diese Gebiete streuen. In Bezug auf die BFI- und DFI-Methoden, die eher die langsamen Komponenten der Ganglinie abtrennen, fallen die GwN-I fast ausschließlich höher aus, während sie um die 1:1-Linie zu den Werten der Ansätze streuen, die auch schnellere Abflusskomponenten erfassen.

Unterschiede in der räumlichen Verteilung der GwN-I zu den regionalisierten BFI zeigen sich am deutlichsten in der kleinen Skala. Ursache ist hier die hohe Auflösung der Eingangsdaten für RoGeR_WB_1D, vor allem bezüglich der Versiegelungsgrade. Großflächige Abweichungen in zwei Regionen beruhen auf der unterschiedlichen Bewertung der geologischen Einheiten durch den Regionalisierungsansatz und das Modell RoGeR.

Die starke Streuung der GwN-I-Werte zu den BFI-DFI-Werten überrascht in Anbetracht der Verschiedenheit der Ansätze nicht. Die GwN-I sind prozessbasiert abgeleitet. Die Aufteilung des Sickerwassers in Zwischenabfluss und Tiefenperkolations ist dabei stark beeinflusst von der Parametrisierung der vertikalen Durchlässigkeit des geologischen Untergrundes. Diese Eingangsinformation ist jedoch mit großer Unsicherheit behaftet. Mit der Aufteilung ist zunächst keine Aussage über die Reaktionszeit verbunden. Sowohl ein schneller Zwischenabfluss als auch ein

Tabelle 2

Flächengewichtete jährliche Mittelwerte der Modelle RoGeR_WB_1D und GWN_BW für das Thiessen-Polygon bei Freiburg.
Surface weighted annual mean over the Thiessen polygon around Freiburg.

	RoGeR_WB_1D	GWN_BW	Differenz
Niederschlag (N)	1058	997	61
Evapotranspiration (ETP)	587	645	-58
N-ETP	471	352	
Oberflächenabfluss	62	43	19
Sickerwasser	413	284	129
Gesamtabfluss	475	327	

schneller Grundwasserabfluss können zum Teil schon innerhalb von Stunden bis wenigen Tagen am Pegel ankommen. Die Aufteilung der Abflusskomponenten der Abflussganglinie erfolgt dagegen aufgrund der Reaktionszeit auf Basis von Tageswerten. Damit ist wiederum nicht zwangsläufig ein Entstehungsprozess verbunden. Die verschiedenen Ansätze zum BFI bzw. DFI quantifizieren Speicher, die langsam bzw. verzögert leerlaufen. Der GwN-I quantifiziert den Anteil des Sickerwassers, der dem Grundwasser zufließt, wobei die Reaktionszeit im Gewässer durchaus auch schnell sein kann. Gewichtige Vorteile der hier vorgestellten Methodik zur Ableitung eines GwN-I im Vergleich zu den ganglinienbasierten Verfahren sind die hohe räumliche Auflösung und die prozessbasierte Modellierung. Da mit dem Modell flächendeckend für das ganze Land GwN-I ermittelt werden können, ist kein Regionalisierungsansatz für Gebiete ohne Pegel erforderlich. Unsicherheiten bezüglich der Modelleingangsdaten (z. B. Durchlässigkeit des geologischen Untergrundes) bestehen auch bezüglich der Eingangsdaten für die Regionalisierungsansätze. Zudem ist bei diesen Ansätzen der kausale Zusammenhang zwischen Zielgrößen und Prädiktoren meist unklar.

Die Anwendung von (regionalisierten) BFI zur Aufteilung des Sickerwassers in Zwischenabfluss und Grundwasserneubildung in Wasserhaushaltsmodellen berücksichtigt zudem nicht den Einfluss der Sickerwasserrate auf den Prozess der Aufteilung. Im Modell RoGeR_WB_1D gelangt Sickerwasser bei geringen Raten meist vollständig ins Grundwasser, während der Anteil von Zwischenabfluss mit höheren Raten zunimmt.

Es gibt mehrere mögliche Erklärungen dafür, dass der mit RoGeR_WB_1D modellierte Gesamtabfluss im Vergleich zu den Pegeln zu hoch ausfällt. Zum einen muss davon ausgegangen werden, dass nicht alles Wasser aus dem Gebiet vom Pegel erfasst wird, da auch im Untergrund Wasser abfließen kann. Zum anderen legt der Vergleich mit dem Modell GWN-BW nahe, dass RoGeR den Niederschlag eventuell zu hoch abbildet und die Verdunstung möglicherweise unterschätzt. Letzteres steht allerdings im Widerspruch zu den Modellergebnissen an Lysimetern und Bodenfeuchte-Messstellen. Für die Ableitung der GwN-I spielt eine mögliche Überschätzung der langjährigen mittleren Sickerwassermenge jedoch eine eher marginale Rolle, da die Aufteilung des Sickerwassers im Untergrund vor allem von der Intensität der Sickerwasserrate während einzelner Niederschlags- oder Schneeschmelzereignisse abhängt.

5 Zusammenfassung

Der hier vorgestellte Grundwasser-Neubildungs-Index (GwN-I) bietet aufgrund der räumlich differenzierten, zeitlich hoch aufgelösten und prozessbasierten Ableitung mit dem Wasserhaushaltsmodell RoGeR_WB_1D die Möglichkeit, den Anteil der Grundwasserneubildung am Sickerwasser flächendeckend und räumlich hoch aufgelöst zu ermitteln. Damit entfällt die Notwendigkeit der Analyse von Abflusszeitreihen und Regionalisierungsansätzen. Im Vergleich zum regionalisierten Baseflow-Index (BFI) in Baden-Württemberg bildet der GwN-I ähnliche regionale Muster, wobei die räumliche Gliederung beim GwN-I wesentlich detaillierter ist. Im Vergleich mit aus Pegelraten von 91 Einzugsgebieten abgeleiteten BFI und DFI (Delayed Flow Index) liegen die GwN-I im Bereich der Vergleichsmethoden, die teils auch mittelschnelle Komponenten der Abflussganglinie berücksichtigen. Im Vergleich zu Methoden, die nur langsame Komponenten ein-

beziehen, fallen die GwN-I generell höher aus. Insgesamt streuen die GwN-I stark um die Werte aus den BFI/DFI-Methoden, was aufgrund der Unterschiede in der Methodik nicht überraschend ist.

Der quantitative Vergleich der Wasserhaushaltskomponenten aus RoGeR_WB_1D und GWN-BW weist auf eine Überschätzung des Niederschlags als Eingang in das Modell RoGeR_WB_1D hin. Die aktuelle Verdunstung liegt in RoGeR_WB_1D unter der von GWN-BW. Beides bedingt höhere Sickerwasserraten in RoGeR_WB_1D. Modellvalidierungen von RoGeR_WB_1D anhand von Lysimeterdaten verschiedener Landnutzungen gaben jedoch keine Hinweise auf eine systematische Unterschätzung der Verdunstung durch RoGeR_WB_1D. Der Effekt einer möglichen Überschätzung der langjährigen mittleren Sickerwassermenge durch RoGeR auf die Aufteilung des Sickerwassers in Zwischenabfluss und Grundwasserneubildung dürfte allerdings eher marginal sein.

Conclusion

The GwR-I offers the possibility to quantify the share of groundwater recharge on total runoff in spatial high resolution without using observed discharge data or a regionalization approach. This is possible because of the process based and spatial distributed modelling approach of the based model RoGeR_WB_1D.

In comparison to the BFI, regionalized across Baden-Württemberg, the GwR-I shows comparable regional patterns. In detail, spatial variability of GwR-I is considerably higher than the regionalized BFI. The mean GwR-I for 91 catchments lies within the range of BFI/DFI-values derived from hydrograph separation that include slow and intermediate discharge components. BFI/DFI-values derived by methods including only the slowest flow components led to considerably lower values compared to the GwR-I. Generally, a more pronounced variability of the GwR-I compared to the BFI/DFI was detected across 91 study catchments. This is not surprising, taking the differences between the presented approaches into account.

The quantitative comparison of the components of the water balance modelled by GWN-BW and RoGeR_WB_1D indicates that the precipitation input data for RoGeR might be overestimated. Actual evapotranspiration in RoGeR was less than in GWN-BW, which, together with the higher precipitation, led to more percolation water in RoGeR than in GWN-BW. However, validation runs of RoGeR_WB_1D with lysimeter data from different land uses did not show any tendency of RoGeR to underestimate evapotranspiration.

A hypothetical overestimation of long time mean of percolation water by RoGeR would affect the process of the division into interflow and groundwater recharge only marginally because the division of percolating water into lateral subsurface flow and vertical groundwater recharge is mainly triggered by the intensity of percolation during single precipitation or snowmelt events.

Danksagung

Die Autoren danken der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, die das "Forschungsprojekt zur Erarbeitung von Grundlagen für die landesweite Abschätzung der Vulnerabilität von Grundwasser gegenüber Stoffeinträgen durch Sickerwasser

und eines flächendetaillierten Grundwasserneubildungs-Indexes (GwN-I)" finanziert hat, aus dem die vorgestellten Ergebnisse stammen, sowie dem Ingenieur-Büro GIT HydroS Consult für die Bereitstellung von Modellergebnissen aus GWN-BW für das Thiessen-Polygon um Freiburg.

Anschrift der Verfasser

Andreas Steinbrich
Hannes Leistert
Prof. Dr. Markus Weiler
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Professur für Hydrologie
Friedrichstr. 39, 79098 Freiburg i. Br.
andreas.steinbrich@hydrology.uni-freiburg.de
hannes.leistert@hydrology.uni-freiburg.de
markus.weiler@hydrology.uni-freiburg.de

Dr. Michael Stölzle
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Professur für Umwelthydrosysteme
Friedrichstr. 39, 79098 Freiburg i. Br.
michael.stoelzle@hydrology.uni-freiburg.de

Die während der aktuellen Studie erzeugten Datensätze stehen im Repositorium [FreiDoc plus] zur Verfügung [<https://freidok.uni-freiburg.de/data/223621>].

Literatur

- ANDERSON, M.G. & T.P. BURT (1990): Subsurface runoff. In: Anderson, M.G.; Burt, T.P. (Hrsg.), *Process studies in hillslope hydrology*, Chichester, John Wiley & Sons, S. 365–400.
- ARMBRUSTER, V. (2002): Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg. *Freiburger Schriften zur Hydrologie*, 2002; 17, Institute of Hydrology (Hrsg.).
- DEMUTH, S. (1993): Untersuchungen zum Niedrigwasser in West-Europa. *Freiburger Schriften zur Hydrologie*, 1993; 1, Institute of Hydrology (Hrsg.).
- DWA (2020): Merkblatt DWA-M 922 "Bodenhydrologische Kartierung und Modellierung". Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.).
- GUDERA, T. & A. MORHARD (2015): Hoch aufgelöste Modellierung des Bodenwasserhaushalts und der Grundwasserneubildung mit GWN-BW. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 59 (5), 205–216. DOI: 10.5675/HyWa_2015,5_1.
- GUSTARD, A., BULLOCK, A. & J.M. DIXON (1992): Low flow estimation in the United Kingdom, Institute of Hydrology, Wallingford, UK, 108, 88.
- HERRMANN, F., CHEN, S., HEIDT, L., ELBRACHT, J., ENGEL, N., KUNKEL, R., MÜLLER, U., RÖHM, H., VERECKEN, H. & F. WENDLAND (2013): Zeitlich und räumlich hochaufgelöste flächendifferenzierte Simulation des Landschaftswasserhaushalts in Niedersachsen mit dem Modell mGROWA. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 57 (5), 206–224. DOI: 10.5675/HyWa_2013,5_2.
- KIRKBY, M. (1988): Hillslope runoff processes and models. *Journal of Hydrology* 100 (1988) 325–339.
- LEISTERT, H., STEINBRICH, A., SCHÜTZ, T. & M. WEILER (2018): Wie kann die hydrologische Komplexität von Städten hinreichend in einem Wasserhaushaltsmodell abgebildet werden? In: *Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*. Heft 39.18, M³ – Messen, Modellieren, Managen in Hydrologie und Wasserressourcenbewirtschaftung. Beiträge zum Tag der Hydrologie am 22./23. März 2018 in Dresden. Niels Schütze, Uwe Müller, Robert Schwarze, Thomas Wöhling, Jens Gundermann (Herausgeber). Technische Universität Dresden, Professur für Hydrologie. Dresden 2018.
- MEYER, R., SCHÄDLER, B., VIVIROLI, D. & R. WEINGARTNER (2011). Die Rolle des Basisabflusses bei der Modellierung von Niedrigwasserprozessen in Klimaimpaktstudien. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 55 (5), 244–257.
- STEINBRICH, A., LEISTERT, H. & M. WEILER (2021): RoGeR – ein bodenhydrologisches Modell für die Beantwortung einer Vielzahl hydrologischer Fragen. In *Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 14. Jahrgang, Heft Nr. 2, Februar 2021. DOI: 10.3243/kwe2021.02.004.
- STEINBRICH, A., LEISTERT, H. & M. WEILER (2020): Forschungsprojekt zur Generierung von einheitlichen Datengrundlagen für die hydraulische Modellierung von Starkregenereignissen, Projektbericht an die LUBW 2020, unveröffentlicht.
- STEINBRICH, A., HENRICHS, M., LEISTERT, H., SCHERER, I., SCHÜTZ, T., UHL, M. & M. WEILER (2018): Ermittlung eines naturnahen Wasserhaushalts als Planungsziel für Siedlungen. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 62 (6), 400–409. DOI: 10.5675/HyWa_2018,6_3.
- STEINBRICH, A., LEISTERT, H. & M. WEILER (2016): Model-based quantification of runoff generation processes at high spatial and temporal resolution. *Environmental Earth Sciences*, 75:1423. DOI:10.1007/s12665-016-6234-9.
- STOELZLE, M., SCHUETZ, T., WEILER, M., STAHL, K. & L.M. TALLAKSEN (2020): Beyond binary baseflow separation: a delayed-flow index for multiple streamflow contributions, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 24, 849–867. DOI: 10.5194/hess-24-849-2020.
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG, STUTTGART (2001): *Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg*, 4. Lieferung 2012.
- WMO (2008): *Manual on Low-flow Estimation and Prediction – Operational Hydrology Report No. 50*, edited by A. Gustard and S. Demuth, World Meteorological Organization, 1029, 136.
- WEILER, M. & J. MCDONNELL (2004): Virtual experiments: a new approach for improving process conceptualization in hillslope hydrology. *Journal of Hydrology* 285, 3–18.

Aktuelles

Bundesweite Förderung von Pilotvorhaben zum Moorschutz

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) fördert in den wichtigen großen Moorregionen Deutschlands vier Pilotvorhaben zum Moorbodenschutz. Damit sollen Lösungswege zur Senkung der Treibhausgas-Emissionen aus bewirtschafteten Moorböden aufgezeigt und Erkenntnisse für den Klimaschutz gewonnen werden. Die Erprobung neuer Bewirtschaftungsformen auf landwirtschaftlich genutzten wiedervernässten Moorböden fördert das BMUV mit insgesamt 48 Mio. € über einen Zeitraum von zehn Jahren (2021 bis 2031).

Moorschutz ist ein Kernbereich des natürlichen Klimaschutzes. Es werden dringend Fortschritte gebraucht, wenn die Klimaziele insgesamt erreicht werden wollen. Mit den Pilotvorhaben wird konkret dargelegt, wie Wiedervernässung und nachhaltige Bewirtschaftung zusammenpassen. Dazu erfolgt gleichzeitig ein Beitrag, neue innovative Produkte aus nassen Bewirtschaftungsformen zur Marktreife zu führen. Die Pilotvorhaben sind auch als klare Bekräftigung der Zusage zu verstehen, die landwirtschaftlichen Betriebe mit den Herausforderungen des Moorschutzes zu unterstützen. Dieser Grundsatz wird auch mit der Nationalen Moorschutzstrategie weiterhin verfolgt werden.

Die Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Moorböden ist eine wichtige unverzichtbare Klimaschutzmaßnahme. Entwässerte Moorböden setzten im Jahr 2019 mit ca. 53 Mio. t Kohlendioxidäquivalenten fast 7 % aller Treibhausgasemissionen in Deutschland frei. Die vier Pilotvorhaben zum Moorbodenschutz, die das BMUV als langfristig angelegte Verbundvorhaben fördert, befinden sich in Moorregionen in Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Bayern. Damit repräsentieren die Vorhaben die wichtigen großen Moorregionen in Deutschland und berücksichtigen die Besonderheiten der jeweiligen Moortypen und Regionen.

Neben der praxisnahen Erprobung der nassen Bewirtschaftung, von der Einrichtung der Flächen bis zur Ernte, adressieren die Projekte auch die innovative regionale Verwertung der erzeugten Biomasse, etwa als Bau- und Dämmstoff oder Verpackungsmaterial. Fragen des Klimaschutzes und der Biodiversität stehen genauso im Mittelpunkt wie agrar- und sozioökonomische Fragestellungen. Die Projekte werden durch ein langfristig angelegtes Treibhausgasmonitoring begleitet. Die Vorhaben werden als Projektverbund "Moore mit Zukunft" miteinander vernetzt, um Synergieeffekte zwischen den Vorhaben zu nutzen.

Die Vorhaben im Einzelnen:

1. Paludi-Vorhaben in Mecklenburg-Vorpommern; Zuwendungsempfänger: Landgesellschaft Mecklenburg-Vorpommern und Universität Greifswald
2. Klima-Farm – Ökonomisch und ökologisch tragfähige moorbodenerhaltende Grünlandbewirtschaftung; Zuwendungsempfänger: Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein und Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

3. Brandenburgs Luchsgebiete klimaschonend bewahren – Initiierung einer moorerhaltenden Stauhaltung und Bewirtschaftung; Zuwendungsempfänger: Landesamt für Umwelt Brandenburg und Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie
4. Moor-Landwirtschaft für Klimaschutz Allgäu; Zuwendungsempfänger: Landkreis Ostallgäu, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

Die Projektfortschritte und Ergebnisse werden regelmäßig zeitnah berichtet und allgemein verfügbar sein.

Weitere Informationen:

Pilotvorhaben "Moorbodenschutz"

www.z-u-g.org/aufgaben/pilotvorhaben-moorbodenschutz

Portal "Moorschutz", BMUV

www.bmu.de/themen/naturschutz-artenvielfalt/naturschutz-biologische-vielfalt/moorschutz

Vorstellung von Pilotvorhaben zur klimafreundlichen Bewirtschaftung von Mooren, BMUV

www.bmu.de/pressemitteilung/bmu-foerdert-pilotvorhaben-zur-klimafreundlichen-bewirtschaftung-von-mooren

(aus: Pressemitteilung Bundesumweltministerium vom 18. Januar 2022)

Arktische Küsten im Wandel

Arktische Küsten zeichnen sich durch Meereis, Permafrost und Bodeneis aus. Das macht sie besonders empfindlich für die Auswirkungen des Klimawandels, der die ohnehin schon sehr schnelle Küstenerosion noch weiter beschleunigt. Die steigende Erwärmung beeinflusst Uferstabilität, Sedimente, Kohlenstoffspeicher und Nährstoffmobilisierung. Um Prognosen und Anpassungsstrategien für die arktischen Küsten zu verbessern, ist es unabdingbar, die Wechselwirkungen zwischen diesen Veränderungen zu verstehen. Forschende des Alfred-Wegener-Instituts beschreiben in ihren Analysen und Untersuchungen ausführlich die Empfindlichkeit der arktischen Küsten gegenüber dem Klimawandel und vor welchen Herausforderungen Mensch und Natur stehen.

Das Tempo der Veränderungen in der Arktis nimmt zu und führt zu einem beschleunigten Rückzug der Küsten. Das wirkt sich sowohl auf die natürliche als auch auf die menschliche Umwelt aus, zum Beispiel indem Kohlenstoff aus dem Boden in das Meer und in die Atmosphäre gelangt oder das Land abbricht, welches Gemeinden und Infrastrukturen trägt. Wie genau und wie stark sich die Veränderungen zeigen, hängt vom Zusammenspiel der lokalen Beschaffenheit der Küste ab, wie dem Vorhandensein von Permafrost und Umweltfaktoren wie Luft- und Wassertemperatur. Prognosen hierüber sind häufig mit großen Unsicherheiten behaftet, denn zuverlässige Umwelt- und ozeanographische Daten für die entlegenen Küstenzonen sind nur begrenzt verfügbar. Um das Verständnis zu verbessern und damit auch die Vor-

hersagen über künftige Entwicklungen, haben die AWI-Permafrostforscher die wichtigsten Faktoren zusammengetragen, die auf die arktischen Küsten einwirken und die für die Entwicklung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel entlang arktischer Küsten wichtig sind.

Je nach Region besitzen arktische Küsten unterschiedliche Strukturen. In Alaska, Kanada oder Sibirien sind sie beispielsweise besonders reich an Bodeneis mit bis zu 40 m hohen Permafrost-Steilküsten. In Grönland, auf Spitzbergen und dem kanadischen Archipel enthalten die Küsten dagegen in der Regel nur sporadisch Bodeneis, bestehen ansonsten größtenteils aus grobem Sediment, das aus dem Schmelzwasser von Gletschern stammt, oder sogar aus Festgestein. Diese regionalen geomorphologischen Unterschiede beeinflussen, wie sich andere Umweltvariablen auf die Küsten auswirken. Verändern sich zum Beispiel die Luft- und Wassertemperatur, beeinflusst dieser Umstand das gesamte Küstensystem. Eisreiche Permafrost-Steilküsten, die teils bis zu 80 % aus Eis bestehen, sind beispielsweise recht widerstandsfähig gegenüber mechanischen Wellenaktivitäten. Wenn sie jedoch wegen erhöhter Luft- und Wassertemperaturen auftauen, werden sie besonders anfällig für die Zerstörung durch Wellen, was sich durch schnellen Küstenabtrag äußert.

Arktische Küsten sind somit besonders klimaempfindlich: Die globale Erwärmung führt dazu, dass Permafrostböden immer großflächiger auftauen, Bodeneis schmilzt und dadurch Landoberflächen einbrechen. Dies beeinflusst wiederum die Verfügbarkeit und Qualität von Wasser, das Wachstum von Pflanzen und es verstärkt das Abtragen von Böden (Erosion) sowie Überschwemmungen an der Küste. Zusätzlich steigt in weiten Teilen der Arktis die Temperatur der Meeresoberfläche an, was die meereisfreie Zeit verlängern kann. Küsten sind dann vor allem in der stürmischen Herbstzeit deutlich länger starken Wellen ausgesetzt.

Verglichen die Forscher die Veränderungsraten arktischer Küstenlinien miteinander, zeigte sich, dass die überwältigende Mehrheit der Permafrostküsten durch Erosion zurückgehen. Die nordkanadische Herschel-Insel etwa verliert pro Jahr bis zu 22 m ihrer Steilküste. Taut Permafrost ab, können dadurch organischer Kohlenstoff, Nährstoffe und Schadstoffe in die küstennahe Umwelt und in die Atmosphäre entweichen. Die Fachleute schätzen, dass durch Küstenerosion jährlich etwa 14 Megatonnen organischen Kohlenstoffs in den Arktischen Ozean gelangen und damit mehr, als von den riesigen arktischen Flüssen eingespült wird. Das Auftauen bisher fester Böden wirkt sich auch auf die Menschen vor Ort aus. Rund 4,3 Mio. von ihnen werden mit den Folgen konfrontiert sein: Sie verlieren Gebäude und Straßen, traditionelle Jagdgebiete und auch Kulturstätten. In Alaska müssen ganze Siedlungen bereits jetzt aufgegeben werden und Menschen umziehen. Denn die Erosion gefrorener Flächen erhöht die Risiken für das Tauen von Permafrost und gegenwärtig unkalkulierbarer Umweltverschmutzungen durch industrielle Infrastrukturen. Erst langfristig könnten sich neue Chancen durch die Veränderungen auftun, weil durch den Zugang zu Ressourcen in bisher nicht erreichbare Regionen, neue landwirtschaftliche Flächen und auch Schifffahrtsrouten für Handel und Tourismus erschlossen werden könnten.

Das derzeitige Verständnis der arktischen Küstendynamik ist fragmentiert, da es zu wenige Daten über Umweltfaktoren und

die Veränderung der Küstenlinien mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung gibt. Zwar gibt es solche Datensätze bereits für einige Regionen wie Nordalaska, der größte Teil der arktischen Küste ist aber nur unzureichend erfasst. Dabei werden arktisweite Beobachtungen von Umweltfaktoren und Küstenveränderungen dringend benötigt, um Unsicherheiten bei Prognosen zu verringern. Diese würden lokale Gemeinden dabei unterstützen, sich mit neuen sozio-ökologischen Entwicklungen zu arrangieren. Hierfür müssen Anpassungsmethoden entwickelt werden, die gute und nachhaltige Lebensbedingungen in arktischen Küstensiedlungen ermöglichen. Eine enge Zusammenarbeit mit den Menschen vor Ort ist dabei zentral.

Fachartikel:

Irrgang, A.M., Bendixen, M., Farquharson, L.M., Baranskaya, A.V., Erikson, L.H., Gibbs, A.E., Ogorodov, S.A., Overduin, P.P., Lantuit, H., Grigoriev, M.N., Jones, B.M. (2022): Drivers, dynamics and impacts of changing Arctic coasts. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3, 39–54 (2022).

DOI: 10.1038/s43017-021-00232-1

Weitere Informationen:

Abteilung Permafrostforschung, Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung
www.awi.de/forschung/geowissenschaften/permafrostforschung

(aus: Pressemitteilung Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung vom 11. Januar 2022)

Dünnes Eis für Seen weltweit: Wärmere Seen als anthropogenes Problem mit ökologischen Folgen

Aufgrund des globalen Klimawandels werden die Seen auf der ganzen Welt wärmer und frieren an weniger Tagen im Jahr zu. Ein internationales Forschungsteam vom Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) konnte nun hierzu belegen, dass die Veränderungen ohne steigende Treibhausgasemissionen nicht eingetreten wären. Die IGB-Forscher haben mit einem internationalen Team das Konzept des See-Eis-Kontinuums entwickelt, das beschreibt, wie sich eine unterschiedliche Eisbedeckung von Seen auf grundlegende Ökosystemprozesse oder die Struktur des Nahrungsnetzes auswirken kann.

Weltweit gibt es etwa 100 Millionen Seen, von denen die meisten oberhalb des 45. Nördlichen Breitengrades liegen und in der Regel im Winter zufrieren. In den letzten Jahrzehnten haben sich die Seen weltweit erwärmt, und die Ausdehnung und Dicke des Eises auf saisonal zugefrorenen Seen hat abgenommen. Die Rolle des Klimawandels bei diesen Trends war bislang jedoch nicht wissenschaftlich belegt.

Das IGB-Forschungsteam hat damit aufgezeigt, dass diese globalen Veränderungen der Seetemperaturen und der Eisbedeckung nicht auf natürliche Klimaschwankungen zurückzuführen sind. Sie können ausschließlich durch die massiven Treibhausgasemissionen seit der industriellen Revolution erklärt werden. Um dies zu beweisen, hat das Forschungsteam Beobachtungen von Seetemperatur und Eisbedeckung zusammengestellt. Sie verglichen diese Daten mit den Ergebnissen ihrer Simulationen durch globale Seen- und Klimamodelle. Das Wissenschaftlerteam fand

Übereinstimmungen zwischen den beobachteten Veränderungen in Seen und den Modellsimulationen von Seen in einem durch Treibhausgasemissionen beeinflussten Klima. Die von ihnen mit mathematischen Modellen berechneten Zukunftsszenarien deuten darauf hin, dass die Temperaturen in den Seen weiter ansteigen werden, wenn die Emissionen weiter zunehmen, und zwar in ähnlichem Maße wie die durchschnittliche globale Lufttemperatur, und dass die Eisdicke und -dauer entsprechend abnehmen werden.

Laut Modellszenarien werden sich die Seen mit jedem Anstieg der Lufttemperatur um 1 °C schätzungsweise um 0,9 °C erwärmen und 9,7 Tage an Eisbedeckung verlieren. Das Forscherteam prognostizierte auch die künftige Entwicklung unter verschiedenen Erwärmungsszenarien. In einem emissionsarmen Szenario wird sich die durchschnittliche Erwärmung der Seen in der Zukunft voraussichtlich bei +1,5 °C über dem vorindustriellen Niveau stabilisieren und die Dauer der Eisbedeckung um 14 Tage kürzer sein. Mit weiter zunehmenden hohen Emissionen könnten diese Veränderungen zu einem Anstieg von +4,0 °C und 46 weniger Eistagen führen. Das bedeutet, dass sich Seen im Winter deutlich verändern werden.

Obwohl der Winter gemeinhin als eine Zeit relativer Ruhe gilt, sind die Ökosystemfunktionen in dieser Jahreszeit oft dynamisch. Darüber hinaus gibt es zunehmend Belege dafür, dass die Bedingungen im Winter die Voraussetzungen für die Bedingungen im Sommer schaffen und umgekehrt, und dass Seen über ein komplettes saisonales Kontinuum hinweg betrachtet werden müssen.

Die Eisbedeckung verändert einen See grundlegend, indem sie diesen von der umgebenden Landschaft und Atmosphäre isoliert. Die Dicke und die optischen Eigenschaften von Eis und Schnee regulieren die Menge der Sonnenstrahlung, die in den See eindringt, und schirmen ihn gleichzeitig vor Wind ab. Folglich ist die Eisbedeckung ein wichtiger Faktor, der die Durchmischung des Wassers in Seen reguliert und vertikale thermische sowie chemische Gradienten strukturiert. Das ist beispielsweise für die Sauerstoffverfügbarkeit in der Wassersäule von Bedeutung. Organismen, von Bakterien bis hin zu Fischen, haben sich an die winterliche Umgebung angepasst. Die IGB-Forscher untersuchten, wie sich Schwankungen in der Eisbedeckung von Seen auf grundlegende Ökosystemprozesse oder die Struktur des Nahrungsnetzes auswirken.

Die Forschergruppe kam zu der Erkenntnis, dass die Eisbedeckungen von Seen abnehmen werden, aber es fehlt bislang ein konzeptioneller Rahmen, um die Auswirkungen solcher Veränderungen auf die Struktur und Funktion von Ökosystemen zu verstehen und vorherzusagen. Das internationale Wissenschaftlerteam kombinierte den wissenschaftlichen Kenntnisstand mit drei Fallstudien und entwickelte das Konzept des See-Eis-Kontinuums: Dieses bildet den Rahmen für das Verständnis, wie sich die Bedingungen entlang eines Kontinuums von Energieflüssen, die durch das Winterklima vermittelt werden und den Bedingungen, die durch Eis und Schnee auftreten, in einem See verändern. Wie sich der See unter der Eisedecke verhält, hängt auch beispielsweise davon ab, ob das Eis klar oder schneebedeckt ist. Ohne winterliche Eisbedeckung gelangen mehr Energie, in Form von Wärme und Wind, und auch mehr Stoffe aus der Atmosphäre sowie der umgebenden Landschaft in den See.

Die Zufuhr, Akkumulation und Umsetzung von Nährstoffen und Kohlenstoff im Winter wird die Voraussetzungen für die Primärproduzenten im Frühjahr schaffen. Der Winter entscheidet also über die Nahrung für Organismen, die aus anorganischen Stoffen über Fotosynthese oder Chemosynthese organische Substanzen produzieren. Sie sind die Basis des Nahrungsnetzes in Gewässern. So waren beispielsweise hohe Chlorophyll-a-Konzentrationen im Winter mit niedrigen Chlorophyll-a-Konzentrationen im darauffolgenden Sommer gekoppelt, was möglicherweise auf die Verringerung des Nährstoffpools infolge der höheren Winterproduktivität zurückzuführen ist. Wenn aufgrund von geringer Eisbedeckung die Stoffwechselaktivitäten im See im Winter so richtig angekurbelt werden, kann das die Nahrungsmenge für Lebewesen im Sommer verringern. In einem See ohne Eis erwärmt sich das Wasser im Frühjahr schneller, was die Entwicklung von wärmeliebenden Blaualgen zur Folge haben kann. Dadurch kann sich die Wasserqualität verschlechtern.

Auf allen Ebenen des Nahrungsnetzes wird es "Gewinner" und "Verlierer" geben, da die jährlichen Muster der Biodiversität zum Teil durch spezialisierte Nischen aufrechterhalten werden, die durch die Kontraste zwischen Winter und Sommer entstehen. Der Verlust von Winterhabitaten wird die Vielfalt und Abundanz von kälteliebenden Organismen verringern. Dieses Phänomen ist bereits bei Fischen zu beobachten, sodass zu erwarten ist, dass größere Veränderungen der Winterdauer die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften während des gesamten Jahres verändern werden, was zu ökologischen Kaskadeneffekten führen wird.

Fachartikel:

Grant, L., Vanderkelen, I., Gudmundsson, L., Tan, Z., Perroud, M., Stepanenke, V.M., Debolskiy, A.V., Droppers, B., Janssen, A.B.G., Woolway, R., Choulga, M., Balsamo, G., Kirillin, G., Schewe, J., Zhao, F., del Valle, I.V., Golub, M., Pieson, D., Marcé, R., Seneviratne, S.I., Thiery, W. (2021): Attribution of global lake systems change to anthropogenic forcing. *Nature Geoscience*, 14, 849–854 (2021). DOI: 10.1038/s41561-021-00833-x

Cavaliere, E., Fournier, I.B., Hazuková, V., Rue, G.P., Sadro, S., Berger, S.A., Cotner, J.B., Dugan, H.A., Hampton, S.E., Lottig, N.R., McMeans, B.C., Ozersky, T., Powers, S.M., Rautio, M., O'Reilly, C.M. (2021): The Lake Ice Continuum Concept: Influence of winter conditions on energy and ecosystem dynamics. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, Vol. 126, Issue 11, Nov. 2021. DOI: 10.1029/2020JG006165

Weitere Informationen:

Forschungsgruppe "Physikalische Limnologie", IGB
www.igb-berlin.de/kirillin

(aus: Pressemitteilung Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei vom 18. Januar 2022)

Extreme Dürren setzen auch Leipziger Auwald zu

Gegen zwei aufeinanderfolgende heiße Dürrejahre war der Leipziger Auwald nicht gewappnet. Das Dürrejahr 2018 konnten die Bäume noch teilweise verkraften. Allerdings häuften sie die andauernden Schäden durch den Trockenstress an und ihr Wachstum brach im zweiten Dürrejahr 2019 je nach Baumart

um 9 bis 42 % im Vergleich zu klimatisch normalen Jahren ein. Dies ist das Ergebnis einer Studie, die ein Team unter der Leitung des Deutschen Zentrums für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) durchgeführt hat. Die Studie könnte helfen, die Reaktion von Wäldern auf den Klimawandel besser zu verstehen und vorherzusagen.

Das Jahr 2018 war im Vergleich zu vorherigen Dürrejahre in Mitteleuropa nicht nur extrem trocken, sondern auch ungewöhnlich heiß. Auf dieses Phänomen, das als "heiße Dürre" bezeichnet wird, folgte das zweite heiße Dürrejahr 2019: Einzelne Dürrejahre kommen immer wieder vor, dass aber zwei extrem heiße und trockene Jahre aufeinander folgen, konnte in den gemäßigten Breiten bisher nicht beobachtet werden. Durch den Klimawandel werden solche Extremereignisse in Zukunft aber häufiger vorkommen.

Die doppelte Dürre führte in ganz Mitteleuropa zu noch nie dagewesenen Waldschäden. In Deutschland starb von vierzig Bäumen im Mittel einer. Auch der Leipziger Auwald war betroffen. Viele bereits vorgeschädigte Bäume starben ab. Und auch auf die gesunden Bäume wirkte sich der doppelte Trockenstress negativ aus. Sie verringerten ihr Wachstum und zeigten bislang nicht beobachtete Stressreaktionen, wie nun ein Forschungsteam von iDiv, der Universität Leipzig (Uni Leipzig), des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ, der Universität Freiburg und des Max-Planck-Instituts für Biogeochemie nachweisen konnte.

Die Wissenschaftler verglichen die Trockenstress-Auswirkungen früherer Dürrejahre (2003, 2006 und 2015) auf die Baumarten Eiche, Esche und Ahorn mit den Auswirkungen der aufeinanderfolgenden heißen Dürrejahre 2018 und 2019. Sie stellten fest, dass die gesunden Bäume das Wasserdefizit einzelner Dürrejahre zwar teilweise ausgleichen konnten, nicht jedoch das zweier aufeinanderfolgender. Der wahrscheinliche Grund: Die Stärkereserven der Bäume gingen zur Neige und immer mehr Wasserleitungsbahnen wurden geschädigt.

Man könnte meinen, dass Auwälder bei Dürreereignissen im Vergleich zu naturgemäß trockeneren Standortorten besser aufgestellt sind. Das reichte aber nicht. Bereits zwei trockene Jahre in Folge führten zu starkem Trockenstress. Wenn also solche Extremereignisse zukünftig häufiger auftreten werden, kommen auch verhältnismäßig wasserreiche Wäldern näher an die Belastungsgrenze.

Das Jahr 2018 löste bei Eiche und Ahorn zunächst noch keine außergewöhnlichen Stressreaktionen und Wachstumsrückgänge aus. Im Jahr 2019 zeigten dann jedoch alle untersuchten Baumarten noch nicht dagewesene Stressreaktionen. Alle Baumarten reagierten im zweiten Extremjahr 2019 stärker als in früheren Dürrejahre – eine Folge der angesammelten nachhaltigen Schäden durch den Trockenstress. Die Forschenden maßen den Stresslevel der Bäume anhand des Wachstums ihrer Jahresringe und der Zusammensetzung des Kohlenstoffs in den Jahresringen, des sogenannten Isotopenverhältnisses. Dabei verglichen sie die Werte klimatisch normaler mit denen extremer Jahre. Die Jahresringe wurden anhand von Holzbohrkernen untersucht. Die Kerne erlauben es, in der Zeit zurückzugehen und die Reaktionen von Bäumen auf Jahre zurückliegende Dürren zu untersuchen.

Die durchgeführte Forschungsarbeit trägt dazu bei, die Reaktionen von Baumarten und Wäldern auf dieses neuartige Klimaphänomen vorherzusagen. Was bereits jetzt zu beobachten ist, ist beunruhigend: Aufeinanderfolgende heiße Dürreperioden stellen eine neue Bedrohung für Wälder unter dem Klimawandel dar. Auwälder sollten eigentlich gegen Trockenheit gewappnet sein. Dass der Leipziger Auwald so stark reagiert, ist die Folge jahrzehntelanger Drainage und ein Warnsignal. Ohne eine Revitalisierung der Auendynamik mit regelmäßigen Überflutungen und einer Anhebung des Grundwassers ist der Auwald dem Klimawandel schutzlos ausgeliefert.

Fachartikel:

Schnabel, F., Purucker, S., Schmitt, L., Engelmann, R.A., Kahl, A., Richter, R., Seele-Dilbat, C., Skiadas, G., Wirth, C. (2021): Cumulative growth and stress responses to the 2018–2019 drought in a European floodplain forest. *Global Change Biology*, 00, 1–14.

DOI: 10.1111/gcb.16028

Weitere Informationen:

Deutsches Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) www.idiv.de

(aus: Pressemitteilung Deutsches Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung vom 20. Dezember 2021)

Hochschule Koblenz begleitet BMBF-Projekt "Klimaanpassung, Hochwasser und Resilienz" (KAHR) nach Flutkatastrophe

Nach der Flutkatastrophe im Juli 2021 stehen das Ahrtal und die anderen betroffenen Gebiete vor der Herausforderung, den Wiederaufbau unter Berücksichtigung des Klimawandels zu gestalten, um künftige Schadensereignisse möglichst zu reduzieren. Dabei ist die Expertise der Hochschule Koblenz gefragt, die sich – neben ihrem Engagement für das landesweite Kompetenzzentrum "Wissenschaft für den Wiederaufbau" – nun auch an dem am 1. November 2021 gestarteten Projekt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) "Impulse für Resilienz und Klimaanpassung – Klimaanpassung, Hochwasser und Resilienz" (KAHR) beteiligt.

Diese ins Leben gerufene Initiative verfolgt das Ziel, das Hochwasserereignis wissenschaftlich zu untersuchen und bedarfsorientierte Vorsorgemaßnahmen zu entwickeln. Insbesondere sollen neueste wissenschaftliche Erkenntnisse zum Klimawandel und zur Klimaanpassung für die Prozesse des Wiederaufbaus den beteiligten Handelnden zur Verfügung gestellt werden, damit die betroffenen Regionen zukunftssichere, resiliente und klimafeste Strukturen gestalten können. Die Hochschule Koblenz beteiligt sich als einer von insgesamt 13 Kooperationspartnern in dem Verbundprojekt mit ihrer Expertise im Bereich Siedlungswasserwirtschaft und Wasserbau.

Das Projekt untersucht zunächst, welche Prozess- und Wirkungsketten das Hochwasserereignis ausgelöst haben. Dazu gehören unter anderem die Rekonstruktion der hydrologischen Rahmenbedingungen der Flut sowie die Analyse von Vorsorgekonzepten, anfälligen Strukturen sowie von Schadensmustern. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse helfen dabei,

die Schutzwürdigkeit unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen, bestimmter Siedlungsbereiche und kritischer Infrastrukturen zukünftig bei der Vorsorge und dem Risikomanagement stärker zu berücksichtigen. Die interdisziplinär zusammengestellten Projektpartnerinnen und -partner werden in den Hochwassergebieten vor Ort sein, um zu verschiedenen Themen des Wiederaufbaus sowie aktueller Vorsorge- und Schutzstrategien zu beraten, zum Beispiel beim Objektschutz und der Umsiedlung.

Durch Erfahrungen im Zusammenhang mit dem Katastrophenereignis im Juli 2021 in Rheinland-Pfalz und in Nordrhein-Westfalen weiß man: Gemeinsam mit den anderen Projektpartnerinnen und -partnern aus den Bereichen Wasserwirtschaft, Katastrophenschutz und räumlicher Planung können die Anpassungsmöglichkeiten an extreme Hochwasser- und Starkregenereignisse verbessert werden, beispielsweise durch die Visualisierung von über die gesetzlichen Vorschriften noch hinausgehenden Überschwemmungsbereichen.

Dass die Hochschule die Wiederaufbauprozesse nach der Flutkatastrophe in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen wissenschaftlich begleitet, sei nicht nur ein Gewinn für die betroffenen Gebiete, sondern komme auch den Studierenden zugute: Durch die laufende Beteiligung vor Ort, sowohl in Rheinland-Pfalz als auch in Nordrhein-Westfalen, konnten viele Informationen gesammelt werden, die in die Vorlesungen und Übungen an der Hochschule Koblenz einfließen werden. So können in Studiengängen wie Umwelt-, Wasser- und Infrastrukturmanagement, Bauingenieurwesen, Architektur sowie Integrierte Orts- und Sozialraumentwicklung nachhaltig Expertinnen und Experten auf diesem Gebiet ausgebildet werden.

Weitere Informationen:

Bereich Siedlungswasserwirtschaft und Wasserbau, Hochschule Koblenz
www.hs-koblenz.de

(aus: Pressemitteilung Hochschule Koblenz vom 20. Dezember 2021)

Wie schnell breiten sich nach Starkregen Bakterien und Viren im Grundwasser aus?

Starkregenereignisse treten durch den Klimawandel weltweit immer häufiger auf. Durch sie können vermehrt Pathogene wie Bakterien und Viren ins Erdreich eingespült werden. Wie können in so einem Fall Wasserversorger und lokale Behörden vorhersagen, wie weit und wie schnell sich diese Pathogene in einem Wassereinzugsgebiet ausbreiten? Dieser Frage geht die Technische Universität (TU) Berlin im Projekt "PrePat" nach und erhält dafür von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) eine Förderung über 130.000 €. Das von den Forschenden der TU Berlin initiierte Projekt hat das Ziel, einen "Werkzeugkasten" von mikrobiologisch-hydrogeologischen Untersuchungsmethoden zu entwickeln. In experimentellen Transportversuchen im Grundwasser werden dabei Modellkeime eingesetzt, die nicht krank machen. Die Ergebnisse könnten auch ärmeren Ländern helfen, die Versorgung ihrer Bevölkerung mit sauberem Trinkwasser zu sichern.

Durch den Klimawandel sind Niederschläge nicht mehr so gleichmäßig verteilt wie früher. Die punktuell sehr hohen Wassermengen bei Starkregen und auch die flächendeckenden versiegelten Böden führen dazu, dass die natürliche Schutzfunktion des Bodens unwirksam wird und Abwassersysteme überfordert sind. So werden vermehrt Bakterien, Viren und lösliche Schadstoffe in das Grundwasser eingetragen. Diese stammen zum Beispiel aus der Gülle auf Feldern und Wiesen oder vom Reifenabrieb auf den Straßen. Hinzu kommt, dass bei uns Regenwasser und Abwasser zum Teil gemeinsam entsorgt werden – und bei überlaufenden Sammelbecken dieses Gemisch ohne Aufbereitung in die Umwelt gelangen kann.

Für die Wasserversorger stellt sich dadurch die konkrete Frage, in welchen Mengen diese unerwünschten Stoffe und Keime in Grundwasserleiter gelangen, aus denen Trinkwasser entnommen wird. Sie brauchen Erkenntnisse dazu, aus welchen Entfernungen noch ein Eintrag durch große Regenmengen stattfinden kann und wie schnell dieser nach einem Starkregenereignis im Quellwasser ankommt. Gerade auch in ärmeren Ländern, deren Trinkwasser nicht einer ständigen Routinekontrolle unterliegt, wären solche Informationen sehr hilfreich.

Bisher wurden ähnliche Untersuchungen in Grundwasser-Einzugsgebieten mit in Wasser gelösten Markierungssubstanzen durchgeführt oder mit kleinsten, kugelförmigen Plastikpartikeln. Beides kann aber das reale Verhalten von Viren und Bakterien im Untergrund nur sehr schlecht simulieren. Die Forschergruppe will deshalb erstmals einen Werkzeugkasten mit harmlosen Modell-Keimen und den dazugehörigen Untersuchungsmethoden entwickeln, der als Standard von anderen Forschenden und Praktiker im Bereich der Wasserversorgung genutzt werden kann. So kommen als Modell-Bakterien unter anderem drei Spezies der Gattung *Aquabacterium* in Betracht, die auch im Berliner Trinkwasser enthalten sind. Als Virenprototypen dienen zwei Arten von "Bakteriophagen", also Viren, die nur Bakterien befallen können. Aufgrund ihrer Ungefährlichkeit für den Menschen werden sie in der Forschung seit längerem als Virenmodelle benutzt, zum Beispiel in Studien zur Übertragbarkeit von Krankheiten.

Die Wissenschaftler wollen testen, wie sich einzelne DNA-Moleküle ohne Bakterienhülle im Untergrund verbreiten. Durch solche extrazelluläre DNA können Antibiotikaresistenzen weitergegeben werden. Auch hier dienen ungefährliche Erbgutbausteine als Modelle. Eingbracht werden alle Versuchskeime in einem sehr gut untersuchten Wassereinzugsgebiet auf der Schwäbischen Alb in Baden-Württemberg. Es hat den besonderen Vorteil, dass dort alle Einträge über die Grundwasserleiter an einer Stelle zusammenlaufen: Am Ende einer drei bis zwölf Kilometer langen Reise in 50 bis 100 m Tiefe werden die Keime in der "Gallusquelle" landen. Sie liegt in einem Seitental des Donautals und wird von einem örtlichen Wasserversorger genutzt. Die Einbringung der Keime erfolgt über mehrere Regenüberlaufbecken auf dem Gebiet. Die Forscher können hier den natürlichen geologischen Untergrund nutzen und haben trotzdem fast Laborbedingungen.

Bei hohen Wassereinträgen rechnen die Forschenden damit, dass bereits nach etwa einem Tag Keime von ihrem Einbringungsort zur Gallusquelle gelangt sind; bei niedrigem Grundwasserspiegel kann dies dagegen auch eine Woche oder länger dauern.

Untersucht wird das Quellwasser dann mit hochauflösenden PCR-Verfahren – seit Corona einem größeren Publikum als Methode zur Virendetektion bekannt. Gleichzeitig werden aber auch einfacher zu bestimmende Parameter gemessen, etwa Leitfähigkeit, Temperatur, pH-Wert und Trübung des Wassers. Die Wissenschaftlergruppe hofft, damit preiswert zu bestimmende Indikatoren zu finden, die auf eine Kontamination des Grundwassers hindeuten. Dies sei gerade für ärmere Länder sehr interessant. Die Indikatoren könnten als Frühwarnsystem genutzt werden, wann nach Starkregen Trinkwasser aus dem Untergrund unbedingt abgekocht werden sollte. Mit einem besseren Verständnis des Eintrags von Keimen können außerdem Wasserschutzgebiete besser eingegrenzt werden. Dies hat etwa für die Landwirtschaft auch eine große wirtschaftliche Bedeutung.

Das Forschungsprojekt ist auf drei Jahre angelegt und findet in Kooperation mit der TU Bergakademie Freiberg und dem TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser in Karlsruhe statt. Die Gesamtfördersumme beträgt 450.000 €.

Weitere Informationen:

Institut für Angewandte Geowissenschaften,
Technische Universität Berlin
www.tu.berlin/geo

DFG-Projekt "PrePat"

www.geochemie.tu-berlin.de/menue/forschung/prepat

(aus: Online-Mitteilung TU Berlin vom 14. Dezember 2021)

Mehr Wolken durch Waldbrände in Südostasien

Wolken spielen eine Schlüsselrolle in der Energiebilanz der Erde. Tiefe Wolken wie Stratocumulus, Cumulus und Stratus bedecken etwa 30 % der Erde und haben einen Netto-Kühlungseffekt auf unser Klima. Was einerseits der globalen Erwärmung entgegenwirkt, kann andererseits wirtschaftliche Folgen haben: Eine lang anhaltend dichte und niedrige Wolkendecke über Land kann die landwirtschaftliche Produktion und die Erzeugung von Solarstrom mindern. Versteht man die Faktoren besser, die zur Bildung von niedrigen Wolkendecken führen, hilft dies nicht nur bei der regionalen Wettervorhersage und der globalen Klimavorhersage, sondern auch bei der Abschätzung von sozioökonomischen Folgen.

Ein internationales Team vom Max-Planck-Institut für Chemie (MPIC) und von der Universität Nanjing sind jetzt der Frage nachgegangen, welche Rolle die Biomasseverbrennung bei der Bildung von niedrigen Wolken spielt. Dazu nutzten sie umfangreiche Wetter-, Satelliten- und Emissionsdaten und kombinierten sie mit Modellsimulationen. Denn beim Abbrennen von Biomasse gelangen weltweit riesige Mengen an Aerosolpartikeln in die Atmosphäre. Diese Aerosole stehen in Wechselwirkung mit Wolken und verstärken die Bildung tiefer Wolkendecken.

Das Forscherteam hat festgestellt, dass Aerosole aus der Verbrennung von Biomasse einen besonders starken Einfluss auf die Wolkenbildung in Südostasien haben. In dieser Region leben ca. 270 Mio. Menschen auf einer Fläche von etwa 500.000 km².

Die Zunahme der Bewölkung über dem Land in Südostasien ist mit der im Südatlantik vergleichbar, die durch Brände im südlichen Afrika verursacht wird. Und dass, obwohl die Emissionen aus der Biomasseverbrennung in Südostasien deutlich geringer sind. Laut den Untersuchungen betragen sie nur etwa ein Fünftel der Emissionen des südlichen Afrikas.

Der Hauptgrund für den größeren Einfluss der Aerosole und die stärkere Wolkenbildung ist ein Synergieeffekt. Er entsteht durch die großräumigen Luftzirkulationen während des Monsuns und die Interaktionen in der Aerosol-Wolken-Grenzschicht in Südostasien.

Aerosole können die Wolkenbildung direkt beeinflussen, indem sie als Wolkenkondensationskeime dienen (Aerosol-Cloud-Interaction, ACI), oder indirekt, indem sie Sonnenstrahlen absorbieren bzw. streuen (Aerosol-Strahlungs-Interaktion, ARI). Die Wirkung von Aerosolen als Wolkenkondensationskeime (ACI-Effekt) wurde bereits in vielen Studien beschrieben. Laut den Berechnungen des Teams spielen jedoch Absorption und Streuung, insbesondere durch absorbierende Rußpartikel, eine dominante Rolle. Sie verstärken die Bildung von tiefen Wolkendecken in Südostasien. Dies unterstützt auch die Hypothese der Forschenden, dass es bei hohen Aerosolbelastungen zur Sättigung von Wolkenkondensationskeimen kommt, die Absorptions- und Streuungswirkung durch die Aerosole jedoch weiter zunehmen. Somit spielt dieser Effekt in Zeiten und in Regionen mit starker Luftverschmutzung eine wichtigere Rolle. Er tritt vor allem im Frühjahr auf und beeinflusst so das regionale Klima und das Wetter. Wegen der großen Bedeutung der Bewölkung auf die landwirtschaftliche Produktion und die Solarenergieerzeugung ist der beschriebene Mechanismus wichtig für die regionale Nachhaltigkeit und muss in zukünftige Prognose- und Bewertungsmodelle aufgenommen werden.

Die Wissenschaftler erwarten, dass der Klimawandel die Häufigkeit und Ausbreitung von Waldbränden erhöhen wird. Umso wichtiger seien daher umfangreiche und langfristige Referenzmessungen. Sie würden helfen, Klimaauswirkungen von Waldbränden besser abzuschätzen und den zukünftigen Klimawandel besser zu verstehen. Solche Messungen werden beispielsweise im Rahmen des laufenden Projekts CARIBIC-SP2 durchgeführt. Dabei steht CARIBIC für "Civil Aircraft for the regular Investigation of the atmosphere Based on an Instrument Container" und SP2 für "Single-Particle Soot Photometer".

Fachartikel:

Ding, K., Huang, X., Ding, A., Wang, M., Su, H., Kerminen, V.-M., Petäjä, T., Tan, Z., Wang, Z., Zhou, D., Sun, J., Liao, H., Wang, H., Carslaw, K., Wood, R., Zuidema, P., Rosenfeld, D., Kulmala, M., Fu, C., Pöschl, U., Cheng, Y., Andreae, M.O. (2021): Aerosol-boundary-layer-monsoon interactions amplify semi-direct effect of biomass smoke on low cloud formation in Southeast Asia. *Nature Communications*, 12, 6416.

DOI: 10.1038/s41467-021-26728-4

Weitere Informationen:

Abteilung Multiphasenchemie, Max-Planck-Institut für Chemie
www.mpic.de/3478392/Multiphase_Chemistry

(aus: Pressemitteilung Max-Planck-Institut für Chemie vom 10. Januar 2022)

Mikroalgenverbreitung im Wattenmeer nahm in den letzten Jahren ab

Das Zellvolumen von Mikroalgen im niedersächsischen Wattenmeer hat sich zwischen dem Jahr 2006 und 2019 um 30 % verringert. Insbesondere Kieselalgen, sogenannte Diatomeen, waren von dieser Schrumpfung betroffen. Das fand ein Team von Biodiversitätsexperten vom Institut für Chemie und Biologie des Meeres an der Universität Oldenburg heraus. Der langjährige Trend könnte dem Team zufolge auf steigende Temperaturen und einen sinkenden Gehalt des Nährstoffs Phosphor in der Nordsee zurückgehen. Die abnehmende Zellgröße der einzelligen Algen könne ein Indikator für Veränderungen in der Lebensgemeinschaft insgesamt sein, so die Forschenden.

Phytoplankton – die extrem vielfältige Gruppe einzelliger Algen, die die lichtdurchfluteten obersten Schichten von Meeren, Seen und Flüssen bevölkern – fixiert pro Jahr ungefähr genauso viel Kohlendioxid wie Landpflanzen und setzt die Hälfte allen durch Photosynthese produzierten Sauerstoffs auf der Erde frei. Phytoplankton spielt daher eine fundamentale Rolle in den Ökosystemen aller Gewässer. Die Vielfalt dieser Organismen ist bemerkenswert, sie spiegelt sich beispielsweise im extremen Größenunterschied zwischen den kleinsten und größten Algenzellen wider. Die Größe der Planktonzellen ist dabei einerseits charakteristisch für jede Art. Andererseits hängt das Zellvolumen auch mit den Umweltbedingungen zusammen. Bislang haben die Wissenschaftler allerdings nur wenige Datensätze dazu vorliegen, wie sich die Zellgrößen einzelner Arten, aber auch ganzer Lebensgemeinschaften, über längere Zeiträume verändern.

Um herauszufinden, ob sich die Größe der Einzeller überhaupt verändert, wie sich verschiedene Arten entwickeln und ob es einen Zusammenhang mit veränderten Umweltbedingungen gibt, wertete das Forscherteam Daten von mehr als 1.700 Proben aus. Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) hatte diese Proben zwischen den Jahren 2006 und 2019 an 20 verschiedenen Stellen im niedersächsischen Wattenmeer gewonnen und ausgezählt. Das Team betrachtete dabei nicht – wie die meisten bisherigen Studien – lediglich die durchschnittliche Größe aller Zellen innerhalb einer Probe, sondern analysierte die Entwicklung jeder Art einzeln. Das erlaubte es dem Team zu untersuchen, ob sich ein zeitlicher Trend eher auf eine Verdrängung bestimmter Arten oder auf eine Anpassung der einzelnen Arten an veränderte Umweltbedingungen zurückführen lässt.

Die Analyse zeigte, dass sich über den beobachteten Zeitraum von 14 Jahren die durchschnittliche Zellgröße insgesamt um rund ein Drittel verringerte. Dabei schrumpften sowohl die Individuen der einzelnen Arten als auch das Zellvolumen innerhalb der Gemeinschaft als Ganzes. Die Forscher konnten die Verkleinerung der Zellgröße bei 63 von 73 untersuchten Arten nachweisen. Besonders betroffen waren einzellige Algen mit einem Panzer aus Kieselsäure, die sogenannten Diatomeen. Die Forschenden beobachteten zudem jahreszeitliche Schwankungen: Im Sommer war das durchschnittliche Volumen der Zellen deutlich kleiner als im Winter.

Den Analysen der Forschenden zufolge lässt sich die Größenreduktion wahrscheinlich durch gestiegene Temperaturen und

geringere Nährstoffverfügbarkeiten erklären. Wie das Team schreibt, bilden viele Organismen bei höheren Temperaturen kleinere Individuen aus als unter kühlen Bedingungen. Wenn man tropische, gemäßigte und polare Lebensräume vergleicht, lassen sich dafür viele Beispiele finden. Auch für Phytoplankton war dieser Zusammenhang bekannt. In tropischen Meeren wird der Trend durch geringere Nährstoffmengen noch verstärkt.

Die Forschenden erwarten, dass sich die Verkleinerung der Algen auch auf andere Organismen im Lebensraum Wattenmeer auswirkt, vor allem auf solche, die sich von ihnen ernähren, darunter tierisches Plankton und Muscheln. Die Studie zeige zudem, wie wichtig es ist, Zeitserien für die ökologische Forschung aufrecht zu erhalten und nachhaltig zu betreuen. Nur weil das Team die Zellgröße der Algenarten in jeder Probe neu bestimmte, konnten die Forschenden deren Schrumpfung überhaupt ermitteln. Das Ergebnis ermöglicht es auch, den im Plankton enthaltenen Kohlenstoff genauer zu berechnen – eine wichtige Eingangsgröße für Modelle der Umwelt- und Klimafolgenforschung.

Fachartikel:

Hillebrand, H., Antonucci Di Carvalho, J., Dajka, J.-C., Dürselen, C.-D., Kerimoglu, O., Kuczinsky, L., Rönn, L., Ryabov, A. (2022): Temporal declines in Wadden Sea phytoplankton cell volumes observed within and across species. *Limnology and Oceanography*, 27. Dezember 2021.

DOI: 10.1002/lno.12005

Weitere Informationen:

Portal "Planktologie", Universität Oldenburg
www.uol.de/icbm/planktologie

(aus: Pressemitteilung Universität Oldenburg vom 20. Januar 2022)

Modellregion Mittelmeer: Internationales Helmholtz-Labor "EMS FORE" startet

Menschliche Aktivitäten beeinflussen den Ozean in vielfältiger Weise. Erwärmung und Reduzierung in der Nährstoffzufuhr beeinträchtigen marine Ökosysteme. Dies hat Konsequenzen für die Nahrungsversorgung oder die Aufnahme von Kohlendioxid im Meerwasser – und damit für die Fähigkeit des Ozeans, den Klimawandel abzumildern. Das deutsch-israelische Gemeinschaftsprojekt "Eastern Mediterranean Sea as a model for Future Ocean Research" (EMS FORE) untersucht die Folgen dieser Veränderungen in einer Modellregion im östlichen Mittelmeer. Das GEOMAR leitet die auf fünf Jahre angelegte Studie gemeinsam mit der Universität Haifa.

Die globale Erwärmung und andere menschliche Einflüsse erreichen mittlerweile alle Regionen des Ozeans. Neben den steigenden Temperaturen beeinflussen unter anderem auch der Verlust von Sauerstoff, die Versauerung und Änderungen im Nährstoffangebot das Leben im Meer und die Funktionsweise mariner Ökosysteme. Es ist deshalb fraglich, ob die Ozeane ihre derzeitige Produktivität und Artenvielfalt beibehalten und weiterhin wichtige Ökosystemleistungen erbringen können – etwa die Bereitstellung von Nahrung oder die Aufnahme von Kohlendioxid und damit die Fähigkeit des Ozeans, den Klimawandel abzumildern. Die zentrale Frage sei, ob sich die marinen Ökosysteme anpassen oder diese Ökosystemleistungen abnehmen.

Das östliche Mittelmeer wurde als Modellregion gewählt, da es zu den sich am schnellsten verändernden Ozeanbecken unseres Planeten zählt und sowohl durch den Klimawandel als auch durch andere umfangreiche menschliche Eingriffe beeinflusst wird.

Die Forschergruppe bringt im Helmholtz-Labor EMS FORE die Expertise des GEOMAR in der Erforschung von Prozessen im globalen Ozean mit den umfangreichen Kenntnissen der Funktionsweise des östlichen Mittelmeers der Universität Haifa zusammen. Gemeinsam koordinieren sie das jetzt startende Projekt, das für eine Laufzeit von 5 Jahren konzipiert ist und mit insgesamt 6 Mio. € von der Helmholtz-Gemeinschaft, mit Unterstützung von der Universität Haifa, gefördert wird. Gemeinsam mit einem Team von etwa 30 Forschenden und Studierenden sollen im Rahmen von EMS FORE die Auswirkungen des Klimawandels sowie die Widerstandsfähigkeit und Empfindlichkeit des Mittelmeers als Frühwarn- und Modellsystem untersucht werden, um Aufschluss über die künftigen Bedingungen in den tropischen und subtropischen Meeren zu erhalten, die etwa 40 % des globalen Ozeans ausmachen.

Es sollen fortschrittliche Technologien für die Ozeanbeobachtung, wie Unterwasserfahrzeuge, neuartige Kameras und chemische Sensoren, aber auch molekularbiologische Techniken und Modelle für Meeresökosysteme genutzt werden, um die Daten zu integrieren und künftige Reaktionen des Ozeans vorherzusagen. Mithilfe multidisziplinärer Untersuchungen sollen sowohl Informationen über die Vergangenheit wie auch Aufschlüsse über gegenwärtige Prozesse in der Wassersäule und am Meeresboden gewonnen sowie Modelle entwickelt werden, um herauszufinden, wie die Zukunft für das Mittelmeer und die globalen Ozeane aussehen wird.

Eine wichtige Komponente im Rahmen von EMS FORE wird die Ausbildung einer neuen Generation von Nachwuchsforschenden, Promovierenden und Masterstudierenden sein, die durch ein Mentoringprogramm, gemeinsame Expeditionen, Workshops und Sommerschulen erfolgen soll. Im Rahmen von EMS FORE werden dafür Doktoranden am GEOMAR und an der Universität Haifa eingestellt. Im Rahmen der Studie ist zudem eine enge Zusammenarbeit mit verschiedenen Interessengruppen aus der Industrie, dem Naturschutz, der Politik und Nichtregierungsorganisationen geplant.

Weitere Informationen:

Deutsch-israelisches Gemeinschaftsprojekt "EMS FORE"
www.geomar.de/en/ems-fore

(aus: Pressemitteilung Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung vom 6. Januar 2022)

Nachhaltigkeit für marine Räume

Meere und Küsten liefern Nahrung, Energie und Rohstoffe. Sie sind Urlaubsziele und Transportwege und dabei aber auch wichtige und einzigartige Naturräume. "Schutz und nachhaltige Nutzung mariner Räume" heißt die zweite Forschungsmission, die im Dezember 2021 gestartet ist, um Handlungswissen für eine am Gemeinwohl orientierte, den Wohlstand sichernde und umweltschonende Nutzung von Meeres- und Küstengebieten

zu schaffen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert die langfristig angelegte Mission über einen ersten Zeitraum von drei Jahren.

Klimawandel und die menschengemachte Verschmutzung und Übernutzung der Ökosysteme schaffen zunehmend Probleme für Meere und Küsten. Die Mission will Nutzung und Belastung mariner Räume so analysieren und einordnen, dass eine wissenschaftlich fundierte Basis geschaffen wird für Entscheidungen von Politik, Behörden und Wirtschaft. Dabei wird ein breit angelegter transdisziplinärer Forschungsansatz gewählt, um damit eben diese Akteure und die breite Öffentlichkeit anzusprechen.

Das Projekt CoastalFutures – "Zukunftsszenarien zur Förderung einer nachhaltigen Nutzung mariner Räume" ist eines von sieben Projekten der Mission. Es wird vom Helmholtz-Zentrum Hereon koordiniert und vom BMBF mit 5,5 Mio. € gefördert. Mit seinem Blick in die Zukunft ist es ein wichtiger Baustein der Mission. Die Nutzung der Meere und Küsten wird sich in den kommenden Jahren und Jahrzehnten enorm intensivieren, auch durch Maßnahmen zur Anpassung und Vermeidung von Klimaänderung. Die Folgen dieser gesellschaftlich gewollten Entwicklung abzuschätzen und wirkungsvolle Schutzkonzepte für diese veränderten Bedingungen zu schaffen, ist unser Ziel.

Ein zentrales Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines skalenübergreifenden Modellsystems für Nord- und Ostsee und ihrer Küstengebiete. Damit wird eine virtuelle Umgebung geschaffen, in der Auswirkungen von Klima und menschlicher Nutzung auf Ökosysteme untersucht und nachhaltige Schutzkonzepte getestet werden können. Zusammen mit Partnern aus dem maritimen Management, Interessenvertretern der Industrie und Nichtregierungsorganisationen werden Zukunftsszenarien entworfen und simuliert. Die Entwicklung von Szenarien erfordert dabei ein vertieftes Verständnis der gesellschaftlichen, politischen und institutionellen Zusammenhänge und eine regionale Kontextualisierung. Dazu gehört die individuelle Wahrnehmung von Problemen, Überzeugungen und Einstellungen von Interessengruppen sowie die Berücksichtigung von Konflikten und Kompromissmöglichkeiten. Zusammen mit Entscheidern werden in einem Ansatz der Teilhabe effektive Möglichkeiten zum Schutz und zum Management entwickelt und bewertet.

Transdisziplinär werden Ursache-Wirkungs-Ketten und grundlegende Wissensbedarfe festgestellt. Mit verschiedenen Interessenvertretern werden sektorale und sektorübergreifende Szenarien entwickelt und simuliert. Anschließend wird mit den beteiligten Akteuren ein Dialog über die Bewertung der Ergebnisse der Szenarienmodellierung, auftretende Risiken sowie neue institutionelle und regulatorische Anforderungen angestoßen.

CoastalFutures konzentriert sich dabei auf vier Managementsektoren: (1) Offshore-Energieerzeugung, (2) Fischerei, (3) Küstenschutz und Sandmanagement sowie (4) Nährstoff- und Schadstoffeinträge. Neben den Modellierungen auf Basis von Szenarien des Klimawandels, Wetterdaten und Daten zu Nahrungsnetzen in den Meeren und am Meeresboden, wird Feldforschung betrieben, um kritische Wissenslücken zu schließen. Im Projekt werden neben naturwissenschaftlichen auch soziale und politische Aspekte bearbeitet. Sozialwissenschaftler des Instituts befragen zum Beispiel Fischer zu deren Nutzungsverhalten und Bedürfnissen.

Die Forscher werden durch einen transdisziplinären Forschungsansatz wirkungsvolle Managementoptionen identifizieren. Rund 15 Forschende des Hereons sind in das Projekt eingebunden, weitere 50 bei den Projektpartnern. Diese bringen eine breite wissenschaftliche Expertise ein. Sie umfasst die Bereiche regionale Erdsystemmodellierung und Klimaszenarien, Biogeochemie und Nahrungsnetze, Meeres- und Küsteningenieurwesen, Hydro- und Morphodynamik, sozialwissenschaftliche, ökonomische und administrativ-rechtliche Expertise und Erfahrung in der Interaktion mit Interessenvertretern und Politikberatung. Ein wichtiger Aspekt des Projektes ist dabei auch die Nachwuchsförderung: CoastalFutures wird zahlreiche Post-Doktoranden und Postdoktorandinnen, Promovierende und Studierende im Rahmen von Abschlussarbeiten beschäftigen. Durch die transdisziplinäre Ausrichtung des Vorhabens werden die Nachwuchswissenschaftler in komplementären Denk- und Arbeitsweisen ausgebildet.

Insgesamt sind zehn Projektpartner und fünf Assoziierte Partner an CoastalFutures beteiligt. Neben dem Institut Hereon sind dies das Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde, die Universität Kiel, die Technische Universität Braunschweig, die Universität Hamburg, das Thünen-Institut, die Leibniz Universität Hannover, die Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover, das Alfred-Wegener-Institut – Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung und die Technische Universität Hamburg. Assoziierte Partner sind das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, der Deutsche Wetterdienst, die Bundesanstalt für Wasserbau, das Bundesamt für Naturschutz und die SWIMWAY Wattenmeer-Gruppe.

Weitere Informationen:

Institut für Küstensysteme, Helmholtz-Zentrum Hereon
www.hereon.de/institutes/coastal_systems_analysis_modeling

(aus: Pressemitteilung Helmholtz-Zentrum Hereon
 vom 20. Januar 2022)

Periglaziale Klima- und Ökosystemuntersuchungen zeigen Beeinflussung von Seen

Seen in alpinen Lagen reagieren empfindlich auf den Klimawandel. Forschende unter Leitung des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) sowie der Fakultät für Geowissenschaften der Southwest Jiaotong Universität in Chengdu, China, haben die Veränderungen eines Sees auf dem nördlichen tibetischen Hochland seit dem Ende der letzten Eiszeit genau analysiert. Jahrtausendealte Sedimentproben zeigen starke ökologische Änderungen, bedingt durch steigende Temperaturen und den Einfluss von schmelzenden Gletschern. Dies galt schon am Ende der letzten Eiszeit sowie Mitte der holozänen Epoche und könnte auch heute im Zuge des Klimawandels relevant werden.

Die Forschenden untersuchten am Hala Hu See in China die Dynamik des Wasserhaushalts und die zeitliche Abfolge der ökologischen Reaktionen im See und seinem Einzugsgebiet während und nach der Eiszeit. Die Studie liefert wichtige Informationen, wie sich gletscherbeeinflusste Gebirgsseen im Klimawandel entwickeln könnten. Es gibt wissenschaftliche Hinweise, dass bisher vom Menschen weitgehend unberührte Gebirgsseen

recht empfindlich auf Ereignisse, die in Zusammenhang mit dem Klimawandel stehen, reagieren werden. Um die Veränderungen und Prozesse besser zu verstehen, kann ein Blick zurück hilfreich sein – in diesem Fall wurde etwa 23.000 Jahre zurückgeschaut.

Anhand von Sedimentkernen konnten die Forschenden die Ereignisse wie an einem Zeitstrahl ablesen. Das Probenmaterial wurde am Geoforschungszentrum (GFZ) in Potsdam auf Biomarker untersucht. Das sind charakteristische Moleküle, die als chemische Fossilien über Tausende bis Millionen Jahre im Boden erhalten bleiben, obwohl der Organismus, der sie hervorgebracht hat, lange verrottet ist. Die allgemeine Sukzession, also das Auftreten und Verschwinden verschiedener Biomarkergruppen, repräsentativ für Gräser, Algen und Wasserpflanzen, zeigte die Ausbreitung und den Rückgang der Vegetation an Land und der Organismen im Wasser. Wasserstoffisotopen dieser Moleküle gaben Aufschluss über die Wasserflüsse von Atmosphäre, Gletscher und See.

Deutliche Schwankungen der Konzentrationen und Verhältnisse aquatischer Biomarker und der Wasserstoffisotopenwerte im Zeitraum von vor 15.000 bis 14.000 und 8.000 bis 5.000 Jahren weisen auf deutliche Verschiebungen des Wasserhaushalts und des ökologischen Gleichgewichts der Seen hin.

Wetter und Klima sind in weiten Teilen Asiens vom Monsun geprägt, dessen Stärke im Laufe der Jahrtausende abwechselnd zu- und abgenommen hat. Das Forscherteam konnte zeigen, dass die Ökosysteme im See und seinem Einzugsgebiet deutlich und zeitverzögert auf diese hydroklimatischen Veränderungen reagierten. Dabei waren nicht erhöhte Niederschlagsmengen der Hauptauslöser für die Reaktionen der Ökosysteme, sondern die steigenden Temperaturen nach dem Ende der letzten Eiszeit sowie während des holozänen Klimaoptimums und damit verbunden der Rückzug der Gletscher sowie ein erhöhter Schmelzwasserfluss in den See. Es wurde wärmer und die Gletscher schmolzen. Diese Ereignisse wirkten sich deutlich auf die biologischen Prozesse im See und dem umgebenden Land aus. Insbesondere in den Seen sahen die Wissenschaftler eine starke und sprunghafte Vermehrung von Algen sowie Änderungen in der Zusammensetzung von Phytoplankton-Gemeinschaften. Die Lehre daraus ist, dass Gebirgsseen in Zeiten des Klimawandels besonders im Blick zu behalten sind. Sie werden sich in den nächsten Jahrzehnten wahrscheinlich stark verändern, und diese Veränderungen werden unter Umständen nicht sofort augenscheinlich sein.

Fachartikel:

Aichner, B., Wünnemann, B., Callegaro, A., van der Meer, M.T.J., Yan, D., Zhang, Y., Barbante, C., Sachse, D. (2022): Asynchronous responses of aquatic ecosystems to hydroclimatic forcing on the Tibetan Plateau. *Communications Earth & Environment*, 3, 3.
 DOI: 10.1038/s43247-021-00325-1

Weitere Informationen:

Abteilung "Ökologie der Lebensgemeinschaften und Ökosysteme", IGB
www.igb-berlin.de/abt-2-oekologie-der-lebensgemeinschaften-und-oekosysteme

(aus: Pressemitteilung Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei vom 10. Januar 2022)

Projekt "Rewilding" zur Erhaltung der Biodiversität mit nachhaltiger Regionalentwicklung im Oderdelta

Ein Wissenschaftlerteam des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung befasst sich im Rahmen eines dreijährigen Projekts mit den Potenzialen von "Rewilding" für die Wiederherstellung der biologischen Vielfalt und die Förderung einer naturbasier-ten ökonomischen Entwicklung des Modellgebiets Oderdelta in Vorpommern. Darüber hinaus wird das Team untersuchen, inwie- weit die gewonnenen Erfahrungen und Ergebnisse auf den über- regionalen Biodiversitätsschutz übertragbar sind. Koordiniert wird das Projekt am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ).

Das Forschungsprojekt REWILD_DE greift das Konzept des "Rewilding" am Beispiel des einzigen Rewilding-Gebietes in Deutschland auf und adressiert die naturwissenschaftlichen und sozioökonomischen Fragestellungen sowie Aspekte der praktischen Umsetzung. Welche Möglichkeiten bietet Rewilding in verschiedenen Ausprägungen – etwa Fließgewässerrenaturierung, natürliche Beweidungsansätze, Koexistenz mit Wild- tieren – für die Erhaltung und Wiederherstellung der Biodiversi- tät? Welche Ökosystemleistungen im Sinne regionalwirtschaft- licher und weiterer gesellschaftlicher Vorteile werden dadurch bereitgestellt bzw. unterstützt? Wie kann Rewilding das regio- nalwirtschaftliche Potenzial stärken? Und schließlich: Welche Rolle kann es für den Biodiversitäts- und Naturschutz in Deutsch- land einnehmen? Auf diese Fragen will das Vorhaben fun- dierte Antworten finden sowie praxisorientierte Lösungen erar- beiten.

In der dreijährigen Projektlaufzeit wird analysiert, unter wel- chen Bedingungen Biodiversitäts- und Ökosystemleistungen durch Rewilding in Wert gesetzt werden können, damit sich in der Region am Stettiner Haff eine Unterstützung seitens der be- troffenen Stakeholder einstellt. Diese instrumentelle Perspektive soll durch die Entwicklung eines "Rewilding-Dialogs" mit der Bevölkerung vor Ort ergänzt werden. Über künstlerische Zugän- ge und Öffentlichkeitsarbeit soll dabei eine Verständigung über Leitbilder erreicht sowie Wertschätzung für immaterielle Werte von Natur gefördert werden. Für einen projektbegleitenden Stakeholder-Beirat will das Projekt Vertreter wichtiger regionaler Akteure gewinnen. Schließlich werden die Projektpartner auch die Umsetzung des Rewilding im Oderdelta untersuchen, um umfassend einschätzen zu können, inwieweit das Konzept für den Naturschutz in anderen Gebieten Deutschlands tauglich ist.

Den Biodiversitätsverlust aufzuhalten, stellt auf globaler, europä- ischer und deutscher Ebene eine zentrale Herausforderung dar. In diesem Kontext ist Rewilding in den vergangenen Jahren als eine besonders erfolgversprechende, partizipative und prozess- orientierte Methode des Biodiversitäts- und Naturschutzes zu- nehmend ins Rampenlicht gerückt. Durch Wiederzulassen natür- licher Prozesse, Förderung der natürlichen Wildtierpräsenz und -dichte sowie starke Einbindung der Menschen und Stakeholder vor Ort zielt Rewilding darauf ab, die Anpassungsfähigkeit von Ökosystemen zu stärken, um so Biodiversität zu befördern und sogenannte Ökosystemleistungen bereitzustellen. Dabei wird eine wirtschaftliche Nutzung der Gebiete nicht ausgeschlossen, sondern im Gegenteil großer Wert auf die Stärkung der regiona- len naturökonomischen Potenziale und der nachhaltigen Wert-

schöpfung gelegt. Rewilding trägt auch maßgeblich zum Errei- chen der Ziele der aktuellen UN-Dekade zur Wiederherstellung von Ökosystemen bei.

Das Konzept findet weltweit immer mehr Anwendung – in Europa wird es beispielhaft durch die Organisation "Rewilding Europe" in neun Modellgebieten unterstützt. Seit dem Jahr 2015 erstreckt sich eines davon beiderseits der deutsch-polnischen Grenze um das Stettiner Haff: das Oderdelta. Erste Rewilding-Bemühungen begannen hier bereits im Jahr 2012, seit 2019 vernetzt, bündelt und ergänzt der neu gegründete Verein "Rewilding Oder Delta" (ROD) die Aktivitäten der verschiedensten Partner, wie Unterneh- men oder Existenzgründer, und arbeitet eng mit den Naturparks der Region zusammen.

Das Projekt "REWILD_DE – Erhaltung von Biodiversität und Inwertsetzung von Ökosystemleistungen durch Rewilding – Vom Oderdelta lernen" wird im Rahmen der Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt (FEa) vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) über drei Jahre mit insgesamt knapp 2 Mio. € gefördert (Förderkennzeichen: 16LW0064K). Das Projektkonsortium arbeitet unter der wissenschaftlichen Koordination des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung Leipzig (UFZ) mit weiteren Partnern aus der Wissenschaft, dem Deutschen Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) und der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU) sowie der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE). Praxispartner vor Ort ist der Rewilding Oder Delta e. V. (ROD).

Weitere Informationen:

BMBF-Forschungsinitiative zum Erhalt der Artenvielfalt (FEa)
www.feda.bio/de/wissenschaft/projekte/rewild_de

Rewilding Oder Delta e.V.
rewilding-oder-delta.com

(aus: Pressemitteilung Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung vom 17. Januar 2022)

Schmelzwasser beeinflusst Ökosysteme im Arktischen Ozean

In den Sommermonaten driftet das Meereis der Arktis über die Framstraße in den Atlantik. Um das Drifteis herum bildet sich im Ozean durch das Schmelzwasser eine stabile Schicht auf dem salzigeren Meerwasser, die sich stark auf die biologischen Prozesse und Organismen auswirkt. Dies beeinflusst wieder- um, wann Kohlenstoff aus der Atmosphäre aufgenommen und gespeichert wird. Das hat ein Forschungsteam unter Leitung des Alfred-Wegener-Instituts mithilfe des Ozeanbeobachtungs- systems FRAM herausgefunden.

Ozeane gehören zu den größten Kohlenstoffsinken unseres Pla- neten. Dazu trägt auch die biologische Kohlenstoffpumpe bei: Dicht unter der Wasseroberfläche nehmen Mikroorganismen wie Algen oder Phytoplankton Kohlendioxid aus der Atmosphäre durch Fotosynthese auf. Sinken sie auf den Meeresboden, kann dieser den enthaltenen Kohlenstoff für mehrere tausend Jahre speichern. Dass Schmelzwasser aus Meereisschollen diese Pro- zesse um vier Monate verzögert, konnte ein Wissenschaftlerteam

des Alfred-Wegener-Instituts, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) feststellen.

Das Ozeanbeobachtungssystem FRAM (Frontiers in Arctic Marine Monitoring) konnte von Sommer 2016 bis zum Sommer 2018 kontinuierlich Daten in der Framstraße (zwischen Grönland und Spitzbergen) sammeln. An zwei Orten standen jeweils mehrere Verankerungen dicht beieinander, um so viele Aspekte der gekoppelten physikalischen-biologischen Prozesse im Wasser zu messen, wie möglich. Zum Einsatz kamen physikalische, biogeochemische und akustische Sensoren durch die gesamte Wassersäule und am Meeresboden sowie Geräte, die Wasser- und Sedimentproben für spätere Laboranalysen sammeln. Die Forscher waren zum ersten Mal in der Lage, über zwei Jahre sowohl die jahreszeitlichen Entwicklungen von Mikroalgen und Phytoplankton vollständig zu beobachten als auch das komplette physikalische, chemische und biologische System, in dem diese Entwicklungen stattfinden.

In diesem Zeitraum erreichte der Meereisexport zwei Extreme: Im Sommer 2017 verließ ausgesprochen viel Eis die Arktis durch die Framstraße. Dadurch gab es viel salzarmes Schmelzwasser und eine starke Schichtung im Wasser. Ungewöhnlich wenig Eis verließ dagegen im Sommer 2018 die Arktis, es gab kaum Schmelzwasser und daher auch keine ausgeprägte salzbedingte Schichtung. Während der beiden Extreme liefen die Prozesse der biologischen Kohlenstoffpumpe so unterschiedlich ab, dass die Wissenschaftler von zwei verschiedenen Systemen sprechen: dem Schmelzwasser-System (Sommer 2017) und dem Mischschicht-System (Sommer 2018).

Die ersten Blüten von Algen und Phytoplankton zeigten sich um den 15. Mai, als die Atmosphäre begann, den Ozean zu erwärmen. Im Sommer 2017 driftete viel Eis durch die Framstraße, es gab also viel Schmelzwasser. Das deutlich weniger salzige Wasser schichtete sich auf Salzwasser, ohne sich zu vermischen. Dabei war die Schichtung zwischen 0 und 30 Metern zehnmal stärker als zwischen 30 und 55 Metern. Dadurch fanden kaum Nährstoffe aus den tieferen Schichten ihren Weg nach oben und andersrum konnte kaum Kohlenstoff nach unten gelangen. Das Wachstum von Phytoplankton, was der erste Schritt der biologischen Kohlenstoffpumpe ist, fand fast ausschließlich in den oberen 30 Metern statt. Erst Mitte August brach die starke Schichtung zusammen, als die Atmosphäre die Wasseroberfläche nicht mehr erwärmte. Der größte Teil der Biomasse sank aus der oberen Schicht zwischen September und November ab, war älter als drei Monate und zu nährstoffarm, um Lebewesen am Meeresboden anzulocken. Im Schmelzwasser-System konnten die Mikroorganismen während der Blüte bis zu 25 Gramm Kohlenstoff pro Quadratmeter binden.

Der Frühling/Sommer 2018 zeichnete dagegen ein anderes Bild: Er war relativ eisfrei, dadurch gab es weniger Schmelzwasser und keine so starke Schichtung im Meerwasser. Bis etwa 50 Meter Tiefe bildete sich eine Mischschicht. Ab dem 1. Mai gab es die ersten Blüten von Kieselalgen und parallel stieg auch die Anzahl des Zooplanktons und der Fische, die sich bevorzugt davon ernähren. Durch ihre Ausscheidungen gelangte organischer Kohlenstoff schon innerhalb von zwei bis drei Wochen nach Beginn der Blüte in Tiefen bis zu 1.200 Metern. Vier bis sieben Wochen nach Beginn der Blüte – fast vier Monate früher als im Sommer 2017 – erreichte die Biomasse den Meeresboden. Das

Material, das den Meeresboden erreichte, war reich an Nährstoffen und lockte fünfmal mehr Bodenlebewesen und Fische an als im Sommer mit Schmelzwasser. Während der Blüte haben die Algen um die 50 Gramm Kohlenstoff pro Quadratmeter gebunden, doppelt so viel wie im Schmelzwasser-System.

Trotz all dieser Unterschiede im System war die biologische Kohlenstoffpumpe im Sommer 2018 nicht unbedingt produktiver: Die Forschergruppe stellte fest, dass im Sommer 2017 der größte Teil organischen Kohlenstoffs erst nach September den Meeresboden erreichte. Betrachtet man den Zeitraum zwischen Anfang Mai und Ende November, war der Kohlenstoff-Export im Mischschicht-System nur etwa ein Drittel größer als im Schmelzwasser-System. Vielmehr begünstigt die starke Schichtung 2017 ein längerfristiges Wachstum über mehrere Monate hinweg, da Kohlenstoff und Nährstoffe in den oberen Schichten zurückgehalten werden. Dagegen führt die eisfreie Situation 2018 zu einer kurzen, intensiven Blüte und einem schnellen Export, der Nahrung und Kohlenstoff für Tiefsee-Ökosysteme am Meeresboden liefert. Letztere würden also besonders von den sommerlichen Bedingungen im Mischschicht-System profitieren. Denn im Schmelzwasser-System hemmt die starke Schichtung die Nährstoffzufuhr im Sommer und die tiefe Wasserdurchmischung im Winter.

In Zukunft könnte sich das Mischschicht-System über größere Bereiche der Arktis ausbreiten. Die Bedingungen in diesem System ähneln denen aus niederen Breitengraden und das arktische Meer könnte sich zunehmend wie Ozeane aus südlichen Gefilden verhalten.

In den Polargebieten sind wissenschaftliche Beobachtungen und Datenerhebungen besonders herausfordernd: extrem niedrige Temperaturen, starke Stürme und dauernde Dunkelheit im Winter erschweren den Einsatz von Messtechnologien. Das Arktis-Observatorium FRAM (FRontiers in Arctic Marine Monitoring) kann das: Die modularen Messplattformen sind mit modernsten Sensoren ausgestattet, die ganzjährig auf und unter dem Eis, in der eisbedeckten Wassersäule und am Meeresboden eingesetzt werden können. Dadurch können sie die Geschwindigkeit, Ökonomie und Nachhaltigkeit von Messungen verbessern. FRAM ist eine einzigartige Ozean-Infrastruktur, die von nationalen und internationalen Forschungsprojekten genutzt wird, um polare Ökosysteme und ihren Einfluss auf das globale Klimasystem besser zu beschreiben und zu verstehen. Der fortschreitende Klimawandel beeinflusst auch den Arktischen Ozean. Diese Veränderungen in allen Facetten zu beobachten und die Ursachen und Wirkungen bis hinab in die Tiefsee zu verstehen, ist eines der großen Ziele. Die FRAM Infrastruktur wird durch die Helmholtz-Gemeinschaft gefördert und vom AWI betrieben.

Fachartikel:

von Appen, W.-J., Waite, A.M., Bergmann, M., Bienhold, C., Boebel, O., Bracher, A., Cisewski, B., Hagemann, J., Hoppema, M., Iversen, M.H., Konrad, C., Krumpen, T., Lochthofen, N., Metfies, K., Niehoff, B., Nöthig, E.-M., Purser, A., Salter, I., Schaber, M., Scholz, D., Soltwedel, T., Torres-Valdes, S., Wekerle, C., Wenzhöfer, F., Wietz, M., Boetius, A. (2021): Sea-ice derived meltwater stratification slows the biological carbon pump: results from continuous observations. *Nature Communications*, 12. DOI: 10.1038/s41467-021-26943-z

Weitere Informationen:

Meereisportal

www.meereisportal.de

(aus: Pressemitteilung Alfred-Wegener-Institut
vom 15. Dezember 2021)

Wolkenbildung in der Südhemisphäre untersucht

Wolken in der Südhemisphäre reflektieren mehr Sonnenlicht als in der Nordhemisphäre. Ursache ist das häufigere Vorkommen von Flüssigwassertropfen, das durch ein Zusammenspiel aus Aufwinden und einer saubereren Umgebung entsteht. In einer Studie fand ein Forscherteam unter Leitung des Leibniz-Instituts für Troposphärenforschung (TROPOS) einen unerwartet starken Einfluss der Aufwinde. Ermöglicht wurden die neuen Ergebnisse durch Langzeitmessungen in Leipzig (Deutschland), Limassol (Zypern) und Punta Arenas (Chile).

Die Messungen in Punta Arenas waren mit drei Jahren die längsten Wolkenuntersuchungen, die es bisher mit Lidar und Radar in den mittleren Breiten der Südhemisphäre gegeben hat. In den Jahren 2018 bis 2021 hatte ein Team der Universität Magallanes (UMAG), des TROPOS und der Universität Leipzig im Rahmen der Feldkampagne DACAPO-PESO umfangreiche Untersuchungen zu Aerosolen, Wolken, Wind und Niederschlag im äußersten Süden Chiles durchgeführt. In die Auswertung und den Vergleich flossen auch Daten der Feldkampagne CyCARE auf Zypern ein, an dem von 2016 bis 2018 Forschende der Cyprus University of Technology und des ERATOSTHENES Centre of Excellence in Limassol beteiligt waren.

Hauptziel der Messungen in der weitgehend natürlichen Umgebung an der Südspitze Südamerikas war es, die Atmosphäre in der südlichen Hemisphäre zu untersuchen und mehr über die Wechselwirkungen zwischen Aerosolen und Wolken in einer Region zu erfahren, für die es bisher kaum Langzeitdaten gibt. Zu diesem Zweck hat das TROPOS im Jahr 2018 die zwei Container des mobilen Atmosphärenobservatoriums LACROS auf dem Gelände der Universität in Punta Arenas installiert, die zusammen mit Geräten der Universität Leipzig und des Labors für Atmosphärenforschung der UMAG ein umfassendes Bild der Wolken vom Boden aus ergaben. Dafür wurden die in den zwei LACROS-Messcontainern installierten Fernerkundungsgeräte eingesetzt: Laser-gestützte Lichtradare (Lidars), Radare, Radiometer, Sonnenphotometer und andere. Ergänzt wurden diese Messungen durch Filterproben vom Cerro Mirador, einer Anhöhe 600 m oberhalb von Punta Arenas.

Ursprünglich sollten die Messungen als Beitrag zum "Jahr der Polarprediction in der Südhemisphäre" (YOPP-SH) ein Jahr lang dauern. Aber aufgrund der weltweiten Corona-Pandemie und der daraus resultierenden Reisebeschränkungen wurden die Messungen um weitere zwei Jahre verlängert und erst Ende 2021 beendet. Wissenschaftlich war diese Verzögerung ein glücklicher Zufall, denn in diese Zeitraum fiel der "Black Summer" 2019/20 mit großen Waldbränden in Australien. Deren Rauch wurde mehr als 10.000 Kilometer über den Pazifik bis nach Südamerika transportiert und konnte dort bis zum Abschluss der Messungen Ende 2021 mit den Laser-gestützten Untersuchungen per Lidar bis in Höhen von 25 km beobachtet werden. Da die Luft im Süden

Chiles ansonsten sehr sauber ist, fiel diese Art von Luftverschmutzung gleich auf und unterstreicht damit den globalen Einfluss der großen Waldbrände auf das Klima.

Mit der Feldkampagne DACAPO-PESO wurde eine Lücke gefüllt, die hinsichtlich der Messungen auf der südlichen Hemisphäre lange bestand. Die Daten können jetzt dazu beitragen, aktuelle Klimamodelle zu verbessern. Des Weiteren entwickeln Mitarbeiter von der Universität Leipzig zurzeit ein auf maschinellem Lernen basierendes Verfahren, um Anhand von Wolkenradar-Beobachtungen die Bildung von Niederschlag besser verstehen zu können.

Die nun abgeschlossene Kernaufgabe des Projektes war es jedoch, herauszufinden, ob und welche Unterschiede es bei vergleichbaren meteorologischen Bedingungen in den Wolken über Leipzig, Limassol und Punta Arenas gibt und worin diese begründet sind. Dabei liegen Leipzig und Punta Arenas etwa auf dem gleichen Breitengrad, aber in unterschiedlichen Hemisphären der Erde. Auch wenn das Klima und die bodennahen Wolken-schichten grundsätzlich mit dem Norden Europas vergleichbar sind, die mittelhohen und hohen Wolken unterscheiden sich deutlich voneinander. Das liegt daran, dass ein wesentlich größerer Teil der Südhalbkugel von Ozeanen bedeckt ist und dort viel weniger Menschen leben als auf der Nordhalbkugel. Die Atmosphäre oberhalb der bodennächsten Luftschichten auf der Südhalbkugel ist daher spürbar sauberer und enthält weniger Aerosol-Partikel, was sich bei der Wolkenbildung bemerkbar macht.

Weniger Partikel bedeuten weniger Eiskeime in der Atmosphäre. Aber genau diese werden benötigt, um bei Temperaturen zwischen 0 und -40 °C Wolkentropfen zu Eiskristallen gefrieren zu lassen. Die Wolken vereisen in den mittleren Breiten der Südhemisphäre deshalb viel weniger und enthalten bei gleichen Temperaturen mehr flüssiges Wasser. Damit beeinflussen sie das einfallende Sonnenlicht und auch die von der Erdoberfläche ausgestrahlte Wärmestrahlung anders als im Norden. Das ist eine Erklärung, weshalb globale Klimamodelle die Strahlungsbilanz der Südhalbkugel immer noch nicht ausreichend genau abbilden können. Im Temperaturbereich zwischen -24 und -8 °C bildeten die Wolken über Punta Arenas aus Mangel an Eiskeimen im Durchschnitt 10 bis 40 % weniger oft Eis als die Wolken über Leipzig. Auch die von den Flüssigwasserkwolken produzierte Eismasse ist um mindestens einen Faktor 2 reduziert.

Jedoch sind die Unterschiede in der Luftqualität entgegen der weitläufigen Meinung nicht die einzige Ursache für die beobachteten Kontraste. Bei den Untersuchungen im Süden Chiles zeigte sich, dass die Wolken häufig durch Schwerewellen beeinflusst werden. Der starke Westwind vom Pazifik prallt auf das Andengebirge, wird auf der Rückseite verwirbelt und erzeugt diese Schwerewellen. Durch Messungen der für die Wellen charakteristischen Auf- und Abwinde konnten die Wolken, die von diesen Wellen beeinflusst worden sind, erkannt und aus der Gesamtstatistik herausgefiltert werden. Dadurch konnte gezeigt werden, dass diese Schwerewellen und nicht der Mangel an Eiskeimen für den Überschuss an Wolkentropfen bei Temperaturen unterhalb von -25 °C hauptverantwortlich sind. Ob dieses Phänomen nur im Süden Chiles die Wolken beeinflusst, ist aber zurzeit noch unklar.

Wie wichtig sind Schwerewellen für die Bildung von Wolken und Niederschlag in anderen Regionen des Südlichen Ozeans? Wie häufig treten Schwerewellen über dem offenen Ozean auf, der den größten Teil der Erdoberfläche zwischen 30 und 70 Grad Süd bedeckt und derzeit größtenteils nur von Satelliten erfasst wird? Weitere Messungen der Aufwinde in Wolken sind erforderlich, um die Rolle der Eiskeime bei dem offensichtlichen Überschuss an flüssigem Wasser in den Wolken der mittleren Breiten der Südhemisphäre weiter einzugrenzen. Es sollen diese Fragen in naher Zukunft gemeinsam unter den Partnern auch an anderen Orten in der Südhemisphäre, wie der Antarktis und Neuseeland, und möglichst auch an Bord von Forschungsschiffen untersucht werden, da dies vom Weltraum aus im Moment noch nicht möglich ist.

Die beiden LACROS-Container werden Ende Januar am TROPOS in Leipzig zurück sein und dann für den nächsten Einsatz vorbereitet. Im Rahmen von ACTRIS-D, dem deutschen Beitrag zur europäischen Forschungsinfrastruktur für Aerosole, Wolken und Spurengase, werden dann drei neue Geräte zusätzlich integriert. Mit einem neuen Sonnenphotometer, Mikrowellenradiometer und 94-GHz-Wolkenradar geht es im November zu Untersuchungen an künstlich erzeugten Eiswolken in die Schweizer Alpen.

Fachartikel:

Radenz, M., Bühl, J., Seifert, P., Baars, H., Engelmann, R., Barja González, B., Mamouri, R.-E., Zamorano, F., Ansmann, A. (2022): Hemispheric contrasts in ice formation in stratiform mixed-phase clouds: disentangling the role of aerosol and dynamics with ground-based remote sensing, *Atmos. Chem. Phys.*, 21, 17969–17994, 2021. (08 Dec 2021).

DOI: 10.5194/acp-21-17969-2021

Weitere Informationen:

Arbeitsgruppe Bodengebundene Fernerkundung, Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS)
www.tropos.de/institut/abteilungen/fernerkundung-atmosphaerischer-prozesse

Leipzig Aerosol and Clouds Remote Observations System (LACROS):

www.tropos.de/forschung/grossprojekte-infrastruktur-technologie/koordinierte-beobachtungen-und-netzwerke/lacros

(aus: Pressemitteilung Leibniz-Institut für Troposphärenforschung vom 26. Januar 2022)

Weltweite Studien zur Bodenversalzung zeigen Bodendegradationen

Etwa 16 Prozent aller landwirtschaftlichen Flächen weltweit werden künstlich bewässert und stark gedüngt. Wenn dieses Wasser verdunstet, reichern sich in den oberen Bodenschichten Salze an. In der Folge droht der Boden zu versalzen und unfruchtbar zu werden. Mit der Zunahme von extremen Wetterereignissen wie Sommerhitze und Starkregen wird dieser Prozess noch verstärkt.

Durch die Kombination einer umfassenden Reihe von Klima-, Boden- und Fernerkundungsdaten sowie Algorithmen des maschinellen Lernens ist es Wissenschaftlern vom Institut für Geoinformatik der Technischen Universität Hamburg gelungen,

erstmalig eine Vorhersage über die Zukunft der Bodenversalzung auf globaler Ebene bis zum Jahr 2100 unter verschiedenen Klimaszenarien zu erstellen.

Um Aussagen darüber treffen zu können, wie die Bodenversalzung künftig fortschreitet, verwendeten die Forscher mehr als 40.000 Messwerte des Bodensalzgehalts auf der ganzen Welt. Darüber hinaus ermittelten die Wissenschaftler mehrere klimatische und bodenbezogene Parameter wie Niederschlag, Verdunstung und Bodenart, die den Salzgehalt des Bodens beeinflussen. Auf dieser Grundlage trainierten die TU-Forschenden Modelle mit Algorithmen des maschinellen Lernens, um eine Beziehung zwischen dem Salzgehalt und diesen Parametern herzustellen. Diese trainierten Modelle wurden verwendet, um die Bodenversalzung auf globaler Ebene bis zum Jahr 2100 unter verschiedenen Klimawandelszenarien vorherzusagen.

Mithilfe von Big-Data-Analysen und Algorithmen des maschinellen Lernens konnten sie den Salzgehalt des Bodens weltweit mit einer hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung bestimmen. Gemäß den Forschungsergebnissen könnten die Veränderungen bis zum Jahr 2100 unausweichlich sein, wenn nicht die notwendigen Maßnahmen ergriffen werden: Ohne nachhaltiges Ressourcenmanagement und mit der Business-as-usual-Haltung gegenüber dem Klimawandel wären eine weitere Versalzung und Verschlechterung der Böden und ein möglicher "Kipppunkt", an dem das System zusammenbricht, unvermeidlich, so die Forscher der TU Hamburg.

Die Versalzung der Böden könnte auch in Deutschland zu einem Problem werden, wenn auch aus ganz anderen Gründen als in den trockenen Gebieten. Der steigende Meeresspiegel wirkt sich auf die Küstenregionen aus. Wenn salzhaltiges Meerwasser eindringt und in Zukunft das Grundwasser erreicht, könnte es die Böden der Küstenregionen Norddeutschlands nachhaltig beeinträchtigen.

Fachartikel:

Hassani, A., Azapagic, A., Shokri, N. (2021): Global predictions of primary soil salinization under changing climate in the 21st century. *Nature Communication*, 12, 6663.

DOI: 10.1038/s41467-021-26907-3

Weitere Informationen:

Institut für Geohydroinformatik, TU Hamburg
www.tuhh.de/ghi/home

(aus: Pressemitteilung TU Hamburg vom 13. Januar 2022)

Wie das Amazonasbecken die Atacama-Wüste bewässert

Wasser aus dem Amazonasbecken ist, wie neuere Studien zeigen, die wichtigste Niederschlagsquelle in der Atacama-Wüste. Aktuelle Forschungsergebnisse sollen helfen, die geologische Vergangenheit der Wüstenregion zu rekonstruieren und zudem die Wetterbedingungen für astronomische Beobachtungen vorherzusagen.

Die aktuellen Untersuchungen haben gezeigt, dass das Amazonasbecken die wichtigste Ursprungsregion für Niederschlag in

der Atacama-Wüste im Norden Chiles ist: Vom Regenwald aus wandert aufsteigender Wasserdampf mehr als 2.000 km nach Westen, überquert die Anden und wendet sich über dem Pazifik nach Südosten, um über der Atacama-Wüste Niederschlag zu bilden. Ein Wissenschaftlerteam vom Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität Köln hat sogenannte Feuchtigkeitsförderbänder (moisture conveyor belts – MCBs) als Hauptmechanismus für Niederschläge identifiziert. Sie sind für 40 bis 80 % des Gesamtniederschlags in der Atacama-Wüste verantwortlich. Die Ergebnisse zeigen einen neuen Weg der Wasserversorgung für eine der trockensten Regionen der Erde, neben Sommerregen durch feuchte Ostwinde (Bolivianisches Hoch) und Winterregen im Zusammenhang mit westlichen Sturmzügen.

Abgesehen von der Nord- und Südpolregion ist die Atacama-Wüste im Norden Chiles mit einer jährlichen Niederschlagsmenge von weniger als 2 l/m² die trockenste Region der Erde. Zum Vergleich: in Köln fallen in einem durchschnittlichen Jahr etwa 800 l/m² Niederschlag. Bisher wurden zwei unterschiedliche Niederschlagsmechanismen für die Atacama-Wüste beschrieben: Im Sommer verlagern episodische feuchte Ostwinde Sturmsysteme über die Andenkette, die in der Regel einen Transfer feuchter Luft aus dem Inneren des Kontinents behindert. Die damit verbundenen Niederschläge fallen vor allem im nordöstlichen Teil der Atacama-Wüste und nehmen zum tiefer gelegenen, trockenen Kern der Wüste hin ab. Im Winter können Tiefdruckgebiete, wie sie aus den gemäßigten Regionen der mittleren Breiten bekannt sind, auch subtropische Regionen erreichen und dort Wolken und Regen verursachen. Diese Systeme betreffen vor allem die südwestliche Atacama und haben ihren Ursprung über dem Pazifischen Ozean.

Das Kölner Wissenschaftlerteam hat nun einen dritten Mechanismus entdeckt, der zu extremen Niederschlagsereignissen führt: Mit einem Anteil von mehr als der Hälfte am Gesamtniederschlag in der Atacama-Wüste haben die Untersuchungen Feuchtigkeitsförderbänder als Hauptniederschlagsquelle nachgewiesen. Das sind besondere Wetterphänomene, die sich durch einen starken Wasserdampftransport auszeichnen. Entlang der fadenförmigen Strukturen, die sich meist in Höhen zwischen 3.000 und 6.000 m über dem Meeresspiegel befinden, wird Wasser über weite Strecken transportiert, ohne dass es dabei zu einem großen Austausch mit der darunterliegenden feuchtereichen Pazifikluft kommt. Wenn das Band aus Wasserdampf aus dem Amazonasbecken von Nordwesten her die Atacama-Wüste erreicht, muss die Luftströmung das bis zu 2.500 m hohe Küstengebirge überqueren. Die Luft wird gezwungen aufzusteigen, was zu einer Abkühlung und damit zur Niederschlagsbildung führt.

Je heftiger das Niederschlagsereignis, desto eher ist es mit einem solchen Feuchteförderband verbunden. In einem konkreten Fall fielen in einer Region im trockensten Teil der Wüste mehr als 50 l/m² Regen, was das Zehnfache des Jahresdurchschnitts übersteigt. Für hoch angepasste Arten kann die plötzliche Wasserverfügbarkeit den Tod bedeuten. Gleichzeitig lösen solche Ereignisse biologische Explosionen wie die spektakuläre blühende Wüste aus. Darüber hinaus kann der durch starke Regenfälle verursachte Abfluss Schutt bewegen und die Landschaft umgestalten. Spuren solcher Aktivitäten, wie die Ablagerung von Pollen und organischem Kohlenstoff oder bewegtes Material unterschiedlicher Korngrößen, werden im Wüstenboden sichtbar und durch die anhaltende Trockenheit konserviert.

Derartige geologische Archive wie solche Bodenproben werden genutzt, um die Klimageschichte zu rekonstruieren. Dadurch ist nun bekannt, dass Hinweise auf Phasen häufigerer Starkregenereignisse in Anbetracht der Feuchtigkeitsförderbänder zu interpretieren sind, die das Niederschlagssignal in diesen Archiven dominieren dürften. Zusätzlich konnten die Wissenschaftler aus verschiedenen Isotopen von Wasseratomen im Wüstenboden Informationen über die Feuchtigkeit zu vergangenen geologischen Epochen erlangen: Das Verhältnis von schwereren, neutronenhaltigen zu leichteren Wasserisotopen spiegelt die atmosphärische Wasserversorgung wider.

Insbesondere in der Atacama-Wüste bewahrt der Gipsboden die Isotopenzusammensetzung des Wassers aus der Zeit, als er vor Millionen von Jahren gebildet wurde. Um ein konsistentes Bild zu zeichnen, müssen die Quelle und der Weg des Wassers berücksichtigt werden, da sie die Fraktionierungsprozesse der Wasserisotope bestimmen. Die neuen Ergebnisse tragen dazu bei, die für eine solche Untersuchung erforderlichen Annahmen einzuschränken, und werden aussagekräftigere Ergebnisse ermöglichen.

Situationen mit erhöhtem Wasserdampf oder sogar Niederschlägen wirken sich auch auf astronomische Forschungen aus, da die Atacama-Wüste viele weltweit führende Observatorien beherbergt. Atmosphärischer Wasserdampf stört die klare Sicht in den Weltraum. Das verbesserte Verständnis der Mechanismen des Wasserdampftransports wird es ermöglichen, bessere Vorhersagen über die geeigneten Bedingungen für diese anspruchsvollen Beobachtungen im Kontext eines sich wandelnden Klimas zu treffen.

Fachartikel:

Böhm, C., Meyers, M., Knarr, L., Crewell, S. (2021): The Role of Moisture Conveyor Belts for Precipitation in the Atacama Desert. *Geophysical Research Letters*, Vol. 48, Issue 24. DOI: 10.1029/2021GL094372

Weitere Informationen:

Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität Köln
geomat.uni-koeln.de

(aus: Pressemitteilung Universität Köln vom 7. Januar 2022)

Wasser in Berlin: Gewässer- und Flächenmanagement gemeinsam betrachten

Viele Städte müssen sich auf zwei Herausforderungen einstellen: Der Wasserbedarf steigt, die Verfügbarkeit sinkt. Konflikte bei der Wasserverteilung betreffen nicht nur die menschliche Nutzung, sondern auch die blaue und grüne Infrastruktur – denn die Gewässer und Grünflächen in der Stadt benötigen Wasser. Die Forschungsgruppe vom Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) untersuchte hierzu die Wasserflüsse einer Stadt am Beispiel Berlin. Das Team nahm die große Trockenheit der Sommer 2018, 2019 und 2020 in den Fokus.

"Brl" kommt aus dem Altpolabischen – eine slawische Sprache, die bis etwa zum 12. Jahrhundert in Nordostdeutschland weit verbreitet, aber nie eine Schriftsprache war. Trotzdem sind einige Worte bis heute erhalten geblieben, in Städtenamen wie Berlin

beispielsweise. "Brl" steht für Sumpf oder Morast. Und richtig, Berlin ist auf sandigem Boden gebaut und der Grundwasserspiegel ist in vielen Bezirken hoch. Insbesondere in den Bereichen des Urstromtals wie im südlichen Mahlsdorf und Kaulsdorf, in Johannisthal, in Rudow, in der Rummelsburger Bucht, im Regierungsviertel, am Schloss Charlottenburg, in Siemensstadt und in Wittenau. Aufgrund der eiszeitlichen Landschaftsformung ist Berlin sehr gewässerreich.

Andererseits gehört die Region Berlin-Brandenburg zu den niederschlagsärmsten Gegenden Deutschlands. Dies wird sich im Klimawandel noch verschärfen. Es erscheint als eine etwas paradoxe Situation. Teils sumpfiger Boden durch hohes Grundwasser, viele Gewässer – und trotzdem haben Berlin und Brandenburg mit Wassermangel zu kämpfen. Ein Städtevergleich: München hat im langjährigen Jahresmittel 944 mm Niederschlag, Köln 839 mm, Hamburg 793 mm und Berlin 591 mm. Im Jahr 2018 waren es in Berlin sogar nur 312 mm Niederschlag, ein Allzeit-Negativrekord.

Das IGB-Team hat verschiedene Komponenten des Wasserhaushalts in Berlin in den Trockenjahren 2018 bis 2020 untersucht. Dabei betrachteten die Forschenden die Wasserflüsse von der Atmosphäre, der Vegetation, des Grundwassers, des Bodengewässers und der Oberflächengewässer in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung mittels stabiler Wasserisotope. Mit dieser Herangehensweise kann man den "Fingerabdruck" von Wasser, und damit dessen Herkunft, das Alter und den Verbleib in der Landschaft detailliert bestimmen.

Pflanzen spielen eine wichtige Rolle im Wasserkreislauf. In Berlin machen Grünflächen mit etwa 30 % einen bedeutenden Anteil der Stadtfläche aus. Das Team untersuchte, welche Art der Vegetation den Rückhalt von Wasser im Boden fördert und somit den Grundwasserspiegel stabilisiert. Bäume spielen dabei eine bedeutende Rolle für das Stadtklima – sie spenden Schatten, produzieren Sauerstoff und bringen im Sommer einen Kühlungseffekt, weil Wasser über die Blattflächen verdunstet. Wichtig ist, dass Verdunstung und Grundwasserneubildung in enger Wechselwirkung stehen. Große Bäume verdunsten oft mehr Wasser, daher der große Kühlungseffekt. Es steht aber weniger Wasser zur Grundwasserneubildung zur Verfügung. Das Forscherteam konnte zeigen, dass ein "Grünflächen-Mosaik" aus Sträuchern – die in Trockenzeiten das Wasser besser im Boden halten – und Bäumen am besten gegen extreme Trockenheit gewappnet ist.

In den Untersuchungen gaben große Bäume nämlich mehr Feuchtigkeit über die Blätter ab und zogen auch mehr Wasser aus den tiefen Bodenschichten, sodass Niederschlag dort kaum zur Neubildung von Grundwasser führte. Grünflächen mit Sträuchern gaben etwa 17 % weniger Feuchtigkeit durch Verdunstung über ihre Blätter an die Atmosphäre ab. Sie bezogen auch kein Wasser aus den tieferen Bodenschichten, da sie flacher wurzeln. Über Rasen verdunstete etwa die gleiche Menge Wasser wie bei Bäumen, trotz geringerer Wurzeltiefe und Blättermasse.

Außerdem zeigte sich, dass Berlins Grünflächen während Trockenzeiten einen geringen Austausch mit Oberflächengewässern und dem Grundwasser haben. "Grüne Wasserflüsse", wie Verdunstung, sind also die dominanten Komponenten der Wasserbilanz. Das muss bei einem nachhaltigen Management

beachtet werden, um zukünftig urbane Grünflächen zu erhalten und gleichzeitig Wasserressourcen zu schonen.

Aber wie wichtig ist das Grundwasser für diese Stadt? Die Berliner Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz (SenUVK) hat den Grundwasserstand immer im Blick – schließlich gilt es, sowohl wichtige Feuchtbiootope zu erhalten und gleichzeitig zu verhindern, dass es zu nassen Kellern und Grundbruch kommt. Außerdem wird das gesamte Wasser für die öffentliche Wasserversorgung und der größte Teil des Brauchwassers aus dem Grundwasser des Stadtgebietes gewonnen.

Auch die Flüsse Berlins speisen sich aus dem Grundwasser – aber vorwiegend im Winterhalbjahr, wie die IGB-Nachwuchsforscher herausgefunden haben. Die Wissenschaftler untersuchten im 220 km² großen Einzugsgebiet der Erpe die Rolle von Grundwasser, Niederschlag, geklärten Abwässern und städtischem Abfluss für die trockenen Jahre 2018 und 2019.

Im Winter vor allem durch Grundwasser gespeist, führt die Erpe in Trockenperioden im Sommer hauptsächlich geklärte Abwässer durch die Einleitungen der zwei kommunalen Kläranlagen. Wasser aus Niederschlägen und städtischen Wassereinträgen machen dann weniger als 10 % des Abflusses der Erpe aus, obwohl das Einzugsgebiet zu etwa 20 % städtisch ist. Der hohe Anteil an geklärtem Abwasser kann Auswirkungen auf die Umweltqualität und die Ökosystemleistungen haben und ist damit auch ein wichtiger Aspekt für die Behandlung von kommunalem Abwasser. Wenn gereinigte Abwässer in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden, können Spurenstoffe und Nährstoffe eingetragen werden. Dies beeinflusst die Gewässerqualität insbesondere, wenn gleichzeitig wenig "natürliches Wasser" ins Gewässer gelangt.

Die Panke ist nach Spree und Havel der drittlängste Fluss im Berliner Stadtgebiet. Der obere Teil des Einzugsgebiets wird zu rund 75 % von Grundwasser aus Kiesgrundwasserleitern gespeist. Bei starkem Regen ist dieser die Hauptquelle für das Wasser der Panke. Insgesamt macht das Wasser aus Niederschlägen allerdings nur 10 bis 15 % des jährlichen Wasserflusses aus. Flussabwärts wird die Panke von verschiedenen Nebenflüssen beeinflusst. Die Abwässer einer Kläranlage prägen jedoch mit 90 % den Wasserfluss im unteren Einzugsgebiet, wo die Auswirkungen der Verstädterung am stärksten sind. Die damit verbundene Zunahme der versiegelten Flächen flussabwärts verringert auch den relativen Beitrag des Grundwassers.

Die Europäische Kommission führte im letzten Jahr eine Konsultation zur Überarbeitung der EU-Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (UWWTD) durch. Der zunehmende Anteil von geklärten Abwässern in Oberflächengewässern durch Trockenheit und Versiegelung ist ein wichtiger Aspekt für die Anpassung dieser EU-Richtlinie.

Bei den drei großen Flüssen in Berlin – Spree, Dahme, Havel – ist weniger der Anteil an geklärtem Abwasser problematisch; sie haben mit anderen Herausforderungen zu kämpfen: Bevor die Flüsse im Stadtgebiet von Berlin ankommen, ist bereits viel Wasser verdunstet, wie Isotopenanalysen ergaben. Insbesondere mit Blick auf das Ende des Tagebaus in der Lausitz im oberen Einzugsgebiet der Spree und den Klimaänderungen wird es wichtig sein, den Wasserhaushalt der stromaufwärts gelegenen Einzugs-

gebiete mit einzubeziehen, um durch nachhaltige Nutzungsstrategien Wasserverluste zu minimieren und den Zufluss in der Spree nach Berlin aufrechtzuerhalten. Einfache Messprogramme mittels Isotopen können in Zukunft helfen, die Verdunstungsverluste auch über größere Gebiete hinweg besser zu quantifizieren.

Das Team betreibt auch ein Freiland-Observatorium im Demnitzer Mühlenfließ im Osten Brandenburgs. Im Dürrejahr 2018 fielen dort im Vergleich zum langjährigen Mittel 30 % weniger Niederschlag. In den beiden darauffolgenden, ebenfalls trockenen Jahren 2019 und 2020 waren es jeweils noch 10 bis 15 % weniger als die langjährigen Mittel. Auch in der ersten Jahreshälfte in 2021 regnete es noch zu wenig. Doch wie wirken sich solche Trockenphasen auf die Wasserressourcen aus? Und wie viel Niederschlag wäre nötig, um den Mangel auszugleichen? Die Messdaten zeigten, dass die Grundwasserneubildung zeitversetzt geschieht. So erreichte der Grundwasserspiegel erst im Jahr 2020 seinen tiefsten Wert nach dem Dürresommer 2018. Er lag mehr als 20 % – das heißt 40 cm – unter dem normalen Grundwasserstand. Auch heute, Anfang 2022, ist trotz der erhöhten Niederschläge der letzten Wochen, immer noch zu wenig Grundwasser vorhanden. Ähnlich ist es bei der Feuchte des Oberbodens: Die jüngsten Regenfälle haben nicht dazu geführt, dass die Böden genug Wasser aufnehmen konnten. Im Vergleich zum Mittel der letzten 13 Jahre fehlen noch etwa 15 %.

Die integrierten Messungen und Modellierungen zeigen, dass mindestens vier Jahre an durchschnittlichen Regenmengen nötig sind, also in dieser Region etwa 600 mm pro Jahr, damit sich die Grundwasserspiegel auf Vor-Dürre-Niveau erholen könnten, und ein Jahr, um die Bodenwasserspeicher wieder aufzufüllen. Zunehmende Extremereignisse wie Dürren erfordern daher sowohl in der Stadt als auch im Umland Strategien, die an die Wasserverfügbarkeit angepasst sind und die Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Klimawandel erhöhen.

Fachartikel:

Kuhlemann, L.-M., Tetzlaff, D., Soulsby, C. (2021): Spatio-temporal variations in stable isotopes in peri-urban catchments: A preliminary assessment of potential and challenges in assessing stream-flow sources, *Journal of Hydrology*, Vol. 600, 2021, 126685.

ISSN 0022-1694.

DOI: 10.1016/j.jhydrol.2021.126685

Weitere Informationen:

Forschungsgruppe Landschaftsökohydrologie, IGB
www.igb-berlin.de/tetzlaff

(aus: Pressemitteilung Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei vom 2. Februar 2022)

Die ökologischen Kosten der Wasserkraft – Fischsterben an Wasserkraftturbinen

Weltweit nimmt die Zahl der Wasserkraftanlagen rasant zu. Allein in Europa sind bereits 21.000 Anlagen in Betrieb, 8.500 weitere sind geplant. Doch wie wirkt sich das auf die Fischbestände in den betroffenen Flüssen aus? Um besser abzuschätzen, wie viele Tiere den Turbinen zum Opfer fallen und welche Unterschiede es zwischen Fischarten und Turbinentypen gibt, erstellten und analysierten Forschende des Leibniz-Instituts für Gewässerökologie

und Binnenfischerei (IGB) einen globalen Datensatz mit mehr als 275.000 einzelnen Fischen aus 75 Arten.

Die Mortalitätsbewertungen stammten von Feldversuchen an 122 Wasserkraftstandorten unterschiedlicher Größe in 15 Ländern weltweit. Zu den erfassten Turbinentypen zählen unter anderem Kaplan-, Francis- und Very-Lowhead-Turbinen mit sehr geringer Fallhöhe, aber auch archimedische Schrauben und Wasserräder. Die turbinenbedingte Fischsterblichkeit wird zwar schon länger untersucht, aber meist nur an einzelnen Standorten. Die neue Studie des IGB liefert nun erstmals eine globale Betrachtung und berücksichtigt dabei unterschiedlichste Fischarten und Turbinentypen. Das macht diesen Datensatz und dessen Auswertung so einzigartig und aussagekräftig.

Besonders von einer Schädigung gefährdet sind Fischarten mit ausgeprägtem Wanderverhalten wie Lachse, Störe oder Aale, die im Laufe ihres Lebenszyklus zwischen Flüssen und Meer hin- und herwandern und dabei Turbinen passieren müssen. Betroffen sind aber auch Populationen sogenannter potamodromer Fische – also Flussfischarten, die über lange Distanzen innerhalb der Flusssysteme wandern (z. B. Barbe oder Nase). Für wandernde Populationen sind vor allem die summierten Auswirkungen mehrerer Wasserkraftanlagen problematisch.

Bei der Analyse dieses globalen Datensatzes hat das Wissenschaftlerteam ein besonderes Augenmerk darauf gerichtet, die Unsicherheiten der einzelnen Studien bezüglich des Umgangs mit den Fischen und methodischer Unterschiede der Fischbestandsaufnahmen adäquat zu berücksichtigen, um die Belastbarkeit der festgestellten Mortalitätsraten zu gewährleisten. Das Ergebnis ist eindrucklich: Im Mittel erleidet jeder fünfte Fisch (22,3 %) beim Passieren einer Wasserkraftturbine tödliche Verletzungen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fisch beim Turbinendurchgang geschädigt wird, hängt unter anderem von seiner Größe, der Art, dem Lebensstadium und anderen biologischen Merkmalen ab. Je größer der Fisch, desto höher ist in der Regel sein Sterberisiko. Doch auch der Turbinentyp ist entscheidend: Langsam drehende Turbinen wie Very-Lowhead-Turbinen und Wasserräder sind im Vergleich zu den meisten konventionellen Turbinenarten weniger schädlich. Doch selbst bei konventionellen Turbinentypen zeigt die Analyse eine große Variabilität von Sterblichkeitsraten, was besonders interessant ist. Es gibt also durchaus Wasserkraftwerke mit Turbinenkonfigurationen, die zu geringeren Sterblichkeitsraten führen.

Den Goldstandard bilden Turbinen, die aufgrund technischer und betrieblicher Konfigurationen die Fischsterblichkeit reduzieren und zugleich in Kombination mit funktionierenden und modernen Fischauflauf- und Fischabstiegsanlagen die Tiere erfolgreich daran hindern, überhaupt in die Turbinen zu gelangen. Noch sind solche Anlagen allerdings die absolute Ausnahme. Die Entwicklung fischschonender bzw. die Anpassung herkömmlicher Turbinen sollte deshalb mit standardisierten, kontrollierten Methoden unter realistischen Feldbedingungen evaluiert werden, empfehlen die Forscher.

Sie betonen außerdem die Relevanz über die Grenzen Deutschlands und Europas hinaus: Angesichts des anhaltenden Wasserkraftbooms in besonders artenreichen, großen Flusssystemen sei

die weltweite Einführung eines Mindeststandards für den Fischschutz drängender denn je. Nur so ließe sich der Bedarf an erneuerbarer Energie mit dem Schutz der biologischen Vielfalt und der ökologischen Verbesserung von Flussökosystemen in Einklang bringen. Das Forscherteam weist außerdem ausdrücklich darauf hin, dass auch ausgesprochen fischschonende Anlagen negative Auswirkungen auf ganze Flussökosysteme haben, durch u. a. die Verhinderung des Sedimenttransports oder Eingriffe in das natürliche Abflussregime.

Datensätze wie dieser zur Fischmortalität klären über die ökologischen Kosten der Wasserkraft auf und tragen somit zu einer fundierten Abwägung bei. Schließlich erfordert eine Debatte über die tatsächlichen Auswirkungen von Wasserkraftanlagen auf die Populationsökologie von Fischen und den Erhalt der biologischen Vielfalt eine Berücksichtigung vertrauenswürdiger Daten zu den unterschiedlichsten Gefährdungsursachen.

Fachartikel:

Radinger, J., van Treeck, R., Wolter, C. (2022): Evident but context-dependent mortality of fish passing hydroelectric turbines. *Conservation Biology*, 1– 12.

DOI: 10.1111/cobi.13870

Weitere Informationen:

Abteilung Biologie der Fische, Fischerei und Aquakultur, IGB
www.igb-berlin.de/abt-4-biologie-der-fische-fischerei-und-aquakultur

(aus: Pressemitteilung Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei vom 31. Januar 2022)

Brandenburg

Moorschutz als praktischer Klimaschutz

Das Land Brandenburg erhält vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) Unterstützung, um damit in drei Pilotprojektgebieten die Umstellung auf moorerhaltende landwirtschaftliche Nutzung von Niedermoorflächen zu erproben. Gemeinsam mit den Landwirten vor Ort sollen dabei Lösungen für existenzsichernde und zugleich moorerhaltende Bewirtschaftungsformen gefunden werden.

Mit den Mitteln werden für ein zehnjähriges Pilotprojekt Versuchsflächen eingerichtet, um alternative Moornutzungen mit nasser Moorbewirtschaftung (Paludikulturen) für Grünland, Röhrichte und Anbaukulturen zu erproben. Nahe den Versuchsflächen im Rhinluch bei Kremmen entsteht zudem eine Beratungsstelle für die nachhaltige Moorbewirtschaftung und Vermarktung der Moorbio-masse. Wichtiger Forschungspartner in diesem Projekt ist das Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e. V. (ATB). Das ATB wird sich vor allem um die Entwicklung und den Probetrieb von Wertschöpfungsketten und Bewirtschaftungsverfahren kümmern.

Moorschutz ist praktischer Klimaschutz. Deshalb nimmt er eine wichtige Rolle im Klimaplan ein, den das Brandenburger Ministerium zurzeit erarbeitet. Nasse Moore binden enorme Mengen an Kohlenstoff und sind für das Erreichen der Klimaneutralität

unverzichtbar. Entwässerte Moore hingegen sind große Kohlendioxidquellen, die häufig mehr als 30 Tonnen CO₂-Äquivalente pro Hektar und Jahr ausstoßen. Es sollen daher diese Emissionen deutlich abgesenkt werden, um die Moore wieder zu natürlichen Treibhausgas-Senken zu entwickeln.

Das Rhinluch, mit seinen 16.000 Hektar eines der größten zusammenhängenden Mooregebiete in Brandenburg, ist dabei ein zentrales Pilotgebiet für die Einführung moorschonender Bewirtschaftung. Zwei weitere Projektgebiete befinden sich im Landkreis Oberhavel sowie in der Uckermark. Auch hier sollen Demonstrationsflächen eingerichtet werden, um die Landwirtschaft bei der Umstellung auf eine nasse Bewirtschaftung zu unterstützen. Die Flächen sollen weiter landwirtschaftlich genutzt werden – und zwar klimaschonend bei hohen Wasserständen. Gleichzeitig soll damit auch der Landschaftswasserhaushalt stabilisiert werden.

In Brandenburg wurden in der Vergangenheit zahlreiche Moorflächen zum Zwecke der landwirtschaftlichen Nutzung entwässert. Damit wurde nicht nur in den Wasserhaushalt eingegriffen, sondern auch große Mengen an CO₂-Emissionen freigesetzt. Die wichtigen Funktionen von Mooren als Kohlenstoff- und Wasserspeicher konnten nicht mehr erfüllt werden.

Nach zweijähriger Vorbereitungszeit wurden nun dem Landesamt für Umwelt als Projektträger vom BMUV 9,3 Mio. € bewilligt. Die drei Pilot- und Anschauungsprojekte sollen vielfältige Bewirtschaftungs- und Verwertungslösungen in die Praxis bringen, um weiteren landwirtschaftlichen Betrieben Hilfe bei der Umstellung zu geben. Die unterschiedlichen Projektmodule beinhalten die Erprobung und Einführung von standortangepasster Bewirtschaftungstechnik sowie von Verfahren für die Verwertung von Biomasse aus den Standorten, landwirtschaftliche Beratung und das Wassermanagement. Außerdem sollen die Projekte dabei helfen, die Akzeptanz bei möglichen weiteren Nutzern und in der Bevölkerung zu stärken.

Das Projekt bildet so einen wichtigen Baustein in dem großen Transformationsprozess zu einer klimaschonenden Landwirtschaft, hilft bei der Verringerung von Treibhausgasen und unterstützt die Stabilisierung des Landeswasserhaushalts.

Weitere Informationen:

Portal "Boden", Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz Brandenburg
mluk.brandenburg.de/mluk/de/umwelt/boden

(aus: Pressemitteilung Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg vom 23. Januar 2022)

Brandenburg

Anpassung der Wassermengenbewirtschaftung an die Klimaveränderungen

Selbst bei erfolgreicher Reduktion von Treibhausgasemissionen werden sich die Klimaveränderungen zukünftig weiter fortsetzen. Deshalb braucht es neben konsequentem Klimaschutz ebenfalls Anstrengungen und kluge Strategien zur Anpassung an die bereits jetzt spürbaren Folgen der Klima-

krise. Das Land Brandenburg überarbeitet deshalb seine Klimaanpassungsstrategie. Auch auf kommunaler Ebene spielt die Klimaanpassung mittlerweile eine große Rolle in der vorsorgenden Klimapolitik. Die Stadt Potsdam hat deshalb als eine der ersten Kommunen eine Starkregenkarte für das Stadtgebiet erarbeitet und hat diese am 6. Januar der Öffentlichkeit vorgestellt.

In der Klimaanpassungsstrategie des Landes Brandenburg sollen konkrete Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in den 14 einzelnen Handlungsfeldern aus sechs Ressorts identifiziert und vorangebracht werden. Die Maßnahmen umfassen Anpassungen im Umgang mit Wasser im Sinne eines nachhaltigen Wasserressourcenmanagements, die bauliche Vorsorge, Notfallpläne, gezielte Risikoverteilung, Etablierung von Frühwarnsystemen sowie einige weitere Punkte wie die kommunale Daseinsvorsorge. Das "Gesamtkonzept zur Anpassung an den Klimawandel im Politikfeld Wasser" wird dabei einen wichtigen Baustein für die Weiterentwicklung des Handlungsfeldes Wasser im Rahmen der ressortübergreifenden Strategieentwicklung darstellen.

Die Folgen der Klimaveränderungen werden immer deutlicher, nicht nur im Land Brandenburg. Die Flutkatastrophen in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz zeigten, dass es dringend einen effektiven Klimaschutz braucht. Es ist zu erwarten, dass Extremniederschläge in den nächsten Jahren zunehmen werden. Sie sind ein Aspekt der Klimaveränderungen, so wie auch Dürren, Niedrigwasserstände, Orkane und Tornados. Die Kosten für die Folgen der Klimakrise werden ohne Klimaschutz in Zukunft weiter steigen. Deshalb ist die Investition in Klimaschutz im Vergleich zu den Kosten für die Schäden deutlich geringer und sinnvoller. Zugleich braucht es mehr Klimaanpassung. Sie ist eine Querschnittsaufgabe und ein Kernziel des Landes Brandenburg. Bereits jetzt wird mit Hochdruck daran gearbeitet, die Wälder und die Landwirtschaft klimaresilient aufzustellen und den Wasserhaushalt im Land im Hinblick auf die zu erwartenden Herausforderungen mit Dürre und Niedrigwasser zu stabilisieren. Dabei ist neben einem sorgsamem Umgang mit Wasser, wie es im Landesniedrigwasserkonzept festgelegt ist, ebenso wichtig, Wasser in der Fläche zu halten. Waldumbau, Moorschutz und der Renaturierung von Flussläufen kommen hier Schlüsselfunktionen zu. Gemeinsam mit dem federführenden Gesundheitsministerium wird zukünftig außerdem ein Hitzeaktionsplan erarbeitet, um die Risiken für die Gesundheit und die Infrastruktur besser einschätzen und minimieren zu können. Für künftig auftretende Starkregenereignisse wird eine Richtlinie aufgelegt, mit der die Kommunen, in deren Zuständigkeit das Starkregenmanagement liegt, bei der Umsetzung von Maßnahmen unterstützt werden können. Die Stadt Potsdam,

neben weiteren Städten im Land, hat bereits Wege aufgezeigt, um mögliche Risikopunkte im Stadtgebiet im Hinblick auf Starkregen und Hitze zu identifizieren. Die kommende Bundesregierung hat außerdem angekündigt, mehr für die Klimaanpassung zu tun und die Kommunen umfänglich zu unterstützen. Das alles zeigt, dass das Thema den notwendigen Stellenwert einnimmt.

Das Thema Klimawandel muss zukünftig auch in der Stadtplanung der Landeshauptstadt Potsdam aktiver betrachtet werden. Mit der neu erstellen Stadtklimakarte ist ein Instrument geschaffen worden, welches im Abwägungsprozess der Bauleitplanung eine wichtige Rolle spielen soll. Insbesondere wird es bei Planungen immer wichtiger werden, gegen sommerliche Überhitzung im bebauten Stadtgebiet frischluftproduzierende Flächen und Frischluftleitbahnen, wie zum Beispiel die ausgedehnten Park- und Grünflächen, bis an dicht besiedelte Gebiete vorzuhalten. Aber auch Starkregenereignisse werden aufgrund des Klimawandels häufiger auftreten – hier gilt es, Leib und Leben sowie hohe Sachwerte zu schützen. Bei der Starkregenvorsorge ist daher auch ein hohes Maß an Eigenverantwortlichkeit gefragt. Als Landeshauptstadt hilft die Stadt Potsdam mit der Starkregengefahrenkarte nun allen Bürgerinnen und Bürgern, leicht zu erkennen, wo stärker gefährdete Bereiche sind, damit entsprechend Vorsorge getroffen werden kann.

Auch die bei der Maßnahme involvierten Vertreter des Deutschen Wetterdienstes (DWD) bestätigten die Notwendigkeit, sich künftig auf die Folgen der Klimaveränderungen einzustellen. Bei der erfolgten Vorstellung wurden Einblick in die Extremwetterereignisse aus der jüngeren und jüngsten Vergangenheit, die aus Sicht der Wissenschaft eindeutig auf die Klimaveränderungen zurückzuführen sind, dargelegt: Unter den gegenwärtigen Klimabedingungen ist es zu erwarten, dass ähnliche Ereignisse wie die extremen Niederschläge an der Ahr, meteorologische Dürren und Hitzewellen auch in Brandenburg auftreten können. Durch den Klimawandel sind derartige Ereignisse häufiger und intensiver geworden. Durch weitere Treibhausgasemissionen und den resultierenden weiteren Temperaturanstieg werden sich diese Trends verstärken.

Weitere Informationen:

Portal "Wassermengenbewirtschaftung", Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz Brandenburg
mluk.brandenburg.de/mluk/de/umwelt/wasser/wassermengenbewirtschaftung

(aus: Pressemitteilung Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg vom 6. Januar 2022)

Personen

Prof. Dr. Raimund Bleischwitz übernimmt wissenschaftliche Leitung des Leibniz-Zentrums für Marine Tropenforschung

Prof. Raimund Bleischwitz ist seit Jahresbeginn der wissenschaftliche Geschäftsführer des Leibniz-Zentrums für Marine Tropenforschung (ZMT) in Bremen. Der international renommierte Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler tritt die Nachfolge des Fischereibiologen Dr. Werner Ekau an, der die wissenschaftliche Leitung seit Juli 2020 kommissarisch ausübte. Prof. Bleischwitz kommt vom University College London (UCL), weltweit eine der Top-10-Universitäten. Dort hatte er die Professur für Nachhaltige Globale Ressourcen inne und war Direktor der Bartlett School of Environment, Energy and Resources. Eine Kooperationsprofessur in Bremen ist geplant.

Raimund Bleischwitz ist ein anerkannter Experte und Politikberater in den Bereichen Kreislaufwirtschaft, Rohstoffkonflikte, Öko-Innovation und Ressourcenpolitik. So ist er aktuell Mitglied einer Expertengruppe beim britischen Umweltministerium (DEFRA) und beriet die Europäische Kommission im Vorfeld des Circular Economy Pakets.

Prof. Bleischwitz forscht auf dem Gebiet der Produktivität natürlicher Ressourcen in Wirtschaft und Gesellschaft und beschäftigt sich mit den multidisziplinären Herausforderungen von Ressourcennutzung. Seine Arbeiten betonen sowohl die Interaktion zwischen Ressourcen und Ökosystemen ("Nexus") als auch die Chancen einer Ressourcenpolitik für Innovationen und verbesserte Lebensverhältnisse. Am Leibniz-Zentrum für Marine Tropenforschung (ZMT) möchte Bleischwitz die Forschung zum Thema "Blue Carbon" (Bindung von Kohlenstoff in Küsten- und Meeresökosystemen) vertiefen und einen Fokus auf das Wirtschaftsmodell der "Blue Economy" legen.

(aus: Online-Mitteilung Leibniz-Zentrum für Marine Tropenforschung vom 13. Januar 2022)

Leibniz-Preis 2022 für Prof. Dr. Almut Arneth, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Frau Prof. Arneth erhält den Leibniz-Preis 2022 für ihre herausragenden Forschungsarbeiten zu den Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen Landökosystemen und dem Klimawandel. Ihre Arbeiten haben erheblich zu einem besseren Verständnis dieser Abhängigkeiten beigetragen, denn zum einen wirken sich Klimaveränderungen auf Ökosysteme aus, zum anderen verändert die Landnutzung das regionale Klima. So konnte Prof. Arneth zeigen, dass terrestrische biogeochemische Klimarückkopplungen zusammengekommen eine ähnliche Größenordnung haben wie die Rückkopplungen im physikalischen Klimasystem. Sie nahm die erste globale prozessbasierte Bewertung der von Pflanzen an die Atmosphäre abgegebenen sogenannten Isopren-Emissionen vor und konnte nachweisen, dass diese sich mit der globalen Erwärmung und dem Anstieg des Kohlendioxidgehalts erheblich verändern würden. In jüngster Zeit erforschte Prof. Arneth die Rolle von Bränden und Landnutzungsänderungen als globale Kohlendioxidquellen. Mit ihren Forschungsarbeiten verknüpft sie die bisher nur lose verbundenen Bereiche der Biodiversität und der Klimawissenschaft.

Frau Prof. Arneth wurde 1998 an der Universität Lincoln in Neuseeland im Fach Umweltwissenschaften promoviert, bevor sie Emmy-Noether-Nachwuchsgruppenleiterin am Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena wurde. Nach einem weiteren Postdoc-Aufenthalt am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg wechselte sie im Jahr 2004 an die Universität Lund, wo sie im Jahr 2011 Professorin wurde. Seit dem Jahr 2012 ist sie Professorin am Institut für Meteorologie und Klimaforschung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und leitet dort die Arbeitsgruppe Modellierung Globaler Landökosysteme.

(aus: Newsletter der Deutschen Forschungsgemeinschaft vom 4. Januar 2022)

Deutsche Hydrologische Gesellschaft

18. Doktorandenworkshop zur hydrologischen Modellierung

Vom 26. bis 28. September 2022 findet nun schon zum 18. Mal der Doktorandenworkshop zur hydrologischen Modellierung (AG HYMOD) statt, der dieses Mal am Fachbereich Geographie der Philipps-Universität Marburg ausgetragen und von der Deutschen Hydrologischen Gesellschaft (DHG) finanziell unterstützt wird. Der Workshop richtet sich an junge Wissenschaftler aus unterschiedlichen Disziplinen, die ein Interesse an hydrologischen Methoden und Modellkonzepten zur Beantwortung wissenschaftlicher, hydrologischer Fragestellungen haben. Im Rahmen von thematisch zusammenhängenden Sessions und einem Rahmenprogramm steht der Austausch und die Kommunikation zwischen den Teilnehmern in ungezwungener Atmosphäre im Vordergrund. Organisiert wird der Workshop von Herrn Alexander Santowski und Frau Annika Feld, beides Doktoranden mit hydrologischem Hintergrund in der AG Soil and Water Ecosystems (SWEco), die von Prof. Peter Chiffard geleitet wird. Die Teilnahme am Workshop ist kostenfrei, die Zahl der Teilnehmenden ist begrenzt.

DHG-Forschungsstipendien für hydrologische Feldstudien

Hintergrund

Auch in diesem Jahr schreibt die DHG wieder mehrere Feldstipendien von bis zu 2.000 € für Nachwuchswissenschaftler aus, um sie bei innovativen hydrologischen Feldstudien zu unterstützen. Die Stipendien sollen dazu beitragen, Nachwuchswissenschaftler zu befähigen, eigenverantwortlich und auf hohem wissenschaftlichen Niveau Prozessverständnis für die hydrologische Grundlagenforschung oder für angewandte Forschungsfelder zu erlangen oder Pilotstudien für Projektanbahnungen durchzuführen. Die Stipendien werden einmal jährlich vergeben und sind für die volle Bandbreite der hydrologischen Prozessstudien vorgesehen.

Wer kann sich bewerben und was wird finanziert?

Unter Nachwuchswissenschaftlern fallen Doktoranden, Postdoktoranden und in Ausnahmefällen besonders engagierte M.Sc.-Studierende. Die Forschungsstipendien werden an Nachwuchswissenschaftler vergeben, welche im Rahmen der Arbeitskreise der DHG aktiv sein möchten. Das Stipendium kann für Reise- und Laborkosten ausgegeben werden; Gerätschaften können nur finanziert werden, wenn anderweitig kein Geld dafür zur Verfügung steht. Die Finanzierung von Kinderbetreuungskosten für die Zeit der Feldstudien erfolgt nur in Ausnahmefällen. Kongressreisen sind von der Finanzierung ausgeschlossen. Die nächste Deadline für eine Beantragung ist am 31. Mai 2022.

Ablauf und notwendige Unterlagen

Alle notwendigen Unterlagen müssen bis zum 31. Mai 2022 eingereicht werden. Verbindlich ist der elektronische Posteingang. Stipendienzusagen werden ca. 5 Wochen nach der Deadline versendet. Die Bewerbung sollte sich inhaltlich an einen der DHG-Arbeitskreise (www.dhydrog.de/dhg/arbeitskreise) anlehnen. Das Stipendium ist innerhalb von 12 Monaten nach der Benachrichtigung anzutreten, ansonsten verfällt der Anspruch. Die Bewerbungsunterlagen sind digital im Zeitraum 1. bis 31. Mai 2022 an die geschaeftsstelle@dhydrog.de einzureichen. Die Bewerbungsunterlagen umfassen eine Kurzfassung von 100 Wörtern für eine Erstveröffentlichung in der Zeitschrift "Hydrologie & Wasserbewirtschaftung, HyWa", eine Projektbeschreibung von max. 3 Seiten mit einer Beschreibung der wissenschaftlichen Zielsetzung, Feldstudienbeschreibung, inhaltlicher Link zu einem Arbeitskreis der DHG und der Erklärung der beantragten Kosten, ein maximal 2-seitiger Lebenslauf einschließlich Publikationsverzeichnis sowie ein kurzes (!) Gutachten einer betreuenden Person oder eines Hochschuldozenten. Der genannte Seitenumfang sollte nicht überschritten werden. Die Bewerber sollten im Vorfeld Kontakt zu einem der DHG-Arbeitskreise aufnehmen und ihr Vorhaben dort formlos ankündigen (www.dhydrog.de/dhg/arbeitskreise).

Ablauf und Kriterien der Begutachtung

Die Begutachtung der eingegangenen Anträge wird von einem Komitee vorgenommen, das vom Präsidium der Deutschen Hydrologischen Gesellschaft bestimmt wird und sich in der Regel aus zwei Mitgliedern des erweiterten Präsidiums und/oder den Leitenden der Arbeitskreise zusammensetzt. Folgende Kriterien gehen zu jeweils gleichen Teilen in die Begutachtung der Anträge ein: 1) wissenschaftliche Innovation, 2) klare Vorhabensbeschreibung und Durchführbarkeit, 3) Link zu einer DHG-Arbeitsgruppe und 4) Impact für den Karriereweg des Nachwuchswissenschaftlers.

Erfolgreicher Förderungsentscheid

Nach der Zusage und im Verlauf des Stipendiums wird erwartet, dass die Zuwendung der DHG in Artikeln, Konferenzen und Postern entsprechend angezeigt wird. Nach Abschluss des Stipendiums ist bei der DHG ein ca. 3-seitiger schriftlicher Bericht über das Feldstudium in der Geschäftsstelle einzureichen, welcher auf der Webseite der DHG, in der HyWa und über die DHG-News veröffentlicht werden darf. Des Weiteren sind alle Belege der entstandenen Kosten nach Abschluss der Feldreise der Geschäftsstelle vorzulegen.

Bei Fragen zu der Ausschreibung kontaktieren Sie bitte: Prof. Peter Chiffard, Philipps-Universität Marburg, Mitglied des geschäftsführenden Präsidiums der DHG (peter.chiffard@geo.uni-marburg.de).

*Prof. Peter Chiffard
Philipps-Universität Marburg,
Mitglied des geschäftsführenden Präsidiums der DHG*

Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften

in der DWA (FgHW)

Die Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaft feiert ihren 20sten Geburtstag

Der 21. Juni 2002 ist das offizielle Gründungsdatum der Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften (FgHW) in der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA). Auf der 78. Vorstandssitzung der früheren Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ATV-DVWK) wurde der einstimmige Beschluss gefasst, die FgHW zu gründen und sie auf eine solide finanzielle Basis zu stellen. Anlässlich des Tags der Hydrologie am 21./22. März 2002 in Suderburg waren bereits die Aufgaben mit dem Hauptausschuss Hydrologie und Wasserbewirtschaftung der ATV-DVWK, vertreten durch Prof. Dr. Uwe Grünewald (damals TU Cottbus), abgestimmt worden. Dort wurden auch der erste Leiter der Fachgemeinschaft, Prof. Dr.-Ing. Hans-B. Kleeberg (Uni der Bundeswehr München), und sein Stellvertreter, Dr.-Ing. Markus Disse (damals Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz), gewählt. Die erste Mitgliederversammlung der Fachgemeinschaft fand am 22. März 2003 in Freiburg statt. Sie wählte dort einen Beirat als leitungsunterstützendes Gremium.

Ein Hauptanliegen der Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften war und ist es, die vorhandenen, reichhaltigen Sichtweisen zur Hydrologie zusammenzuführen. Es ist deshalb ein besonderes Anliegen der FgHW, Ingenieure, Geohydrologen, Ökologen, Geophysiker, Geographen, Limnologen und Kollegen weiterer verwandter Gebiete zum Gedankenaustausch und zur Zusammenarbeit in der Fachgemeinschaft zu bewegen. Mit der Anbindung der Fachgemeinschaft an die DWA (ehemals ATV-DVWK) soll die Verbindung von Wissenschaft und Praxis und insbesondere das enge Verhältnis zum Hauptausschuss Hydrologie und Wasserbewirtschaftung unterstrichen werden.

Die weiteren konkreten Ziele der FgHW sind und waren der Austausch von Erkenntnissen zwischen Wissenschaft, Verwaltung und Anwendung, die Bündelung von Aktivitäten für große gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in sowohl quantitativer als auch qualitativer Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, die Erhöhung des Stellenwerts der Hydrologie in der Praxis, die Pflege der Öffentlichkeitsarbeit, die Förderung der Lehre und Ausbildung sowie die Motivierung zur Selbstverwaltung bzw. aktiven Mitarbeit.

Die Leitung der FgHW erfreute sich in den vergangenen 20 Jahren einer großen fachlichen Kontinuität: Der Gründungsvater Prof. Kleeberg (Uni der Bundeswehr München) gab den Staffelstab an Prof. Nacken (RWTH Aachen) weiter, dieser wiederum an Prof. Disse (TU München). Seit dem 1. Januar 2022 leitet Prof. Jüpner (TU Kaiserslautern) die Geschicke der Fachgemeinschaft.

Was ist seit der Gründung vor 20 Jahren geschehen? Unbestritten ist, dass die Hydrologie als Wissenschaft einen enormen Aufschwung und eine große Anerkennung gefunden hat. Die Hydrologie ist DIE Querschnittsdisziplin, die die verschiedenen Wechselwirkungen des Wassers analysiert und Lösungen zu unseren drängenden wasserwirtschaftlichen Problemen

bereitzustellen hilft. Die verschiedensten Umweltprobleme, die existentielle Bedrohung durch den Klimawandel und das Bevölkerungswachstum haben sicherlich auch dazu beigetragen, dass das Fach Hydrologie inzwischen in der Öffentlichkeit deutlich stärker wahrgenommen wird.

Ich halte es nach wie vor für sinnvoll und angemessen, die FgHW in der DWA zu verankern, damit durch wissenschaftlich fundierte Lösungen zur Bewältigung von Problemen in der Praxis beigetragen werden kann. Diese Verzahnung von Wissenschaft und Praxis hat die FgHW durch zahlreiche Seminare und Veranstaltungen, die sie in Eigenregie und zu preiswerten Konditionen durchführt, unter Beweis gestellt. Häufig war bei diesen Fortbildungsveranstaltungen auch das entsprechende Merkblatt der DWA, das von den Arbeitsgruppen des Hauptausschusses Hydrologie und Wasserbewirtschaftung erarbeitet wurde, im Veranstaltungspreis für die Teilnehmenden enthalten.

Weiterhin war und ist die FgHW Ausrichter bzw. Mitausrichter des jährlich stattfindenden Tags der Hydrologie, an dem die deutschsprachige Wissenschaft zum Erfahrungs- und Wissensaustausch zusammenkommt. Die Publikationstätigkeit der FgHW manifestiert sich in 65 Hydrobriefen (die inzwischen vom FgHW-Newsletter abgelöst worden sind) und 42 Bänden unserer Schriftenreihe Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung sowie in regelmäßigen Veröffentlichungen in den Zeitschriften Korrespondenz Wasserwirtschaft (KW) und Hydrologie und Wasserbewirtschaftung (HyWa) (siehe <https://de.dwa.de/de/publikationen-7094.html>).

Seit dem Jahr 2020 vergibt die FgHW regelmäßig den Siegfried-Dyck-Preis. Dieser Preis ist getreu der Philosophie der Fachgemeinschaft ein "Wissens-Transfer-Preis", der Professor Siegfried Dyck für sein Lebenswerk und zum Gedenken an seine Leistungen für die Hydrologie gewidmet ist. Mit dem Siegfried-Dyck-Preis werden herausragende Arbeiten in Forschung und Lehre gewürdigt, durch die nachweislich besondere Beiträge zur Weiterentwicklung oder Anwendung hydrologischer Methoden und Verfahren in der Praxis geleistet werden. Der Preis ist mit 2.500 € dotiert.

Was wünsche ich der FgHW zum 20-jährigen Jubiläum? Natürlich weiterhin gutes Gelingen und eine hohe praktische wie wissenschaftliche Akzeptanz ihrer Arbeit! Mit der im Jahre 2011 neu gegründeten Deutschen Hydrologischen Gesellschaft (DHG) besitzt Deutschland nun zwei hydrologische Fachvereinigungen. Man mag darin den hohen Wirkungsgrad der deutschen Hydrologie erkennen. Allerdings ist meiner Meinung nach die hydrologische Community dann doch nicht mit so vielen aktiven Mitgliedern ausgestattet, dass sich beide Verbände ohne Anstrengungen behaupten können. Ich denke, dass sich durch Bündelung der Kräfte deutliche Synergien entfalten könnten – sei es durch eine Fusion der Fachverbände oder durch eine (noch) bessere Aufteilung der Aufgaben. Die Hydrologie steht vor gewaltigen Herausforderungen – gemeinsam werden wir sie meistern können!

Markus Disse, TUM,
Lehrstuhl für Hydrologie und Flussgebietsmanagement

Diesjähriger Siegfried-Dyck-Preis geht an Dr. Thomas Einfalt

Durch den Siegfried-Dyck-Preis der Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften (FgHW) werden herausragende Persönlichkeiten ausgezeichnet, die sich um den Wissenstransfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis verdient gemacht haben. Unter mehreren sehr interessanten eingereichten Bewerbungen konnte sich Herr Dr. Thomas Einfalt, Geschäftsführer des Ingenieurbüros hydro & meteo GmbH in Lübeck, durchsetzen. Die Entscheidung der Jury ist zwar hochverdient, aber dennoch knapp ausgefallen. Sie empfiehlt daher weiteren Bewerbern, sich in der nächsten Runde erneut zu beteiligen.

Das von Dr. Einfalt entwickelte Produkt HydroNET-SCOUT ist eine Radar-Ereignisdatenbank, die als webbasiertes Werkzeug die Radarniederschlagsdaten für Deutschland mit einem Zeitschritt von 5 Minuten und einem Raster von 1 x 1 km für die Wasserwirtschaftsjahre 2001 bis 2020 bereitstellt. Die Auswahl von Ereignissen erfolgt nach einem speziell entwickelten Suchalgorithmus, welcher den Datensatz nach räumlich und zeitlich unabhängigen Niederschlagsereignissen durchsucht. Damit kann nach Ereignissen verschiedener Dauerstufen oberhalb auswählbarer Grenzwerte und für verschiedene Flächengrößen in verschiedenen Suhräumen gesucht werden. Die Daten selbst können als Zeitreihen je Rasterpunkt wählbarer Größe (1 x 1 km; 3 x 3 km; 5 x 5 km; 7 x 7 km; 9 x 9 km; 11 x 11 km) als Grafik und im CSV- oder UVF-Format heruntergeladen und weiterverwendet werden. Alternativ stehen die Daten auch im HDF5- oder ArcGIS-GRID-Format zur Verfügung.

Als Zusatzfunktion bietet HydroNET die Möglichkeit, ein ausgewähltes Ereignis über einen Ort eigener Wahl zu verschieben und entsprechend für diesen Ort auszugeben. Im Hinblick auf das Risikomanagement und andere Fragestellungen sind damit Szenarien möglich, bei denen von einem hypothetischen Eintreffen eines solchen Starkregens an einem beliebigen Ort ausgegangen wird. Mit ihren Funktionen bietet die Ereignisdatenbank die Grundlage für innovative Lösungen und Recherchen, neben dem Risikomanagement auf dem Gebiet der Extremwertanalyse oder auch vereinfachten Datenbereitstellung. Die Übergabe des Preises fand im Rahmen des Tags der Hydrologie, am 23. März 2022 in Garching bei München statt. Wir gratulieren Herrn Dr. Einfalt zu seinem Preis sehr herzlich!

Markus Disse, TUM,

Lehrstuhl für Hydrologie und Flussgebietsmanagement

16./17. Mai 2022 – HKC Fachtagung "Extreme nehmen zu – wie handeln?" und "Hochwasser-Olympiade" in Köln

Das HochwasserKompetenzCentrum feiert in diesem Jahr seinen 15. Geburtstag. Wir wollen mit Ihnen am 16. Mai in Köln mit einer Fachtagung das Thema "Extreme nehmen zu – wie handeln?" diskutieren. Dabei werden wir auch das Forschungsprojekt KAHR des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) "Wissenschaftliche Begleitung der Wiederaufbauprozesse nach der Flutkatastrophe in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen: Impulse für Resilienz und Klimaanpassung" mit in den Fokus nehmen. Am Abend feiern wir den HKC-Geburtstag.

Auf der Hochwasser-Olympiade am 17. Mai auf dem Chlodwigplatz in Köln werden mobile Hochwasserschutzsysteme aufgebaut. Sie können dies in einer Mannschaft selbst tun oder auch nur zuschauen. Auf alle Fälle bekommen Sie die Gelegenheit, die mobilen Hochwasserschutzsysteme in Aktion kennenzulernen. Der HKC-Geburtstag wird von einem virtuellen Spendenlauf vom 1. bis 5. Juni 2022 für die vom Hochwasser betroffenen Menschen der Juli-Flut 2021 begleitet. Es besteht die Möglichkeit, sich auch dafür anzumelden (Anmeldung: www.hkc-online.de).

23. Juni 2022, 13. Forum Hochwasserrisikomanagement in Jena mit Studentischem Forum am 22. Juni 2022

Das Forum Hochwasserrisikomanagement der Länder Rheinland-Pfalz, Bayern, Sachsen und Thüringen findet in diesem Jahr – nun endlich nach Verschiebungen in den Vorjahren – in der Stadt Jena statt. Fachliche Schwerpunkte sind Aspekte des Hochwasserrisikomanagements: "Hochwasser 2021 – hydrologische und hydraulische Aspekte", "Hochwasserrisikokommunikation" und "Operativer Hochwasserschutz".

Am Vortag des Forums, am 22. Juni 2022, findet das studentische Forum statt. Hier werden neben Bachelor-, Master und Diplomarbeiten auch ausgewählte Studienprojekte vorgestellt. Die FgHW übernimmt für bis zu 20 Studierende die Reisekosten und den Teilnahmebeitrag für das Forum Hochwasserrisikomanagement am Folgetag. Bewerbungen für diese Kostenübernahme richten Sie bitte über die Organisatoren der TU Kaiserslautern an die FgHW. Die Übernahme von Reisekosten ist an die Mitgestaltung des Studentischen Forums gebunden. Es muss dafür ein Vortrag gehalten oder ein Posterbeitrag vorgestellt werden. Näheres erfahren Sie auch auf den Seiten der FgHW (www.fghw.de) unter "Aktuelles".

FgHW-Kalender 2022 "Hydrologie von oben" – Erinnerung: Ihre Beiträge sind gefragt!

Die Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften (FgHW) möchte auch im Jahr 2023 ihre Mitglieder mit ihrem traditionellen Wandkalender durch das Jahr begleiten. Wie im letzten Jahr steht der Kalender unter dem Motto "von Mitgliedern für Mitglieder". Als Leser sind Sie herzlich aufgefordert, uns Ihre beeindruckenden Bilder zum Thema "Hydrologie von oben" zur Verfügung zu stellen. Alle hydrologischen Themen, von der Messung und Erhebung bis zur Steuerung und Dokumentation, sind herzlich willkommen. Oft zeigen gerade Bilder aus "luftiger Höhe" (von Multikoptern oder von Anhöhen, Türmen, hohen Gebäuden etc.) die Arbeitsfelder und die Forschungsgegenstände der Hydrologie besonders eindrucksvoll auf. Wir freuen uns auf Ihre Bildbeiträge mit entsprechenden Erläuterungen.

Als besonderen Anreiz belohnt die FgHW in diesem Jahr jedes in den Kalender aufgenommene Bild mit einem Gutschein über eine Veröffentlichung aus der DWA-Schriftenreihe Ihrer Wahl!

*Prof. Dr. Robert Jüpner,
Prof. Dr. Konrad Miegel,
Dipl.-Geogr. Dirk Barion*

Neue Publikationen

Arbeitskreis KLIWA (Hrsg.) (2021): Klimawandel in Süddeutschland – Veränderungen von meteorologischen und hydrologischen Kenngrößen. Klimamonitoring im Rahmen der Kooperation KLIWA: Monitoringbericht 2021. 78 Seiten.
Download: www.kliwa.de/publikationen-monitoringberichte.htm

Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2021): Wie der Untergrund unser Grundwasser bestimmt – Informationen zu den Grundwasserlandschaften in Bayern. Broschüre, 20 Seiten.
Download: www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_was_00314.htm

Brumme, D. (2021): Einflüsse und Auswirkungen von Lenkbuhnen auf die hydromorphologischen Prozesse einer beweglichen Gewässersohle – Eine numerische Analyse. 226 Seiten, Shaker Verlag.
ISBN: 978-3-8440-8361-3

Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) (Hrsg.) (2021): Internationaler Hochwasserrisikomanagementplan für die Flussgebietseinheit Elbe – Teil A: Aktualisierung 2021 für den Zeitraum 2022 – 2027. 123 Seiten.
Download: www.ikse-mkol.org/publikationen/hochwasserschutz/1

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) (Hrsg.) (2022): Rhein 2040. Broschüre, 7 Seiten.
Download: www.iksr.org/de/oeffentliches/dokumente/archiv/broschueren

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) (Hrsg.) (2021): Entwicklung des Hochwasserrisikos im Zeitraum 2015-2030 unter Berücksichtigung nationaler Managementmaßnahmen – Synthesebericht. Fachbericht 283, 49 Seiten.
Download: www.iksr.org/de/oeffentliches/dokumente/archiv/fachberichte

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) (Hrsg.) (2021): Chloridbericht – Konzentrationen und Einleiter im Überblick 2018. Fachbericht 286, 20 Seiten.
Download: www.iksr.org/de/oeffentliches/dokumente/archiv/fachberichte

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) (Hrsg.) (2021): Analyse des Schiffsverkehrs auf dem nordrhein-westfälischen Niederrhein in den Jahren 2018-2020 für das EU-Life-Projekt "CLINSH". Fachbericht 122, 57 Seiten.
Download: www.lanuv.nrw.de/landesamt/veroeffentlichungen/publikationen/fachberichte

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes Brandenburg (2021) (Hrsg.): Niedrigwasser 2018 und 2019 in den Flussgebieten Schwarze Elster, Spree und Lausitzer Neiße – Eine länderübergreifende Auswertung. Gemeinschaftsarbeit der Länder Berlin, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg.
Download: <https://lfu.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/Lfu-Niedrigwasserbericht2021.pdf>

Patt, H., Speerli, J., Gonsowski, P. (2021): Wasserbau – Grundlagen, Gestaltung von wasserbaulichen Bauwerken und Anlagen. 8. Auflage, 477 Seiten, Verlag Springer Vieweg.
ISBN: 978-3-658-30551-2.

Pfister, C., Wanner, H. (2021): Klima und Gesellschaft in Europa – Die letzten tausend Jahre. 1. Auflage 2021, 400 Seiten, Verlag Haupt.
ISBN-13: 9783258081823

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.) (2021): Bodenfunktionen in der Schwammstadt. Broschüre, 44 Seiten.
Download: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/38911>

Tockner, K., Zarfl, C., Robinson, C. (Eds.) (2021): Rivers of Europe. 2nd Edition, 942 p., Verlag Elsevier.
ISBN: 9780081026120

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2021): Analyse und strategische Weiterentwicklung der Berichtsprozesse im nationalen und europäischen Gewässerschutz. Autoren: Rudolf, H., Opitz, J., Koppenhagen, I., Zschiesche, M., Hantsche, L.; Texte 172/2021, 138 Seiten, Verlag Umweltbundesamt.
Download: www.umweltbundesamt.de/unter/publikationen

Umweltbundesamt (Hrsg.) (2021): Niedrigwasser, Dürre und Grundwasserneubildung – Bestandsaufnahme zur gegenwärtigen Situation in Deutschland, den Klimaprojektionen und den existierenden Maßnahmen und Strategien. Autoren: Riedel, T., Nolte, C., aus der Beek, T., Liedtke, J., Sures, B., Grabner, D.; Texte 174/2021, 310 Seiten, Verlag Umweltbundesamt.
Download: www.umweltbundesamt.de/unter/publikationen

Termine

Die folgenden Ankündigungen entsprechen dem Wissensstand zum Redaktionsschluss am 28.02.2022.

45. Dresdner Wasserbaukolloquium 2022

14./15. Juni 2022 in Dresden

Webseite: <https://wasserbaukolloquium.de/2022>

RRC Annual Conference 2022

Hybrid-Veranstaltung

28./29. Juni 2022 in Warwickshire (England)

Webseite: www.therrc.co.uk/rrc-annual-conference-2022

PAGES Agadir 2022 – 6th Open Science Meeting

16. bis 20. Mai 2022

Online-Veranstaltung

Webseite: www.pages-osm.org

Wasser 2022 – Jahrestagung der Wasserchemischen Gesellschaft

23. bis 25. Mai 2022 in Wiesbaden

Webseite: www.wasserchemische-gesellschaft.de/termine

EGU General Assembly 2022

23. bis 27. Mai 2022 in Wien (Österreich)

Hybrid-Veranstaltung

Webseite: www.egu22.eu

ICOLD 27th Congress – 90th Annual Meeting

27. Mai bis 3. Juni 2022 in Marseille (Frankreich)

Webseite: www.cigb-icold2022.fr/

World Canals Conference 2022

30. Mai bis 3. Juni 2022 in Leipzig

Webseite: www.wccleipzig2022.com

12th Water Research Horizon Conference

21./22. Juni 2022 in Essen

Webseite: www.water-research-horizon.de

13. Forum Hochwasserrisikomanagement

23. Juni 2022 in Jena

Webseite: www.bauing.uni-kl.de/fww/veranstaltungen/13-forum-hwrm-23062022

4th International Conference of I.S. Rivers

4. bis 8. Juli 2022 in Lyon (Frankreich)

Webseite: www.isrivers.org

36th Congress of the International Society of Limnology (SIL)

7. bis 10. August 2022 in Berlin

Webseite: www.sil2022.org

Quellen – die vergessenen Lebensräume

8. September 2022 in Basel (Schweiz)

Webseite: <https://scnat.ch/de/events> unter "Aktuell"

Jahrestagung Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL)

19. bis 23. September 2022 in Konstanz

Webseite: www.dgl-ev.de/veranstaltungen/jahrestagungen-dgl

23. Gewässermorphologisches Kolloquium

2./3. November 2022 in Koblenz

Webseite: www.bafg.de unter "Wissen/Veranstaltungen"

4. Bochumer Hydrometrie-Kolloquium

22./23. Februar 2023 in Bochum

Webseite: www.hochschule-bochum.de/fbb/einrichtungen-im-fachbereich/labore/labor-fuer-wasserbau unter "Veranstaltungen"

Tag der Hydrologie 2023

22./23. März 2023 in Bochum

Webseite: www.hochschule-bochum.de/fbb/einrichtungen-im-fachbereich/labore/labor-fuer-wasserbau unter "Veranstaltungen"

Erläuterung zur Titelseite

Abflussbildungsprozesse, Grundwasserneubildung und Basisabfluss

Die Abflussbildungsprozesse steuern neben der direkten Abflussreaktion im Gerinne auch die Grundwasserneubildung: In Abhängigkeit von der Intensität und Menge des Niederschlags (N) und der Infiltrationskapazität des Bodens wird ein Teil des Niederschlags lateral als Oberflächenabfluss (OA) abgeführt, während das restliche Wasser in den Boden infiltrieren kann. Infiltriertes Wasser kann schnell über präferenzielle Fließwege oder vergleichsweise langsam über die Bodenmatrix weiter in die Tiefe sickern. Im Übergangsbereich zwischen Boden und geologischem Untergrund findet in Abhängigkeit vom Gefälle, der lateralen Durchlässigkeit im Übergangsbereich und der vertikalen Durchlässigkeit des geologischen Untergrundes eine Aufteilung des Sickerwassers in Zwischenabfluss (ZA) und Grundwasserneubildung (GWN) statt.

Diese Prozesse sind auf der linken Seite der Abbildung für ein Gebiet mit geringer Durchlässigkeit des Untergrundes (oben) und für ein Gebiet mit hoher Durchlässigkeit des Untergrundes (unten) dargestellt. Außerdem ist dargestellt, wie typischerweise ein verteiltes hydrologisches Modell die Prozesse für einen Landschaftsausschnitt (rote Box) eindimensional konzeptualisiert und die Aufteilung des Niederschlags in die Abflussbildungsprozesse berechnet.

Auf der rechten Seite der Abbildung sind für einen gegebenen Niederschlag die zeitliche Dynamik der Abflussbildungsprozesse und des resultierenden Abflusses im Gerinne mit den entsprechenden Abflussanteilen schematisch dargestellt. Entsprechend der Fließwege des Wassers sind die Fließzeiten ins nächste Gewässer sehr unterschiedlich. Oberflächenabfluss kann schon in Minuten bis Stunden den Vorfluter erreichen. Zwischenabfluss

benötigt Stunden bis Tage für den Weg zum Gewässer. Das Niederschlagswasser, das bis zum Grundwasser sickert, benötigt in der Regel Tage bis Monate oder Jahre, bis es als Grundwasserabfluss (GWA) ins Gewässer gelangt.

Andreas Steinbrich, Hannes Leistert, Markus Weiler
Professur für Hydrologie,
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Michael Stoezel
Professur für Umwelthydrosysteme,
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

