

Newsletter 2/2018

AUS DEM INHALT ▼

IN KÜRZE

eLTER RI in Roadmap für Forschungsinfrastrukturen aufgenommen **2**

NACHGEFRAGT

Interview mit Prof. Günter Blöschl **3**

WISSENSSTAND

Rückblick auf die TERENO-Konferenz **4**

TERENO und der IPCC-Bericht zum 1,5-Grad-Ziel **9**

Tau und Raureif: in Zukunft wichtiger für den Wasserhaushalt? **11**

Deutsch-russische Sommerschule **11**

NETZWERKE

Forschungsgruppe „Cosmic Sense“ **12**

3. ICOS-Konferenz: Messdaten im Mittelpunkt **12**

VOR ORT

MOSES-Testkampagne am TERENO-Standort Selhausen **13**

IM BLICKPUNKT

Pflanzliche Reaktionen auf Dürre sehen **14**

Hitzewellen erforschen: Für die MOSES-Testkampagne der AG Hitzewellen wurden im Sommer Messinstrumente am TERENO-Standort Selhausen im Observatorium „Eifel/Nieder-rheinische Bucht“ erweitert. Künftig sollen dort beispielsweise routinemäßig Isotopenflüsse von CO₂ und Wasser mit der Eddy-Kovarianz-Methode gemessen werden.

© FZ Jülich / Ralf-Uwe Limbach

Breiter Ansatz

Von Boden- und Wasserforschung über Modellierung bis zu neuen Methoden wie Cosmic Ray Neutron Sensing – die Themen auf der TERENO-Konferenz haben gezeigt, wie breit der Forschungsansatz der Helmholtz-Initiative ist. Dieser breite Ansatz ist aber auch notwendig, wenn es darum geht, die langfristigen Folgen von Klimawandel und Temperaturanstieg zu erforschen.

ERFOLG FÜR EUROPÄISCHE UMWELTFORSCHUNG

eLTER RI in Roadmap für Forschungsinfrastrukturen aufgenommen



© UFZ/André Künzelmann

Das TERENO-Observatorium „Harz/Mitteldeutsches Tiefland“ soll Teil der europäischen eLTER-Infrastruktur werden.



eLTER RI

INTEGRATED EUROPEAN
LONG-TERM ECOSYSTEM,
CITICAL ZONE AND SOCIOECOLOGICAL
RESEARCH INFRASTRUCTURE

Das Europäische Strategieforum für Forschungsinfrastrukturen (ESFRI) hat die paneuropäische Infrastruktur zur Langzeit-Ökosystemforschung (eLTER RI) in seine Roadmap 2018 aufgenommen. Dies ist ein herausragender Erfolg für die europäische Umweltforschung, die sich mit der langfristigen Entwicklung von Umweltsystemen im Lichte sich verändernder Umweltbedingungen befasst. Mit der Aufnahme in die Roadmap wurde der Weg freigemacht, eLTER RI als Bestandteil der europäischen Forschungslandschaft zu entwickeln und zu formalisieren (siehe auch TERENO-Newsletter 1/2018 und 1/2015).

Der Antragsprozess wurde vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ in enger Zusammenarbeit mit dem österreichischen Umweltbundesamt koordiniert und vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung entscheidend unterstützt. TERENO-Wissenschaftler waren eng in die inhaltliche und konzeptionelle Entwicklung der Vision von eLTER eingebunden und unterstützten aktiv die Erarbeitung des Antrags. Gegenwärtig sind die TERENO-Observatorien „Harz/Mitteldeutsches Tiefland“ und „Eifel/Niederrheinische Bucht“ Partner im eLTER-Konsortium.

TERENO als ein Musterbeispiel

Als nächster Schritt wird ein Antrag für die Finanzierung eines Vorbereitungsprojektes (Preparatory Phase Project) erarbeitet. Dabei stehen vor allem die Konzepte für die formalen Schlüsselemente der zukünftigen

Infrastruktur im Vordergrund, darunter Organisationsstrukturen, inhaltliche Ausrichtung von thematischen Zentren sowie gemeinsame inhaltliche und technologische Standards für die angestrebte Umweltbeobachtung.

Wenn alle Vorarbeiten abgeschlossen sind, wird eLTER RI eine Plattform mit langfristig finanzierten, effektiv organisierten Umweltobservatorien zur Verfügung stellen, die alle europäischen Umweltzonen abdeckt. Dabei werden die Observatorien nach einem integrierten ganzheitlichen Ansatz aufgebaut. TERENO gilt hierbei als eines der beispielgebenden europäischen Projekte. Das geplante Design der eLTER-Observatorien wird – so die feste Überzeugung der Projektpartner – die exzellente und integrierte Erforschung des Umweltsystems im europäischen Maßstab nachhaltig befördern.



© Bosse und Meinhard

Aktuell wird eLTER RI durch 17 europäische Länder politisch unterstützt, 161 Forschungseinrichtungen aus 27 Ländern haben bereits ein wissenschaftliches Memorandum of Understanding unterzeichnet. (Stand: Dezember 2018).

EDITORIAL

Große Herausforderungen



© FZ Jülich/Ralf-Uwe Limbach

Unsere zweite internationale TERENO-Konferenz war eine gute Gelegenheit, sich über neue Ansätze und aktuelle Entwicklungen in der terrestrischen Umweltforschung auszutauschen (siehe Seiten 4 bis 8). An dieser Stelle möchte ich noch einmal allen danken, die bei der Vorbereitung und Durchführung geholfen haben. Danken möchte ich auch allen Referentinnen und Referenten sowie den rund 200 Teilnehmerinnen und Teilnehmern für die interessanten und anregenden Sessions.

Dabei ist erneut deutlich geworden, dass noch große Herausforderungen auf uns warten. Zwei Herausforderungen, die auf der Konferenz immer wieder thematisiert wurden, waren die Dürreperiode im Sommer 2018 und der Bericht zum 1,5-Grad-Ziel, den der Weltklimarat IPCC kurz vor unserer Konferenz veröffentlichte (siehe Seiten 9/10). Die Dürreperiode gilt es, intensiv aufzubereiten. Die Daten, die wir in den TERENO-Observatorien gesammelt haben, werden derzeit ausgewertet. Hier wird es in nächster Zeit sicherlich diverse Beiträge und Veröffentlichungen geben.

Gerade die Dürreperiode hat gezeigt, wie wichtig das neue mobile Erdbeobachtungssystem MOSES zur Erforschung von Extremereignissen ist. Im Sommer haben wir im TERENO-Observatorium „Eifel/Niederrheinische Bucht“ eine erste Testkampagne zu Hitzewellen durchgeführt (siehe Seite 13). Ein weiterer wichtiger Fortschritt ist die Aufnahme von eLTER RI in die ESFRI-Roadmap (siehe Beitrag links). Davon wird die gesamte europäische Umweltforschung profitieren.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen beim Lesen und alles Gute für 2019!

Ihr **Harry Vereecken**

Koordinator TERENO

„AN DEN GROSSEN FORSCHUNGSFRAGEN ORIENTIEREN“

Interview mit dem österreichischen Hydrologen Prof. Günter Blöschl, Senator der Helmholtz-Gemeinschaft für den Forschungsbereich „Erde und Umwelt“

Günter Blöschl, Professor für Ingenieurhydrologie und Wassermengenwirtschaft an der Technischen Universität Wien in Österreich, erforscht insbesondere Hochwasser, Trockenheiten und Stofftransport in der Landschaft. Er ist einer der Mitbegründer des Fachs Soziohydrologie. Seit 2017 ist er Präsident der International Association of Hydrological Sciences, 2013 bis 2015 war er Präsident der European Geosciences Union.

Herr Prof. Blöschl, Soziohydrologie ist ein noch junges Fachgebiet. Worum geht es dabei?

Es geht um die Wechselwirkungen zwischen Mensch und Wasser und umgekehrt. Zwei Beispiele: Der Mensch greift stark in den Wasserkreislauf ein, etwa indem Feuchtflächen trockengelegt werden. Dadurch sinkt der Grundwasserspiegel. Das hat wiederum Folgen zum Beispiel für die Wasserversorgung der Menschen. Oder wenn Dämme gegen Hochwasser errichtet werden, schützt das nicht nur, sondern verändert auch künftige Hochwasser – was sich dann wieder auf die Menschen und ihre Lebensbedingungen auswirkt. Solche Rückkoppelungen wollen wir langfristig beobachten und verstehen.

In Europa hat es in den letzten Jahren zahlreiche Hochwasserereignisse gegeben. Sie haben vor Kurzem mithilfe eines Advanced Grants des Europäischen Forschungsrats (ERC) Hochwasser in Europa untersucht.*

Was haben Sie herausgefunden?

Wir haben uns die Entwicklung der letzten 50 Jahre angeschaut und Prognosen für die Zukunft erstellt. Die Hochwasser haben sich sehr verändert, allerdings regional unterschiedlich. In Nordwesteuropa sind sie deutlich größer geworden – eine Entwicklung, die vermutlich so weitergehen wird. Im Osten Europas sind Hochwasser hingegen kleiner geworden.

Woran liegt das?

Wichtige Treiber dieser Entwicklungen sind unter anderem das Klima – insbesondere veränderte Zugbahnen der niederschlagsbringenden Wetterlagen – und Landnutzungsänderungen. In Osteuropa sind die Hochwasser in 50 Jahren um bis zu 30 Prozent zurückgegangen. In dieser Zeit sind die Temperaturen im Frühjahr im Mittel um 5 Grad angestiegen. Das ist doppelt so viel wie in Deutschland oder Österreich. Dadurch gibt es in Osteuropa weniger Schnee. Im Mittelmeerraum sinkt der Grundwasserspiegel, es ist immer weniger Wasser im System.

Was unterscheidet Ihre Studie von anderen?

Unsere vergleichende Untersuchung zeigt regionale Unterschiede, die bei lokalen Untersuchungen nicht zu sehen wären. Das ist aus meiner Sicht ein wichtiger Ansatz für die Hydrologie, von dem wir viel lernen können. Für solche Studien müssen nicht nur Experten aus unterschiedlichen Ländern, sondern auch aus verschiedenen Disziplinen eng zusammenarbeiten. Auch wenn sich hier in der Hydrologie in den letzten 20 Jahren viel getan hat, haben wir weiterhin Nachholbedarf.

Wieso das?

Die Hydrologie ist fragmentierter als andere Fächer. Als Physiker können Sie die gleichen Versuche in den USA oder in Deutschland durchführen. In der Hydrologie ist das schwieriger, da die Bedingungen für Feldversuche regional und lokal sehr unterschiedlich sein können.

Wie wollen Sie die Hydrologen stärker zusammenbringen?

Wir müssen uns den großen drängenden gesellschaftlichen Fragen stellen, insbesondere den Veränderungen wie dem globalen Wandel. In der International Association of Hydrological Sciences haben wir unlängst eine Initiative ins Leben gerufen, um die weltweit 50 wichtigsten Forschungsfragen der Hydrologie zu definieren. In der Helmholtz-Gemeinschaft werden beispielsweise thematische Programme zusammengeführt, die Helmholtz-Zentren mit ihren verschiedenen Schwerpunkten sollen noch intensiver kooperieren.



Wie sehen Sie hier die Rolle der Helmholtz-Initiative TERENO?

TERENO ist ohne Frage ein positives Beispiel für eine gut funktionierende Zusammenarbeit. Die Initiative ist sehr gut sichtbar über die Grenzen Deutschlands hinaus. Was aus meiner Sicht noch stärker sichtbar werden könnte: der Erkenntnisgewinn bei den großen Forschungsfragen, gerade in Bezug auf das Zusammenführen der Ergebnisse aus den unterschiedlichen Observatorien. Das sind die vergleichenden Studien, die ich schon angesprochen hatte. Wichtig ist es, dass wir verschiedene Studien, verschiedene Experimente und verschiedene Gebiete vergleichbar machen – wie gesagt, eine Aufgabe für die gesamte Community.

Prof. Blöschl, vielen Dank für das Gespräch!

* Günter Blöschl et al. (2017). *Changing climate shifts timing of European floods*. *Science*.

► [DOI: 10.1126/science.aan2506](https://doi.org/10.1126/science.aan2506)

VON KLEINEN TEILCHEN UND GROSSEN ZUSAMMENHÄNGEN

TERENO-Konferenz gibt Einblicke in Trends und Entwicklungen



**Internationale
TERENO-Konferenz
vom 8. bis 12. Oktober
2018 in Berlin**

© Christian Hohfeld

Es begann vor zehn Jahren: Mit 12 Millionen Euro starteten sechs Helmholtz-Zentren das Umweltbeobachtungsnetzwerk TERENO, um die Folgen des globalen Wandels für terrestrische Ökosysteme und deren sozioökonomische Auswirkungen zu untersuchen. Mittlerweile habe sich TERENO zu einer der einflussreichsten Einrichtungen für Umweltinfrastrukturen in Deutschland entwickelt, erklärte Prof. Georg Teutsch, wissenschaftlicher Geschäftsführer des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung, in seiner Begrüßungsrede auf der zweiten TERENO-Konferenz, die vom 8. bis 12. Oktober in Berlin stattfand. Die Plattform werde auf europäischer Ebene als Pionier für eine integrierte dauerhafte Erkundungsinfrastruktur für Umweltmonitoring gesehen. Sie sei etwa beispielgebend gewesen für die europäische Infrastruktur zur Langzeit-Ökosystemforschung (eLTER). „Seit Kurzem ist eLTER, zu der auch TERENO zählt, Teil der Roadmap des Europäischen Strategieforums für Forschungsinfrastrukturen (ESFRI). Damit könnten in Zukunft per Knopfdruck Daten und Analysen aus mehr als 200 Observatorien zugänglich gemacht werden“, betonte Teutsch (siehe auch Seite 2).

TERENO-Koordinator Prof. Harry Vereecken vom Forschungszentrum Jülich verwies in seiner Ansprache auf die diesjährige außergewöhnliche Dürre in Teilen Nord- und Ostdeutschlands sowie auf die Überschwemmungen in Süddeutschland – und damit auf den aus Forschersicht glücklichen Umstand, genau in jenen Regionen Observatorien zu haben. „Wir sind jetzt erstmals in der Lage, in einem ganzheitlichen Ansatz die Auswirkungen beurteilen zu können, die diese Extreme auf das Grundwasser, den Boden, die Vegetation und die Atmosphäre haben“, sagte er. Mehr als 1,5 Milliarden Daten seien bislang insgesamt auf dem Datenportal TEODOOR gesammelt worden. Diese werden Wissenschaftlern und Forschungseinrichtungen kostenlos weltweit zur Verfügung gestellt. Wie breit der thematische Forschungsansatz von TERENO ist – angefangen von der Biodiversitäts-, über die Boden- und Wasserforschung bis hin zur Anwendung von Fernerkundungstechnologien, zeigten die 16 Sessions der fünftägigen Konferenz. Mehr als 200 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 22 Staaten waren für die Tagung in die Hauptstadt gekommen, rund 170 Abstracts waren eingereicht worden.

Neue Ansätze für Cosmic-Ray-Sensoren

Den Weg in das Berliner Umweltforum fanden auch zahlreiche renommierte Wissenschaftler aus dem Ausland, darunter Marek Zreda, Professor an der University of Arizona in den USA. Der Hydrologe hielt einen Hauptvortrag zum Thema kosmische Strahlung und Hydrologie – einem vielversprechenden und mittlerweile vielfach genutzten Ansatz, um die Bodenfeuchte großflächig zu erfassen. Auch in den TERENO-Observatorien wird damit gearbeitet. Mehrere TERENO-Partner sind überdies an der kürzlich eingerichteten DFG-Forschergruppe „Cosmic Sense“ beteiligt (siehe Seite 12). Das Konsortium arbeitet daran, die Cosmic-Ray-Neutron-Sensing-Methode flexibler und übertragbarer zu machen, um so die Quantifizierung der Bodenwasserverteilung auf regionaler Ebene zu ermöglichen. Bislang kann die zeitliche Dynamik von räumlichen Mustern der Bodenfeuchte nur unzureichend erfasst werden. Zreda, Inhaber des Mercator Fellowship der DFG-Forschergruppe, gab in seinem Vortrag einen aktuellen Überblick zum Thema kosmischer Strahlung und Hydrologie und stellte Beispiele bisheriger Sensormodelle und neue Sensorentwicklungen vor, wie den mobilen Downward-Looking-Detektor, der in einem britischen Forschungsprojekt zur Messung der Bodenfeuchte in Griechenland zum Einsatz kam, sowie Sensoren mit hohen Zählggeschwindigkeiten wie beispielsweise stationäre hochsensitive Helium-3- und Lithium-6-Detektoren.

Extremereignisse und ihre Folgen

Besser erfasst werden müssen auch extreme Wetterereignisse. Prof. Dietrich Borchardt vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ stellte in seinem Hauptvortrag einen neuen Ansatz vor, an dem neun Helmholtz-Zentren beteiligt sind: das Erdbeobachtungssystem MOSES (Modular Observation Solutions for Earth Systems). Borchardt machte deutlich, dass infolge des Klimawandels die Häufigkeit und die Intensität von Extremereignissen wie Starkregen, Trockenheit, Überflutungen und Niedrigwasser zunehmen werden. Außerdem müsse damit gerechnet werden, dass sich die Zeiträume verschieben, in denen solche Ereignisse stattfinden. Borchardt verdeutlichte das am Beispiel der Elbe, bei der es seit 2002 in vier Jahren zu extremem Hochwasser und in drei Jahren zu extremem Niedrigwasser kam. Wie gravierend insbesondere die Langzeit-Folgen sein werden, lässt sich heute nur schwer einschätzen. Genau da setzt MOSES an: Es baut ein flexibles und mobiles Messsystem auf, um kurzfristige dynamische Ereignisse zu untersuchen. „Es wird

darum gehen, einzelne Extremereignisse in größere Zusammenhänge einzuordnen“, so Borchardt. Die Elbe wird als Testregion eine wichtige Rolle innerhalb von MOSES spielen. Einerseits existieren hier Umweltaufzeichnungen, die mehr als hundert Jahre zurückreichen, andererseits gibt es im Einzugsgebiet der Elbe eine Reihe von Untersuchungsstandorten. Dazu zählt auch das Einzugsgebiet der Bode, ein wichtiger Standort im TERENO-Observatorium „Harz/Mitteldeutsches Tiefland“. 2020 ist eine Testkampagne an der Elbe geplant, bei der nicht nur die an MOSES beteiligten Helmholtz-Zentren teilnehmen. „Gerade die Zusammenarbeit mit Behörden und staatlichen Einrichtungen ist hier wichtig“, betont Borchardt.

► Kurzzusammenfassung aller Konferenzbeiträge



© Christian Hohlfeld

**Internationale
TERENO-Konferenz
vom 8. bis 12. Oktober
2018 in Berlin**

EINBLICKE IN MODERNE FORSCHUNG

Beispiele aus der breiten Themenpalette
der TERENO-Konferenz

AUSTAUSCH VERTIEFEN – INTERVIEW MIT DAVID BOORMAN

Dr. David Boorman arbeitet bei der britischen Forschungseinrichtung Centre of Ecology & Hydrology (CEH) und ist dort unter anderem verantwortlich für das Projekt COSMOS-UK, das er auf der Konferenz vorstellte.

Was ist das Ziel von COSMOS-UK?

COSMOS-UK wurde im Jahr 2013 gegründet, als mit der Cosmic-Ray-Neutron-Sensing-Methode (CRNS) eine neue Technologie zur Messung der Bodenfeuchte zur Verfügung stand, die mehr auf eine landschaftliche statt auf eine punktuelle Ebene ausgerichtet war. Das Ziel war, rund 50 Messstandorte in Großbritannien aufzubauen, um qualitativ hochwertige Daten zur Bodenfeuchte zu bekommen. Für solche Daten gibt es sehr viele Anwendungsgebiete und damit Interessenten – etwa für die Vorhersage und das Monitoring von Hochwasser, für die Landwirtschaft oder für den Austausch von Gasen zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre.

Was versprechen Sie sich vom Besuch der TERENO-Konferenz?

Uns war schnell klar, dass sich diese Technologie nicht so einfach mit einer Bedienungsanleitung anwenden lässt. Viele Entscheidungen sind notwendig, etwa wie man die Daten verarbeitet und wie man sie danach interpretiert. Die Wissenschaftler im TERENO-Netzwerk haben mit dem Einsatz von Neutronensensoren zur Erfassung der

kosmischen Strahlung bereits viel Erfahrung gesammelt. Davon können wir noch lernen.

Bei welchen Themen wäre eine Kooperation erstrebenswert?

Zum Beispiel beim Korrekturfaktor, der zur Anpassung an Schwankungen der einfallenden kosmischen Strahlungsflüsse verwendet wird und beim Umgang mit Schneefall. Die COSMOS-UK-Aufzeichnungen dazu sind noch nicht so umfassend; TERENO-Forscher könnten sie jedoch nützlich finden, um ihr Verständnis dieser neuartigen Überwachungstechnik weiter zu validieren.

Gibt es schon konkrete Pläne für die Zusammenarbeit?

Noch nicht, aber es gab bereits eine Reihe von Treffen auf internationalen Konferenzen, auf denen alle zusammenkamen, die CNRS einsetzen. Wir nutzen alle dieselbe Technologie, alle stehen vor denselben Herausforderungen. Ich hoffe, es kommt bald zu ersten Kooperationen.

► COSMOS UK



© Benjamin Haerdle

LACHGASEMISSIONEN AUF DER SPUR

Mit den Auswirkungen von Trockenheit und Wiedervernässung auf Lachgasemission beschäftigt sich Dr. Eliza Harris von der Universität Innsbruck in Österreich. In ihrem Vortrag auf der Konferenz stellte sie ihre Untersuchungen mit Isotopenanalysen vor, mit deren Hilfe sie Entstehung und Abbau von Emissionen des Treibhausgases besser verstehen möchte. Dazu hatte sie im Mai mehrere Boden-

proben am Untersuchungsgebiet Kaserstattalm im Stubaital in den österreichischen Alpen entnommen. Die Lysimeter mit den Proben wurden ins Labor nach Innsbruck transportiert und dort unterschiedlichen Bedingungen ausgesetzt. Nach einer stickstoffhaltigen Düngung folgte eine achtwöchige künstliche Trockenheit und anschließend eine Wiedervernässung. Verschiedene Messsysteme

ermöglichten es, die Lachgasflüsse und die Isotopenzusammensetzung automatisch zu erfassen – und zwar in einem Abstand von weniger als zwei Stunden. Die Auswertung der Daten zeigte, dass Bewässerung, Trockenheit und Wiedervernässung einen deutlichen Effekt auf die Lachgasflüsse und die Isotopenzusammensetzung hätten. Sowohl Lachgasentstehung als auch Lachgasverbrauch während der Denitrifikation würden eine wichtige Rolle spielen, so Eliza Harris. Aus ihrer Sicht habe sich das direkte Verbinden der Kammern mit Spektrometern zur Isotopenanalyse als vielversprechender neuer Ansatz bewährt, um Lachgasisotope zu erfassen. Als Nächstes will sie nicht nur Emissionen bei Trockenheit und Wiedervernässung untersuchen, sondern auch bei Frost und Tauwetter – jeweils bei verschiedenen Klimaszenarien.



© Christian Hohlfeld

Eliza Harris (r.) präsentierte ihre Ergebnisse zur Lachgasemission.

DIE GEHEIMNISSE DER HOLZSTRUKTUR

Daniel Balanzategui rekonstruiert die Temperatur der Vergangenheit

Die Wälder Mecklenburg-Vorpommerns haben es Daniel Balanzategui angetan: Anhand von Traubeneichen erforscht der Doktorand der Humboldt-Universität Berlin und des Deutschen GeoForschungszentrums GFZ in Potsdam, wie sich die Temperaturen im nordostdeutschen Tiefland in der Vergangenheit verändert haben. In seiner Heimat Australien sind seine Forschungsgebiete Dendroökologie und -klimatologie nicht weit verbreitet. Deswegen zog es Balanzategui vor mehr als vier Jahren, nach dem Bachelor-Abschluss in Zoologie/Botanik sowie einem Master in Geologie an der James Cook University im australischen Townsville, nach Europa - zuerst für ein Praktikum an die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) in der Schweiz, danach zur Promotion nach Deutschland. Die TERENO-Observatorien waren dem 35-jährigen bis dahin unbekannt, nun ist er umso begeisterter. „Das Faszinierende daran sind die unterschiedlichen Maßstäbe: Ich schaue auf die zelluläre Ebene eines Baumes, andere betrachten Prozesse vom Weltraum aus. Man kann das rauf- und runterskalieren, Daten mit allen möglichen Prozessen verknüpfen und in Modellierungen integrieren.“ Ein weiterer Vorteil sei, dass mit TERENO längerfristiges Forschen ermöglicht werde – die Infrastrukturmaßnahme ist zunächst bis zum Jahr 2025 angelegt. „Das Schöne an diesem auf lange Sicht angelegten Projekt ist, dass man mit der Wissenschaft nicht aufhören muss, weil das eigene Projekt zu Ende ist.“

Zurück bis ins Jahr 1000

Die alten Baumbestände im Nordosten Deutschlands nutzte er, um über Baumjahresringe und das unterschiedliche Holzwachstum die Temperatur bis ins Jahr 1696 zu rekonstruieren. Durch die Kooperation mit dem Deutschen Archäologischen Institut und mittels Untersuchungen der anatomischen Struktur des Holzes konnte er dendroklimatologisch Baumproben analysieren, die die Archäologen historischen Holzgebäuden wie etwa Kirchen und Stadttore entnommen hatten. So gelang es dem Doktoranden, Temperaturreihen bis



Begeistert von TERENO: Daniel Balanzategui

ins Jahr 1000 zu ermitteln – weiter in die Vergangenheit als bislang möglich. Bisher lagen ähnliche Untersuchungen in Europa vorwiegend für die Alpen vor, jedoch zu deutlich kürzeren Zeiträumen.

Eine zentrale Botschaft seiner Forschung: „Mit traditionellen Methoden der Dendroklimatologie kommt man im europäischen Tiefland nicht wirklich weiter, da das Klima nicht extrem ist und man deswegen anders als in alpinen, borealen oder trockenen Zonen meistens keinen klaren Zusammenhang zwischen einer jährlich datierten Folge von Baumringbreitenmessungen und der Temperatur oder dem Niederschlag findet“, sagt er. In der Untersuchungsregion sei es deswegen schwierig, auf herkömmlichen Wegen ein eindeutiges Klimasignal zu erhalten. Mit der präzisen Analyse der Zellstruktur des Holzes im GFZ-Dendrolabor sei es aber möglich gewesen, der Holzstruktur Neues zum Klima vor Hunderten von Jahren zu entlocken. Erste Ergebnisse hat er auf der TERENO-Konferenz präsentiert, im Sommer 2019 will Daniel Balanzategui dann seine Promotion vorlegen. Dem TERENO-Netzwerk will der Australier auch danach treu bleiben.

WURZELN UND WASSER

Mit dem Thema Wurzelwasseraufnahme an verschiedenen Waldstandorten beschäftigte sich Dr. Theresa Blume vom Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungszentrum GFZ. Basierend auf Bodenfeuchtemessungen im TERENO-Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“ konnte sie nachweisen, dass sich die Tiefenverteilung der Wasseraufnahme von Buchen und Kiefern unterscheidet. Während die Buchen erst bei größerer Trockenheit im Hochsommer auf das Bodenwasser in zwei Metern Tiefe zurückgreifen, geschieht dies bei den Kiefern früher im Jahr. Um die Verlässlichkeit der Datenanalyse zu testen, verwendete Blume das vielfach genutzte HYDRUS-Modell.

Sie wies außerdem darauf hin, dass es an den untersuchten Waldstandorten trotz der Dürreperiode in diesem Jahr nicht trockener gewesen sei als etwa im Jahr 2015 – zumindest bis Mitte August. Eine mögliche

Erklärung dafür: Die sandigen Böden des Untersuchungsgebiets erreichen das bodenphysikalische Limit des Trockenfallens schon in nicht ganz so extremen Jahren. Im Gegensatz zu 2018 gab es 2015 jedoch über

den Sommer einige Regenerereignisse, deren Wasser direkt durch die Bäume aufgenommen wurde. In welcher Form das Fehlen dieser Regenerereignisse in diesem Sommer die Bäume negativ beeinflusste, ist Gegenstand einer aktuellen Datenanalyse am GFZ, in der Wasserverfügbarkeit, Wasseraufnahme und Wachstum der Bäume von Hydrologen und Dendrochronologen gemeinsam untersucht werden.



Bäume greifen bei Trockenheit unterschiedlich früh auf das Bodenwasser zurück.

DIE DYNAMIK STIMMT

Der Dürremonitor Deutschland stellt den aktuellen monatlichen Zustand des Bodens in Deutschland dar. Dabei wird ein Bodenfeuchteindex berechnet und mit dem Zustand im jeweiligen Monat im Zeitraum 1951 bis 2015 verglichen. Anhand von fünf Stufen lässt sich dann sagen, ob es derzeit etwa nur ungewöhnlich trocken ist oder ob sogar eine außergewöhnliche Dürre vorliegt. Wissenschaftler des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ haben nun untersucht, wie gut die Simulationen des Monitors die tatsächlich gemessene Bodenfeuchte wiedergeben. Ihre Ergebnisse haben die Forscher bei der Postersession auf der TERENO-Konferenz vorgestellt. „Natürlich haben wir nicht erwartet, dass Messungen und Simulation identische Ergebnisse liefern. Alleine weil die simulierten Daten des Dürremonitors und die aus unterschiedlichen Quellen stammenden Messungen unterschiedliche Bodentiefen repräsentieren, waren Abweichungen zu erwarten“, erklärt Dr. Andreas Marx, einer der Autoren der Studie und am UFZ zuständig für den Dürremonitor. Für ihn war wichtig, dass die zeitliche Dynamik zwischen Simulationen und Messungen übereinstimmt.

Aber bei der Untersuchung ging es noch um etwas anderes: „Wir wollen unser Modell und damit die Aussagen zu Dürren verbessern, indem wir Informationen aus unterschiedlichen Skalen zusammenführen. Dazu war der Vergleich zwischen Simulationen und Messungen ein wichtiger Schritt“, so Marx. Für den Vergleich



hatten die Forscher Messdaten an unterschiedlichen Standorten gesammelt, darunter in Gebieten im TERENO-Observatorium „Harz/Mitteldeutsches Tiefland“. Dazu zählten etwa Punktmessungen von Bodenfeuchtesensoren und Flächenmessungen der Bodenfeuchte mithilfe von Cosmic-Ray-Sensoren. Künftig sollen solche Daten zu einem Referenzdatensatz kombiniert werden, mit dem das Modell kalibriert wird. An geeigneten Strategien für so eine Kombination arbeiten die Forscher bereits.

► Dürremonitor Deutschland



DIE NITRAT-LÜCKE

Interview mit UFZ-Forscher Dr. Andreas Musloff

Insbesondere stickstoffhaltige Düngemittel verursachen eine hohe Nitratbelastung von Grund- und Oberflächenwasser. Anscheinend können jedoch mitunter mehr als 15 Jahre vergehen, ehe überschüssiger Stickstoff als Nitrat in Flüssen und Seen ankommt. Forscher des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ präsentierten auf der TERENO-Konferenz neue Erkenntnisse einer Studie zur Nitratkonzentration im Einzugsgebiet der Holtemme, das zum TERENO-Observatorium „Harz/Mitteldeutsches Tiefland“ gehört. Einer der beteiligten Forscher ist Dr. Andreas Musloff.

Herr Musloff, was haben Sie untersucht?

Wir haben über einen Zeitraum von 42 Jahren analysiert, wie sich die Nitratkonzentration in dem Einzugsgebiet entwickelt hat. Neben den aktuellen Daten, die über TERENO gesammelt wurden, konnten wir auf Daten eines Langzeitmonitorings zurückgreifen, das bereits in den 1970er Jahren begonnen hatte. So konnten wir genau ermitteln, wie viel Nitrat in dem Zeitraum in das System hineingeflossen ist und wie viel davon im Oberflächenwasser angekommen ist.

Was waren die Ergebnisse?

Es dauert zwischen 7 und 17 Jahren, bis eine Veränderung des Stickstoff-Eintrags im Oberflächenwasser ankommt. Wobei dieser Prozess im Frühjahr und im Winter bedingt durch Schneeschmelze und Niederschläge schneller abläuft als im Sommer unter Niedrigabflussbedingungen. Allerdings konnten

wir nur 15 Prozent des Stickstoffs, das in das System reingegangen ist, im Oberflächenwasser nachweisen. Wir haben eine Lücke von 85 Prozent, die uns fehlen.

Wie erklären Sie sich das?

Es gibt zwei Möglichkeiten: Entweder das Nitrat wurde im Boden durch sogenannte Denitrifikation entfernt – wogegen allerdings die geologischen Bedingungen vor Ort sprechen – oder das Nitrat ist noch im Boden gebunden beziehungsweise ist im Grundwasser unterwegs. Das erscheint uns wahrscheinlicher, zumal vergleichbare Studien aus dem nordamerikanischen Raum zeigen, dass diese Prozesse die Stickstoff-Lücke und die langen Zeitversätze erklären können.

Was sind die Konsequenzen?

Zunächst weisen unsere Ergebnisse darauf hin, dass man bei Maßnahmen zur

Reduzierung der Nitratbelastung mitunter Geduld haben muss. Wenn sich zum Beispiel nach fünf Jahren noch kein Erfolg bei einer Maßnahme zeigt, bedeutet das nicht zwangsläufig, dass die Maßnahme nicht greift. Eventuell braucht es mehr Zeit. Allerdings gilt es, unterschiedliche Standortbedingungen zu berücksichtigen. Wie schnell Grundwasser fließt, hat etwas mit der Geologie und Topographie zu tun. Steile Einzugsgebiete könnten schneller reagieren als flache. Ebenfalls spielt eine Rolle, wie gut die Denitrifikation in einem Gebiet funktioniert. All das wurde bislang noch nicht vollständig systematisch untersucht. Dazu haben wir nun den nächsten Schritt unternommen und werten derzeit Daten anderer Einzugsgebiete in Deutschland aus. Langfristig wollen wir ein robustes Modell entwickeln, das die Prozesse adäquat wiedergibt und uns Voraussagen für jedes Einzugsgebiet ermöglicht.

SCHNELL, WEITREICHEND, BEISPIELLOS

Der IPCC-Bericht zum 1,5-Grad-Ziel / ein Blick nach Deutschland



Schwierig, aber machbar – so lässt sich der Sonderbericht zum 1,5-Grad-Ziel zusammenfassen, den der Weltklimarat (IPCC) im Oktober 2018 vorstellte. Um das ehrgeizige Ziel zu erreichen, seien jedoch schnelle, weitreichende und beispiellose Änderungen in allen gesellschaftlichen Bereichen notwendig. Auch in den TERENO-Observatorien beschäftigen sich Wissenschaftler mit dem Temperaturanstieg.

► www.ipcc.ch/sr15

Europa drohen längere Dürren

Erwärmt sich die Erde um drei Grad Celsius, drohen Europa einschneidende Veränderungen. Extremereignisse wie die Dürren im Jahr 2003 und 2018 werden dann in weiten Teilen des Kontinents der Normalzustand sein. Das haben Wissenschaftler vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ und ihre Kollegen eines internationalen Forscherteams mithilfe von Modellierungen herausgefunden. Die Ergebnisse, die auch auf Daten aus den TERENO-Observatorien beruhen, sind in den IPCC-Bericht eingeflossen.

Dürren werden künftig länger dauern, mehr Flächen und damit mehr Menschen betreffen, so das Fazit der Wissenschaftler. Bei einer Erwärmung um drei Grad wird sich die Fläche der Dürregebiete in Europa im Vergleich zum Referenzzeitraum 1971 bis 2000 von 13 auf 26 Prozent verdoppeln. Bei 1,5 Grad Celsius werden Dürreregionen in Europa 19 Prozent der Fläche einnehmen. Mit Ausnahme von Skandinavien werden die größten Dürreereignisse zudem drei- bis viermal länger dauern als bisher. Bis zu 400 Millionen Menschen könnten dann davon betroffen sein.

Am schlimmsten würde es die Mittelmeer-Region treffen. „Bei einer Drei-Grad-Erwärmung gehen wir dort von 5,6 Dürremonaten pro Jahr aus und bei 1,5 Grad von

3,2 Dürremonaten; bislang lag die Zahl bei 2,1 Monaten“, sagt UFZ-Hydrologe Dr. Luis Samaniego.

Für Deutschland hätte die Erwärmung vergleichsweise geringe Folgen, mit einer Einschränkung: „Auch hier würden die Sommer künftig trockener als bislang. Bei einer 3-Grad-Erwärmung wäre allerdings in ganz Deutschland eine Abnahme der Wasserstände zu erwarten, im Einzugsgebiet des Rheins oder an Elbezuflüssen wie der Saale um rund zehn Prozent“, so UFZ-Experte Dr. Stephan Thober.

Die Auswirkungen der globalen Erwärmung können aus Sicht der UFZ-Forscher aber teilweise mit technischen Anpassungen gemindert werden. Der sicherere Weg sei, die Klimaschutzziele des Pariser Abkommens umzusetzen, so Luis Samaniego. Das Abkommen sieht vor, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur bis 2100 auf deutlich unter 2 Grad Celsius zu begrenzen, wenn möglich sogar auf 1,5 Grad über dem vorindustriellen Niveau.

Die Studie wurde hauptsächlich über das HOKLIM-Projekt gefördert.

► www.ufz.de/hoklim

Luis Samaniego et al. (2018): *Anthropogenic warming exacerbates European soil moisture droughts.* *Nature Climate Change.*

► DOI: [10.1038/s41558-018-0138-5](https://doi.org/10.1038/s41558-018-0138-5)

Drei Fragen an Harald Kunstmann



Der Klimaforscher und Hydrologe Prof. Harald Kunstmann arbeitet am Institut für Meteorologie und Klimaforschung des Karlsruher Instituts für Technologie und an der Universität Augsburg.

Herr Kunstmann, der IPCC geht davon aus, dass menschliche Aktivitäten bereits eine globale Erwärmung von etwa einem Grad Celsius gegenüber vorindustriellen Werten verursacht haben. Sie sind vom KIT Campus Alpin, wie sieht es im Alpenraum aus?

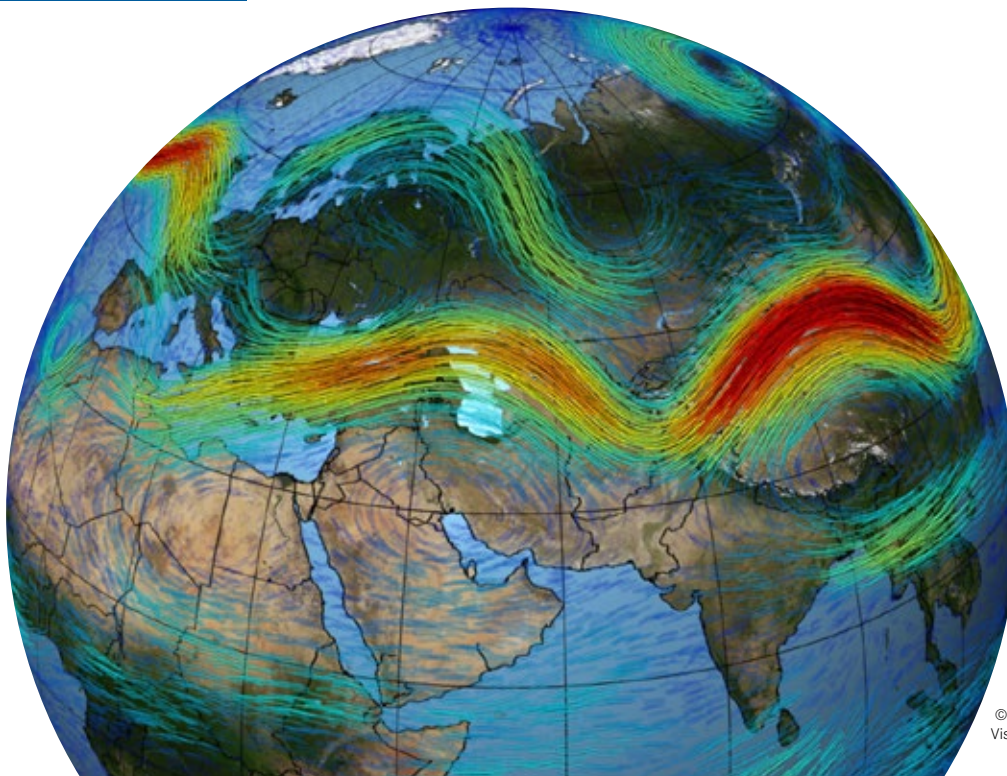
In den Alpen war der Temperaturanstieg mit 2 Grad Celsius bisher doppelt so hoch wie im globalen Mittel. Weltweit ist die Temperaturzunahme in den Höhenlagen oftmals stärker als in niederen Lagen. Das zeigt, dass Bergregionen ganz besonders von der globalen Erwärmung betroffen sind – und wie wichtig Observatorien in unterschiedlichen Höhenlagen sind.

Welche Konsequenzen hat dieser Anstieg?

Am eindrucksvollsten und für alle nachvollziehbar ist in den Alpen der Rückgang der Eisflächen und Gletscher. Wir werden auch massive Verschiebungen der Vegetationszonen haben, inklusive der Flora und Fauna. Mit unseren neuen regionalen Klimasimulationen können wir selbst niedrige Berggücken und Täler mittlerweile sehr gut auflösen und die erwartete Klimaänderung regional sehr deutlich abschätzen. Das nutzen wir mittlerweile auch zur gezielten Beratung einzelner Kommunen.

Auf welche Bedingungen müssen sich die Kommunen vorbereiten?

Bei einem natürlichen Temperaturgradienten von rund 0,7 Grad Celsius mittlerer Jahrestemperatur pro hundert Höhenmeter in unserer TERENO-„Voralpen“-Region lässt sich gut verstehen, wie massiv sich bei einer verstärkten Temperaturerhöhung in den Alpen die Vegetationszonen und Schneebedingungen ändern werden. Unsere Simulationen zeigen Temperaturerhöhungen alpenweit von plus 2 Grad Celsius bis 2050 im Vergleich zu den Jahren 1980 bis 2009. Der Niederschlag insgesamt wird voraussichtlich um bis zu 25 Prozent zunehmen, vor allem im südlichen Bayern. Im nördlichen Bayern gehen wir im Sommer eher von trockeneren Bedingungen aus. Insgesamt müssen wir mit häufigeren und weit intensiveren Extremniederschlägen rechnen.



© NASA's Scientific Visualization Studio

So sah der Jetstream über Asien und Europa vor acht Jahren aus (leicht wellenförmige Linien). Durch die Erderwärmung werden die Windströme schwächer und langsamer, die Wellenlinien bekommen immer mehr Ausbuchtungen. Die Folge: Hoch- und Tiefdruckgebiete bleiben immer häufiger an einem Ort, mitunter wochenlang.

WENN DER WIND ZU VIELE WELLEN SCHLÄGT

Der schwächelnde Jetstream, der trockene Sommer und das 1,5-Grad-Ziel

Eine besondere Folge der globalen Erwärmung bekommen wir bereits seit einigen Jahren auch in unseren Breiten immer häufiger zu spüren: die überproportional starke Erwärmung der Arktis. Diese Erwärmung, die sich durch das beschleunigte Abtauen des arktischen Meereises im Sommer auch noch selber verstärkt, bewirkt eine Schwächung des sogenannten Jetstreams auf der Nordhalbkugel. Was das für regionale Auswirkungen hat, zeigt sich in den TERENO-Observatorien.

„Normalerweise trennt dieser Starkwind arktische Luftmassen im Norden recht wirkungsvoll von subtropischen Luftmassen aus dem Süden und wirkt so Wetterextremen entgegen. Ein von geringeren Temperaturunterschieden zwischen Nord und Süd geschwächter Jetstream wird langsamer und fängt an, stärker zu mäandrieren, also sich stärker nach Norden und Süden auszubeulen“, erläutert Prof. Nicolas Brüggemann, Experte für Biogeochemie am Forschungszentrum Jülich. Dabei geraten in den Ausbuchtungen des Jetstreams Hoch- und Tiefdruckgebiete immer häufiger in nahezu ortsfeste Lagen, zum Teil über mehrere Wochen. Bei Hochdruckgebieten kann das zu dauerhaftem Sonnenschein, aber auch zu wochenlanger Trockenheit führen. Im Gegensatz dazu kommt es bei einem Tiefdruckgebiet zu langanhaltenden und teils sehr ergiebigen Regenereignissen.

Fernwirkungen beachten

Die Folgen ortsfester Hochdruckgebiete – sogenannter „Omegalagen“ in Anlehnung an den griechischen Buchstaben Omega – bekamen diesen Sommer etwa weite Teile Mitteleuropas, Nordamerikas, Sibiriens und Japans zu spüren. „In allen diesen Regionen war prinzipiell dasselbe zu beobachten, was auch wir im Rureinzugsgebiet, einem wichtigen Teil des TERENO-Observatoriums ‚Eifel/Niederrheinische Bucht‘ festgestellt haben: über Monate hinweg außergewöhnlich hohe Temperaturen, extrem geringe Niederschlagssummen,

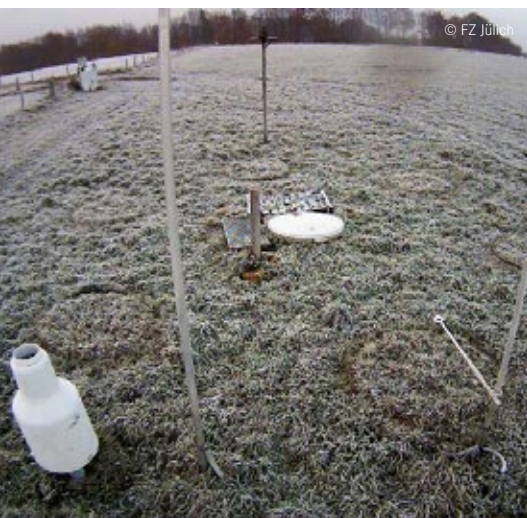
Waldbrände, Trinkwasserknappheit, Ernteausfälle“, berichtet Brüggemann. Seine Schlussfolgerung: „Wenn wir über die Einhaltung des 1,5-Grad-Ziels debattieren, müssen wir den regional viel stärker ausgeprägten Temperaturveränderungen und deren Fernwirkungen – also den Zusammenhängen zwischen Wettervorgängen in zwei weit voneinander entfernten Gebieten – mehr Beachtung schenken.“

Regionale Unterschiede

Dr. Ingo Heinrich vom Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungszentrum GFZ sieht Ähnlichkeiten, aber auch Unterschiede im Vergleich zur Hitzewelle im August 2003: „Die extreme Hitze und Trockenheit sind sicherlich ähnlich, aber es zeigen sich auch regionale Unterschiede. Während 2003 besonders der Südwesten Deutschlands und Europas betroffen war, wobei hier Frankreich mit seinen vielen Hitzeopfern in Erinnerung geblieben ist, erlebten 2018 besonders die nördlicheren Länder ein extremes Jahr.“

Diese regionalen Unterschiede spiegeln sich auch in den TERENO-Observatorien wider. „Dass der Nordosten Deutschlands von der Trockenheit besonders betroffen war, konnten wir im Observatorium ‚Nordostdeutsches Tiefland‘ erleben. Ergiebige Regentage waren dort monatelang nicht zu vermelden“, so Heinrich. In diesem Gebiet, reich an Gewässern, hat die Trockenheit ihre Spuren bei den vielen Seen hinterlassen. „Viele Seespiegel sind soweit zurückgegangen, dass die niedrigsten Werte der letzten Jahrzehnte in den Jahren 2009 und 2010 wieder erreicht wurden, nachdem sich die Pegel zwischenzeitlich wieder erholt hatten“, berichtet der GFZ-Wissenschaftler. Anders im TERENO-Observatorium „Voralpen“, wo unter anderem durch die Nähe zu den Bergen Stauwetterlagen für zusätzlichen Niederschlag sorgten und so die Trockenheit abgemildert wurde. Derzeit werden die Monitoringdaten aus den verschiedenen TERENO-Observatorien ausgewertet, um die regionalen Auswirkungen des extremen Klimajahres 2018 beurteilen zu können.

TAU UND RAUREIF: IN ZUKUNFT WICHTIGER FÜR DEN WASSERHAUSHALT?



Wissenschaftler aus Deutschland und Österreich haben in einem gemeinsamen Experiment den Anteil von Tau und Raureif am Gesamtniederschlag präzise quantifiziert. Dazu werteten sie für einen Zeitraum von zwei Jahren Daten von zwei Lysimeter-Stationen aus: in Raumberg-Gumpenstein in den österreichischen Alpen und in Rollesbroich im TERENO-Observatorium „Eifel/Niederrheinische Bucht“. Je nach Standort bewegte sich der Anteil zwischen 4,5 und 6 Prozent.

Wasser erreicht die Boden- oder Pflanzenoberfläche nicht nur durch den Nieder-

schlag (Regen, Schnee oder Hagel), sondern auch als Nebelnässe, Tau und Raureif. Gerade Tau und Raureif werden allerdings bei der Bestimmung des Wasserhaushalts in Mitteleuropa oft vernachlässigt. Einerseits wird davon ausgegangen, dass deren Anteil sehr klein ist. Andererseits sind Messungen schwierig und zeitaufwändig. „Gerade in feuchten Gebieten wie in Deutschland wurde dem Tau bislang keine große Beachtung geschenkt. Aber das könnte sich ändern“, sagt Dr. Thomas Pütz vom Forschungszentrum Jülich. Das liegt daran, dass Klimaforscher in Zukunft trockenere und wärmere Klimaszenarien in Deutschland erwarten. In trockeneren Gebieten der Erde ist Tau heute schon eine wichtige Wasserquelle für Pflanzen und Tiere.

Die Studie von Thomas Pütz und seinen Kollegen aus Jülich und Österreich hilft, Tau und Raureif künftig genauer zu erfassen. „Unsere Untersuchungen verdeutlichen, dass Tau und Raureif eine wichtige Rolle bei Trockenheit und bei Kälteperioden spielen“, ergänzt der Jülicher Wissenschaftler. Abweichungen zwischen gemessenen Werten und Modellberechnungen zeigen aber, dass

es hier noch Forschungsbedarf gibt. Das gilt auch für die Quellen von abgesetzten Niederschlägen (Tau, Raureif, Nebel und Wasserdampfadsorption). Wie sich die abgesetzten Niederschläge generell bilden, ist klar, ihre genaue Herkunft ist bisher jedoch noch relativ unbekannt (zum Beispiel Strahlungs- oder Advektionsnebel). Da stößt die Forschung auch auf Überraschungen: So nahm sie lange Zeit an, dass die Hauptquelle für den berühmten Nebel über der Namib-Wüste und den Tau in dieser Region Namibias das Meer sei. US-amerikanische Forscher fanden jedoch mithilfe von Isotopen-Untersuchungen heraus, dass nur 40 Prozent des Wassers aus dem Atlantik stammen. Der Rest kommt aus dem Boden und dem Grundwasser.

Lysimeter ...

sind rund 1,50 Meter große Metallzylinder, die mit Erde gefüllt und mit zahlreichen Sensoren ausgestattet sind. Mit ihnen lässt sich insbesondere der Wasserhaushalt untersuchen. TERENO betreibt mit SoilCan das weltgrößte Lysimeter-Netzwerk.

Jannis Groh et al. (2018). *Determining dew and hoar frost formation for a low mountain range and alpine grassland site by weighable lysimeter.* *Journal of Hydrology* 563, 372–381.

► DOI: [10.1016/j.jhydrol.2018.06.009](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.06.009)

DEUTSCH-RUSSISCHE SOMMERSCHULE

Welche Auswirkungen hat der globale Klimawandel auf Regionen und Landschaften und wie lassen sie sich erfassen? Einblicke in die Beobachtung von Langzeiteffekten mithilfe moderner Monitoring-Technologien erhielten 20 Nachwuchsforscher aus Deutschland und Russland Ende August 2018 bei einer Sommerschule im TERENO-Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“. Angeleitet von Wissenschaftlern des Deutschen GeoForschungszentrums – GFZ, der Universität Potsdam und des Alfred-Wegener-Instituts wurden Feldversuche am Standort Demmin durchgeführt sowie Bodenmessungen und Fernerkundungsdaten evaluiert und modelliert. Außerdem stand der Einsatz von Drohnen auf dem Programm. Auch der kulturelle Austausch spielte eine wichtige Rolle.



Zu Gast auf Schloss Schmarsow: die Teilnehmer der Sommerschule

Die Sommerschule war bereits der zweite Trainingskurs, der aus einem Memorandum of Understanding zur Förderung wissenschaftlicher Kooperationen zwischen der Helmholtz-Gemeinschaft und der russi-

schen Vernadsky-Stiftung hervorging. Die Kooperation soll weiter vertieft werden. So planen die Forscher eine gemeinsame Aktivität im Lena-Delta in Sibirien zum Thema Permafrost und Vegetation.

WENN DAS WASSER KOMMT UND GEHT

TERENO an neuer DFG-Forschungsgruppe „Cosmic Sense“ beteiligt



© UFZ/Martin Schrön

Mit Neutronendetektoren lässt sich großflächig Wasser an der Landoberfläche erfassen.

Wie und wo sich Böden nach einem Niederschlag auffeuchten und danach wieder austrocknen, untersucht die neue Forschungsgruppe „Cosmic Sense“. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert das Vorhaben für zunächst drei Jahre unter dem Titel „Large-Scale and High-Resolution Mapping of Soil Moisture on Field and Catchment Scales – Boosted by Cosmic Ray Neutrons“. Koordiniert wird das Projekt von Sascha Oswald (Universität Potsdam). Beteiligt sind auch vier TERENO-Partner: das Forschungszentrum Jülich, das Deutsche GeoForschungszentrum – GFZ, das Karlsruher Institut für Technologie und das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ.

Ziel der Forschungsgruppe ist es, Prozesse des Wasserkreislaufs besser zu verstehen, etwa die Neubildung von Grundwasser. Ein wichtiges Thema ist die Wasserspeicherung im Boden. Sie verändert sich laufend, etwa durch Niederschläge, aber auch indem Wasser verdunstet oder in tiefere Bodenzonen versickert. Hinzu kommt, dass die Bodenfeuchte – das im Boden momentan gespeicherte Wasser – bereits innerhalb eines Meters sehr unterschiedlich ausfallen kann. Um die Bodenfeuchte dennoch großflächig zu erfassen, setzen die Projektpartner auf Cosmic Ray Neutron Sensing (CRNS). Diese noch junge Methode nutzt die kosmische Strahlung, die durch hochenergetische Teilchen aus dem All erzeugt wird. Detektoren erfassen Neutronen nahe der Erdoberfläche, aus deren Intensität lässt sich die Bodenfeuchte sehr gut abschätzen. Einer der ersten Entwickler der CRNS-Methode, Prof. Marek Zreda von der University of Arizona, ist über ein Mercator Fellowship in das Vorhaben eingebunden. Die Feldversuche sollen alle in TERENO-Observatorien durchgeführt werden. Dort wird bereits seit mehreren Jahren mit CRNS gearbeitet.

Die CRNS-Messungen wollen die Forscher mit Fernerkundungsdaten, geophysikalischen Beobachtungen und hydrologischen Modellen kombinieren. Darüber hinaus sollen Modelle getestet werden, die Erkenntnisse zur Verteilung von Wasser zwischen Atmosphäre, Boden, Grundwasser und Flüssen liefern. Davon erhofft sich die Forschungsgruppe zuverlässigere Aussagen über die hydrologischen Auswirkungen von zukünftiger Landnutzung und Klimawandel.

3. ICOS-KONFERENZ: MESSDATEN IM MITTELPUNKT



© ICOS/Michal Galik (3 Bilder)

Mitte September 2018 trafen sich in der tschechischen Hauptstadt Prag über 300 Wissenschaftler aus 30 Ländern zur dritten „ICOS Science Conference“. ICOS steht für „Integrated Carbon Observation System“. Das europaweite Netzwerk, zu dem auch TERENO-Partner gehören, überwacht mit hoch standardisierten Dauermessungen die Treibhausgaskonzentrationen und -flüsse. Im Mittelpunkt der Konferenz stand vor allem die Wissenschaft rund um die Messdaten.

Sowohl die hochkarätig besetzten Impulsvorträge als auch die Parallelsitzungen orientierten sich an den drei großen Säulen von ICOS: dem Ozeanprogramm unter anderem zur CO₂-Aufnahme der Meere, dem Atmosphärenprogramm zum flächen-

deckenden Monitoring von Treibhausgaskonzentrationen über Europa und dem Ökosystemprogramm. Vor allem in letzteres ist TERENO über die Eddy-Kovarianz-Stationen seiner Observatorien eingebunden. Hier geht es um die Treibhausgasaufnahme und -abgabe natürlicher und landwirtschaftlicher Oberflächen, aber auch um die Auswirkung von Klimawandel, Landnutzungswandel und Extremereignissen auf andere Land-Atmosphäre-Wechselwirkungen, zum Beispiel auf die Verdunstung. Lokale Fallstudien, etwa zur konkreten Auswirkung bestimmter Abholzungsmaßnahmen, wurden dabei ebenso thematisiert wie die Chancen und Schwierigkeiten weltweiter Synthesestudien, die Zeitreihen mehrerer Netzwerke nutzen und mit Fernerkundungsdaten kombinieren.

Zu „frisch“ für eingereichte Beiträge, aber immer wieder ein Thema, war der Dürre- und Hitzesommer 2018. Davon betroffen war eine große Fläche im Zentrum des von ICOS abgedeckten Gebiets: Sie reichte vom tschechischen Gastgeber über die TERENO-Observatorien, die Niederlande, Belgien und Luxemburg bis zu den britischen Inseln und Skandinavien. Zum Konferenzprogramm gehörten darüber hinaus der organisatorische Austausch zwischen den Betreibern der ICOS-Stationen sowie die Besichtigung tschechischer Standorte. Außerdem wurde eine Fotoausstellung mit Porträts von ICOS-Stationen eröffnet.

► **3. ICOS Science Conference**
(mit Book of Abstracts)

© FZ Jülich/Ralf-Uwe Limbach (alle Bilder)



HITZEWELLEN UND IHRE FOLGEN

MOSES-Testkampagne am TERENO-Standort Selhausen

Mitte Juli, es ist Hochsommer. Seit Wochen hat es nicht geregnet. Die Sonne brennt, kein Wölkchen zeigt sich am Himmel. Die Temperaturen steigen auf rund 30 Grad Celsius. Ideale Bedingungen für Wissenschaftler des MOSES-Projekts, die sich für eine erste Testkampagne zu Hitzewellen am TERENO-Standort Selhausen getroffen haben.



Die Forscher – darunter mehrere TERENO-Partner – wollen herausfinden, wie sich Hitzewellen sowohl kurz- als auch langfristig auf Umwelt und Klima auswirken. Die kurzfristigen Effekte solcher Wetterextreme sollen mithilfe von Intensiv-Messkampagnen genauer untersucht werden. So können etwa schon zwei Wochen extremer Hitze eine Kettenreaktion auslösen. Pflanzen sind gestresst und stellen schließlich ihre Photosynthese ein – und damit auch die Aufnahme von CO_2 . Gleichzeitig atmen sie weiter – geben also CO_2 ab – und tragen so zu einer weiteren Erwärmung bei. Außerdem geben gestresste Pflanzen weniger Wasserdampf ab. Die Konsequenz: Die Feuchtigkeit in der Atmosphäre nimmt ab, es regnet weniger in der Umgebung – ein Rückkopplungseffekt, der die Trockenheit weiter verstärkt.

Aber wie hängen Hitzewellen mit der langfristigen Entwicklung von Erd- und Umweltsystemen zusammen? Welche Auswirkungen haben sie etwa auf den Feinstaub in der Luft oder auf Treibhausgasflüsse? Wie lange dauert es, bis sich ein Ökosystem von einer Hitzewelle erholt? Und welche Maßnahmen könnten helfen, die Auswirkungen abzumildern? Diese und weitere Fragen untersuchen die Forscher im Themenbereich „Hitzewellen“ der Erdbeobachtungs- und Forschungsinitiative „Modular Observation Solutions for Earth Systems“ (MOSES) in enger Kooperation mit Langzeitbeobachtungsinitiativen wie TERENO.

Prozesse besser verstehen

Die Intensiv-Messkampagnen sind hierbei ein elementarer Bestandteil. Hier werden verschiedene Parameter und deren Veränderung während einer Hitzewelle räumlich und zeitlich hoch aufgelöst erfasst, etwa Bodenfeuchte, Verdunstung, Luft- und Bodentemperatur, Austausch von Treibhausgasen sowie Partikel in der Luft. Diese Daten werden dann eingebettet in Langzeitbeobachtungen an Ankerstationen wie den TERENO-Observatorien. Dies ist wichtig, um Abläufe und Prozesse besser zu verstehen und deren langfristige Trends zu ermitteln.

Die zweiwöchigen Untersuchungen auf den Ackerflächen der Versuchsanlage Selhausen im TERENO-Observatorium „Eifel/Nieder-rheinische Bucht“ im Juli waren wichtige Vorarbeiten für die eigentlichen Kampagnen in den nächsten Jahren. Die Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich, des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung

– UFZ, des Deutschen GeoForschungsZentrums – GFZ und des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) stimmten vor allem Instrumente, Messabläufe, Datenauswertung und -speicherung aufeinander ab, klärten Details für künftige Messungen und sammelten erste Daten. Der TERENO-Standort war hierfür besonders gut geeignet, da dort bereits zahlreiche stationäre Systeme wie Radiometer, Klima- und Treibhausgas-Messstationen betrieben werden. Zum Einsatz kamen aber auch mobile Geräte: von Drohnen über flugzeuggestützte Systeme bis hin zu sogenannten Cosmic Rovern zur Erfassung der Bodenfeuchte. Nach einer weiteren Testkampagne im TERENO-Observatorium „Voralpen“ im Frühjahr 2019 sollen die eigentlichen Messkampagnen beginnen.



► **MOSES – Modular Observation Solutions for Earth Systems**

TERENO in den Medien

► „MOSES auf der Suche nach Wasser“, (WDR, Lokalzeit aus Aachen)



Das TERENO-Observatorium „Eifel/Niederrheinische Bucht“ verfügt über den weltweit ersten Cosmic Rover, der gleichzeitig sowohl schnelle als auch langsame Neutronen misst. Das Messfahrzeug wurde aus Mitteln des Projektes MOSES – Modular Observation Solutions for Earth Systems – finanziert. In dem Vorhaben bauen neun Forschungszentren der Helmholtz-Gemeinschaft ein flexibles und mobiles Messsystem zur Erdbeobachtung in Deutschland auf.

► www.ufz.de/moses

© FZ Jülich / Ralf-Uwe Limbach

PFLANZLICHE REAKTIONEN AUF DÜRRE SEHEN

Cosmic Ray Neutron Sensing ist eine Technologie, um die Bodenfeuchte auf einer Skala von 10 bis 20 Hektar zu schätzen. Dazu wird die Dichte von Neutronen nahe der Erdoberfläche gemessen. Der Jülicher Nachwuchsforscher Jannis Jakobi (29) entwickelt die Methode weiter, um damit auch den Wassergehalt in der oberirdischen Biomasse erfassen zu können. Er hofft, dass sich dadurch etwa Pflanzenreaktionen auf Wasserknappheit einfacher und genauer untersuchen lassen. „Landwirte könnten so noch konkretere Hinweise erhalten, wann sie ihre Pflanzen bewässern müssen, und so Ertragsausfälle vermeiden“, sagt der Landschaftsökologe.



© Yasemin Bas

Die Cosmic-Ray-Methode beruht auf dem Zusammenhang von Neutronendichte und Wasserstoffgehalt: je weniger Neutronen, desto mehr Wasserstoff in der Umgebung – und umgekehrt. Da in terrestrischen Umgebungen der meiste Wasserstoff in der Bodenfeuchte gespeichert ist, können Forscher diesen aus den Neutronen ableiten.

Für diese Schätzungen wird in der Regel nur ein bestimmter Typ von Neutronen berücksichtigt, die sogenannten „schnellen“ Neutronen. Es gibt jedoch auch „langsame“ Neutronen mit einer deutlich geringeren Bewegungsenergie. Deren Datenreihen wurden bisher selten verwendet. Doch genau die sind für Jannis Jakobi interessant: „Aus dem Verhältnis von langsamen zu schnellen Neutronen können wir auf den Wasserstoff in der Vegetation und damit auf die Biomasse schließen“, erklärt er. Um beide Neutronentypen zu erfassen, setzen er und seine Jülicher Kollegen bei Messungen zwei Detektoren ein, beispielsweise in dem neuen Cosmic Rover des TERENO-Observatoriums „Eifel/Niederrheinische Bucht“ (siehe Kasten). Die Daten, die bei Experimenten in dem Observatorium gesammelt wurden, wertet Jannis Jakobi nun für seine Doktorarbeit im Rahmen des DFG-Projekts „Cosmic Sense“ (siehe Seite 12) aus.

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. Ingo Heinrich

Deutsches GeoForschungszentrum GFZ
Tel.: 03 31 / 2 88 19 15
E-Mail: heinrich@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

HMGU Helmholtz Zentrum München – Deutsches
Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt

UFZ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung

GFZ Helmholtz-Zentrum Potsdam –
Deutsches GeoForschungszentrum

IMPRESSUM

Herausgeber: TERENO

Redaktion: Christian Hohlfeld

Text: Benjamin Haerdle, Christian Hohlfeld

Grafik und Layout: Bosse und Meinhard
Wissenschaftskommunikation