

WISSENSSTAND

Editorial	
10 Jahre TERENO-SOILCan	2
Daten zum Hochwasser	3
Neues Forschungsprogramm	3
1. OZCAR-TERENO Konferenz	4
Gekoppelte Kohlenstoff- und Wasserkreisläufe besser verstehen	5
Viele Gemeinsamkeiten	5
Schneller und unkomplizierter Datenzugang	6
Ein Standard für Satellitenmissionen	7
Forschung in Einzugsgebieten	7

IN KÜRZE

Begeisterung geweckt	8
Neuer Koordinator	8
Neues Mitglied	8

VOR ORT

Einzigartiger Datensatz zur Bodenfeuchte	9
DFG-Forschungsgruppe CosmicSense	9
Wertvoller Datensatz mit kosmischer Hilfe	10
ADAPTER: vom Sensor zur Echtzeitvorhersage	10
TERENO-Standort Harz: MOSES-Kampagnen zu Hitze und Dürre	11
Die Folge des Fichtensterbens	12

IM BLICKPUNKT

Dem Tau auf der Spur	13
Mit Radardaten die Vegetation erfassen	13

Eine gute Ausstattung mit Messinstrumenten ist die Basis für die TERENO-Observatorien: der Jülicher Forscher Prof. Nicolas Brüggemann mit einer Eddy-Kovarianz-Station.

© FZ Jülich / Sascha Kieklaue

Unterscheiden und einordnen

Die Wetterextreme der vergangenen Jahre haben gezeigt, wie wichtig es ist, Langzeitdaten zu erheben: Nur so lassen sich kurzfristige Schwankungen von langfristigen Trends unterscheiden und Ereignisse wie die schweren Überschwemmungen im Juli 2021 einordnen. Die TERENO-Standorte liefern grundlegende Informationen, wie sich der Klimawandel regional auswirkt.



200 JAHRE HELMHOLTZ
Inspired by challenges.



HELMHOLTZ
| GEMEINSCHAFT



© FZ Jülich/Sascha Kreklau

EDITORIAL

Die Folgen der Erderwärmung



© FZ Jülich/Ralf-Uwe Limbach

Seit 2018 hat Deutschland mehrere Trockenperioden erlebt und im Juli dieses Jahres eine verheerende Überschwemmung. Der jüngst veröffentlichte erste Teil des neuen Sachstandsberichts des Weltklimarats IPCC macht deutlich, dass häufigere Wetterextreme wie Hitzewellen, Dürren oder Starkregen Folgen der Erderwärmung sind. Und diese geht weiter. Der IPCC warnt, dass sich unsere Atmosphäre ohne sofortige Gegenmaßnahmen schon in den kommenden 20 Jahren um 1,5 Grad Celsius erwärmen könnte.

Welche konkreten Maßnahmen ergriffen werden sollen, obliegt der Politik. Die nächste UN-Klimakonferenz im November 2021 in Glasgow wird zeigen, welcher Weg eingeschlagen wird. Aufgabe der Wissenschaft ist es derweil, weiter Daten und Fakten zusammenzutragen und Vorhersagen zu entwickeln. Innerhalb von TERENO sind wir derzeit dabei, gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen aus Europa die Daten von Dürren und Überschwemmungen auszuwerten. Denn alle diese Extremereignisse fanden in Regionen statt, in denen unsere Instrumente stehen. Es macht noch einmal die Notwendigkeit deutlich, Langzeitdaten zu erheben, um solche extremen Wetterereignisse einordnen zu können. Und es bestätigt die Auswahl unserer TERENO-Standorte, da die regionalen Konsequenzen des Klimawandels erfasst werden.

Parallel zur Datenauswertung gilt es, sich auszutauschen, voneinander zu lernen und gemeinsame Vorhaben zu definieren. Eine hervorragende Gelegenheit dazu ist die erste gemeinsame Konferenz von TERENO und OZCAR, dem französischen Netzwerk zur Erforschung der Critical Zone. Trotz der Corona-Pandemie hoffen wir, mit der Mischung aus Online- und Präsenzveranstaltung, möglichst viele Forschende zusammenzubringen und viele Impulse für den wissenschaftlichen Austausch und zukünftige Kooperationen geben zu können.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen beim Lesen!

Ihr **Harry Vereecken**

Koordinator TERENO

TERENO-SOILCAN

Nach einjähriger Bauzeit ging 2012 das Lysimeter-Netzwerk TERENO-SOILCAN in den Messbetrieb. An 14 Standorten werden 130 Lysimeter genutzt, um den Einfluss des Klimawandels auf den Wasser- und Stoffhaushalt des Bodens zu untersuchen. SOILCAN verfolgt das „Space for Time Substitution“-Konzept: Einige Lysimeter werden am Originalstandort betrieben, andere wurden in andere TERENO-Observatorien umgesetzt. Der Transfer erfolgte auf Grund von Klimagradienten, um die Lysimeter am neuen Standort unterschiedlichen klimatischen Bedingungen auszusetzen. Die einzelnen Lysimeterstationen befinden sich an den Intensivmessstandorten der vier TERENO-Observatorien, die Landnutzungsform der Ökosysteme sind Acker oder Grünland.

Die Lysimeter-Rohdaten des SOILCAN-Netzwerkes werden mit selbstentwickelten Software-Routinen bearbeitet, um geprüfte, vollständige Datensätze zur weiteren wissenschaftlichen Auswertung zur Verfügung zu stellen. Forschende haben die Lysimeterdaten genutzt, um etwa Wasser- und

Stofftransport auf von Erosion betroffenen Ackerflächen und die Auswirkungen von Management und Klimawandel auf den Stoff- und Wasserhaushalt von Grün- und Ackerland zu untersuchen. Auch die Bestimmung und Quantifizierung von Tau sowie der Evapotranspiration in der Nacht war in Verbindung mit der TERENO-Infrastruktur möglich (siehe TERENO-Newsletter 20-1). Darüber hinaus wurden mit SOILCAN-Langzeitbeobachtungen bodenhydraulische Funktionen und Modelle überprüft. Künftig soll mit ihnen außerdem die Funktionalität von Agro-Ökosystem-Modellen getestet werden, so dass die Veränderungen der Ökosysteme auch unter zukünftigen klimatischen Bedingungen abgebildet werden können.

SOILCAN wird auch weiterhin ein wichtiges Bindeglied zwischen den einzelnen TERENO-Observatorien sein. Denn Betrieb und Datenauswertung dieses technisch sehr anspruchsvollen, wartungsintensiven Lysimeternetzwerkes sind nur im Verbund der beteiligten Partnerinstitute möglich.

Jin Fu et al. (2017): *Impacts of climate and management on water balance and nitrogen leaching from montane grassland soils of S-Germany. Environmental Pollution* 229, 119–131.

► [DOI: 10.1016/j.envpol.2017.05.071](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.05.071)

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

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

Matthias Hannes et al. (2016): *Revisiting hydraulic hysteresis based on long-term monitoring of hydraulic states in lysimeters. Water Resources Research* 52(5), 3847–3865.

► [DOI: 10.1002/2015WR018319](https://doi.org/10.1002/2015WR018319)

Marcus Herbrich et al. (2017): *Water balance and leaching of dissolved organic and inorganic carbon of eroded Luvisols using high precision weighing lysimeters. Soil and Tillage Research* 165, 144–160.

► [DOI: 10.1016/j.still.2016.08.003](https://doi.org/10.1016/j.still.2016.08.003)



von den Wassermassen zerstörte Brücke in der Eifel

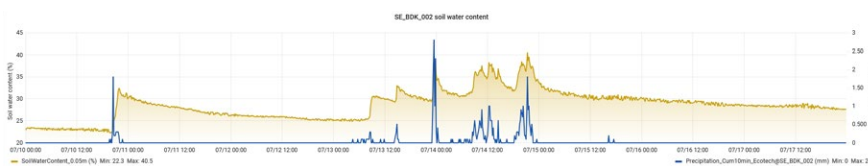
DATEN ZUM HOCHWASSER

Am 14. und 15. Juli 2021 wurden Teile Westdeutschlands, Ostbelgiens sowie Teile Luxemburgs und der Niederlande von extremen Überschwemmungen heimgesucht. Mehr als 200 Menschen starben. Gebäude und Infrastruktur wurden stark beschädigt oder zerstört. Das TERENO-Observatorium „Eifel/Niederheinische Bucht“ liegt in dem vom Hochwasserereignis besonders betroffenen Gebiet zwischen Eifel und Niederrheintal. Wissenschaftler vom Institut Agrosphäre des Forschungszentrums Jülich,

die das Observatorium koordinieren, haben Daten aus einer Vielzahl von Messsystemen des TERENO-Messnetzes zusammengestellt und auf der Homepage des TERENO-Datenportals veröffentlicht. So lässt sich nachvollziehen, wo es wie viel geregnet hat, wie sich das Wasser verteilt hat und wo Pegel wie stark gestiegen sind.

Verursacht wurden die katastrophalen Überschwemmungen durch außergewöhnlich lang anhaltende, großflächige und

intensive Niederschläge, teilweise mit mehr als 150 Litern pro Quadratmeter innerhalb von 48 Stunden. Besonders betroffen waren die Einzugsgebiete von Ahr, Erft, Kyll, Urft und Vesdre, den Nebenflüssen von Rhein, Mosel und Maas. Die extremen Niederschläge führten dazu, dass große Mengen Wasser abflossen, die Wasserstände und die Abflussmengen der Flüsse stiegen dramatisch an. Zum Beispiel hat die Ahr bei Altenahr einen langjährigen Durchschnittsabfluss von etwa 7 Kubikmetern pro Sekunde. Schätzungen gehen davon aus, dass während des Hochwasserscheitels bis zu 160-mal mehr Wasser abfloss, etwa 800 bis 1200 Kubikmeter pro Sekunde. Weitere Daten, etwa zu Niederschlägen, Wasserabfluss und Bodenfeuchte, sind auf der Homepage des TERENO-Datenportals zu finden.



Daten vom TERENO-Standort Selhausen: Die blaue Linie zeigt, wann es zwischen dem 10. und 17. Juli 2021 wie stark geregnet hat. Die gelb-grüne Linie, wie sich in diesem Zeitraum die Bodenfeuchte infolge der Niederschläge verändert hat.

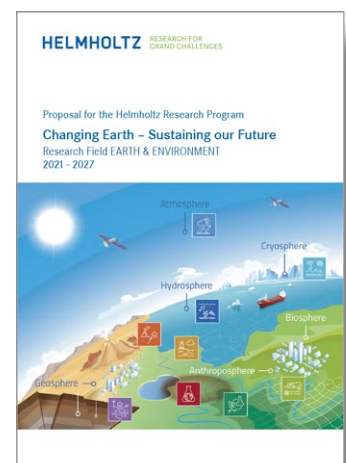
► [Sonderseite auf dem TERENO-Datenportal](#)

NEUES FORSCHUNGSPROGRAMM

Die Helmholtz-Gemeinschaft hat ihr Forschungsprogramm 2021–2027 für den Bereich „Erde und Umwelt“ veröffentlicht. Der Programmantrag „Changing Earth – Sustaining our Future“ beschreibt, wie die sieben beteiligten Helmholtz-Zentren globale Herausforderungen angehen wollen – beispielsweise Lösungen und Strategien entwickeln, wie sich der Mensch an veränderte Umweltbedingungen anpassen kann, wie sich globale Bedrohungen wie der Klimawandel mindern lassen und welche Auswirkungen diese Risiken auf die Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft haben können.

Eine wichtige Rolle in dem Programm spielt die TERENO-Initiative. Sie zählt zu den sogenannten Querschnittsaktivitäten, in denen verschiedene Forschungsfelder zusammengebracht und Netzwerke mit anderen Partnern aus der Wissenschaft geknüpft werden. Mit seinen Observatorien zur Langzeitbeobachtung von Klima- und Landnutzungswandel trägt TERENO zu sechs der neun Forschungstopics bei: „Atmosphäre im globalen Wandel“, „Ozeane und Kryosphäre im Klimawandel“, „Landschaften der Zukunft“, „Nachhaltige Bioökonomie“, „Georessourcen“ und „Ein gesunder Planet“. Insbesondere für den Topic „Atmosphäre im Globalen Wandel“ hat TERENO einen erheblichen Anteil daran, dass in den vergangenen Jahren verschiedene Expertisen und Ressourcen zusammengebracht werden konnten. Schwerpunkte in diesem Topic werden unter anderem Klimawandel, Extremereignisse und Luftqualität sein. Ziel ist es, regionale Klimaprojektionen mit beispielloser Auflösung zu erstellen sowie Prozesse und Phänomene nicht nur besser zu verstehen, sondern auch genauer vorherzusagen.

TERENO und die daran beteiligten Helmholtz-Zentren sind darüber hinaus Partner für andere Aktivitäten und Initiativen in dem Programm. So ist TERENO zum Beispiel eine wichtige Plattform für das Erdbeobachtungssystem MOSES und hat geholfen, die neue Initiative „Resilient Urban Space“ vorzubereiten. Diese Initiative beschäftigt sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf urbane Gebiete. Eng verbunden ist TERENO außerdem mit den Daten- und Modellierungsplattformen Digital Earth, Earth System Modeling und dem Data Hub des Bereichs „Erde und Umwelt“. So liefert TERENO wichtige Daten für Modellierung und Simulation.



► [Programmantrag „Changing Earth – Sustaining our Future“](#)



© FZ Jülich (r.), alle anderen: UFZ/ André Künzelmann

1. OZCAR-TERENO-KONFERENZ

Es ist eine Premiere: Vom 5. bis 7. Oktober 2021 findet in Straßburg die erste gemeinsame internationale Konferenz des französischen Forschungsnetzwerks OZCAR (siehe auch S. 5) und der deutschen TERENO-Initiative statt. Im Mittelpunkt steht die Forschung zur Critical Zone, der dünnen Schicht unseres Planeten zwischen Vegetationsoberfläche und Grundwasser. Eine wichtige Rolle spielen hier multidisziplinäre, gut ausgestattete Observatorien, wie sie etwa in den Netzwerken von TERENO und OZCAR zu finden sind. Auf der Konferenz präsentieren Forscherinnen und Forscher neueste wissenschaftliche Erkenntnisse zum Beispiel aus der Hydrologie, der Geophysik, der Bodenkunde, der Geochemie, der Ökologie und der Sozio-Ökologie.

► <https://ozcartereno2020.sciencesconf.org>

Themenvielfalt

Das Programm umfasst 17 Themenbereiche, zu dem jeweils ein einleitender Vortrag sowie verschiedene Vortrags- und Posterpräsentationen gehören. Insgesamt sind mehr als 70 Vorträge und über 100 Poster vorgesehen. Die Themen reichen von grundsätzlichen Fragen zu Austauschprozessen zwischen Boden, Vegetation und Atmosphäre über den Umgang mit Daten bis hin zu neuen Messmethoden und Modellierungsansätzen. So geht es etwa um unterschiedliche Ansätze bei Observatorien für die langfristige Umwelt- und Biodiversitätsbeobachtung, um die Integration von In-situ- und Fernerkundungsdaten sowie um innovative Sensormethoden zur Erforschung der Critical Zone. In verschiedenen Beiträgen wird zum Beispiel auf die Überwachung von Wasser- und Stofftransport bei Extremereignissen, auf die Modellierung der Wasser- und Kohlenstoffkreisläufe und



© MC Pierret (OHGE-EOST, Strasbourg)

OHGE-Observatorium – OZCAR RI: Beobachtung von Wasser, Boden und Pflanzen in einem Buchenwald

bessere Vorhersagen durch Datenfusion eingegangen. Dabei ist der Blick nicht alleine auf Europa gerichtet: Eine Session beschäftigt sich mit dem Verständnis von Critical-Zone-Prozessen in Afrika. Die Vortragenden kommen nicht nur aus Deutschland und Frankreich, sondern auch aus anderen europäischen Ländern und den USA. Ebenfalls zum Programm gehört eine Exkursion zum OZCAR-Standort des Observatoire Hydro-Géochimique de l'Environnement (OHGE) im Einzugsgebiet des Flusses Strengbach.

Künftig im Wechsel

Die 1. OZCAR-TERENO-Konferenz setzt die Reihe der internationalen Konferenzen fort, die TERENO bereits 2014 in Bonn und 2018 in Berlin durchgeführt hat. Die OZCAR-TERENO-Konferenz soll künftig alle zwei Jahre stattfinden – abwechselnd in Frankreich und Deutschland. Sie wird von der europäischen Forschungsinfrastruktur eLTER RI (European Long-Term Ecosystem, Critical Zone and Socio-Ecological Research Infrastructure) unterstützt.

Im Hybridformat

Aufgrund der Corona-Pandemie musste die Konferenz mehrfach verschoben werden. Um möglichst vielen Interessentinnen und Interessenten die Teilnahme zu ermöglichen, findet sie im Hybridformat statt – vor Ort im Palais de la Musique et des Congrès im französischen Straßburg – dort gelten entsprechende Corona-Sicherheitsregeln – und gleichzeitig virtuell. Online-Teilnehmerinnen und -Teilnehmer können die Hauptvorträge und Präsentationen über das Videokonferenz-Tool Zoom verfolgen und mitdiskutieren. Während der Posterveranstaltung können online Fragen und Kommentare an die Autorinnen und Autoren geschickt werden, die diese dann auch direkt beantworten.

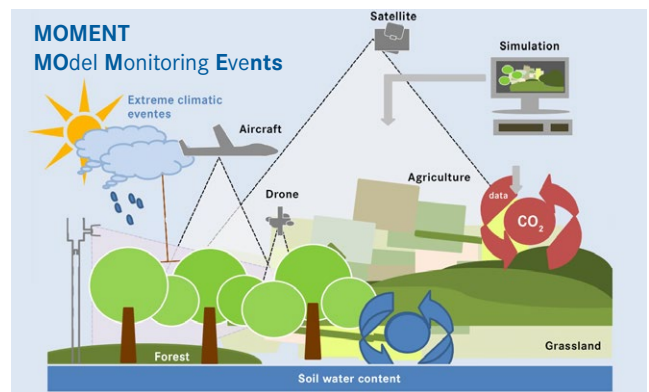
GEKOPPELTE KOHLENSTOFF- UND WASSERKREISLÄUFE BESSER VERSTEHEN

Im Zuge des Klimawandels häufen sich hydrologische und klimatische Extremeignisse wie Dürren, Hitzewellen oder Starkregen. Die Auswirkungen solcher Extremereignisse sind ein Schwerpunkt des Promotion-Projekts „Model Monitoring Events“ (MOMENT), das sich mit den Wechselwirkungen von Kohlenstoff- und Wasserkreisläufen beschäftigt. Die Forschenden untersuchen unter anderem, wie Extremereignisse diese Wechselwirkungen beeinflussen.

„Wir wissen noch nicht genau, wie Extremereignisse Ökosystemprozesse beeinflussen, die für den gekoppelten Kohlenstoff- und Wasserkreislauf relevant sind. Ziel des Projekts ist es, neue Monitoring- und Modellierungsmethoden zu entwickeln und zu testen, um das Zusammenspiel zwischen den Kreisläufen und Extremereignissen auf verschiedenen zeitlichen und räumlichen Skalen zu verstehen“, sagt Projektkoordinatorin Dr. Corinna Rebmann vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Vier Promotionsvorhaben arbeiten eng zusammen, um die komplexen Rückkopplungsprozesse der biogeochemischen Kreisläufe für drei verschiedene Landschaftstypen zu analysieren: für Wald, Grasland und Landwirtschaft. Das geschieht mittels Daten von drei TERENO-Standorten, die nahe beieinander im Observatorium „Harz/

Mitteldeutsches Tiefland“ liegen: das Waldgebiet Hohes Holz, das Grünlandgebiet Am Großen Bruch und das landwirtschaftliche Gebiet Hordorf. „Das Sammeln und Analysieren von Daten in derselben Klimaregion ermöglicht es, Wechselwirkungen zwischen Klima, Kohlenstoff-, Wasser- und Energieflüssen sowie Landnutzungstypen zu vergleichen“, erklärt Corinna Rebmann.

In einem ersten Schritt analysieren die Promovierenden Anne Holtmann, Floris Hermanns, Felix Pohl und Bahar Bahrami bestehende Datensätze, die im TERENO-Observatorium für die Entwicklung von Modellen erfasst wurden. Dafür kombinieren sie lokale Feldmessungen von Kohlenstoff-, Wasser- und Energieflüssen sowie deren Antriebskräften mit Fernerkundungsmessungen und Modellsimulationen. In einem zweiten Schritt sollen zusätzlich Daten von Stationen des integrierten Kohlenstoffbeobachtungssystems ICOS in Deutschland und Europa genutzt werden.



„Die Analysen sollen es ermöglichen, anpassungsfähige Strategien zur Umweltbeobachtung zu entwickeln und besser zu verstehen, wie Ökosystemprozesse ablaufen unter sich ändernden Umweltbedingungen inklusive zunehmender Häufigkeit von Extremereignissen. Dieses Wissen hilft dann auch, derzeit noch bestehende Unsicherheiten in Modellen zu reduzieren“, sagt Corinna Rebmann. Die Ergebnisse sollen in die Helmholtz-Initiative MOSES einfließen, die mithilfe flexibel einsetzbarer Messinstrumente die Wechselwirkungen von kurzfristigen Ereignissen und langfristigen Trends untersucht.

► Model Monitoring Events – MOMENT

VIELE GEMEINSAMKEITEN

Im Dezember 2015 fiel in Frankreich der Startschuss für eine neue nationale Forschungsinfrastruktur: OZCAR. Die Abkürzung steht für Observatoires de la Zone Critique: Applications et Recherche. Das Netzwerk vereint Beobachtungsstandorte, die sich mit der sogenannten Critical Zone (CZ) befassen – also der äußeren Hülle unseres Planeten, die sich von der von der Vegetationsoberfläche bis zum Grundwasser erstreckt.

Die Initiative wurde gegründet, um eine offene Infrastruktur zu entwickeln, die nationale CZ-Forschung zu vernetzen und kommende Generationen Forschender auszubilden. „Städtewachstum, Klimawandel und Globalisierung üben einen starken Druck auf die Critical Zone aus. Es geht darum, die elementaren Prozesse der CZ zu identifizieren und zu verstehen sowie Vorhersagemodelle zu entwickeln“, sagt Prof. Jérôme Gaillardet vom Institut de Physique du Globe de Paris, der OZCAR gemeinsam mit Prof. Isabelle Braud vom Institut national de recherche pour l’agriculture, l’alimentation et l’environnement (INRAE) in Lyon koordiniert.



Eddy-Kovarianz-Station in einem Moorgebiet des Observatoriums SNO Tourbière im Osten Frankreichs.

Seit der OZCAR-Gründung hat sich einiges getan: angefangen vom Aufbau eines gemeinsamen Daten- und Metadatenportals über die Entwicklung neuer Instrumente bis hin zur Durchführung zahlreicher Projekte an den mittlerweile über 60 Forschungsstandorten. Diese decken die verschiedensten Landschaften und Klimazonen ab – und das nicht nur in Frankreich, sondern weltweit: in der Karibik, in Afrika, Asien und Südamerika, aber auch in der Arktis und

der Antarktis. An den Standorten führen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Langzeitmessungen durch und erfassen biologische, chemische und physikalische Parameter zum Beispiel des Grundwassers, Flusswassers, der Gletscher und Böden.

Nicht nur bei den Forschungsthemen gibt es viele Gemeinsamkeiten zwischen OZCAR und TERENO, sondern beiden Initiativen geht es auch darum, politische Entscheidungsträger und andere Interessengruppen zu Themen wie Wasser, Boden und biologische Vielfalt zu beraten und sich in Europa zu engagieren. So sind beide an eLTER RI beteiligt, der European Long-Term Ecosystem Research Infrastructure. Über die Jahre ist so eine enge Zusammenarbeit zwischen TERENO und OZCAR entstanden, das sichtbare Zeichen ist die erste gemeinsame Konferenz im Oktober 2021 (siehe Seite 4).

► <https://www.ozcar-ri.org>

SCHNELLER UND UNKOMPLIZIERTER DATENZUGANG

Es schlummert ein gewaltiger Schatz in deutschen Forschungseinrichtungen: Daten, auf die oft nur eine Handvoll Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Zugriff haben. Das soll sich künftig ändern – durch die Nationale Forschungsdateninfrastruktur, kurz NFDI.

Forschungsdaten werden häufig dezentral gespeichert und sind projektbezogen oder zeitlich begrenzt verfügbar. Dabei könnten auch andere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler oder Behörden von ihnen profitieren, um neue Erkenntnisse zu gewinnen, sich aufwändige Versuche zu ersparen oder Handlungsempfehlungen abzuleiten. Die NFDI, die derzeit aufgebaut wird, soll als digitaler, regional verteilter und vernetzter Wissensspeicher nachhaltig und systematisch Forschungsdaten sichern und zur Verfügung stellen.

Was einfach klingt, ist jedoch komplex. „Alleine in den TERENO-Observatorien erfassen wir sehr heterogene Daten von verschiedensten Sensoren und Standorten. Das bedeutet etwa unterschiedliche Dateiformate, Datenstrukturen und Anforderungen an Datenübertragung“, sagt Dr. Christof Lorenz vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Das KIT ist wie das Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ und das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ an NFDI4Earth beteiligt, dem NFDI-Fachkonsortium für die Erdsystemwissenschaften. Ziel ist es, durch eine erweiterte Wissensbasis besser auf globale Herausforderungen wie Klimawandel, Wasserknappheit, Landnutzungsänderung, Umweltverschmutzung und Naturgefahren reagieren zu können.

„Daten müssen aber nicht nur zugänglich, sondern auch vergleichbar sein. Das wird zum Beispiel durch unterschiedliche Messprotokolle erschwert“, ergänzt Dr. Florian Ott vom GFZ. Darum müssen die involvierten Fachdisziplinen gemeinsame Arbeitsabläufe und einheitliche Regelungen festlegen, etwa für Datenerhebung, Datenqualität, Datenschutz oder auch für die Metadaten, die beschreiben, was ein Datensatz beinhaltet.

Vielfalt abbilden

Vor diesen Herausforderungen stehen alle NFDI-Konsortien, auch NFDI4BioDiversity. „Biodiversitätsdaten sind angesichts des fortschreitenden Artensterbens und des globalen Wandels von immenser Bedeutung, aber oft noch nicht ausreichend erschlossen“, erklärt Dr. Mark Frenzel vom UFZ, einem Ko-Antragsteller des Konsortiums. Eine besondere Herausforderung liege in der Vielfalt von Biodiversitätsdaten. „Es geht nicht nur um Artenzahlen, sondern auch um innerartliche genetische Diversität oder die Interaktionen in Artengemeinschaften und Ökosystemen“, so der UFZ-Forscher. Um diese Vielfalt abzubilden, haben die Partner über 20 Anwendungsfälle ausgewählt, in denen sehr unterschiedliche Ausgangssituationen exemplarisch bearbeitet werden. Dafür entwickeln die Partner Services für IT- und Datenmanagement sowie Datenvisualisierungen. Langzeit-Daten von den TERENO-Standorten werden ein Teil von NFDI4BioDiversity sein.

Auch in NFDI4Earth spielen TERENO-Daten eine wichtige Rolle. „In einem Pilotprojekt wollen wir sie mit Daten anderer nationaler Umweltobservatorien verbinden und daraus prototypische Workflows für die Datenanbindung entwickeln. Die Daten werden außerdem genutzt, um Visualisierungstools zu verbessern“, so Florian Ott. Ein wichtiger Baustein bei beiden Konsortien ist die Anbindung des DataHub des Helmholtz-Forschungsbereiches Erde und Umwelt an internationale Netzwerke wie die europäische Forschungsinfrastruktur eLTER RI, die das UFZ koordiniert.

„Am Ende soll ein schneller, unkomplizierter und gut funktionierender Zugang zu Daten entstehen – ohne dass sich Forschende Gedanken über Datenformate, Datenstrukturen, Schnittstellen oder Speicherorte Gedanken machen müssen oder viel Zeit für die Suche nach nützlichen Datenquellen vergeuden“, fasst Christof Lorenz zusammen.



► www.nfdi4biodiversity.org



► www.nfdi4earth.de

Mit der NFDI entsteht ein schneller und unkomplizierter Zugang zu Daten.

Bis zu 90 Millionen Euro pro Jahr

Bund und Länder hatten im November 2018 auf Empfehlung des Rates für Informationsinfrastrukturen (RFII) beschlossen, eine Nationale Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) aufzubauen und zu fördern. Sie stellen dafür bis 2028 jährlich bis zu 90 Millionen Euro bereit. Mehrere Disziplinen sollen sich zu Konsortien zusammenschließen, die jeweils für ein Wissensgebiet Anforderungen definieren und Lösungen entwickeln. 30 Konsortien können maximal gefördert werden, 19 sind bereits 2020 und 2021 an den Start gegangen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) begleitet und steuert das Auswahlverfahren. Um die Aktivitäten innerhalb der NFDI zu koordinieren, gründeten Bund und Länder im Oktober 2020 den NFDI-Verein.

► NFDI-Verein mit Übersicht über die Konsortien

EIN STANDARD FÜR CAL/VAL VON SATELLITENMISSIONEN

Erdbeobachtung mittels Satelliten ist längst ein fester Bestandteil der terrestrischen Umweltforschung. Die Zahl der Satelliten, Missionen und verwendeten Beobachtungstechnologien ist stetig gestiegen. Das im letzten Jahr gestartete EU-Projekt „Copernicus Cal/Val Solution (CCVS)“ hat sich ein noch ungelöstes Problem vorgenommen: die Zusammenführung der Aktivitäten und Methoden zur notwendigen, aber zeitaufwendigen und komplexen Kalibrierung der Instrumente sowie Validierung der Datenprodukte aller laufenden und künftigen Sentinel-Missionen des Copernicus-Programms der Europäischen Weltraumorganisation ESA.

„Werden diese nicht richtig durchgeführt, kann das zu ungenauen Ergebnissen und gar Fehlinterpretationen führen“, sagt Bringfried Pflug vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, einem Partner des Projekts. Kalibrierung und Validierung seien außerdem notwendig, um Satellitenmessungen zu vergleichen, die zu verschiedenen Zeiten und Orten von unterschiedlichen Instrumenten durchgeführt wurden.

Bislang werden Kalibrierung und Validierung für jede Mission unabhängig von anderen durchgeführt. CCVS möchte einen Standard

erarbeiten und dabei Synergien zwischen unterschiedlichen Missionen ausnutzen. Dazu gehört der Ausbau gemeinsam genutzter bodengebundener Netzwerke von Referenzmessungen. Die Partner wollen auf bereits existierende Observatorien zurückgreifen, etwa auf TERENO-Standorte wie Selhausen oder DEMMIN, die auch schon Validierungsdaten für Sentinel-Missionen lieferten.

In der nun abgeschlossenen ersten Phase haben die Projektpartner eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Netzwerke und

Quellen für Referenzdaten durchgeführt. „In der zweiten Phase geht es nun darum, bereits gut ausgebaute Netzwerke und Standorte zu identifizieren, damit diese weiter ausgebaut werden können. Dabei spielt insbesondere eine langfristig gesicherte Finanzierung eine Rolle. Es soll ermittelt werden, welche Lücken es in den bereitgestellten Referenzdaten noch gibt und wie diese geschlossen werden können“, so Bringfried Pflug. Dafür wollen sich die CCVS-Projektpartner mit den Standortbetreibern austauschen und am Ende einen realistischen Vorschlag inklusive Kosten- und Zeitplan vorlegen. Eine Lücke, die der DLR-Forscher noch sieht, sind Messungen der Oberflächenreflektanz. Diese seien wichtig, um die Unsicherheiten der Atmosphärenkorrektur in Datenprodukten aus Satellitenmessungen zu quantifizieren und das Sich-Fortpflanzen von Fehlern nachzuvollziehen.

UNERSETZLICH: FORSCHUNG IN EINZUGSGEBIETEN

Einzugsgebiete sind die Flächen, aus denen ein Gewässer seinen Wasserfluss bezieht – zum Beispiel über Niederschläge, Eis- und Schneeschmelze. Es gibt zahlreiche Forschungs- und Beobachtungsstandorte, die unter anderem Wasserkreislauf und -qualität untersuchen – auch in den vier TERENO-Observatorien. Eine Seminarreihe des Consortium of Universities for the Advancement of Hydrological Science (CUAHSI) hat sich mit Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Erforschung von Einzugsgebieten befasst. In neun Webinaren stellten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedene Arbeiten vor: von Wetteraufzeichnungen in England aus dem 18. Jahrhundert über Veränderungen des Wasserhaushalts von Wäldern in den USA bis hin zu Langzeituntersuchungen über die Auswirkungen des Klimawandels auf Flüsse in der Arktis. Beim letzten Seminar diskutierten die Teilnehmenden über Konsequenzen der bisherigen Erkenntnisse, über standortübergreifende Verbindungen sowie über Wert und Wirkung der Einzugsgebietsforschung. Insgesamt hatten sich über 640 Teilnehmende zur der Reihe „Research and Observatory Catchments: The Legacy and the Future“ angemeldet, die Dr. Theresa Blume vom Deutschen GeoForschungszentrum Potsdam GFZ mitorganisiert hatte. Alle Webinare sind auf dem YouTube-Kanal von CUAHSI verfügbar.

Die Erforschung von Einzugsgebieten ist auch Thema einer im Juni 2021 erschienenen Sonderausgabe der Fachzeitschrift „Hydrological Processes“, ebenfalls unter dem Titel „Research and Observatory Catchments: The Legacy and the Future“. Die Sonderausgabe – herausgegeben von Jamie Shanley, Stephen Sebestyen, Julia Jones, Jon



Aufbau der hydrologischen Messstation Rollesbroich

Duncan, Catalina Segura, Alisa Mast und Theresa Blume – umfasst Beiträge von Forschenden, die Standorte in Einzugsgebieten betreiben und verwalten beziehungsweise Untersuchungen durchführen. Die Zahl von 140 eingereichten Beiträgen belegt, wie aktuell das Thema ist. Mit der Sonderausgabe wollen Herausgeber und Autoren die Aufmerksamkeit für die Langzeiterforschung von Einzugsgebieten erhöhen und zeigen, dass die Forschung nicht nur gesellschaftlich relevant, sondern auch unersetzlich ist.

► [CUASHI-Webinarreihe](#)

► [Sonderausgabe von „Hydrological Processes“](#)

Junge Talente fördern

BEGEISTERUNG GEWECKT

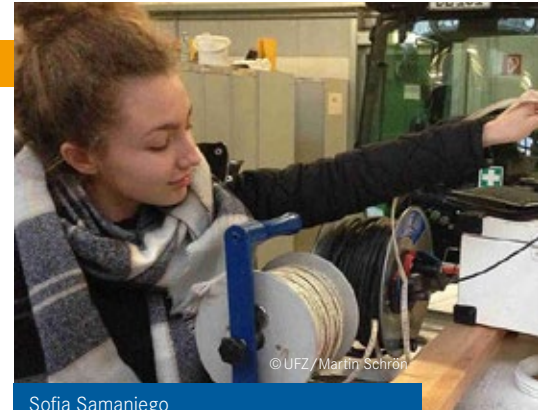
TERENO begeistert und fördert junge Talente für die Umweltforschung, wie etwa Sofia Samaniego. Während ihrer Schulzeit absolvierte sie eine sogenannte „Besondere Lernleistung (BeLL)“ am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ und lernte dort das Messen der Bodenfeuchte mithilfe der kosmischen Strahlung kennen. Daraus wurden ein Beitrag für „Jugend forscht“ und ein Studium der Physik.

In vielen Bundesländern können Schüler*innen eine BeLL absolvieren und so ein Schuljahr lang regelmäßig an Forschungsprojekten mitwirken. Sofia Samaniego ging am UFZ der Frage nach, ob sich die Eindringtiefe der kosmischen Strahlung in den Boden experimentell bestimmen lässt. Dazu befüllte sie mehrere Kubikmeter Sand von unten mit Wasser und beobachtete die Reaktionszeit der Neutronenstrahlung mithilfe des Cosmic-Ray-Sensors, welcher auch regelmäßig in den TERENO-Gebieten im Einsatz ist.

Mehrfach ausgezeichnet

Ihrem Praktikum folgte eine 50-seitige wissenschaftliche schriftliche Auswertung, zu der sie im Abiturfach Physik geprüft wurde.

Danach überschlugen sich die Ereignisse: Sofia gewann den BeLL-Prix für Nachwuchsforscher*innen der Technischen Universität Chemnitz, sie schloss das Abitur am Ostwald-Gymnasium Leipzig mit der Note 1,0 ab und der „Arbeitskreis der jungen DPG“, das Netzwerk junger Physiker*innen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, bot ihr eine Ehrenmitgliedschaft an. Begeistert von den physikalischen Zusammenhängen zwischen Theorie und Anwendung entschloss sich Sofia Samaniego dann für ein Physikstudium an der Universität Bayreuth und erhielt ein Stipendium der Deutschen Studienstiftung. Ihr Projekt reichte sie außerdem im Fach Physik beim Wettbewerb „Jugend forscht“ ein, bei dem sie den Regionalwettbewerb sowie den zweiten Preis im Landeswettbewerb Bayern gewann.



Sofia Samaniego

„Bei solchen Projekten können Schüler*innen lernen, welche Bedeutung meist als trocken empfundener Schulstoff von Quantenmechanik bis Astrophysik für aktuelle Themen der Umweltforschung haben kann“, freut sich Dr. Martin Schrön, der Sofia Samaniego am UFZ betreut hatte. „In dem konkreten Fall ist es somit nicht nur gelungen, das Verständnis der Bodenfeuchte-Messdaten des TERENO-Netzwerks zu verbessern, sondern auch einem jungen Talent ein Stück Begeisterung für die wissenschaftliche Forschung auf den Lebensweg mitzugeben.“

NEUER KOORDINATOR



Dr. Ingo Heinrich

Dr. Markus Schwab vom Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungszentrum GFZ ist seit dem 1. März 2021 neuer Koordinator des TERENO-Observatoriums „Nordostdeutsches Tiefland“ (TERENO-NO). Er löst Dr. Ingo Heinrich ab, der TERENO-NO ab 2015 sehr erfolgreich koordiniert hat. Schwerpunkt der Arbeit von Ingo Heinrich war insbesondere die Einbindung von Universitäten in die Forschung von TERENO-NO. Ein besonderes Highlight seiner Tätigkeit war die erfolgreiche Organisation des 11. TERENO-Workshops 2019 am GFZ in Potsdam zu den Auswirkungen des Dürresommers 2018. Ingo Heinrich hat das GFZ verlassen und eine neue Aufgabe als wissenschaftlicher Mitarbeiter der naturwissenschaftlichen Abteilung am Deutschen Archäologischen Institut in Berlin übernommen, in der er sich mit der Interaktion von Klimaänderungen und gesellschaftlichen Entwicklungen der Menschheitsgeschichte beschäftigt. Er wird auch in seiner neuen Aufgabe TERENO weiterhin eng verbunden bleiben.



Dr. Markus Schwab

Dr. Markus Schwab ist Sedimentologe in der Sektion Klimadynamik und Landschaftsentwicklung am GFZ. Er ist auf die Untersuchung jahresgeschichteter Seesedimente spezialisiert, um lange Klimazeitreihen aus Proxydaten zu erstellen, die weiter zurückreichen als instrumentelle Daten. Dieser Ansatz ist spezifisch für TERENO-NO und ergänzt das TERENO-Langzeit-Monitoring in idealer Weise. Markus Schwab ist dank seiner langjährigen Arbeit am Tiefen See und der Koordination vom Virtu-

ellen Helmholtz Institut ICLEA zur Integrierten Klima- und Landschaftsentwicklungsanalyse von Kulturlandschaften im nördlichen mitteleuropäischen Tiefland bereits bestens mit den regionalen Besonderheiten von TERENO-NO vertraut. Wir danken Ingo Heinrich für seine erfolgreiche Arbeit und freuen uns auf die Arbeit mit Markus Schwab.

NEUES MITGLIED

Die Paläoklimatologin Prof. Valerie Trouet von der University of Arizona in den USA ist neues Mitglied im Advisory Board von TERENO. Die Belgierin untersucht mithilfe von Baumjahresringen, wie das Klima der vergangenen rund 2000 Jahre Ökosysteme und den Menschen beeinflusst hat. Zu ihren Forschungsthemen gehören großräumige Klimamuster, zum Beispiel der Jetstream, die Geschichte von Klimaextremen, wie etwa Wirbelstürme und Waldbrände, sowie die Reaktion von Wäldern auf den Klimawandel.

Prof. Valerie Trouet



© University of Arizona / Kris Hanning



EINZIGARTIGER DATENSATZ ZUR BODENFEUCHTE

Die Bodenfeuchtedynamik auf der Einzugsgebietsskala zu erfassen – das war das Ziel einer zweimonatigen Feldkampagne der DFG-Forschungsgruppe „CosmicSense“ am TERENO-Standort Wüstabach. Mithilfe von Cosmic-Ray Neutron Sensing (CRNS) wurde ein einzigartiger Datensatz zur Bodenfeuchte erstellt.

Während der Feldkampagne von September bis Oktober 2020 führten verschiedene Gruppen der DFG-Forschungsgruppe CosmicSense parallel mehrere Experimente durch, um die Dynamik der Bodenfeuchte im Wüstabach-Einzugsgebiet zu erfassen. Hierzu verwendeten die Forschenden ein dichtes Netzwerk von 15 CRNS-Stationen mit stark überlappenden Messbereichen. „Eine derart große Anzahl von Sensoren an einem Ort zu versammeln, war nur möglich, weil alle Partner Geräte beisteuerten, etwa von den übrigen TERENO-Standorten“, sagt Dr. Heye Bogena vom Forschungszentrum Jülich, einem Projektpartner. Die Kampagne profitierte darüber hinaus von den verschiedenen permanenten Installationen am TERENO-Standort Wüstabach.

Wechselnde Bedingungen

Während der zwei Monate schwankte die Bodenfeuchte erheblich: Nach trockenen Bedingungen zu Beginn kam es in der zweiten Kampagnenhälfte zu stärkeren Niederschlägen. „Diese Schwankungen konnten mit dem CRNS-Netzwerk gut beobachtet werden“, so der Jülicher Forscher Dr. Jannis Jakobi. Die CRNS-Methode reagiert dabei nicht nur auf den im Boden gespeicherten

Wasserstoff, sondern auch auf den Wasserstoff, der in anderen Pools gespeichert ist. „Die Biomasse ist dabei von besonderer Relevanz. Wir konnten während der Messkampagne an 30 Standorten den Wassergehalt der Vegetation sowie den im Gewebe der Pflanzen enthaltenen Wasserstoff bestimmen“, berichtet Jannis Jakobi. Darüber hinaus machten die Forschenden Wärmebilder und Laserdistanzmessungen, sogenannte LiDAR-Aufnahmen, mit einer Drohne. Diese sollen Aufschluss darüber geben, wie die Bodenfeuchte im Einzugsbereich der CRNS-Sensoren verteilt ist, und helfen, Art und Höhe der Vegetation zu bestimmen. Zudem wurde für die Messkampagne ein mobiles Gravimeter aufgestellt, mit dem Änderungen im Gesamtwasserhaushalt des Gebiets erfasst werden können.

„Mit den vorgestellten Eigenschaften ist der entstandene Datensatz dieses Netzwerks von CRNS-Sensoren einzigartig – eine wertvolle Ressource für die hydrologische Wissenschaftsgemeinschaft“, betont Heye Bogena. Alle Beobachtungen, einschließlich der Daten, die zur Interpretation der Neutronenzählraten benötigt werden, werden öffentlich zugänglich gemacht.

DFG-FORSCHUNGSGRUPPE COSMIC SENSE

CosmicSense ist eine von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Forschungsgruppe unter der Leitung von Prof. Sascha Oswald von der Universität Potsdam. Das Ziel ist, Bodenfeuchtevariationen in kleinen Einzugsgebieten zu beobachten. Zu diesem Zweck wird die sogenannte Cosmic-Ray Neutron Sensing (CRNS)-Methode eingesetzt und weiterentwickelt. Die CRNS-Methode basiert darauf, dass die Anzahl der durch kosmische Strahlung entstandenen

Neutronen über der Erdoberfläche vom Wasserstoffgehalt der Umgebung abhängt. Der meiste Wasserstoff terrestrischer Umgebungen wiederum ist in der Bodenfeuchte gespeichert. Hierdurch ermöglicht CRNS die großräumige Erfassung der Bodenfeuchte (rund 10 bis 15 Hektar), ohne dass ein Eingriff in den Boden nötig ist.

Neue Messmethode getestet

Forschende des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ haben die CosmicSense-Feldkampagne am Wüstabach genutzt, um eine neue Möglichkeit des Cosmic-Ray Neutron Sensing zu erproben – und zwar aus der Luft. „Das ist weltweit einmalig. Am UFZ hatten wir die Idee bereits in einem sogenannten Gyrokopter in Zusammenarbeit mit der Hochschule Anhalt getestet. Entscheidend für den Erfolg ist jedoch, möglichst langsam und dicht über dem Boden zu fliegen“, sagt der UFZ-Wissenschaftler Dr. Martin Schrön. Deshalb mieteten die Forschenden diesmal ein Heißluft-Luftschiff der Firma airgraphic.de und montierten daran einen mobilen Neutronendetektor. „Das für die CosmicSense-Feldkampagne installierte Bodenfeuchte-Netzwerk mit den vielen CRNS-Stationen war für uns dabei ideal, um die Qualität der neuartigen Messungen aus der Luft zu überprüfen“, erläutert Martin Schrön.

Zweimal überflog das Luftschiff das Wüstabachgebiet und sammelte Daten. Anschließend fuhren die Forschenden das Gebiet noch einmal mit demselben Detektor im Auto ab. Die Daten werden derzeit noch ausgewertet. „Das ist besonders schwierig, weil die Zählrate der Neutronen nicht nur von der Bodenfeuchte abhängt, sondern auch von der Höhe über Grund“, so Martin Schrön. Dennoch ist Airborne Neutron Sensing aus seiner Sicht vielversprechend – alleine schon deshalb, weil Naturschutzgebiete oder Ackerflächen oft nicht befahrbar sind. In der geplanten zweiten Phase von CosmicSense wollen Martin Schrön sowie seine Kolleginnen und Kollegen Theorie und Praxis dieser Methode weiterentwickeln.



Prof. Marek Zredka (l.) und Dr. Heye Bogena beim Aufbau von CRNS-Sensoren

WERTVOLLER DATENSATZ MIT KOSMISCHER HILFE

Forschende haben einen umfangreichen und wertvollen Datensatz zu Bodenfeuchte und weiteren relevanten Variablen vom TERENO-Standort Fendt generiert und der Wissenschaftsgemeinschaft frei zur Verfügung gestellt (siehe Link zum Herunterladen). Die zentrale Rolle bei der Datenerstellung spielte die Cosmic-Ray Neutron Sensing Methode (CRNS, siehe Kasten).

Die Bodenfeuchte stellt in der Modellierung von Wasserkreislauf und Atmosphäre eine zentrale Zustandsvariable dar: Sie übt einen erheblichen Einfluss auf die Abflussbildung und die Aufteilung der einfallenden kurzwelligen Strahlung auf die Wärmeflüsse aus. Da die Bodenfeuchte räumlich und zeitlich stark variiert, ist ihre Messung stets mit hohem Aufwand verbunden – vor allem für Skalen von einigen hundert Metern, wie sie in der sogenannten mesoskaligen Modellierung verwendet werden. Mit CRNS wird der Aufwand deutlich reduziert.

Die DFG-Forschungsgruppe „Cosmic Sense“ beschäftigt sich mit verschiedenen Aspekten der CRNS-Methode, zum Beispiel mit mobilen Messungen oder dem Vergleich mit anderen Messungen, wie aus Bodenfeuchtenetzwerken oder gravimetrisch bestimmten Massenänderungen. Während einer gemeinsamen Feldkampagne im Sommer 2019 am TERENO-Standort des KIT Campus Alpin in Peißenberg-Fendt

– zeitgleich mit der MOSES Hitzewellenkampagne – wurde ein dichtes Netzwerk aus 24 Neutronensonden im 1 km großen Oberlauf Einzugsgebiet der Rott geschaffen, um die Dynamik der Bodenfeuchte in diesem Gebiet über mehrere Monate zu beobachten. Dazu nahmen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch umfangreiche Bodenproben, führten Vegetationskartierungen und Drohnenbefliegungen mit Thermalbildkameras durch und beprobten die Einzugsgebiete der Rott und Ammer mit mobilen Neutronensonden. Diese Daten ergänzten sie mit den kontinuierlichen TERENO-Messungen in Fendt.

Die Cosmic-Ray Neutron Sensing Methode beruht auf der Wechselwirkung von Neutronen, die aus der kosmischen Strahlung in der Erdatmosphäre und im Boden entstehen, mit den Wasserstoffatomen. Steigt die Zahl der Wassermoleküle im Boden, sinkt die Dichte der bodennah zurückgestreuten Neutronen, die mit Detektoren in 1–2 Metern Höhe gemessen werden kann. Aufgrund des Bewegungsradius der Neutronen ist die Messung repräsentativ für mehrere Hektar und schließt die gesamte Wurzelzone im Boden ein. Für die Umrechnung der Neutronendichte in Bodenfeuchte ist eine Kalibrierung mit In-situ-Messungen vor Ort erforderlich.

Benjamin Fersch et al (2020). *A dense network of cosmic-ray neutron sensors for soil moisture observation in a highly instrumented pre-Alpine headwater catchment in Germany.* *Earth System Science Data*, Ausgabe 12, Seiten 2289–2309.

▶ [DOI: 10.5194/essd-12-2289-2020](https://doi.org/10.5194/essd-12-2289-2020)

▶ [Datensatz zum herunterladen](#)

ADAPTER: VOM SENSOR ZUR ECHTZEITVORHERSAGE



© FZ Jülich/Patrizia Ney

Das TERENO-Observatorium „Eifel/Niederrheinische Bucht“ ist seit dem Spätsommer 2020 um elf hydrometeorologische Messstandorte reicher geworden. Dafür verantwortlich ist ein Wissenstransferprojekt der Helmholtz-Gemeinschaft: ADAPT TERrestrial systems, kurz ADAPTER. Die Projektpartner vom Forschungszentrum Jülich und vom Climate Service Center Germany (GERICS) möchten künftig tagesaktuelle Informationen zum Klimawandel und zum Wetter bereitstellen. Vor allem Landwirte sollen davon profitieren. „ADAPTER baut dafür eine digitale Plattform für innovative simulationsgestützte Informationsprodukte auf, zu denen neben Feldmessungen und hochaufgelösten Vorhersagen auch Angebote unseres Projektpartners GERICS gehören, die beim Anpassen an den Klimawandel helfen“, sagt die Jülicher Wissenschaftlerin Dr. Patrizia Ney, die zum Kernteam von ADAPTER gehört.

Netzwerk an Messstationen

In Kooperation mit dem Innovationslabor „Digitales Geosystem Rheinisches Revier“, einem Projekt des Strukturwandelvorhabens BioökonomieREVIER, hat das Team begonnen, die Messstationen

zu installieren – hauptsächlich an ausgewählten Feldstandorten der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, einem Schließpartner von ADAPTER. Die Stationen bestehen jeweils aus einer Kombiwetterstation zur Messung wichtiger bodennaher meteorologischer Größen sowie Verfahren zur Bestimmung der Bodenfeuchte. Punktuelle Bodenfeuchte- und -temperaturwerte liefern Sensoren in 5, 15, 30 und 60 cm Tiefe, die Daten werden über die in TERENO entwickelte, funkbasierte Sensoreinheit SoilNet übermittelt. Zur flächenhaften Bestimmung der Bodenfeuchte einer Ackerparzelle kommen neuartige Neutronendetektoren zum Einsatz. Die Messdaten werden drahtlos in nahezu Echtzeit über die Mobilfunkchnittstelle NB-IoT zu einem zentralen Server gesendet, dort verarbeitet sowie stündlich als Beobachtungsdaten visualisiert und für den Nutzer über eine Website veröffentlicht.

„Anhand der Beobachtungsdaten erhalten die Nutzer ein vollständiges Bild über den hydrometeorologischen Ist-Zustand ihres Feldes“, erläutert Patrizia Ney. Gleichzeitig werden die Feldmessungen als Antriebsdaten und zur Datenassimilation in einem Hydrologie-Landoberflächen-Modell eingesetzt, mit dem täglich, auf die Parzelle genau, Standortvorhersagen etwa des pflanzenverfügbaren Wassers und des Sickerwassers berechnet werden. „Die Informationen sollen insbesondere Landwirten helfen, ihren Betrieb nachhaltiger und widerständiger gegenüber Wetterextremen, wie den Dürren der drei letzten Sommer, zu bewirtschaften“, so die Jülicher Forscherin.

Tagesaktuelles („Boden“-)Wetter und langfristige Klimawandelinformationen für die Landwirtschaft und alle Interessierten:

▶ [Projekt ADAPTER](#)



Links: Bestimmung von Spurengasen im Wald. Rechts: Veronika Döpfer (r.) und Alby Duarte Rocha von der TU Berlin machen eine Drohne startbereit.

TERENO-STANDORT HARZ: MOSES-KAMPAGNEN ZU HITZE UND DÜRRE

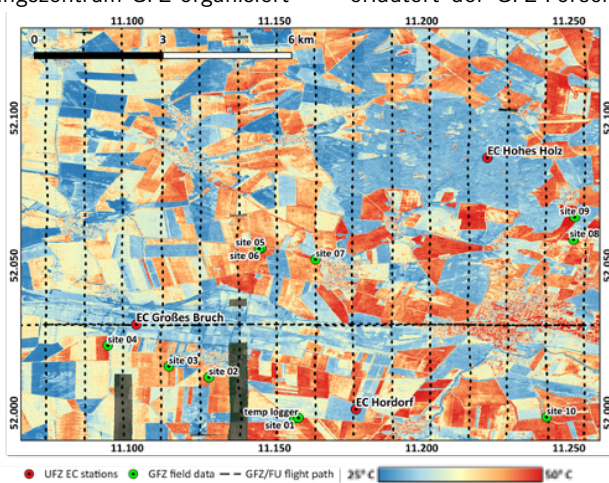
Wie sich Hitze und Dürre auf Vegetation, Verdunstung und Bodenfeuchte auswirken, haben Messkampagnen der Helmholtz-Initiative MOSES im Sommer 2020 im TERENO-Observatorium „Harz/Mitteldeutsches Tiefland“ untersucht. Im Mittelpunkt standen Aufnahmen aus der Luft mit Flugzeugen und Drohnen sowie Untersuchungen am Boden mithilfe der Cosmic-Ray-Neutron-Sensing-Methode (CRNS).

„Die Fernerkundungskampagnen um den Standort Hohes Holz im Bode-Wassereinzugsgebiet waren eine zentrale Komponente der Aktivitäten in der MOSES-Arbeitsgruppe „Hitze/Dürren“ im Sommer 2020. Dabei haben wir Messflüge über drei unterschiedlichen Landnutzungstypen durchgeführt: über dem Waldgebiet Hohes Holz, über Grasland am Standort Am Großen Bruch und über einem Acker bei Hordorf“, berichtet Dr. Corinna Rebmann vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, das die Kampagnen gemeinsam mit dem Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungszentrum GFZ organisiert

hatte. Die von Drohnen und Flugzeugen gemachten Hyperspektral- und Thermalaufnahmen sollen helfen, Einflüsse von Hitze und Dürre auf räumliche Variationen der Verdunstung, der Bodenfeuchte und des Vegetationsstatus auf regionaler Skala zu erfassen. „Damit wollen wir zugleich die Datenaufnahme und -prozessierung der verschiedenen Sensoren und Plattformen insbesondere bei Event-Kampagnen in Zukunft besser vergleichbar und übertragbar machen, sodass Einflüsse von Dürre und Hitze auf die Vegetation zukünftig im Jahresverlauf detektiert werden können“, erläutert der GFZ-Forscher Dr. Robert

Milewski. Zur Validierung der Remote-Sensing-Daten führten die Forschenden parallel Bodenfeuchtemessungen durch – sowohl in-situ als auch mittels mobiler CRNS-Fahrten – und erfassten die Oberflächen- und Bodentemperaturen sowie den Zustand der Pflanzen.

Eine zweite Kampagne, an der auch die Technische Universität Berlin beteiligt war, fokussierte sich auf den Grasland-Standort Am Großen Bruch. Hier wurden Drohnenmessungen mit Hyperspektral- und Thermal-Sensorik und unterschiedlichen räumlichen Auflösungen zeitlich synchronisiert mit einer Gyrokooper-Befliegung der Hochschule Anhalt durchgeführt. Zusätzlich bestimmten die Forschenden auch bei dieser Kampagne räumlich hochaufgelöst die Bodenfeuchte mittels CRNS.



So stark kann die Oberflächentemperatur variieren.

Datensätze MOSES-Flugkampagnen

Corinna Rebmann et al. (2021). *Remote sensing event campaign with various optical and thermal sensors for soil moisture and evapotranspiration derivation in Central Germany investigating possible effects of different spatial scales.*

▶ <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.931767>

Auswertung läuft noch

Die Forschenden werten derzeit die multi-sensoralen Messdaten der Event-Kampagnen im Vergleich zu den permanenten Messungen an den Observatorien-Standorten aus. Die Daten werden sowohl direkt in die Modellierungen einfließen als auch zur Verbesserung des Prozessverständnisses der gekoppelten Kohlenstoff- und Wasser-Kreisläufe beitragen, wie sie zum Beispiel das Doktoranden-Kolleg MOMENT untersucht (siehe Seite 5). „Die gewonnenen Daten stehen auch anderen Forschenden zur Verfügung, etwa um Modelle und Satelliten-Daten für die Untersuchung von Wasserkreisläufen zu koppeln“, so die UFZ-Forscherin Prof. Claudia Schütze.



© FZ Jülich/Sascha Kreklau

© FZ Jülich/Sascha Kreklau

Dr. Heye Bogena erklärt die Funktionsweise des Cosmic-Ray-Neutron-Sensors.

DIE FOLGE DES FICHTENSTERBENS

Die extremen Dürrejahre 2018 bis 2020 haben in Deutschland zu massiven Baumschäden insbesondere in Fichtenbeständen, aber auch bei anderen Baumarten geführt. Auch die Wälder der Nordeifel sind hiervon sehr stark betroffen. Um die Auswirkungen des flächenhaften Absterbens der Fichtenbestände mit meist folgendem Kahlschlag auf die Bodenprozesse und den Stoffaustausch mit der Atmosphäre zu untersuchen, startete das Institut für Bio- und Geowissenschaften des Forschungszentrums Jülich im Frühjahr 2020 eine Messkampagne in der Nordeifel in der Nähe des Ortes Kleinhau auf einer besonders von

Borkenkäfer, Sturmschäden und Kahlschlag betroffenen Privatwaldfläche (siehe auch Newsletter 2020). Die Kampagne war Teil der Helmholtz-Initiative MOSES, eines Projektverbunds aus acht Helmholtz-Forschungseinrichtungen.

Kahlgeschlagene Fläche gibt CO₂ ab

Die Messungen zeigten, dass die Untersuchungsfläche bereits Anfang Juni 2020 sehr trocken war. Auch im größeren Untersuchungsgebiet der Nordeifel war die Bodenfeuchte im selben Zeitraum auffällig niedrig. „Während des gesamten Untersuchungszeitraums von Ende Mai bis Ende Dezember 2020 war die kahlgeschlagene Fläche eine dauerhafte CO₂-Quelle und gab in diesem Zeitraum umgerechnet rund 3 Tonnen CO₂-C* pro Hektar ab, während im gleichen Zeitraum der noch weitgehend intakte Fichtenwald am ebenfalls in der Eifel gelegenen TERENO-Standort Wüstebach nur während der trockensten Periode im Hochsommer kohlenstoffneutral war und im Rest des Zeitraums immerhin noch etwa eine Tonne CO₂-C aufnahm“, berichtet Prof. Nicolas Brüggemann, der die Kampagne leitete. Die Forschenden stellten außerdem fest, dass die Summe aus Boden- und Pflanzenverdunstung der Kahlschlagfläche deutlich niedriger ausfiel als die des Fichtenwaldes, während die Oberflächentemperaturen der Fläche bei sonnigem Wetter drastisch höher lagen als im Wald.



© FZ Jülich/Sascha Kreklau

Dr. Carsten Montzka startet einen Drohnenflug.

Bei der Messkampagne wurden die Bodenfeuchte mittels Cosmic-Ray Neutron Sensing (CRNS) und der Austausch von CO₂ und Wasserdampf zwischen Landoberfläche und Atmosphäre mithilfe der Eddy-Kovarianz-Methode permanent erfasst. Zusätzlich erfassten die Forschenden die Bodenatmung durch Messungen mit einem tragbaren Kamerasystem in etwa wöchentlichem Abstand. Oberflächen- und Wärmebilder wurden per Drohne aus der Luft aufgenommen, und es erfolgten regelmäßige Fahrten mit einem mobilen CRNS-Rover in einem größeren Gebiet der Nordeifel. „Die Daten lieferten eine gute Ergänzung zu den umfangreichen Messungen am Wüstebach, wo wir solche Parameter bereits seit 2009 in hoher Zeitauflösung sammeln“, so der Jülicher Experte. Die Messungen in Kleinhau führen die Forschenden auch 2021 weiter, um mindestens ein volles Jahr an Daten zu gewinnen.



© FZ Jülich/Sascha Kreklau

Prof. Nicolas Brüggemann baut eine Eddy-Kovarianz-Station auf.

* CO₂-C bezieht sich auf den reinen Kohlenstoff im CO₂. CO₂-C kann nicht mit CO₂ gleichgesetzt werden, da sich 12 Kilogramm Kohlenstoff mit 32 Kilogramm Sauerstoff zu 44 Kilogramm CO₂ verbinden. Daher entspricht 1 Tonne CO₂-C rund 3,67 Tonnen CO₂.

DEM TAU AUF DER SPUR

Jeder kennt ihn: den Tau, der morgens Zweige, Blätter und Gräser bedeckt. Doch die nächtliche Bildung von Tau und dessen Rolle im Wasserkreislauf wurde bislang nur wenig untersucht. Dasselbe gilt für die Bildung von Nebel oder die Adsorption von Wasserdampf im Boden. Dr. Jannis Groh (39) von Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3) des Forschungszentrums Jülich möchte das ändern. Der Agrarwissenschaftler und Hydrologe ist eher zufällig auf das Phänomen gestoßen: „Bei der Auswertung von Daten unseres Lysimetrynetzwerks TERENO-SOILCan haben wir entdeckt, dass nachts erhebliche Mengen an Wasser dem Ökosystem hinzugefügt werden. Dies könnte mit der Entstehung von Tau beziehungsweise Nebel oder auch der Adsorption von Wasserdampf im Boden zusammenhängen“, so Jannis Groh (siehe TERENO-Newsletter 2018-2).

Im Projekt REWET der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, das die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert, will er nun den Zusammenhängen auf den Grund gehen. Am TERENO-Standort Selhausen wird er die Tau-, Nebel- und Reifbildung sowie die Adsorption von Wasserdampf



Dr. Jannis Groh

im Boden studieren, die verantwortlichen Prozesse modellieren und mögliche Auswirkungen des Klimawandels abschätzen.

„Die Forschung hat sich bislang auf die größeren Flüsse wie Niederschlag, den Wasserverbrauch von Pflanzen (Transpiration) und die Verdunstung von Böden konzentriert, auch weil kleinere Flüsse wie eben Tau oder Nebel nur mit viel Aufwand erfasst werden können“, erläutert der Forscher. Doch gerade die extrem trockenen Jahre in der letzten Zeit hätten gezeigt, dass schon kleine Mengen Wasser für das Überleben und das Wachstum von Pflanzen wichtig sein können, gerade bei der natürlichen Vegetation, die anders als Ackerpflanzen nicht zusätzlich bewässert wird. Mithilfe von Isotopenmessungen will Jannis Groh herausfinden, ob das Wasser in Pflanzen dem Tau, dem Nebel oder dem Bodenwasser zugeordnet werden kann. „So lässt sich klären, ob die Pflanzen Wasser direkt über das Blatt aufnehmen und damit den Wasserstress während einer Trockenperiode mindern können“, hebt er hervor.

MIT RADAR DATEN DIE VEGETATION ERFASSEN



© Claudia Valentini

Katharina Harfenmeister

Katharina Harfenmeister möchte eine Lücke füllen. „Mit sogenannten Ertragspotenzialkarten lässt sich abschätzen, welchen Ertrag ein Acker liefert und welche Maßnahmen Landwirte ergreifen sollten. Dafür werden verschiedene Daten unter anderem zu Boden, Vegetation und Klima zusammengeführt, auch von Satelliten“, erläutert die Doktorandin, die in der Sektion Fernerkundung und Geoinformatik am Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungs-Zentrum – GFZ arbeitet. Das Problem: Oft werden optische Satellitensensoren genutzt, solche Systeme werden jedoch durch Wolken beeinträchtigt. Dadurch entstehen Informationslücken etwa zu Biomasse, Blattfläche oder Pflanzhöhe. Katharina Harfenmeister untersucht, ob Radardaten diese ausgleichen können.

Im Projekt AgriFusion hat sie hierzu zwei Jahre lang Daten von insgesamt 13 Weizen- und Gerstenfeldern im brandenburgischen Blönsdorf und am TERENO-Standort DEMMIN gesammelt und mit Radardaten der Sentinel-Satelliten der Europäischen Weltraumorganisation ESA verglichen. „Die zahlreichen TERENO-Messinstrumente in DEMMIN waren enorm hilfreich, um wichtige Kenngrößen wie Niederschlag und Temperatur zu erfassen“, berichtet die Geografin, die schon während ihres Studiums an der Humboldt-Universität zu Berlin an TERENO-Standorten mitgearbeitet hat.

Ihre Ergebnisse weisen darauf hin, dass Radardaten zwar nicht so gute Ergebnisse wie optische Signale liefern, aber dennoch vor allem am Anfang der Vegetationsperiode von April bis Mitte Juni gute Hinweise zu den gewünschten Parametern liefern. „Der Ansatz ist aber noch am Anfang. Um allgemein gültige Regeln aufstellen zu können, benötigen wir eine größere Datengrundlage“, so die Forscherin. Sie muss sich aber zunächst auf den Abschluss der Promotion konzentrieren. Wie es danach weitergeht, ist noch offen. „Ich würde aber schon gerne in der Wissenschaft bleiben“, so die 31-Jährige.

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