

## Newsletter 2/2021

AUS DEM INHALT

### WISSENSSTAND

Editorial	2
Transnationaler Zugang: TERENO-Standorte offen für Forschende aus der EU	2
Interview mit Hank Loescher	3
OZCAR-TERENO-Konferenz	4
Wie Landwirte von Fernerkundungsdaten profitieren	5
Sensoren von Satelliten besser validieren	6
Kleingewässer stark mit Pestiziden belastet	6

### NETZWERKE

Einzigartiger Datensatz zum Insektenbestand	7
Strahlungsflüsse besser verstehen	7
Klimasignale aus Seesedimenten erkennen und deuten	8
Regionaler Klimawandel: die Rolle von Land- und Wassernutzung	8

### VOR ORT

Nährstoffeinträge – hochauflösende Zeitreihen liefern neue Erkenntnisse	9
Wie Trockenheit und Wärme die Stickstoffbilanz verändern	9
Ändert sich der Wald, ändert sich der Wasserhaushalt	10
Genauere Prognosen dank Cosmic-Ray-Neutron-Sensing	10

### IM BLICKPUNKT

Noch tiefer blicken	11
Was passiert nach Extremereignissen?	11

In mehr als 80 Prozent der Gewässer werden die Grenzwerte für Pestizide überschritten. Das ergab ein bundesweites Monitoringprogramm, an dem auch TERENO-Standorte beteiligt waren (Seite 6).

© UFZ / André Künzelmann

## Vergleichen und Verbinden

Forschungsinfrastrukturen wie TERENO sind Plattformen, die es Forschenden überhaupt erst ermöglichen, wichtige wissenschaftliche Fragen zu untersuchen. Um Unterschiede und Gemeinsamkeiten etwa beim regionalen Klimawandel festzustellen, ist es wichtig, Standorte zu vergleichen, anderen Forschenden einen unkomplizierten Zugang zu ermöglichen und eng mit anderen Infrastrukturen zusammenzuarbeiten.



200 JAHRE HELMHOLTZ  
Inspired by challenges.



HELMHOLTZ  
| GEMEINSCHAFT



© UFZ / André Künzelmann

TERENO-Standort im Projekt eLTER PLUS: das Waldgebiet Hohes Holz im Einzugsgebiet der Bode

## TRANSNATIONALER ZUGANG: TERENO-STANDORTE OFFEN FÜR FORSCHENDE AUS DER EU

Um den wissenschaftlichen Fortschritt zu beschleunigen, sollen europäische Forscherinnen und Forscher unkompliziert Zugang zu den besten Forschungsinfrastrukturen in der EU haben. Die EU fördert das über spezielle Programme, die sogenannten INFRAIA-Projekte. Auch TERENO beteiligt sich seit Jahren an solchen Projekten.

„Derzeit sind wir mit TERENO Partner in dem eLTER Advanced Community Projekt eLTER PLUS, das die EU seit 2020 für fünf Jahre fördert. Sechs TERENO-Standorte stehen Interessenten offen. Dort können – finanziert über das Projekt – Biodiversität, Biogeochemie, Hydrologie oder Sozioökonomie erforscht werden“, sagt Dr. Steffen Zacharias vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Zwei Arten von Förderung stehen zur Verfügung: der transnationale Zugang (Transnational Access – TA) und der Fernzugang (Remote Access – RA). Mit Hilfe von TA können Nutzer ihre eigenen Forschungen, Messungen und Experimente vor Ort durchführen. RA ermöglicht es, Messungen und Experimente zu definieren, die dann an den Standorten von lokalem Personal durchgeführt werden.

Die sechs TERENO-Standorte – Harz, Siptenfelde, Bode-Einzugsgebiet, Wüstebach, Rollesbroich und Selhausen – sind mit modernsten Instrumenten ausgestattet und repräsentieren typische mitteleuropäische Klima- und Landschaftsverhältnisse. Forschende können alle sechs Standorte sowohl für TA- als auch für RA-Projekte nutzen. Projekte können dabei auch an mehreren Standorten durchgeführt werden.

„Mit der TA- und RA-Förderung ermöglichen wir europäischen Forschenden einen einfachen Zugang zu TERENO-Standorten, wobei

von dieser Förderung gerade auch Wissenschaftler profitieren können, die nicht direkt am eLTER PLUS-Projekt beteiligt sind“, erläutert Zacharias. Die Förderung können sowohl Gruppen als auch Einzelpersonen beantragen. Die Vergabe erfolgt nach einer Evaluation der Anträge.

### Ein effektiver Weg

Aus Sicht von Steffen Zacharias hat sich diese Förderung bereits jetzt ausgezahlt. „Diese Art der Forschungsfinanzierung hat sich als ein sehr effektiver Weg erwiesen, die TERENO-Infrastruktur für externe Forschende zu öffnen. Das zeigen die zahlreichen TA- und RA-Projekte, die bereits realisiert wurden.“ So untersuchten Forschende zum Beispiel die Bodenqualität mithilfe bildgebender Spektroskopie aus der Luft, validierten Ansätze zur Kalibrierung von Bodenfeuchtemessungen mittels Cosmic-Ray-Neutron-Sensing und bestimmten optische Eigenschaften von gelösten organischen Stoffen in einem Wassereinzugsgebiet, das von Abholzung betroffen war. „Durch alle diese Projekte werden Daten generiert, die anschließend offen zugänglich gemacht werden und damit die Wissenschaft voranbringen“, betont der UFZ-Forscher.

► **TA- und RA-Förderung durch eLTER PLUS**

## EDITORIAL

### Vom politischen Willen zu konkreten Maßnahmen



© FZ Jülich / Ralf-Uwe Limbach

Klimaneutralität ist der einzige Weg, um den Klimawandel abzubremesen. Es ist gut, dass sich fast alle Mitgliedsstaaten auf der Weltklimakonferenz im November dazu bekannt haben, in wenigen Jahrzehnten diese Klimaneutralität zu erreichen. Es ist auch gut, dass in Deutschland die neue Bundesregierung ihre Klima-, Energie- und Wirtschaftspolitik auf den 1,5-Grad-Pfad ausrichten will. Jetzt wird es darum gehen, dass auf die Erklärung des politischen Willens auch konkrete Maßnahmen folgen.

Derweil ist die Wissenschaft weiterhin gefragt, die Prozesse hinter dem Klimawandel aufzudecken, die künftige Entwicklung abzuschätzen und Anpassungsmaßnahmen vorzuschlagen. TERENO und seine Standorte beteiligen sich auf verschiedene Weise an diesen Aufgaben. Neben den zahlreichen Forschungsvorhaben, in denen wir unter anderem Wasser- und Stoffkreisläufe, Extremereignisse, Langzeittrends sowie die Biodiversität untersuchen, entwickeln wir beispielsweise gemeinsam mit Projektpartnern Entscheidungshilfen für die Landwirtschaft. So werden im Projekt AgriSens DEMMIN 4.0 mithilfe modernster Methoden Daten zur Verfügung gestellt, die Landwirten helfen, sich an den Klimawandel anzupassen und zu entscheiden, wann etwa Düngung oder Bewässerung notwendig sind (siehe Seite 5). Wir fördern darüber hinaus weiterhin den internationalen Austausch zum Beispiel durch das Projekt eLTER PLUS (siehe Seite 2) und die internationale OZCAR-TERENO-Konferenz (siehe Seite 4). Alle diese Aktivitäten werden wir auch in den kommenden Jahren vorantreiben.

Ich wünsche Ihnen ein frohes Weihnachtsfest und alles Gute für das Jahr 2022 und viel Freude beim Lesen unserer Jubiläumsausgabe, der 20. Ausgabe unseres Newsletters!

Ihr **Harry Vereecken**

Koordinator TERENO

## SCOPE-MANAGEMENT IST DER SCHLÜSSEL

Interview mit Dr. Hank Loescher, Direktor für strategische Entwicklung, Umwelt und Infrastruktur bei Battelle, NEON-Architekt und Mitglied des TERENO-Beirats, über große Forschungsinfrastrukturen, kurz RIs.

### Herr Loescher, was sind die großen Themen der Umweltforschung?

Wir müssen unsere Daten auch den Forschenden zur Verfügung stellen, die sie bislang nur wenig oder gar nicht nutzen. So schlagen wir Brücken zwischen den Disziplinen. Zweitens können wir durch eine engere Verknüpfung von RIs kontinente übergreifende Fragen untersuchen, wie zum Beispiel zur Entstehung, Entwicklung und Ausbreitung von Dürren, die in Australien, den USA und Europa ganz unterschiedlich ausfallen. Was sagt uns dies über Umweltveränderungen und ihre Folgen für die Gesellschaft? Und außerdem unterliegt es einem anhaltenden gesellschaftlichen Wandel, wie die Naturwissenschaften mithilfe von RIs neue Erkenntnisse entwickeln.

### Was ist das für ein gesellschaftlicher Wandel?

Für einen Astronomen oder einen Teilchenphysiker gehören große RIs wie etwa ein Teleskop sozusagen zur ihrer Kultur dazu, weil diese die einzige Möglichkeit sind, ihre Forschung durchzuführen. In der Ökologie ist es anders, dort kann man in jedem einzelnen Ökosystem forschen. RIs tragen zum Fortschritt der Wissenschaft bei, indem sie etwa langfristige, räumlich eindeutige und konsistente Daten liefern. Dies bringt jedoch einige Herausforderungen mit sich. Wir müssen klarer definieren, was eine RI ist, was sie bietet und wie die Forschungsgemeinschaft und RIs zusammenarbeiten. Neue Erkenntnisse ergeben sich nicht allein aus RI-Daten, sondern durch das Verknüpfen von RI-Daten mit anderen Netzwerken, RIs (etwa Satelliten) und PI-basierten Forschungsdaten.

### Was ist der Unterschied zwischen RIs und Netzwerken?

Netzwerke entstehen durch gemeinsame Interessen und die Forschung der Wissenschaftler selbst, zum Beispiel zu Methan in der Arktis. Es handelt sich dabei um eine Bottom-up-Aktivität. Eine RI ist eher von oben nach unten ausgerichtet. Im Mittelpunkt stehen hierbei oft große Herausforderungen oder ehrgeizige Forschungsfragen, die gesellschaftlich relevant sind. RIs wie TERENO oder das National Ecological Observatory Network (NEON) liefern Daten und ermöglichen neue wissenschaftliche Fragestellungen. Größe und Kosten solcher RIs übersteigen jedoch in der Regel die Möglichkeiten einer Forschungsgruppe, eines Netzwerks oder einer Universität.

### RIs sind also ein viel größerer Aufwand?

Ja, größer und anders. Dazu gehören nicht nur wissenschaftliche Aufgaben, sondern auch das Betriebs- und Projektmanagement. Der

Scope – zu Deutsch Projektumfang – beschreibt, was im Rahmen des Budgets, des Zeitplans usw. notwendig ist. Bei RI-Entwürfen wird häufig die Systemanalyse eingesetzt, um den wissenschaftlichen und verwaltungstechnischen Scope zu definieren – ähnlich wie bei einem Satelliten oder einem Teilchenbeschleuniger. Wichtig ist, dass Managementaufgaben auf die spezifischen Bedürfnisse einer RI zugeschnitten sind und nicht als Belastung empfunden werden.

### Was ist erforderlich, damit eine RI erfolgreich ist?

Es ist wichtig, diesen Scope genau zu definieren. In den Jahresberichten des Europäischen Strategieforums für Forschungsinfrastrukturen (ESFRI) ist stets zu lesen, dass das Scope-Management das größte Problem sei. Unabhängig davon, ob sich eine RI in der Entwurfs- oder in der Betriebsphase befindet, Scope beschreibt genau, was die RI ist, wie sie funktioniert, welche Daten sie produziert und welche Fähigkeiten sie hat. Scope beinhaltet klare Regeln, unter anderem für die Verwaltung des Budgets, den Zeitplan und den Zugang der Community. Er schafft mehr Planungssicherheit für die Geldgeber und mehr Möglichkeiten zur Einbeziehung. Scope-Management beschreibt also, „was getan werden muss“ – das genaue Gegenteil der Arbeitsweise von Wissenschaftlern, die sich fragen: „Was können wir tun?“ Diese wissenschaftliche Herangehensweise fördert zwar eine enorme wissenschaftliche Kreativität, führt aber auch zu Kostenüberschreitungen und offenen Lösungen. Niemand möchte die wissenschaftliche Kreativität einschränken, aber in der Welt der großen RIs führen wir ein Verfahren zur Ermittlung und Priorisierung von wissenschaftlichen Grenzen ein – und eine Änderungskontrolle, um sich an jeden neuen Scope oder jedes neue Budget anpassen zu können.

### Was denken Sie als Beiratsmitglied über TERENO?

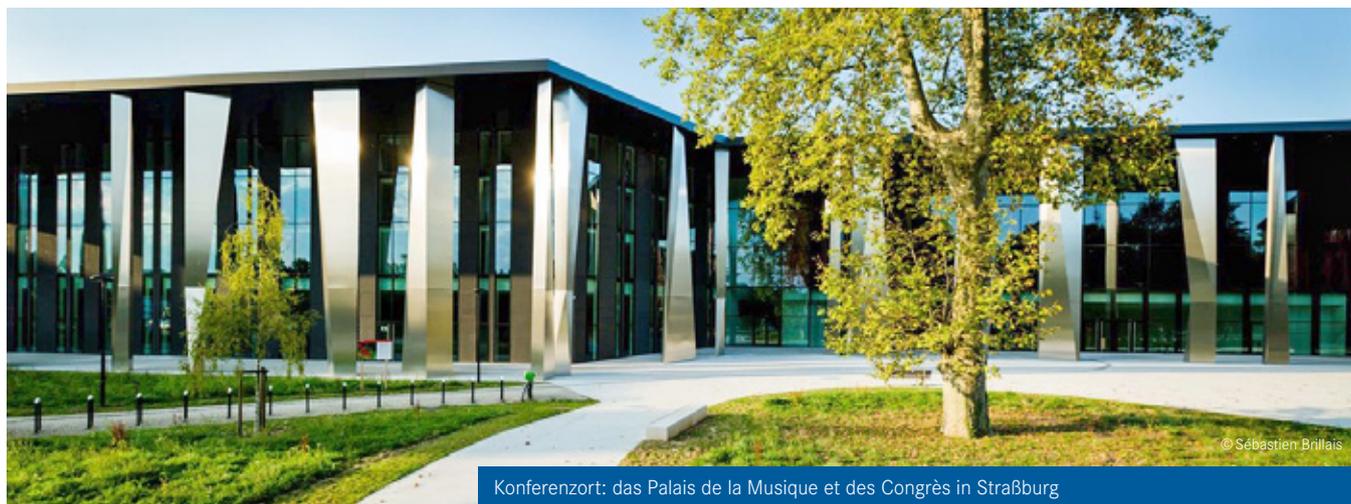
TERENO hat eine großartige Vorstellung von dem, was es ist. Aber alle großen RIs entwickeln sich auf ihre Art, keine RI gleicht der anderen. Dennoch gibt es ähnliche Herausforderungen und Gemeinsamkeiten, jede RI kann von den Erfahrungen anderer profitieren. Einige RIs entwickeln zum Beispiel Engagement und Steuerung bereits bei der Gründung. Andere überarbeiten diese in jeder Planungs-, Bau- und Betriebsphase, da jede Phase andere Herausforderungen mit sich bringt. Hier sehe ich Anknüpfungspunkte für den Dialog zwischen TERENO und NEON – etwa um von den jeweiligen Erfahrungen zu profitieren und hoffentlich zum Dialog zwischen ESFRI und eLTER beitragen zu können, zu dessen Partnern TERENO und NEON gehören.

### Über Hank Loescher

Hank Loescher arbeitet bei Battelle, dem weltweit größten Forschungs- und Entwicklungsunternehmen, und ist an mehreren Universitäten tätig. Battelle verwaltet das von der NSF finanzierte US National Ecological Observatory Network (NEON) und mehrere nationale Forschungseinrichtungen. Loescher leitete das AmeriFlux-Programm. Zu seinen Forschungsinteressen gehören biotische und abiotische Einflüsse auf die Kohlenstoff- und Energiebilanz von Ökosystemen.



© Riedel / Agente Pesca



Konferenzort: das Palais de la Musique et des Congrès in Straßburg

## ERFOLGREICHER AUFTAKT

Knapp 200 Forschende waren Anfang Oktober 2021 ins französische Straßburg gekommen, um an der ersten internationalen OZCAR-TERENO-Konferenz teilzunehmen. Rund 100 Personen verfolgten die Veranstaltung außerdem virtuell. In mehr als 70 Vorträgen und 100 Posterpräsentationen konnten sich die Teilnehmenden vor Ort und am Bildschirm über Fortschritte bei der Erforschung der Critical Zone informieren.

Die Critical Zone ist die dünne, äußere Schicht unserer Planeten – sozusagen ihre Haut. Sie reicht von der Spitze des Vegetationsdaches bis hinunter zum Grundwasser. Dort beeinflussen sich Gestein, Erde, Wasser, Luft und lebende Organismen gegenseitig und bestimmen über komplexe Prozesse die Grundlagen allen Lebens auf der Erde. Eine wichtige Rolle bei der Erforschung der Critical Zone spielen multidisziplinäre, gut ausgerüstete Observatorien, wie sie die beiden Konferenzveranstalter betreiben: TERENO und die französische Forschungsinfrastruktur Observatoires de la Zone Critique: Applications et Recherche, kurz OZCAR. Das Konferenzprogramm umfasste 17 Hauptthemen zu verschiedenen Aspekten: von grundlegenden Fragen zu Austauschprozessen zwischen Boden, Vegetation und Atmosphäre über Datennutzung und unterschiedliche Ansätze bei der Langzeitbeobachtung bis hin zu neuen Messmethoden und Modellierungsansätzen.

Prof. Markus Reinstein vom Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena wies in seinem Vortrag „Extracting information from ecosystem time-series using a hybrid machine-learning-modelling approach“ darauf hin, dass die Forschung Beobachtung und Modellrechnungen stärker verknüpfen müsse, um das Erdsystem besser zu verstehen. Er schlägt vor, maschinelles Lernen und mechanistische Modellierungsansätze zu einer sogenannten Hybridmodellierung zu verknüpfen. Diese Kombination soll bessere Vorhersagen und ein besseres Verständnis des Systems ermöglichen, zum Beispiel durch Ableitung unbeobachteter Variablen.

In seinem Vortrag veranschaulichte er das Konzept anhand eines Beispiels für den Kohlenstoffkreislauf auf Standortebene und eines für den globalen Wasserkreislauf. Im Beispiel des Wasserkreislaufs bildet ein konzeptionelles hydrologisches Modell die physikalische Grundlage, bei der zum Beispiel Verteilungskoeffizienten räumlich-zeitlich mit einem Deep-Learning-Ansatz\* geschätzt werden, wobei ein Multi-Task-Learning-Ansatz Einschränkungen durch Evapotranspiration, terrestrische Wasserspeicherung, Abfluss und Schneewasseräquivalenz berücksichtigt.

Fortschritte versprechen auch neue Erkenntnisse über Wasserspeicherung im Felsuntergrund, über die Dr. Daniella Rempé von der University of Texas in Austin, USA in

ihrem Vortrag „The bedrock component of watershed storage: Advances and insights“ berichtete. Dynamische Wasserspeicherung spielt eine zentrale Rolle bei der Reaktion von Wassereinzugsgebieten auf Veränderungen. Allerdings gibt es noch viele Unklarheiten, denn im Vergleich zu Böden und Grundwasser ist die Wasserspeicherung im Felsgestein bislang wenig untersucht worden. Das ändert sich dank jüngster Fortschritte bei den Beobachtungsmethoden. Direkte Messungen deuten darauf hin, dass die Wasserspeicherung im Felsuntergrund wesentlich zu den Transpirationsflüssen beiträgt. Sie beeinflusst außerdem Zeitpunkt und Volumen der Grundwasserneubildung sowie der Abflussmengen. Darüber hinaus zeigen neue Studien, dass Pflanzen im Grundgestein gespeichertes Wasser sowohl während als auch nach Dürreperioden nutzen. „Zusammengenommen haben diese Erkenntnisse Auswirkungen auf unser Verständnis von zahlreichen Prozessen in der Critical Zone“, sagt Rempé.

\* **Basil Kraft et al. (2021).** *Towards hybrid modeling of the global hydrological cycle. Hydrology and Earth System Sciences (Preprint: Stand Dezember 2021).*

► [DOI: 10.5194/hess-2021-211](https://doi.org/10.5194/hess-2021-211)



Rund 200 Personen nahmen vor Ort an der Konferenz teil.



© Virginie Entringer

Zum Programm gehörte auch eine Exkursion zu einem OZCAR-Standort, dem OHGE-Observatorium.

Wie sich aus Sensordaten Vorhersagen in Echtzeit generieren lassen, zeigte Dr. Patrizia Ney vom Forschungszentrum Jülich in ihrem Vortrag „From sensor to real-time forecasts: setup of a cosmic-ray neutron sensor network for data assimilation and optimization of

high-resolution real-time predictions of soil moisture“.

Für das Projekt ADAPTER (siehe auch TERENO-Newsletter 2021-1) haben Jülicher Forschende ein Netzwerk aus zwölf hydrometeorologischen Messsystemen

dauerhaft auf zwölf ausgewählten landwirtschaftlichen Flächen im Bundesland Nordrhein-Westfalen installiert. Die Messsysteme sind mit einer Kombiwetterstation und zusätzlich mit Cosmic-Ray-Neutron-Sensing-Sensoren ausgestattet, die Informationen zum aktuellen Bodenwassergehalt liefern. Die Beobachtungsdaten dienen als Antriebsdaten und zur Datenassimilation in einem Hydrologie-Landoberflächen-Modell, mit dem in Echtzeit auf die Parzelle genau prototypische Standortvorhersagen etwa des pflanzenverfügbaren Wassers berechnet werden. Die Informationen sollen insbesondere Landwirten helfen, ihren Betrieb nachhaltiger und widerständiger gegenüber Wetterextremen, wie Dürren, zu bewirtschaften.

Die nächste OZCAR-TERENO-Konferenz soll 2023 in Deutschland stattfinden.

► [OZCAR-TERENO-Konferenz](#)

## WIE LANDWIRTE VON FERNERKUNDUNGSDATEN PROFITIEREN

Die moderne Landwirtschaft ist zahlreichen Transformationsprozessen unterworfen. Vor dem Hintergrund des Klimawandels, sich verändernder Ökosysteme und einer Verknappung von landwirtschaftlichen Flächen gilt es, weiterhin die Nahrungsmittel- und Rohstoffversorgung durch landwirtschaftliche Produkte zu sichern. Dies sollte mit möglichst nachhaltigem und ressourcenschonendem Einsatz etwa von Pflanzenschutzmitteln und Düngung erfolgen. In den letzten Jahren ging dieser Prozess zunehmend mit einer Digitalisierung zahlreicher Abläufe einher.

Speziell für eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung, bei der Felder in mehrere Zonen zur Bearbeitung aufgeteilt werden, sind Informationen zum jeweiligen Boden- und Pflanzenzustand von entscheidender Bedeutung. „Daten von Fernerkundungssensoren auf Satelliten, Flugzeugen und Drohnen können es landwirtschaftlichen Betrieben zukünftig ermöglichen, diese Informationen zu liefern und in Entscheidungsprozesse einzubeziehen. Genau das wollen wir im Projekt AgriSens DEMMIN 4.0 erreichen“, sagt Dr. Daniel Spengler vom Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungszentrum GFZ, der das vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft geförderte Vorhaben leitet.

Am digitalen Experimentierfeld AgriSens im TERENO-Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“ wollen die sieben Projektpartner



© Hochschule Neubrandenburg/Brit Weier

Sensordaten aus der Luft liefern Hinweise auf den Zustand von Feldern.

die Nutzung von Fernerkundungsdaten für konkrete Anwendungsfälle im Pflanzenbau optimieren. Dazu zählen das Monitoring der Bestandsentwicklung und Abschätzung von Ernteerträgen im Weizen sowie die Erfassung von Flächen mit minderen Erträgen und von Steinen auf Äckern. Ein weiteres Beispiel ist die Integration von Geodaten, um die Bewässerungssteuerung im Kartoffelanbau zu optimieren.

Aus den Datensätzen, die mithilfe der verschiedenen Systeme erzeugt werden, können Landwirte die für ihre Arbeit wichtigen Informationen beziehen. Sie sollen ihnen helfen zu entscheiden, wann etwa Düngung, Aussaat, Bewässerung oder Bodenbearbeitung notwendig sind. „Aktuell ist die Hürde,

diese Daten zu nutzen, für viele Landwirte leider viel zu hoch. Das betrifft vor allem den Zugang zu den Daten, die Nutzung in einer Fülle von Softwarelösungen und unübersichtlichen Angeboten des Marktes“, so Daniel Spengler. Hier möchten die Projektpartner künftig niedrigschwellige Lösungen und Geodaten-Know-how für Landwirte anbieten. Um den Weg der datengestützten Lösungen in die Praxis zu erleichtern, fand am 4. November 2021 ein AgriSens-Feldtag statt, an dem die Entwicklungen 125 Interessierten vorgestellt wurden.

► [Projekt AgriSens DEMMIN 4.0](#)

► [Instagram-Seite des Projekts](#)

## SENSOREN VON SATELLITEN BESSER VALIDIEREN

Stetig wächst die Anzahl neuer Satelliten zur Erdebeobachtung. Neben großen Missionen der Raumfahrtbehörden kommen immer zahlreicher kleinere und relativ günstige Sensoren kommerzieller Anbieter in den Orbit. Diese werden für eine Vielzahl gesellschaftlicher und kommerzieller Anwendungen genutzt. „Die Bewertung der radiometrischen Leistung optischer Erdebeobachtungssensoren nach dem Start ist unerlässlich, um die Qualität und potenziellen Veränderungen im Vergleich zur Startkalibration zu verstehen“, sagt Dr. Daniel Spengler vom Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungszentrum GFZ. Aktuell werden automatisierte Instrumente wie etwa AERONET-OC und RADCALNET genutzt, um optische Systeme zu validieren. „Diese besitzen jedoch nur eine begrenzte spektrale Auflösung, die mitunter ungeeignete Daten zur Validierung aktueller und künftiger Hyperspektralsensoren in der Umlaufbahn liefert“, erläutert Spenglers Kollege Dr. Mohammadmehdi Saberioon. In dem von der EU finanzierten Projekt HYPERNETS möchte ein internationales Forschungskonsortium, bestehend aus sieben Partnern, dieses Problem mit einem



© Mohammadmehdi Saberioon

neuen Radiometer lösen. Dazu haben sie modernste Sensorik und Robotertechnologie zusammengeführt. So wurde sichergestellt, dass hochwertige In-situ-Messungen in allen Spektralbereichen und für eine breite Palette von Wasser- und Landtypen zur Validierung der Oberflächenreflexionsdaten zur Verfügung stehen, welche für die Ableitung rein optischer Satellitenmissionen benötigt werden.

Das in dem Projekt entwickelte HYPSTAR®-Radiometer misst mit hoher spektraler Auflösung in den Bereichen des sichtbaren und nahen Infrarots (5 Nanometer im Bereich 380 bis 1020 Nanometer) und des kurzwelligen Infrarots (10 Nanometer im

Bereich 1000 bis 1700 Nanometer). Durch eine integrierte Rotationsplattform können Messungen mit unterschiedlichen Blickwinkeln erfolgen und damit potenzielle Aufnahmeeffekte von Fernerkundungsdaten mit validiert werden. Der erste Prototyp des HYPSTAR® für Landanwendungen ist am Standort Demmin im TERENO-Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“ installiert und sammelt jeden Tag von 10 bis 17 Uhr – nach koordinierter Weltzeit (UTC) – automatisch Daten.

► [HYPERNETS-Projekt](#)

► [Twitter](#)

## KLEINGEWÄSSER STARK MIT PESTIZIDEN BELASTET

Die Grenzwerte für Pestizide sind in vielen Fällen zu hoch angesetzt und selbst diese Werte werden in mehr als 80 Prozent der Gewässer überschritten. Das ergab ein bundesweites Monitoringprogramm unter Leitung des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ. Die Forschenden fordern daher eine Reform der Umweltisikobewertung.



Das UFZ-Team Philipp Vormeier, Oliver Weisner, Matthias Liess und Liana Liebmann (v.l.n.r.) bei der Probenahme am Bach Launzige

Pestizide erhöhen die Erträge in der Landwirtschaft, indem sie schädliche Insekten, Pilze und Unkräuter bekämpfen. Sie gelangen aber auch in benachbarte Bäche und schädigen die Lebensgemeinschaften im Wasser. „Diese sind jedoch entscheidend für die Erhaltung der Artenvielfalt. Sie sind Teil des Nahrungsnetzes und unterstützen außerdem die Selbstreinigung des Wassers“, erläutert der UFZ-Forscher Prof. Matthias Liess. Der Ökotoxikologe ist Koordinator des Kleingewässer-Monitoring-Projektes, in dem Forschende zwei Jahre lang mehr als 100 Messstellen an Bächen untersucht haben, die durch überwiegend landwirtschaftlich genutzte Regionen in zwölf Bundesländern fließen. Darunter war auch der TERENO-Standort Holtemme im Observatorium „Harz – Mitteldeutsches Tiefland“.

Bei mehr als vier Fünftel der Gewässer lagen die Messergebnisse über dem RAK-Wert. Das ist die Konzentration eines Wirkstoffs, die in einem Gewässer nicht überschritten werden darf. In 18 Prozent der

Bäche wurden sogar für mehr als zehn Pestizide derartige Überschreitungen nachgewiesen. Aus dem umfangreichen Datensatz lässt sich aber noch mehr ablesen: „Pestizide wirken bereits in viel niedrigeren Konzentrationen auf Lebensgemeinschaften aquatischer Wirbelloser als bisher in der Pestizid-Zulassung angenommen. Für empfindliche Insektenarten ist die Pestizidkonzentration in den kleinen Tiefland-Gewässern der wesentliche Faktor, der ihr Überleben bestimmt. Andere Umweltprobleme wie Gewässerausbau, Sauerstoffmangel oder zu hoher Nährstoffgehalt spielen dagegen eine geringere Rolle“, fasst Liess zusammen.

Diese hohe Empfindlichkeit werde unterschätzt, so der Forscher – insbesondere, weil bislang das ökologische Risiko von Pestiziden auf Basis von Laborstudien, künstlichen Ökosystemen und Simulationsmodellen vorhergesagt wird, diese aber nicht die Realität widerspiegeln würden. Liess und seine Kolleginnen und Kollegen raten daher dringend, sowohl die Grenzwerte als auch die Zulassungspraxis von Pflanzenschutzmitteln zu ändern. Nur so ließe sich der Pestizideintrag in die Gewässer deutlich reduzieren.

► [Kleingewässer-Monitoring-Projekt](#)

**Matthias Liess et al. (2021).** *Pesticides are the dominant stressors for vulnerable insects in lowland streams.* *Water Research*, Volume 201, 1 August 2021, Article 117262.

► [DOI: 10.1016/j.watres.2021.117262](https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117262)

## EINZIGARTIGER DATENSATZ ZUM INSEKTENBESTAND



Mallaisefalle am TERENO-Standort Friedeburg I

Seit Jahren schwindet die Zahl der Insekten in Deutschland. Das hat Folgen: zum Beispiel weniger Biodiversität und verminderte Bestäubung von Pflanzen. Um Daten zur Artenvielfalt und Bestandsentwicklung von Insekten in typischen Lebensräumen Deutschlands zu sammeln, startete 2019 ein landesweites Malaisefallen-Projekt. Es soll helfen, die dem Insektenrückgang zugrunde liegenden Prozesse aufzudecken und Anpassungsstrategien zu entwickeln.

Die zeltähnlichen Malaisefallen sind sehr gut geeignet, um ein breites Artenspektrum von Fluginsekten zu erfassen. „Die Proben sind so umfangreich, dass wir zwar Basisgrößen wie die Biomasse erfassen können, die enthaltenen Arten aber nur mit automatisierten Methoden analysieren können. Das ist eine Voraussetzung, um Artengemeinschaften analysieren zu können“, sagt Dr. Mark Frenzel vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Gemeinsam mit Prof. Peter Haase vom Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum hat er das Projekt 2019 initiiert. Es soll mindestens 10 Jahre

laufen und wird innerhalb des deutschen Netzwerks für Ökologische Langzeitforschung LTER-D in Zusammenarbeit mit dem Dachverband der Großschutzgebiete Nationale Naturlandschaften durchgeführt. „Eine Besonderheit ist, dass das Projekt bis jetzt ohne Grundfinanzierung mit freiwilliger Unterstützung von Senckenberg, UFZ und den anderen Teilnehmern läuft“, hebt Frenzel hervor. Insgesamt sind etwa 80 Fallen an 28 Standorten von der See bis zu den Alpen aufgestellt, im wesentlichen in Agrarlandschaften, naturnahen Wäldern, Auenwäldern und Auengrünland. Auch das TERENO-Observatorium „Harz/mitteldeutsches Tiefland“ ist mit einigen Standorten beteiligt.

Die Probennahme erfolgt während der Vegetationsperiode von Anfang April bis Ende Oktober alle 14 Tage, so dass pro Falle etwa 15 Proben anfallen. Aktuell läuft das Metabarcoding der etwa 2000 Proben aus 2019 und 2020. „Durch diese genetische Analyse entsteht ein für Deutschland einzigartiger Datensatz, der mit hunderttausenden Identifikationen in wenigen Wochen Aufschluss über die komplette Artenzusammensetzung jeder Probe gibt“, sagt der UFZ-Forscher. In einer ersten Analyse der Biomassedaten haben die Projektpartner festgestellt, dass die Temperatur der wesentliche Faktor für die Variation in der Biomasse der gefangenen Insekten ist. So stieg die Biomasse in ganz Deutschland linear mit der monatlichen Temperatur an. Deren Einfluss kehrte sich jedoch in den heißen Monaten Juni und Juli ins Negative um. Weitere Auswertungen sollen folgen.

### ▶ Malaisefallen-Projekt

**ElLEN Welti et al. (2021).** *Temperature drives variation in flying insect biomass across a German malaise trap network.* *BioRxiv.*

▶ [DOI: 10.1101/2021.02.02.429363v3](https://doi.org/10.1101/2021.02.02.429363v3)

## STRAHLUNGSFLÜSSE BESSER VERSTEHEN

Eine essentielle Variable, um den globalen Kohlenstoffhaushalt abzuschätzen, ist FAPAR. Dahinter verbirgt sich der Anteil an der theoretisch für die Photosynthese zur Verfügung stehenden elektromagnetischen Strahlung (PAR), den Pflanzen tatsächlich absorbiert haben. Mithilfe von Daten aus Satellitenmessungen lässt sich FAPAR flächendeckend berechnen. Jedoch besteht vor allem für Waldökosysteme die Notwendigkeit, diese mit Messungen am Boden zu validieren. In Wäldern werden allerdings bislang nur wenige solcher Messungen durchgeführt, und bei geringer Messdichte sind diese aufgrund der hohen räumlichen Variabilität des Kronendachs mit großen Unsicherheiten verbunden.

Aus diesem Grund haben Forschende der RWTH Aachen University, des Forschungszentrums Jülich und der University of Alberta in dem vom Internationalen Research Space (IRS) der RWTH geförderten Projekt „Comparative Study of Radiative and Carbon Fluxes at Three Ecosystems in Germany, Canada and Costa Rica“

(ComRadE) im April 2021 ein Messfeld am TERENO-Standort Wüstebach in der Eifel errichtet. Zehn hochauflösende PAR- und sechs Rot-Dunkelrot-Sensoren wurden unter einem Fichtenbestand in jeweils zehn Metern Abstand in zwei Hexagonen angeordnet. Zwei weitere Sensoren installierten die Forschenden am TERENO-Messturm über dem Kronendach und schlossen sie an das kabellose TERENO-Sensornetzwerk SoilNet an. „Somit können wir die räumliche Variabilität sowohl von FAPAR als auch des Verhältnisses der photosynthetisch relevanten Strahlung im roten Bereich von 645 bis 665 Nanometer zur nicht absorbierten Strahlung im fernen Rotbereich von 720 bis 740 Nanometer im Waldbestand messen“, erläutert Projektmitarbeiter Oliver Reitz von der RWTH. Mit den Messungen sollen auch Sentinel-2-Satellitenprodukte validiert werden. Außerdem wollen die Forschenden in Verbindung mit CO<sub>2</sub>-Flüssen, die Eddy-Kovarianz-Messgeräte am Standort erfassen, auf die Light Use Efficiency schließen, also die Rate an gebundenem Kohlenstoff pro Menge absorbierter

PAR unter verschiedenen Temperatur- und Feuchteregimen. „Diese Ergebnisse werden letztlich helfen, Strahlungsflüsse und deren Auswirkungen auf biogeochemische und physiologische Prozesse in Waldökosystemen besser zu verstehen“, so Projektleiter Prof. Michael Leuchner von der RWTH.



Messungen am TERENO-Standort-Wüstebach: Stativ mit PAR-Sensor (blau), R/FR-Sensor (rot) und SoilNet-Datenlogger (orange)

## KLIMASIGNALE AUS SEESSEDIMENTEN ERKENNEN UND DEUTEN

Jahreszeitlich geschichtete Seesedimente sind ideale Archive, um das TERENO-Monitoring mit Klimaproxyzeitreihen um hunderte bis tausende Jahre in die Vergangenheit zu erweitern. Diese Schichten haben sich im Laufe der Jahrhunderte kontinuierlich in Seen abgelagert, die darin enthaltenen Überreste wie Mineralien und Fossilien erlauben Rückschlüsse auf Umwelt und Klima in der Vergangenheit.

„Voraussetzung dafür ist es zu verstehen, wie Klimasignale konkret in Sedimente transformiert werden und welche Prozesse diesen Signaltransfer beeinflussen. Erst dieses Wissen ermöglicht es, Proxydaten in Sedimenten richtig zu lesen und zu interpretieren“, sagt Prof. Achim Brauer vom Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches

GeoForschungsZentrum GFZ. Dabei spielt der vom GFZ betreute TERENO-Standort Tiefer See eine zentrale Rolle. Seit neun Jahren werden dort Klimaparameter und Seewassereigenschaften gemessen und dazu die Sedimentation in zweiwöchentlichem Rhythmus erfasst. Damit wird es möglich, sowohl jährliche Schwankungen

und Auswirkungen von Extremereignissen zu analysieren, als auch Langzeittrends zu erfassen. Zur noch besseren Erkennung von Klimaeinflüssen wurde mit Kollegen der polnischen Akademie der Wissenschaften parallel 400 Kilometer weiter östlich am Czechowskie-See in der Tucheler Heide im Norden Polens ein Monitoring-Programm mit vergleichbarer Instrumentierung installiert. Erste Ergebnisse belegen, dass Sedimentationsprozesse davon abhängen, ob die Seen im Winter eisbedeckt waren und wie lang der Zeitraum vom Eisaufruch im Frühjahr bis zur Sommerstagnation war. Der jahreszeitliche Verlauf der Sedimentation ist in beiden Seen grundsätzlich gleich: Zunächst kommt es durch Freisetzung von Nährstoffen während der Frühjahrszirkulation zu einer Kieselalgenblüte. Diese entzieht dem Wasser  $\text{CO}_2$  und löst damit die Ausfällung von Kalk im Frühsommer aus. Mit beginnender Herbstzirkulation und zunehmendem Wind und Wellenschlag werden feine Kalkpartikel und Kieselalgenschalen vom Uferbereich in das Seetiefste umgelagert. Unterschiedlich bei beiden Seen ist der Anteil der jeweiligen Phase am Gesamtsedimentbudget. Ursache dafür sind nicht unterschiedliche Klimabedingungen, sondern die Form und Tiefe des Seebeckens.



Wartung einer Messboje zur automatischen Erfassung von Wasserdaten

**Patricia Roeser et al. (2021).** *Advances in understanding calcite varve formation: new insights from a dual lake monitoring approach in the southern Baltic lowlands. Boreas.*

▶ DOI: [10.1111/bor.12506](https://doi.org/10.1111/bor.12506)

▶ See-Monitoring am Tiefer See

## REGIONALER KLIMAWANDEL: DIE ROLLE VON LAND- UND WASSERNUTZUNG

Ein neuer Sonderforschungsbereich der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) beschäftigt sich mit dem Einfluss von Landnutzung und Wassermanagement auf den regionalen Klimawandel. Daran beteiligt ist auch die TERENO-Initiative.

„In dem Sonderforschungsbereich wollen wir untersuchen, wie diese beiden Faktoren das regionale Klima beeinflussen und dadurch auch verändern. Wir vermuten, dass derartige Klimaveränderungen bereits maßgeblich zu den beobachteten Trends im regionalen Wasserkreislauf beigetragen haben, wie etwa Starkregen

und Überflutungen“, sagt Prof. Harry Vereecken vom Forschungszentrum Jülich, ein Co-Sprecher des neuen SFB 1502.

Beteiligt ist ein breites Spektrum von Disziplinen: etwa Hydrologie, Meteorologie, Geodäsie, Erdsystem-Modellierung, Fernerkundung, Agrarökonomie und die Sozialwissenschaften. Gemeinsam wollen die Forschenden aus diesen Fachgebieten ein Modellsystem entwickeln, das neben der Dynamik der einzelnen Komponenten des Erdsystems auch deren Wechselwirkungen untereinander abbildet. Insbesondere soll das Modell dazu dienen, die

menschengemachten Einflüsse auf den natürlichen regionalen Wasserkreislauf zu bestimmen. Die Forschungsergebnisse sollen als Grundlage für die Entwicklung von Kriterien für eine nachhaltige Land- und Wassernutzung dienen.

Zu den Partnern des SFB 1502 „Regionaler Klimawandel: Die Rolle von Landnutzung und Wassermanagement“ gehören neben Jülich die Universitäten Bonn (Sprecherhochschule), Köln und Göttingen sowie der Deutsche Wetterdienst. Die DFG fördert die vierjährige Startphase mit 10 Millionen Euro.



Die Rappbodetalsperre im Bodeeinzugsgebiet

© UFZ/André Künzelmann

## NÄHRSTOFFEINTRÄGE REDUZIEREN – HOCHAUFLÖSENDE ZEITREIHEN LIEFERN NEUE ERKENNTNISSE

Europas Landschaften und Gewässer sind seit Jahren stark mit Nährstoffen wie Nitrat belastet. Um das zu ändern und gezielt Managementoptionen zu entwickeln, müssen etwa Nährstofftransport in Einzugsgebieten sowie die Einträge von Nährstoffen in die Flüsse besser verstanden werden. Einem Team um Dr. Andreas Musolff vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ ist es gelungen, wichtige Prozesse aufzudecken.

„Neue Messtechniken erlauben es uns, die Nährstoffkonzentration quasi kontinuierlich zu messen und die Vorgänge in einer hohen zeitlichen Auflösung zu analysieren. Dank dieser hochauflösenden Zeitreihen konnten wir Prozesse der Nährstoffmobilisierung unter verschiedenen Landnutzungsbedingungen identifizieren“, so Musolff. Dazu hatten die Forschenden im Einzugsgebiet der Bode im TERENO-Observatorium „Harz/Mitteldeutsches Tiefland“ an mehreren Standorten zahlreiche Sensoren installiert, die die Konzentration von Nitrat und gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) direkt im Fluss erfassen.

„Viele Sensoren bedeuten einen enormen Aufwand für die Wartung und das Datenmanagement, aber dank der tiefen Einblicke

in die Nährstoffverarbeitung zahlt sich das aus“, sagt UFZ-Forscher Dr. Michael Rode, Mitautor der Studie. Die Forschenden stellten zum Beispiel in bewaldeten Einzugsgebieten große Unterschiede bei der Änderung der Konzentration von Nitrat und DOC während Abflussereignissen fest. Diese Variabilität hing von örtlichen Vorbedingungen ab, etwa von der Feuchtigkeit oder der Temperatur. In landwirtschaftlich geprägten Einzugsgebieten änderte sich das Bild: Die Nitratkonzentrationen waren höher als in bewaldeten Einzugsgebieten, aber die Nitratmobilisierung erfolgte deutlich gleichmäßiger. Die Forschenden konnten zeigen, dass vor allem während kälterer und feuchterer Jahreszeiten Nitratquellen in der Landschaft besser mit den Gewässern verbunden waren und damit die Nitratmobilisierung verstärkt.

Diese neuen Erkenntnisse ermöglichen zusammen mit der In-situ-Überwachung der Wasserqualität neue Strategien für die Trinkwassertalsperren in der Region, die aus den Flüssen gespeist werden. „Dadurch lässt sich die Nährstoffbelastung der Stauseen minimieren und damit die Aufbereitungskosten bei der Trinkwassergewinnung senken“, sagt Dr. Karsten Rinke, der Limnologe im UFZ-Team.

**Andreas Musolff et al. (2021).** *Spatial and Temporal Variability in Concentration-Discharge Relationships at the Event Scale.* *Water Resources Research*, Volume 57, Issue 10.

▶ [10.1029/2020WR029442](https://doi.org/10.1029/2020WR029442)

## WIE TROCKENHEIT UND WÄRME DIE STICKSTOFFBILANZ VERÄNDERN

Durch den Klimawandel wird es in einigen Gebieten wärmer und trockener. Ein Team vom Forschungszentrum Jülich hat mithilfe des Lysimeternetzwerks TERENO-SOILCan untersucht, wie sich solche Klimaveränderungen auf die Stickstoffbilanz von extensiv bewirtschafteten Grünlandflächen auswirken. Die Ergebnisse zeigen, dass keine Gefahr einer erhöhten Stickstoffbelastung durch Entwässerung oder gasförmige Emissionen droht.

Ein wärmeres und trockenes Klima führt dazu, dass die Vegetationsperiode früher beginnt und im Sommer Wasser knapp wird. „Unter diesen Bedingungen droht ein Rückgang der Stickstoffaufnahme-effizienz von Pflanzen und des Ertrags“, sagt Mona Giraud, Erstautorin der Studie. Eine Anpassung an solche Bedingungen könne das aber ausgleichen, indem Landwirte zum Beispiel früher düngen, um die Stickstoffaufnahme zu erhöhen.

„Wie sich die Stickstoffbilanz konkret ändert, hängt vom jeweiligen Standort ab und lässt sich mit Laborexperimenten nur schwer vorhersagen. Daher sind langfristige und ganzheitliche Feldversuche notwendig, die zudem Boden und Pflanzen nicht zerstören“, so Giraud. Dafür ist das 2010 gestartete TERENO-SOILCan-Netzwerk mit seinen im Boden versenkten, bis zu drei Meter hohen Messinstrumenten, den Lysimetern, bestens geeignet. Neun Lysimeter hatten die Forschenden damals mit Bodenkernen vom TERENO-Standort Rollesbroich befüllt – einem relativ nassen, kalten und energieärmeren Standort. Einige dieser Lysimeter verlegten sie nach Selhausen, einem wärmeren und trockeneren Standort.

Dank der zwischen 2012 und 2018 gesammelten Daten konnten die Forschenden beide Standorte analysieren und vergleichen. Bei den nach Selhausen verlegten Bodenkernen stieg etwa der Stickstoffgehalt ab 2014 deutlich an. Hauptursache war die um 19 Prozent geringere Stickstoffaufnahme der Pflanzen – ausgelöst durch die Wasserknappheit. Eine relativ hohe Lufttemperatur während des nassen Sommers 2014 führte ebenfalls zu einem deutlichen Anstieg. Die Verlagerung der Bodenkern von einem energielimitierten zu einem wasserlimitierten Standort wirkte sich im Laufe der Jahre aber nur sehr geringfügig auf zwei bestimmte Teile der Stickstoffflüsse aus: Zum einen reicherte sich nur unwesentlich mehr Stickstoff im Grundwasser an. Die Ursache: Durch die relativ geringe Entwässerung des Bodens infolge des trockeneren Klimas kam es offensichtlich nicht zu einer verstärkten Auswaschung des Stickstoffs im Boden. Zum anderen blieben die Stickstoffverluste durch Gasbildung vernachlässigbar gering.

**Mona Giraud et al. (2021).** *Soil Nitrogen Dynamics in a Managed Temperate Grassland Under Changed Climatic Conditions.* *Water*, Volume 13, Issue 7, 931.

▶ [10.3390/w13070931](https://doi.org/10.3390/w13070931)

## ÄNDERT SICH DER WALD, ÄNDERT SICH DER WASSERHAUSHALT

Wie wirken sich Entwaldung und großflächiges Waldsterben auf den Wasserhaushalt eines Einzugsgebietes aus? Trotz zahlreicher Studien fehlen immer noch Analysen, ob das Wasser nach solchen Veränderungen zum Beispiel langfristig schneller verdunstet oder langsamer abfließt. Forschende aus Jülich und Wien haben dazu eine Datenauswertung für den TERENO-Standort Wüstebach vorgelegt.

Niederschlag verteilt sich im Einzugsgebiet eines Gewässers auf verschiedenen Wegen: Er kann etwa an der Oberfläche in das Gewässer abfließen, im Boden versickern und dort den Grundwasserspiegel erhöhen oder er verdunstet. „Verändert sich die Vegetationsbedeckung – wie zum Beispiel am Wüstebach, als der Nationalpark Eifel 2013 zahlreiche Fichten abholzen ließ, um die Umwandlung in einen naturnahen Laubwald zu beschleunigen –, kann das dazu führen, dass sich Niederschlag anders aufteilt“, erklärt Dr. Heye Bogena vom Forschungszentrum Jülich. Das lässt sich nachvollziehen, indem die Verhältnisse der stabilen Isotope des Wassers als Tracer für die Wasserfließwege verwendet werden. Die isotopische Zusammensetzung des Wassers verändert sich nämlich durch Verdunstungs-, Mischungs- und Transportprozesse.

Für ihr Datenpapier haben die Forschenden Niederschlags- und Bachwasser-Isotopendaten sowie die entsprechenden Abflussraten von 2009 bis 2019 für den Standort Wüstebach ausgewertet. „Die stabilen Isotope des Wüstebachs weisen einen deutlich abnehmenden langfristigen Trend bis zum Kahlschlag und danach einen leicht steigenden Trend auf. Dies deutet darauf hin, dass die Waldumbaumaßnahme einen deutlichen Einfluss auf den Wasserhaushalt hatte“, sagt Dr. Michael Stockinger von der Universität für Bodenkultur Wien.



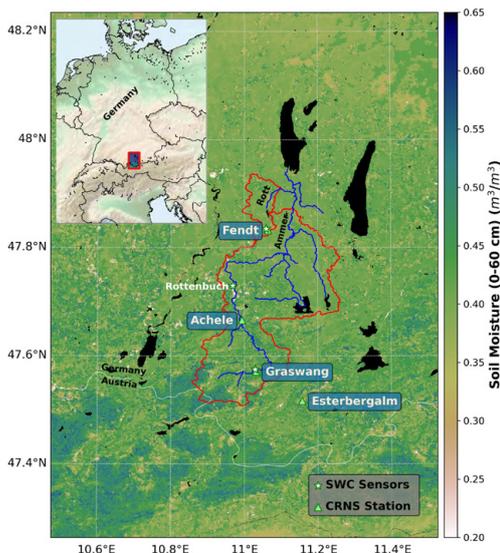
Abflussstation am TERENO-Standort Wüstebach

Darüber hinaus lassen die Daten vermuten, dass sich der Überhang von schweren Isotopen im Vergleich zu leichten Isotopen nach der Abholzung verringert. „Ein möglicher Grund könnte sein, dass nach der Abholzung eine größere Menge an Niederschlagswasser das Einzugsgebiet über schnelle Fließwege verlässt, was die Isotopenfraktionierung, die für die Bodenverdunstung charakteristisch ist, reduziert“, so der Jülicher Forscher Dr. Andreas Lücke. Weiterführende Messungen sollen zeigen, inwieweit natürliche längerfristige Veränderungen des Wasserkreislaufs dieses Isotopenmuster unabhängig von den Waldumbaumaßnahmen beeinflusst haben. Die Forschenden hoffen außerdem, dass ihr Datensatz neue Erkenntnisse zur Hochwasserentstehung liefert.

**Heye Bogena et al. (2020).** Long-term stable water isotope data for the investigation of deforestation effects on the hydrological system of the Wüstebach catchment, Germany. *Hydrological Processes* 35:e14006.

▶ [10.1002/hyp.14006](https://doi.org/10.1002/hyp.14006)

## GENAUERE PROGNOSEN DANK COSMIC-RAY-NEUTRON-SENSING



Bodenfeuchte in den Flusseinzugsgebieten von Rott und Ammer: Je dunkler die Färbung, desto mehr Wasser befindet sich im Boden. Die schwarzen Flächen sind Seen.

**Amol Patil et al. (2021).** Assimilation of Cosmogenic Neutron Counts for Improved Soil Moisture Prediction in a Distributed Land Surface Model. *Frontiers in Water*, Volume 3.

▶ [10.3389/frwa.2021.729592](https://doi.org/10.3389/frwa.2021.729592)

Cosmic-Ray-Neutron-Sensing (CRNS) ist eine mittlerweile weitverbreitete Methode, um die Bodenfeuchte zu erfassen – auch in den TERENO-Observatorien. Mit den Daten aus CRNS-Messungen lassen sich auch Bodenfeuchte-Vorhersagen von Modellen verbessern. Genau das haben Forschende aus Garmisch-Partenkirchen und Jülich für das häufig verwendete Landoberflächenmodell Noah-MP nachgewiesen.

„Für unsere Studie haben wir eine Kombination der Flusseinzugsgebiete von Rott und Ammer gewählt. Beide sind Teil des TERENO-Observatoriums Alpenvorland, aufgrund der vielfältigen Beobachtungen liegen hier viele hilfreiche Informationen vor“, sagt der Erstautor der Studie, Dr. Amol Patil, Forscher am Campus Alpin des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und an der Universität Augsburg. Die Untersuchungen zeigten, dass mithilfe der Informationen aus CRNS-Messungen die Prognosen von Noah-MP deutlich verbessert werden können. „Wir konnten den sogenannten Root Mean Square Error – dahinter verbirgt sich eine Maßzahl zur Beurteilung der Prognosegüte – für die Simulation des Bodenwassergehaltes an verschiedenen Standorten um bis zu 66 Prozent reduzieren. Die Prognosen sind also deutlich näher an der Realität“, berichtet Patil.

Den Bodenwassergehalt haben die Forschenden mithilfe von Datenassimilation berechnet. Die Dynamik des Bodenwassergehalts und die vier Modellparameter, die die Infiltrations- und Verdunstungsraten regulieren, werden dabei mithilfe einer Kombination aus Zustands- und Parameterschätzung kalkuliert. „Die CRNS-Informationen verbessern genau diese Schätzung. Letztlich wird so die Darstellung der Modellphysik im gesamten Einzugsgebiet verbessert“, so der Forscher.

Schon vier CRNS-Stationen reichten nach Ansicht der Forschenden aus, um die Simulation der Bodenfeuchte in der Umgebung von Beobachtungsstationen zu verbessern. In Regionen mit unterschiedlicher Bodenbedeckung schlagen sie den Einsatz mobiler CRNS-Sensoren vor. Die Studie entstand in der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten Forschungsgruppe „Cosmic Sense“.

## NOCH TIEFER BLICKEN

Das Messen von Neutronen über der Erdoberfläche mittels Cosmic Ray Neutron Sensing (CRNS) liefert wichtige Informationen, um die Bodenfeuchte zu bestimmen – allerdings nur bis zu einer Tiefe von rund 30 Zentimetern. Daniel Rasche (28) vom Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ arbeitet daran, aus den CRNS-Daten die Bodenfeuchte in tieferliegenden Schichten zu ermitteln. Dazu nutzt der Doktorand in der DFG-Forschungsgruppe Cosmic Sense verschiedene mathematische Verfahren zur Extrapolation der Oberbodenfeuchte in die Tiefe. „Ziel ist es, die Bodenfeuchte über die ganze Wurzelzone zu berechnen, also bis in etwa einen Meter Tiefe“, sagt der Geograf.

Um die Bodenfeuchte in noch größerer Tiefe schätzen zu können, kombiniert er CRNS und Tiefenextrapolation mit weiteren Messmethoden, insbesondere mit terrestrischer Gravimetrie und GPS-Reflektrometrie. „Mit der terrestrischen Gravimetrie lässt sich das Erdschwerefeld messen. Je mehr Wasser im Boden ist, desto schwerer ist die Erde. Damit können wir Wassermassenänderung im Boden bis in den Grundwasserbereich erfassen“, erläutert Rasche. Die GPS-Reflektrometrie liefert dagegen Informationen über die oberen fünf Zentimeter.



„Wir nutzen dabei den Signalteil, der nicht wie bei der Positionsbestimmung direkt in den Sensor geht, sondern erst in den Boden und dann in den Sensor. Je nachdem, wie viel Wasser im Boden steckt, ändert sich das Signal und erlaubt uns Rückschlüsse auf die Bodenfeuchte“, so der Doktorand.

Neben seinen festinstallierten Messinstrumenten im östlichen Teil des Nationalparks Müritz im TERENO-Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“ nutzt er immer wieder die Feldkampagnen an verschiedenen TERENO-Standorten, um Daten zu sammeln und anschließend auszuwerten. „CRNS war für mich komplett neu, als ich in dem Projekt anfing. Es hat sich aber rasch als absolut spannend herausgestellt“, blickt Rasche zurück. Ende 2022 hofft er, seine Ergebnisse vorstellen zu können.

## WAS PASSIERT NACH EXTREMEREIGNISSEN?



Die Zahl der Wetterextreme hat in den vergangenen Jahren zugenommen. Aber wie wirken sich etwa Dürre und Starkregen auf die Natur aus? Felix Pohl, Doktorand am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, beschäftigt sich mit den Folgen für den Wasserstoff- und Kohlenstoffkreislauf: „Diese Kreisläufe sind eng gekoppelt. Ich möchte herausfinden, wie das Zusammenspiel verschiedener Ökosystemvariablen gestört wird, wenn etwa bei einer Dürre extrem viel Wasser verschwindet – und zwar nicht nur in dem Augenblick, in dem das Wasser fehlt, sondern langfristig.“ Seine Forschung ist Teil des Promotionsprojekts MOMENT, das die Stoffkreisläufe an drei

verschiedenen Standorten im TERENO-Observatorium „Harz/Mitteldeutsches Tiefland“ untersucht (siehe TERENO-Newsletter 21-1). Felix Pohl analysiert hierfür diverse Messungen aus den Ökosystemen. Neben Bodenfeuchte und Bodentemperatur sind das zum Beispiel der Austausch von Spurengasen wie CO<sub>2</sub> zwischen Atmosphäre und Ökosystemen, aber auch der Saftfluss in einem Baum oder wie viel Wasser bei Regen an der Rinde eines Baums hinabläuft. Erste Auswertungen zeigen, dass der CO<sub>2</sub>-Austausch nach der extremen Dürre 2018 auch in den darauffolgenden Jahren beeinträchtigt war. „Um herauszufinden, ob zum Beispiel ein Wald seine Aktivitäten nur kurzfristig zurückfährt oder seine Produktivität über Jahre beeinträchtigt ist, benötigen wir natürlich längere Zeitreihen“, erläutert Felix Pohl. Der 27-Jährige hatte sich in seinem Geografie-Studium an der Universität Würzburg zunächst vor allem mit Klimamodellen beschäftigt. Ein regionales Projekt zu Auswirkungen des Klimawandels auf den Baumbestand eines Waldes weckte sein Interesse an Klimaveränderungen. Daran würde er auch gerne nach Abschluss seiner Promotion weiterforschen.

## KONTAKT | KOORDINATION

**Dr. Heye Bogena**  
Institut Agrosphäre (IBG-3)  
Forschungszentrum Jülich  
Tel.: 0 24 61/61-67 52  
E-Mail: h.bogena@fz-juelich.de

**Dr. Ralf Kiese**  
Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-IFU)  
Karlsruher Institut für Technologie  
Tel.: 0 88 21/1 83-1 53  
E-Mail: ralf.kiese@kit.edu

**Dr. Markus Schwab**  
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ  
Tel.: 03 31/2 88 1388  
E-Mail: markus.schwab@gfz-potsdam.de

**Dr. Steffen Zacharias**  
Department Monitoring- und Erkundungstechnologien  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ  
Tel.: 03 41/2 35-13 81  
E-Mail: steffen.zacharias@ufz.de



**FZJ** Forschungszentrum Jülich  
(Koordination)

**DLR** Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

**KIT** Karlsruher Institut für Technologie

**UFZ** Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung

**GFZ** Helmholtz-Zentrum Potsdam –  
Deutsches GeoForschungsZentrum

## IMPRESSUM

**Herausgeber:** TERENO  
**Redaktion:** Christian Hohlfeld  
**Text:** Christian Hohlfeld  
**Grafik und Layout:** Bosse und Meinhard  
Wissenschaftskommunikation