

## Newsletter 2/2024

### AUS DEM INHALT

#### IN KÜRZE

Editorial	2
Umfangreiche Messkampagne im Harz	2

#### 15 JAHRE TERENO

Erwartungen mehr als erfüllt	3
------------------------------	---

#### WISSENSSTAND

Deutscher Hydrologiepreis an Harald Kunstmann	4
Neue Koordinatorin für TERENO-Nordost	4
Modellvorhersagen um bis zu 60 Prozent verbessert	5
Der Fingerabdruck von Treibhausgasen	5
Wie gut sind Schätzungen der Bodenfeuchte?	6
TERENO-Workshop „TERENO research in the Critical Zone“	6
Geballtes Wissen	7

#### NACHGEFRAGT

Interview mit Prof. Jeffrey Munroe	8
------------------------------------	---

#### VOR ORT

Treibhausgasemissionen aus Moorbächen	9
Eiche und Buche passen sich stärker an Dürre an als Kiefer	9

#### IM BLICKPUNKT

Wissenschaft erleben und verstehen	10
Kontakt, Impressum	10

15 Jahre TERENO: Zahlreiche große und kleine Messinstrumente hat die Initiative über die Jahre in den Observatorien installiert, zum Beispiel mannshohe Lysimeter in den Boden versenkt, um Wasser- und Stoffhaushalt zu untersuchen.

© DLR

## ERFOLGSGESCHICHTE

Seit seinem Beginn hat TERENO nicht nur ein deutschlandweites Umweltbeobachtungsnetz aufgebaut. Die Initiative gibt auch Impulse für methodische und technologische Fortschritte sowie für die internationale Zusammenarbeit. Sie gilt heute als eine entscheidende Komponente für die Umweltmodellierung und -vorhersage in Deutschland.

[Siehe Seite 3.](#)

## UMFANGREICHE MESSKAMPAGNE IM HARZ

Fünf Monate lang haben Wissenschaftler:innen der DFG-Forschungsgruppe CosmicSense eine große Menge an Messdaten im Einzugsgebiet der Selke im TERENO-Observatorium „Harz/ Mitteldeutsches Tiefland“ gesammelt. Ziel der Kampagne, die von Juni bis November 2023 stattfand, war es zu prüfen, wie ein Bodenfeuchtemonitoring mithilfe eines dichten Netzwerks an Cosmic-Ray-Sensoren hydrologische Modelle verbessern kann. Die Cosmic-Ray-Neutron-Sensing (CRNS)-Methode nutzt die kosmische Strahlung, die aus dem Weltall auf die Erde trifft und in Wechselwirkung mit der Atmosphäre Neutronenstrahlung erzeugt, um die Bodenfeuchte zu ermitteln. Außerdem galt es bei der Kampagne, neue Methoden zum Upscaling lokaler Daten zu entwickeln und zu validieren.



Mit einem Heißluft-Luftschiff wurden mobile CRNS-Messungen durchgeführt.

Nach den beiden Intensiv-Messkampagnen 2019 am TERENO-Standort Fendt und 2020 am TERENO-Standort Wüstebach hatten es die Forscher:innen dieses Mal mit einem deutlich größeren Untersuchungsgebiet zu tun: Während in den früheren Kampagnen nur sehr kleine Gebiete untersucht wurden (1-2 Quadratkilometer), galt es nun mit dem Einzugsgebiet der Selke einen Bereich von rund 456 Quadratkilometern zu erfassen. Das Gebiet ist nicht nur sehr groß, sondern auch geographisch und geomorphologisch sehr vielfältig. Es reicht vom Mitteldeutschen Tiefland bis ins Mittelgebirge und zeichnet sich durch unterschiedliche Topographie, Landnutzung und Meteorologie aus. Im Einzugsgebiet befinden sich mehrere Intensivuntersuchungsflächen, auf denen TERENO seit vielen Jahren Langzeitumweltbeobachtungen durchführt.

Die acht Forschungspartner von CosmicSense, zu denen auch vier der an TERENO beteiligten Helmholtz-Zentren gehören, haben zusätzlich 18 CRNS-Stationen temporär im Selke-Gebiet installiert. Ergänzt wurden diese durch Fernerkundung, Messungen zur Hydrogravimetrie, der Grundwasserpegel, weiteren Bodenfeuchtemessungen sowie Modellierung und Messungen mit mobilen CRNS-Sensoren. Um geeignete Standorte für die Messgeräte zu finden und um sich mit Behörden und Landwirt:innen vor Ort abzustimmen, hatte die Forschungsgruppe das Messgebiet im Vorfeld bei einer gemeinsamen Fahrradtour erkundet. Besondere Höhepunkte waren die gemeinsame Sensorkalibration auf einem nahegelegenen See, die mobilen hydrogravimetrischen Messungen entlang der Selke sowie mobile CRNS-Messungen mit der touristischen Selke-Bahn und in einem Heißluft-Luftschiff. Die Messdaten werden derzeit prozessiert und sollen zeitnah veröffentlicht werden.

### Weitere Bilder

▶ <https://www.uni-potsdam.de/de/cosmicsense/about/field-sites/selke>



© UFZ/Martin Schrön



© GFZ/Daniel Rasche

## EDITORIAL

### Unsere Arbeit ist noch lange nicht vorbei



© FZ Jülich/Ralf-Uwe Limbach

Ende Mai/Anfang Juni kam es in Süddeutschland nach Starkregen zu schweren Überflutungen. Verheerende Überschwemmungen nach Regenfällen erlebten in diesem Jahr zum Beispiel auch Brasilien, Kenia und auf der arabischen Halbinsel der Oman und die Vereinigten Arabischen Emirate. Der Weltklimarat IPCC warnt schon länger, dass die Erderwärmung zu einer Zunahme von Starkregenereignissen führen kann. Bereits bei einer globalen Erwärmung von 1,5 Grad Celsius werden solche Ereignisse wahrscheinlich 1,5mal so oft auftreten und in ihrer Intensität rund 10 Prozent stärker sein. Bei einem Plus von 4 Grad Celsius steigt die Häufigkeit wahrscheinlich auf 2,7 und die Intensität auf 30 Prozent. Anlass zur Sorge bietet auch der Wald in Deutschland. Die Waldzustandserhebung fiel 2023 genauso düster aus wie im Vorjahr: Nur jeder fünfte Baum ist gesund.

Es ist wichtig, dass solche Entwicklungen und Ereignisse analysiert werden, um anschließend die richtigen Schlüsse zu ziehen. Dazu müssen viele Faktoren und Prozesse betrachtet werden, zum Beispiel die Wasser- und Stoffkreisläufe oder die Wechselwirkungen von Atmosphäre und Bodenoberflächen. TERENO ist 2008 angetreten, um entsprechende Daten langfristig zu erheben und so die regionalen Folgen des Klimawandels zu erfassen. Wir haben seitdem viel erreicht (siehe Beitrag Seite 3). Aber unsere Arbeit ist noch lange nicht vorbei. Die aktuelle Entwicklung zeigt, wie notwendig es ist, integrierte Umweltüberwachungsprogramme wie TERENO auch in Zukunft fortzuführen.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen beim Lesen!

**Ihr Harry Vereecken**  
Koordinator TERENO

## ERWARTUNGEN MEHR ALS ERFÜLLT

Vor über 15 Jahren wurde TERENO gegründet – das bis dahin umfangreichste Forschungsunterfangen zu langfristigen regionalen Auswirkungen des Klimawandels auf terrestrische Ökosysteme und deren sozioökonomischen Folgen in Deutschland. In einem Beitrag für das Open Access Journal „Earth's Future“ haben 36 Wissenschaftler:innen aus dem TERENO-Netzwerk die wichtigsten Erkenntnisse der Initiative zusammengefasst.

Eine Lücke schließen, einen neuen Schub verleihen – die Vorschusslorbeeren waren nicht klein, als die TERENO-Initiative Ende 2008 ins Leben gerufen wurde. Tatsächlich war TERENO etwas Neues: das deutschlandweit größte Vorhaben, um regionale Folgen des Klimawandels zu erfassen. Dazu brachten die beteiligten Helmholtz-Zentren nicht nur ein breites Spektrum von Disziplinen zusammen: Gemeinsam bauten sie ein deutschlandweites Netz von Observatorien auf, die umfangreich mit Messinstrumenten ausgestattet wurden.

Heute, mehr als 15 Jahre später, kann die Initiative auf eine sehr erfolgreiche Arbeit zurückblicken. Hunderttausende Umweltdaten stehen im TERENO-Datenportal öffentlich zur Verfügung, Hunderte Veröffentlichungen sind entstanden und Dutzende nationale und internationale Veranstaltungen wurden organisiert. „Gerade die TERENO-Daten waren und sind wichtig: etwa um neue Fernerkundungstechnologien zu überprüfen, um Modelle zu kalibrieren und zu validieren und um Datenprodukte wie den Deutschen Dürre-Monitor zu ermöglichen. Die enge Verknüpfung von Messungen am Boden und Fernerkundungsdaten einerseits und von Beobachtung und Modellierung andererseits hat alle Seiten stark vorangebracht“, berichtet Prof. Irena Hajsek vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Außerdem hat TERENO groß angelegte Experimente unterstützt, Impulse für methodische und technologische Fortschritte gegeben sowie die internationale Zusammenarbeit vorangetrieben – zum Beispiel bei der Forschungsinfrastruktur eLTER RI. Nicht zu unterschätzen ist auch der Effekt auf Folgeprojekte – beispielsweise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Forschungsvorhaben, die TERENO-Infrastruktur und -Daten nutzen.



Auftakt: das TERENO Science Steering Committee beim Kickoff-Meeting 2008

Unter dem Strich hat TERENO die Erwartungen mehr als erfüllt. „TERENO ist heute ist eine entscheidende Komponente für die Umweltmodellierung und -vorhersage in Deutschland und dient als Informationsdrehscheibe für Praktiker und politische Entscheidungsträger in der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft auf regionaler bis nationaler Ebene“, stellt Prof. Harry Vereecken vom Forschungszentrum Jülich fest.

Aus Sicht der 36 Autor:innen des Papers habe TERENO gezeigt, wie wertvoll solche umfassenden Umweltbeobachtungssysteme sind. „Nur mit solchen Systemen lassen sich die Daten sammeln, die notwendig sind, um langfristige Trends von kurzfristigen Schwankungen zu unterscheiden und entsprechende Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln“, hebt Dr. Theresa Blume vom Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ hervor. Doch Planung, Bau und Betrieb erfordern einen erheblichen Aufwand – das betrifft Ressourcen ebenso wie Finanzmittel, die die beteiligten Zentren weitestgehend selbst aufbringen.

Weitere wichtige Erkenntnisse: Um sich an sich ändernde Forschungsanforderungen anzupassen und eine langfristige Datenerfassung zu gewährleisten, müsse eine Forschungsinfrastruktur flexibel gestaltet sein. Auch entstehe die notwendige Interdisziplinarität nicht von selbst. „Die Kultur von Einrichtungen ist entscheidend. Es muss die Bereitschaft vorhanden sein, sich mit den unterschiedlichen Ansichten und Anforderungen der verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen und auch der Nutzergemeinschaften auseinanderzusetzen und letztlich Kompromisse etwa in Bezug auf Standorte oder Messverfahren einzugehen. In TERENO ist das vorbildlich gelungen“, so Prof. Peter Dietrich vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung. „All das zeigt, dass solche integrierten Umweltüberwachungsprogramme auch in Zukunft fortgeführt werden müssen“, ergänzt Prof. Hans Peter Schmid vom Karlsruher Institut für Technologie.

**Steffen Zacharias et al. (2024).** *Fifteen Years of Integrated Terrestrial Environmental Observatories (TERENO) in Germany: Functions, Services, and Lessons Learned.* Earth's Future, Vol. 12, Issue 6.

▶ DOI: [10.1029/2024EF004510](https://doi.org/10.1029/2024EF004510)



Messturm mitten im Wald:  
der TERENO-Standort Hohes Holz

©Eric Thurm

## DEUTSCHER HYDROLOGIEPREIS AN HARALD KUNSTMANN

Prof. Harald Kunstmann, seit Beginn von TERENO Mitglied im Scientific Steering Committee, hat den Deutschen Hydrologiepreis 2024 erhalten. Mit der Auszeichnung würdigt die Deutsche Hydrologische Gesellschaft (DHG) Personen, die sich durch wegweisende Forschung und besonderes Engagement auszeichnen.

Harald Kunstmann ist stellvertretender Direktor des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU) des Karlsruher Instituts für Technologie und Professor und Lehrstuhlinhaber für Regionales Klima und Hydrologie an der Universität Augsburg, zusätzlich dort auch Gründungsdirektor des neu eingerichteten Zentrums für Klimaresilienz. Im Mittelpunkt seiner Forschung stehen insbesondere Wasserverfügbarkeit – etwa Analysen zu Unsicherheiten von Niederschlags- und Abflussdaten –, Klimaänderung sowie Extremereignisse wie Hochwasser, Dürren und Hitze. Die Arbeiten von ihm und seinem Team genießen hohe nationale und internationale Anerkennung und haben entscheidend zum Verständnis und zum verbesserten Management von Wasserressourcen beigetragen, so die DHG

in ihrer Begründung für die Preisverleihung. Wichtige Arbeit leiste Kunstmann darüber hinaus durch sein Engagement in nationalen und internationalen Fachkommissionen, aber auch in der Öffentlichkeit, um Menschen für die Folgen der Klimakrise für unsere Wasserressourcen zu sensibilisieren.

„Dieser Preis freut mich sehr. Was mir wichtig ist: Diese Auszeichnung hat sehr viel mit TERENO zu tun“, so der Preisträger. Die Helmholtz-Initiative habe es ermöglicht, verschiedene Standorte deutschlandweit mit komplexen Instrumentierungen auszustatten. Die daraus entstandenen umfangreichen Beobachtungsdaten haben maßgeblich geholfen, Erdsystemmodelle zu erweitern und umfangreich zu validieren und damit das Klima-, Wasser- und Ökosystemverständnis entscheidend zu verbessern. Hinzu kommt ein für ihn wichtiges persönliches Anliegen: „Die Erfahrungen aus TERENO und die Infrastruktur geben wir an Länder weiter, die nicht über Ressourcen wie wir verfügen – also an Länder des globalen Südens wie etwa in Westafrika. Auch das war in dieser Form nur über TERENO möglich. Dafür bin ich TERENO sehr dankbar“, betont Harald Kunstmann.



Für wegweisende Forschung und besonderes Engagement geehrt: Harald Kunstmann

© KIT/IMK-IFU/Harald Kunstmann

## NEUE KOORDINATORIN FÜR TERENO-NORDOST

Seit 15. Juli 2023 ist Melanie Burns Koordinatorin des TERENO-Observatoriums „Nordostdeutsches Tiefland“ (TERENO-Nordost) und damit Nachfolgerin von Dr. Markus Schwab, der diese Position seit 2021 innehatte.



© Kate Longley

Melanie Burns, seit 2020 am Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungszentrum GFZ, ist eine erfahrene wissenschaftliche Koordinatorin, die am GFZ unter anderem große Drittmittelprojekte wie das EU Horizon2020 Projekt PAGER betreut hat. Davor war sie in ähnlichen Positionen am Max-Planck-Institut für chemische Ökologie und an der Charité Universitätsmedizin tätig. Darüber hinaus bringt sie besondere Erfahrung in der Organisation von Feldkampagnen sowie Expertise im Veranstaltungs- und Personalmanagement mit. Die Australierin hatte in ihrer Heimat im Management von Non-Profit-Organisationen gearbeitet und sich nach ihrem Umzug nach Deutschland im Jahr 2015 auf das Wissenschaftsmanagement

spezialisiert. „Ich werde mich bei meiner neuen Aufgabe unter anderem darauf konzentrieren, die Wissenschaftskommunikation rund um TERENO-Nordost auszubauen und damit die herausragende Arbeit, die TERENO-Wissenschaftler:innen in mehr als eineinhalb Jahrzehnten geleistet haben, zu fördern“, so Melanie Burns.

Markus Schwab, leitender Wissenschaftler in der Abteilung Klimadynamik und Landschaftsentwicklung am GFZ bleibt auch künftig in TERENO aktiv, etwa als Mitglied im Wissenschaftlichen Lenkungsausschuss des GFZ für TERENO-Nordost. Der Experte für die Nutzung von Seesedimenten zur Rekonstruktion der Klimageschichte durch Proxydaten wird dort auch weiterhin seine umfangreiche Erfahrung und Expertise zu Geoarchiven einbringen.

Markus Schwab, leitender Wissenschaftler in der Abteilung Klimadynamik und Landschaftsentwicklung am GFZ bleibt auch künftig in TERENO aktiv, etwa als Mitglied im Wissenschaftlichen Lenkungsausschuss des GFZ für TERENO-Nordost. Der Experte für die Nutzung von Seesedimenten zur Rekonstruktion der Klimageschichte durch Proxydaten wird dort auch weiterhin seine umfangreiche Erfahrung und Expertise zu Geoarchiven einbringen.



© privat

## MODELLVORHERSAGEN UM BIS ZU 60 PROZENT VERBESSERT



© FZ Jülich/Patrizia Ney

CRNS-Messstation im Observatorium „Eifel/Niederrheinische Bucht“

Immer häufiger setzen auch TERENO-Forscher:innen die Cosmic-Ray Neutron Sensing (CRNS)-Methode ein, um die Bodenfeuchte zu ermitteln. Die Methode schließt die Lücke zwischen lokalen Messungen und großräumigen Fernerkundungen, wie etwa Satellitenmessungen. Sie hilft außerdem, Modellvorhersagen zu verbessern. Wissenschaftler:innen des Forschungszentrums Jülich konnten mit CRNS-Daten aus dem TERENO-Observatorium „Eifel/Niederrheinische Bucht“ Modellfehler des hydrologischen Modells Terrestrial System Modeling Platform (TSMP) um bis zu 60 Prozent reduzieren.

Die Cosmic-Ray Neutron Sensing (CRNS) Methode nutzt kosmische Strahlung, die fortlaufend aus dem Weltraum auf unsere Erde trifft und in Wechselwirkung mit der Atmosphäre dort Neutronenstrahlung erzeugt. Abhängig von der Menge an Wasser im Boden oder in

den Pflanzen wird diese Neutronenstrahlung unterschiedlich an der Landoberfläche reflektiert. Die Messung der reflektierten Strahlung verrät daher, wie viel Wasser in der Landschaft gespeichert ist. Ein wichtiger Vorteil dieser Messung: Anstatt eine Vielzahl einzelner Sensoren mühsam zu vergraben, wird nur ein CRNS-Detektor an der Landoberfläche aufgestellt. Dieser liefert kontaktfrei einen repräsentativen Messwert der Neutronen für die Fläche innerhalb eines Radius von 150 bis 200 Metern um den Sensor. CRNS ermöglicht daher eine genaue Schätzung der Bodenfeuchte auf der Feldskala und liefert zugleich wertvolle Informationen über die Bodenfeuchte in der Wurzelzone auf der typischen Skala einer Modellgitterzelle.

Wie wertvoll die Informationen sind, zeigen die Ergebnisse der Jülicher CSC-Doktorandin Fang Li: Bei der Vorhersage der Bodenfeuchte konnte der Modellfehler bei TSMP um bis zu 60 Prozent gesenkt werden, bei der Vorhersage der monatlichen Verdunstung reduzierte sich der Modellfehler um 15 Prozent im feuchten Jahr und um 9 Prozent im trockenen Jahr. Für die Studie verwendete das Team CRNS-Daten von 12 TERENO-Standorten im Einzugsgebiet der Rur – und zwar aus einem feuchten Jahr (2016) und einem trockenen Jahr (2018), verifiziert mit einem unabhängigen Jahr (2017).

**Fang Li et al. 2024.** *Can a Sparse Network of Cosmic Ray Neutron Sensors Improve Soil Moisture and Evapotranspiration Estimation at the Larger Catchment Scale?* *Water Resources Research*, Vol. 60, Issue 1.

► DOI: [10.1029/2023WR035056](https://doi.org/10.1029/2023WR035056)

## DER FINGERABDRUCK VON TREIBHAUSGASEN

Wälder und Böden können große Mengen CO<sub>2</sub> aufnehmen. Sie speichern das Treibhausgas aber nur eine gewisse Zeit, dann geben sie es wieder in die Atmosphäre ab. Genaue Messdaten zu Treibhausgasemissionen sind wichtig, um die Effekte der vom Menschen verursachten globalen Erwärmung zu verstehen, aber auch um diese abzumildern. Im Projekt ISOMONEAE wollen Forscher:innen mit hoher zeitlicher Auflösung den Austausch der Treibhausgase CO<sub>2</sub>, Lachgas (N<sub>2</sub>O) und Methan (CH<sub>4</sub>), aber auch von Wasserdampf zwischen Atmosphäre und Ökosystemen überwachen. Dazu nutzen sie auch die Messung der Verhältnisse von stabilen Isotopen in diesen Gasen.

Isotope sind Varianten eines Atoms, die sich lediglich in der Anzahl der Neutronen voneinander unterscheiden. Die meisten Isotope zerfallen sehr schnell, doch stabile Isotope haben eine unbegrenzte Lebensdauer. Auch die chemischen Elemente, aus denen Treibhausgase bestehen, kommen als verschiedene stabile Isotope vor. Zum Beispiel gibt es Kohlenstoff als leichte (<sup>12</sup>C) und als schwere Variante (<sup>13</sup>C).

Die leichte Isotop-Variante dominiert in allen diesen Verbindungen, doch es gibt Abweichungen bei den Anteilen, also dem Verhältnis von schweren zu leichten Isotopen, die durch natürliche Prozesse hervorgerufen werden. Denn in welchen Raten die verschiedenen Isotopen-Varianten in der Natur umgesetzt werden, hängt von den physikalischen, chemischen oder biologischen Prozessen vor Ort ab. Beim Wasserdampf hat zum Beispiel die Temperatur, aber auch die relative Luftfeuchtigkeit einen starken Einfluss auf die Isotopenzusammensetzung. Bei CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> sind es insbesondere die Entstehungs- und Abbauprozesse, die einen messbaren Einfluss haben. „Das bedeutet, wir können spezifische Muster von stabilen Isotopen ermitteln – eine Art Fingerabdruck, mit dessen Hilfe wir Stoffflüsse nachvollziehen und damit Quellen und Senken exakt bestimmen können“, erklärt Prof. Nicolas Brüggemann vom Forschungszentrum Jülich.

Die Forscher:innen führen das isotopenspezifische Monitoring an zwei Standorten durch, dem landwirtschaftlichen TERENO-/



© FZ Jülich/Ralf-Uwe Limbaek

Eines der beiden Versuchsgebiete: der TERENO-Standort Selhausen

ICOS-Standort Selhausen, der von Jülich betreut wird, und dem Fluxnet-Waldstandort Leinefelde, den die Projektpartner von der Universität Göttingen betreuen: Prof. Alexander Knohl, Mitglied im TERENO Advisory Board, und Dr. Christian Markwitz. Die Ergebnisse von ISOMONEAE fließen in das „Integrierte Treibhausgas-Monitoring System für Deutschland“ (ITMS) ein. Die ITMS-Partner, zu denen auch die TERENO-Mitglieder Jülich und Karlsruher Institut für Technologie gehören, entwickeln derzeit ein Demonstratorsystem für ein bundesweites System zur Überwachung und Verifizierung von CO<sub>2</sub>-, Lachgas- und Methan-Emissionen.

## WIE GUT SIND SCHÄTZUNGEN DER BODENFEUCHTE?



© Sebastian Wiedling (UFZ)

UFZ-Forscher Toni Schmidt möchte Schätzungen der Bodenfeuchte verbessern.

Genauere Schätzungen der Bodenfeuchte sind entscheidend, um den Wasserkreislauf der Erde und die Dynamik der Ökosysteme zu verstehen. Für diese Schätzungen nutzt die Wissenschaft sogenannte Bodenfeuchteprodukte, die zum Beispiel auf Satellitenmessungen oder Modellberechnungen beruhen. Allerdings ist es schwierig, die Qualität der Produkte zu bewerten. Das liegt daran, dass zum Vergleich herangezogene herkömmliche *In-situ*-Messungen hochaufgelöst sind, die Bodenfeuchteprodukte jedoch Ergebnisse im größeren Maßstab von mehreren Quadratkilometern liefern.

Um Bodenfeuchteprodukte zu bewerten, haben Forscher:innen des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) und der Universität Potsdam auf einen besonderen Datensatz zurückgegriffen: Sie nutzten hektargenaue Bodenfeuchtedaten des Cosmic-Ray Soil Moisture Observation System (COSMOS) Deutschland als Referenz. In der Regel schneiden modellbasierte Bodenfeuchteprodukte besser ab. Doch das Team fand heraus, dass einige rein satellitenbasierte Produkte vergleichbar gute Ergebnisse liefern. Das gilt insbesondere für die Produkte der ESA Climate Change Initiative und der NASA-Mission SMAP.

Die Forscher:innen stellten aber auch saisonale Schwankungen fest, insbesondere in den Sommermonaten. Sie lassen sich auf die Beschränkungen mikrowellenbasierter Satellitensensoren zurückführen. Diese erfassen nur die obersten Zentimeter des Bodens, aber bei einer längeren Dürreperiode können unterirdische Schichten trockener sein. Schätzungen auf Basis von Satellitensensoren können daher zu feuchte Bodenbedingungen anzeigen. Die Cosmic-Ray-Neutron-Sensing-Methode (CRNS) erfasst dagegen auch tiefere Bodenbereiche, da die Neutronen der kosmischen Strahlung viel tiefer in den Boden eindringen.

„Die Studie hat unser Verständnis von COSMOS-Daten als Referenz für grobskalige Bodenfeuchteprodukte vertieft“, fasst Toni Schmidt, Doktorand am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ und Hauptautor der Studie, zusammen. Ihre Erkenntnisse wollen die Forscher:innen dazu nutzen, ein großräumiges Bodenfeuchteprodukt zu entwickeln, das die Vorteile von Satelliten- und CRNS-Daten verbindet. „Durch die Kombination der Stärken verschiedener Messtechniken wollen wir genauere und umfassendere Schätzungen der Bodenfeuchte liefern, die für Anwendungen wie Dürreüberwachung oder Hochwasservorhersage unerlässlich sind“, so Schmidt.

**Toni Schmidt et al. 2024.** *Comprehensive quality assessment of satellite- and model-based soil moisture products against the COSMOS network in Germany.* Remote Sensing of Environment, Vol. 301, 1.

► DOI: [10.1016/j.rse.2023.113930](https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113930)

## TERENO-WORKSHOP „TERENO research in the Critical Zone“

5. bis 7. November 2024 in Leipzig

Im Mittelpunkt des TERENO-Workshops, den dieses Mal das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ ausrichtet, stehen Themen rund um die Critical Zone, die oberste Schicht unseres Planeten. Schwerpunkte sind „Mikrobielles Leben in Boden und Wasser“, „Landmanagement und Wasserqualität“ sowie „Kohlenstoff in der Critical Zone“. Es können gerne noch Beiträge eingereicht werden – und zwar

zu TERENO-bezogenen Forschungsaktivitäten, Modellanwendungen auf Standort-, Einzugsgebiets- und nationaler Ebene sowie zur Umwandlung von Beobachtungsergebnissen in Datenprodukte. Neben Workshops, Fachvorträgen und Posterpräsentationen wird es auch wieder eine Exkursion geben: am 7. November nach Holzhausen zum Meteorologischen Observatorium des Deutschen Wetterdienstes.

### Veranstaltungsort:

Leipziger KUBUS  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ  
Permoserstraße 15  
04318 Leipzig

### Anmeldung und Kontakt:

Dr. Steffen Zacharias  
Department Monitoring- und Erkundungstechnologien  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

► Tel.: 0341/235-1381

► E-Mail: [steffen.zacharias@ufz.de](mailto:steffen.zacharias@ufz.de)



© UFZ / André Künzelmann

## GEBALLTES WISSEN

Die Generalversammlung der Europäischen Geowissenschaftlichen Union (EGU) ist die größte geowissenschaftliche Jahrestagung in Europa. Rund 18.000 Teilnehmer:innen waren Mitte April 2024 für die Veranstaltung nach Wien gereist. Knapp 19.000 wissenschaftliche Vorträge und Poster wurden dort präsentiert. Auch TERENO-Forscher:innen stellten gemeinsam mit Kooperationspartner:innen ihre Arbeiten vor.

### Bodenfunktionen in Gefahr



© KIT/IMK-IFU

Messinstrumente im TERENO-Observatorium „Alpenvorland“

Ein wesentliches Ziel von TERENO ist es, die regionalen Auswirkungen des globalen Wandels zu erfassen. Langzeitdaten von Grünlandböden im TERENO-Observatorium „Alpenvorland“ zeigen, welche Folgen der moderate Klimawandel von plus 2 Grad Celsius seit 2012 hat. Zwar ist in diesem Zeitraum das Pflanzenwachstum durch eine erhöhte Stickstoffaufnahme gestiegen, aber den Preis zahlt der Boden. Der vermehrte Abbau von Stickstoff – und damit auch von Kohlenstoff – im Boden wirkt sich negativ auf die Bodenfruchtbarkeit, den Austausch von Treibhausgasen sowie die Filterfunktion des Bodens zum Schutz von Gewässern aus. Langfristig stellt die Entwicklung eine Gefahr für wichtige Bodenfunktionen dar.

► DOI: [10.5194/egusphere-egu24-11233](https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-11233)

### Taubildung besser verstehen

Um die Folgen von Veränderungen einschätzen zu können, müssen Umweltprozesse verstanden werden, etwa der Wassereintrag in Ökosysteme. Niederschlag ist hier der wichtigste Faktor. Doch auch andere, deutlich geringere Einträge sind wichtig für das Überleben von Fauna und Flora, insbesondere in Trockenperioden. Tau, Raureif, Reif, Nebel und Adsorption von Wasserdampf im Boden werden allerdings bei Untersuchungen oft vernachlässigt. Daten vom TERENO-Standort Selhausen zeigen, dass dort der Tau den größten Anteil an den nicht niederschlagsbedingten Einträgen hat. Jedoch variierten Geschwindigkeit und Häufigkeit der Taubildung zwischen den Vegetationstypen erheblich. Die Analyse zeigte, dass bei der Taubildung auf Grün- und Ackerland während Trockenperioden – je nach Höhe der Vegetation – unterschiedliche Parameter korrelierten. Diese Informationen sind wichtig, um die Taubildung für verschiedene Bodenbedeckungsarten in Zukunft besser mit Modellen vorhersagen zu können.

► DOI: [10.5194/egusphere-egu24-7308](https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-7308)

### Datenqualität muss stimmen

Um genaue und zuverlässige Ergebnisse aus Sensordaten zu erhalten, ist eines besonders wichtig: eine effiziente Qualitätskontrolle. Dabei werden Methoden des Deep Learning (DL) immer wichtiger. TERENO-Forscher:innen haben ein Modell entwickelt, das mithilfe von DL Anomalien in Zeitreihendaten erkennt. Aus den erkannten Unregelmäßigkeiten lässt sich ableiten, ob es sich um ungewöhnliche Ereignisse, einen Fehler oder eine Störung handelt. Ihr Modell haben die Forscher:innen mit 2,5 Millionen Samples getestet. Dabei verwendeten sie Richtfunkdaten, die zur Niederschlagsmessung genutzt werden, sowie Bodenfeuchtedaten des SoilNet-Messsystems vom TERENO-Standort „Hohes Holz“.

► DOI: [10.5194/egusphere-egu24-8410](https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-8410)

### Wald im Wandel



© FZJ/Marius Schmidt

TERENO-Forscher:innen überwachen auch andere Veränderungen, etwa im Nationalpark Eifel die Umwandlung einer Fichtenmonokultur in einen Laubmischwald, der den lokalen Klima- und Bodenbedingungen entspricht. Das Gebiet ist Teil des TERENO-Standorts „Wüstebach“, der mit zahlreichen Messgeräten ausgestattet ist. Die Daten zeigen, dass das vom Nationalpark gerodete Gebiet zunächst zu einer Quelle für atmosphärisches CO<sub>2</sub> wurde. Acht Jahre später hat die nachwachsende Vegetation es wieder in eine CO<sub>2</sub>-Senke verwandelt. Dominierende Baumart ist mittlerweile die Eberesche, gefolgt von Fichte und Birke – wobei Eberesche und Birke etwa doppelt so schnell wachsen wie Fichten.

► DOI: [10.5194/egusphere-egu24-9455](https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-9455)

### Daten bereitstellen

Nach dem Messen und Kontrollieren gilt es, die Daten anderen zur Verfügung zu stellen. Zur Herausforderung wird das, wenn enorme Datenmengen anfallen, wie bei den Infrastrukturen der sieben Zentren des Helmholtz-Forschungsbereichs Erde und Umwelt, zu denen auch TERENO gehört. Um die Nutzung der Datenmengen zu rationalisieren und zu standardisieren, haben die Zentren das Projekt STAMPLATE initiiert. Im Kern geht es darum, eine gemeinsame, vernetzte Forschungsdateninfrastruktur für Umwelt-Zeitreihendaten aufzubauen. Dazu gehören eine standardisierte Schnittstelle sowie Tools für das Visualisieren von Daten oder das Verwalten von Überwachungssystemen.

► DOI: [10.5194/egusphere-egu24-20127](https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-20127)

## ZEIT FÜR EINE BREITERE RÄUMLICHE SKALA

CZInt, ein neues internationales Netzwerk, soll die Forschung zur obersten Schicht der Erde voranbringen, zur sogenannten Critical Zone (CZ). Die US-Forscher Prof. Elizabeth Boyer von der Penn State University, Dr. Bhavna Arora vom Lawrence Berkeley National Laboratory und Prof. Jeffrey Munroe vom Middlebury College haben das Netzwerk initiiert. Es wird durch das AccelNet-Programm der US National Science Foundation gefördert. Jeff Munroe erläutert im Interview Hintergründe und Ziele des Vorhabens, an dem auch TERENO beteiligt ist.

### Herr Prof. Munroe, worum geht es bei dieser neuen Initiative?

Ob einzelne Projekte, integrierte Observatorien oder nationale Netzwerke: Die CZ-Forschung hat sich als erfolgreich erwiesen, wenn es darum geht, Prozesse und Rückkopplungen innerhalb der CZ zu verstehen. Es ist an der Zeit, die Erforschung der CZ auf eine breitere räumliche Ebene zu stellen. Es gilt, Observatorien und Programme auf nationaler Ebene in einer internationalen Vereinigung zusammenzuführen.

### Warum?

Jedes Netz und jede Beobachtungsstelle ist für sich genommen eine wertvolle Forschungseinheit. Aber sie existieren oft als isolierte Inseln, zum Beispiel mit standortspezifischen Instrumenten, Zielen und Forschungsteams. Das führt zwangsläufig zu Redundanzen. Außerdem erschweren unterschiedliche Protokolle für die Planung von Observatorien, für Feldproben oder die Nutzung von Daten, dass Datensätze aus allen Regionen der Welt gefunden werden können. Darüber hinaus sind Klima, Geologie und Ökosysteme in der CZ enorm vielfältig. CZ-Forschung auf ein einzelnes nationales Netzwerk - also einzelne Standorte oder Forschungsnetze innerhalb eines Landes - zu beschränken, würde stets nur einen Teil dieser Vielfalt abdecken. Denn kein einziges Land deckt das komplette Spektrum ab. Das volle Potenzial, das diese Netzwerke erreichen könnten, bleibt daher ungenutzt. Das Ziel von CZInt ist es, dies zu ändern.

### Wie soll dies erreicht werden?

Wir haben zwei Hauptziele skizziert. Das erste besteht darin, ein robustes und zusammenhängendes internationales „Netzwerk von Netzwerken“ mit Schwerpunkt auf der CZ zu schaffen. Es soll Forscherinnen und Forscher aus verschiedenen Ländern und unterschiedlichen Disziplinen aus bestehenden und künftig neu zu gründenden Netzwerken zusammenbringen, um die wissenschaftliche Forschung zu beschleunigen. Zu wissen, wer wer ist und wer was tut, ist enorm wichtig für den Aufbau eines Netzwerks von Netzwerken, in dem das Ganze größer sein soll als die Summe der Einzelteile.

### Und zweitens?

Wir möchten einen Rahmen schaffen, in dem sich die Forschung nicht nur mit bestehenden Wissenslücken befasst, sondern auch proaktiv Synergien zwischen den CZ-Netzwerken ermittelt und diese dann nutzt, um disziplinübergreifend Zusammenarbeit und Innovation in der CZ-Wissenschaft zu fördern. Es handelt sich um eine koordinierte Anstrengung, um Wissen und Ergebnisse effektiver zu teilen. In CZInt werden wir die Umweltbedingungen jedes einzelnen CZ-Netzes nutzen und es Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ermöglichen, die Heterogenität in den CZ gründlicher zu erforschen und so Erkenntnisse zu gewinnen, die zu einem besseren Verständnis komplexer Prozesse beitragen.

### Als erste Netzwerkpartner haben Sie SITES aus Schweden, OZCAR aus Frankreich und die deutsche Initiative TERENO ausgewählt. Warum diese drei?

Alle drei sind vorbildliche Programme, die bereits seit vielen Jahren erfolgreich laufen. Ehrlich gesagt war es für uns eine leichte Entscheidung, diese als erste Partner der amerikanischen CZ-Gemeinschaft für die Anfangsphase von CZInt auszuwählen. Aber natürlich ist es ein Hauptziel von CZInt - und auch eine wichtige Voraussetzung für das AccelNet-Programm insgesamt - , solche Vereinigungen weiter auszubauen. Für mich wird das einer der spannendsten Aspekte sein, zu sehen, welche neuen Verbindungen entstehen oder gestärkt werden können.

### Was ist konkret geplant?

Im Mittelpunkt stehen ganztägige Treffen für Mitglieder der internationalen CZ-Gemeinschaft bei Tagungen der American Geophysical Union (AGU) und der European Geosciences Union. Diese Treffen bieten eine Plattform für den persönlichen Austausch, um neue Kontakte zu knüpfen, neue Kooperationen zu schmieden, Erkenntnisse auszutauschen und die künftige Entwicklung der CZ-Wissenschaft zu diskutieren. Ein wichtiger Bestandteil dieser Treffen sind spezielle Gesprächsformate, sogenannte Guided Conversations, über gemeinsame Visionen für die internationale CZ-Forschung und die Identifizierung bedeutender CZ-Wissenslücken.



Jeffrey Munroe ist Philip Battell Stewart und Sarah Frances Cowles Stewart Professor für Geologie am Department of Earth and Climate Sciences am Middlebury College in den USA. Er ist aktiv in der US-amerikanischen CZ-Forschungsgemeinschaft und Experte für Gebirgsgeomorphologie und Paläoklima.

### Wann wird CZInt beginnen und was muss bis dahin getan werden?

Das Projekt wird offiziell im September 2024 anlaufen. Bis dahin werden Beth, Bhavna und ich damit beschäftigt sein, unsere Strategie für die Einführung des Projekts zu planen und Kontakte zu knüpfen. In den ersten Monaten werden wir eine Website einrichten, die Seminarreihe starten, einen Newsletter zusammenstellen und das neue Projekt bekannt machen. Im Dezember wird die AGU-Tagung in New Orleans, USA, die Gelegenheit für einen offiziellen Start mit größerer Öffentlichkeitswirkung bieten.

### Prof. Munroe, vielen Dank!

Bei Interesse oder Fragen zu CZInt steht Jeff Munroe gerne zur Verfügung.

#### Kontakt:

▶ [jmunroe@middlebury.edu](mailto:jmunroe@middlebury.edu)

## TREIBHAUSGASEMISSIONEN AUS MOORBÄCHEN

Moorböden sind Speicher für Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N). Da sie das Treibhausgas Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) langfristig binden, können sie wichtige Bausteine gegen den Klimawandel darstellen. Andererseits können sie aber auch zu Treibhausgasquellen werden. „Wenn Bäche und Flüsse Moorböden entwässern, kann das zu erheblichen Emissionen von CO<sub>2</sub>, Methan (CH<sub>4</sub>), aber auch Lachgas (N<sub>2</sub>O) führen“, sagt Dr. David R. Piatka vom Campus Alpin des Karlsruher Instituts für Technologie (IMK-IFU/KIT). Gemeinsam mit Kolleg:innen hat er untersucht, wie der Haselbach, ein Bach im TERENO-Observatorium „Alpenvorland“, Moorböden entwässert.

Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere Starkniederschlagsereignisse die in den umliegenden Moorböden gelösten Treibhausgase auswaschen und zu hohen Treibhausgasemissionen aus den Gewässersystemen führen können. In trockeneren Perioden wurde die Treibhausgasdynamik maßgeblich durch den Stoffwechsel im Gewässer selbst beeinflusst. „Solche Studien liefern eine wichtige Grundlage für ein besseres Verständnis der zeitlichen Variabilität von Treibhausgasemissionen in Moorlandschaften und deren Auswirkungen auf das Klima. Sie sind besonders wichtig, um etwa den Einfluss von Moor-Wiedervernässungsprojekten auf die Klimaerwärmung nicht nur für einzelne, kleinräumige Untersuchungsflächen, sondern auch auf der Landschaftsskala beurteilen zu können“, betont Piatka.

Um die zeitliche Variabilität und Dynamik der im Bachwasser gelösten Treibhausgase und der damit verbundenen Emissionen genauer untersuchen zu können, hatten die Forscher:innen ein spezielles



David R. Piatka bereitet Messungen am Haselbach vor.

Messsystem entwickelt: Es arbeitet mit autarker Energieversorgung und automatisierten, kontinuierlichen und hochauflösenden Lasermessungen. Zusätzlich maßen die Wissenschaftler:innen weitere Umweltparameter und nutzten meteorologische Daten einer nahegelegenen Wetterstation, um Einflüsse der Umwelt auf die ermittelten Treibhausgasflüsse abschätzen zu können. Insgesamt dauerten die Arbeiten fünf Monate.

**David R. Piatka et al. 2024.** *Precipitation fuels dissolved greenhouse gas (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) dynamics in a peatland-dominated headwater stream: results from a continuous monitoring setup.* Front. Water 5:1321137.

▶ DOI: [10.3389/frwa.2023.1321137](https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1321137)

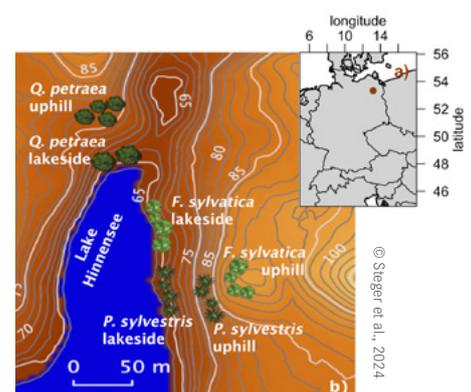
## EICHE UND BUCHE PASSEN SICH STÄRKER AN DÜRRE AN ALS KIEFER

Bäume können ihren Wasserverbrauch steuern, indem sie ihre Spaltöffnungen öffnen und schließen. „Das ist ein wichtiges Instrument, um auf Trockenheit zu reagieren. Wir haben herausgefunden, dass europäische Baumarten diese Fähigkeit auch nutzen, um sich langfristig an eine zunehmend trockenere Umwelt anzupassen“, sagt David N. Steger, Doktorand an der Universität Basel. Gemeinsam mit Kolleg:innen aus Basel und vom Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ hat er Bäume am Hinnensee im Müritz-Nationalpark, einem Standort im TERENO-Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“, untersucht.

Die Wissenschaftler:innen sammelten sechs Jahre lang Safffluss- und Dendrometerdaten von Kiefern, Rotbuchen und Traubeneichen sowie Bodenfeuchtigkeits- und Klimadaten. Dabei haben sie Bäume unter verschiedenen hydrologischen Bodenbedingungen berücksichtigt: eine Gruppe jeder Art wächst in unmittelbarer Nähe des Sees, was eine feuchtere Umgebung bedeutet, und eine andere Gruppe auf einer

Endmoräne, die durch trockenere Böden gekennzeichnet ist. „Dort sind die Bäume häufiger längeren Perioden von Bodentrockenheit ausgesetzt“, so Steger.

Die Analyse der Daten ergab, dass an dem trockeneren Standort die Laubbaumarten Buche und Eiche ihre Spaltöffnungen im Vergleich zum feuchteren Standort deutlich stärker schlossen als die Nadelbaumart Kiefer. „Dies deutet darauf hin, dass sich die Laubbaumarten in einem höheren Maß an die Trockenheit anpassen. Die Ergebnisse unserer Studie unterstreichen die Bedeutung einer langfristigen Überwachung von Wäldern, um deren Dynamik, Zusammensetzung und Vitalität in einer sich ständig verändernden Umwelt besser zu verstehen“, betont Steger. Eine weitere wichtige Erkenntnis der Forscher:innen: Ihre Untersuchungen bestätigen, dass Dendrometermessungen – also Messungen von wachstums- und wasserbedingten Dynamiken des Baumumfangs – als Proxy für das den Bäumen verfügbare Wasser verwendet werden können.



Das Untersuchungsgebiet Hinnensee: Oben sind die Standorte der Eichen, in der Mitte rechts vom See die der Buchen und darunter die der Kiefern.

**David N. Steger et al. 2024.** *Site matters - canopy conductance regulation in mature temperate trees diverges at two sites with different soil water availability.* Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 345.

▶ DOI: [10.1016/j.agrformet.2023.109850](https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109850)

## WISSENSCHAFT ERLEBEN UND VERSTEHEN



GFZ-Forscherin Dr. Theresa Blume erklärt, wie ein SapFlow Sensor funktioniert. Damit lässt sich die Wassermenge erfassen, die durch einen Baumstamm fließt.

Mehr als 6.000 Menschen besuchten am 4. Mai 2024 den diesjährigen Potsdamer Tag der Wissenschaft auf dem Campus Telegrafenberg. Bei der Veranstaltung, die in diesem Jahr das GeoForschungs-Zentrum GFZ koordinierte, präsentierten mehr als 33 Universitäten, Schulen und Forschungseinrichtungen aus dem Bundesland Brandenburg ihre Arbeiten.

Etwas sehr Altes bekamen die Gäste bei den Geoarchiven zu sehen: Teil der beeindruckenden Ausstellung von Baumscheiben war eine 1016 Jahre alte Wacholderscheibe. Was Geoarchive wie Baumscheiben Wissenschaftler:innen über das Klima in der Vergangenheit verraten, konnten die Besucher:innen selbst erforschen: Jeder durfte Proben von Baumkernen entnehmen und diese dann analysieren. Anhand der Dicke der Wachstumsringe ließ sich etwa erkennen, wie die jüngste Dürre einen starken Wachstumsrückgang verursacht hat.

Ein wichtiges Hilfsmittel der hydrologischen Forschung sind Bodenfeuchtesensoren. Mithilfe der Sensoren ließ sich am Tag der Wissenschaft live beobachten, wie sich Wasser durch die verschiedenen Bodenschichten bewegt. Die TERENO-Wissenschaftler:innen zeigten außerdem Geräte zum Erfassen von Klimaparametern und ein Eddy-Kovarianz-System zur Messung von Treibhausgasflüssen, wie es am GFZ unter anderem in wiedervernässten Mooren zum Einsatz kommt. „Dank der Möglichkeit, Technologie und Ausrüstung aus nächster Nähe zu betrachten, ließ es sich einfacher erklären und verstehen, wie wichtig es ist, was wir messen und warum“, verdeutlicht Melanie Burns.

Auch das TERENO-Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“ (TERENO-Nordost) bot Einblicke in die Forschung verschiedener Arbeitsgruppen. „Wir wollten die Gäste auf spielerische und interaktive Weise darüber informieren, wie Wissenschaftler:innen vorgehen, um die Umweltprozesse des globalen Wandels zu messen und zu verstehen“, berichtet Melanie Burns, wissenschaftliche Koordinatorin von TERENO-NO. Beim Projekt TERENO-Nordost Zarnekow konnten Groß und Klein zum Beispiel erleben, wie Pflanzen atmen. Durch ihren eigenen Atem konnten die Besucher:innen die  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Luft beeinflussen und dann dabei zusehen, wie schnell die Pflanze das  $\text{CO}_2$  entnahm, um es für die Photosynthese zu nutzen.

## KONTAKT | KOORDINATION

### Dr. Heye Bogena

Institut Agrosphäre (IBG-3),  
Forschungszentrum Jülich, 52425 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, Kreuzteckbahnstraße 19, 82467 Garmisch-Partenkirchen  
Tel.: 0 88 21/1 83-153  
E-Mail: ralf.kiese@kit.edu

### Melanie Burns

Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Telegrafenberg, 14473 Potsdam  
Tel.: 03 31/6264-1725  
E-Mail: melanie.burns@gfz-potsdam.de

### Dr. Steffen Zacharias

Department Monitoring- und Erkundungstechnologien, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Permoserstraße 15, 04318 Leipzig  
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, [www.tereno.net](http://www.tereno.net)

### Redaktion:

Christian Hohlfeld (verantwortlich),  
Am Brunnchen 21, 53227 Bonn

### Grafik und Layout:

BOSSE UND MEINHARD, Bonn