



Newsletter 1/2019

AUS DEM INHALT

IN KÜRZE

Advisory Board: neue Mitglieder **2**

NACHGEFRAGT

Interview mit Prof. Achim Brauer **3**

WISSENSSTAND

Die Dürre 2018 und ihre Folgen **4**

Erholung braucht Zeit und Regen **7**

Allianz-Arbeitsgruppe empfiehlt
nationales Observatorien-Netz **8**

Hydrologische Observatorien:
Noch intensiver nutzen **9**

ADAPTER will Landwirten helfen **9**

NETZWERKE

Vereinheitlichung des europäischen
Umweltmonitorings **10**

Umgang mit Big Data lernen **10**

VOR ORT

Gut gerüstet für Wetterkapriolen **11**

Energiebilanz: Rätsel gelöst? **12**

Forschung in Scheyern beendet **12**

IM BLICKPUNKT

Quellen erkennen **13**

Was Blaualgen verraten **13**

Mehr über TERENO finden Sie auf unserer
neu gestalteten Webseite:

www.tereno.net



Ausgetrocknet: Während der Dürre 2018 führten einige Seen kaum noch Wasser.

© istockphoto.com

Sehr heiß und extrem trocken

Noch nie seit Beginn der Wetterbeobachtungen in Deutschland gab es so viel Sonnenschein und so wenig Niederschlag wie 2018. Die extreme Trockenheit führte zu erheblichen Ernteausfällen, überdurchschnittlich vielen Waldbränden und historischen Tiefstständen bei Pegeln von Flüssen und Seen. TERENO-Wissenschaftler untersuchen die Langzeitfolgen für Umwelt und Klima.

NEUE MITGLIEDER DES TERENO ADVISORY BOARDS

„Wir stehen vor beispiellosen Herausforderungen, um die zukünftige Funktionalität unseres Planeten zu erhalten. Umweltforschungsinfrastrukturen wie TERENO sind entscheidend für die Bewältigung dieser Herausforderungen.“

Prof. Jaana Kaarina Bäck,
Department of Forest Sciences, Universität Helsinki, Finnland



© privat

„Ich bin dem TERENO-Beirat beigetreten, um die Wissenschaft der ökohydrologischen Beobachtungen der ‚lebenden Erdhülle‘ voranzubringen, des Teils der Erdkruste, der unzähligen Ökosystemen Dienste erbringt, das Klima und biogeochemische Zyklen reguliert sowie der Ort für alles terrestrische Leben ist. Ein wichtiger Schritt zum besseren Verständnis und zur Nutzung des Wissens aus verschiedenen Disziplinen ist die bessere Überwachung und das bessere Verständnis von Schlüsselabläufen und Veränderungen, die sich in dieser kritischen Zone der Biosphäre abspielen.“

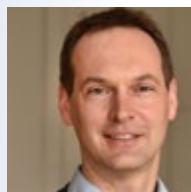
Prof. Dani Or, Leiter des Instituts für Biogeochemie und Schadstoffdynamik, ETH Zürich, Schweiz



© ETH Zürich

„2018 traf eine lange Trockenperiode die Landökosysteme in Deutschland. Beobachtungsnetzwerke wie TERENO sind unerlässlich, um die aktuellen und auch zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels zu verstehen.“

Prof. Alexander Knohl, Leiter Bioklimatologie, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Universität Göttingen, Deutschland



© Universität Göttingen

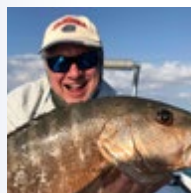
„TERENO ist eine zentrale Stelle im dringend benötigten Netz von Observatorien, die sich der Critical Zone widmen. Der Klimawandel und dessen Auswirkungen auf Schlüsselressourcen der Menschheit auf lokaler Ebene sind die wesentlichen Herausforderungen, vor denen wir als Wissenschaftlergemeinschaft und als Gesellschaft stehen. Nur ein ganzheitlicher Ansatz, sowohl disziplinär als auch methodisch, wird es uns ermöglichen, die empfindlichen und komplexen Funktionsweisen zu verstehen, die hier am Werk sind. Als Mitglied des TERENO-Beirats hoffe ich, dass ich solche interdisziplinären Ansätze im Hinblick auf das globale Rahmenwerk der europäischen und internationalen Forschungsinfrastrukturen fördern kann.“

Dr. Nicolas Arnaud, Direktor des Institut national des sciences de l'Univers (INSU), Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Frankreich

© Cyril Frésillon/
CNRS Photothèque

„Der gesellschaftliche und wissenschaftliche Bedarf TERENO-basierter Wissenschaft war noch nie so groß wie heute. Wir sollten gemeinsam darüber nachdenken, wie wir die Grenzen der Wissenschaft am besten vorantreiben können, indem wir das Beobachtungsnetzwerk für nachhaltige Lösungen in Anbetracht einer sich schnell verändernden Umwelt nutzen.“

Dr. Hank Loescher, Direktor für strategische Planung, National Ecological Observatory Network (NEON), USA



© Riedel Guida de Pesca

Weiterhin Mitglied im Advisory Board sind:

- **Dr. Richard P. Hooper**
(Vorsitzender, geschäftsführender Direktor des Consortium of Universities for the Advancement of Hydrologic Science – CUAHSI, USA)
- **Prof. Karsten Høgh Jensen**
(Universität Kopenhagen, Koordinator des Hydrological Observatory HOBE, Dänemark)
- **Prof. Christiane Schullius**
(Universität Jena, Deutschland),
- **Prof. Jeffrey J. McDonnell**
(University of Saskatchewan, Kanada)
- **Prof. Remko Uijenhoet**
(Universität Wageningen, Niederlande)
- **Prof. Kurt Nicolussi**
(Universität Innsbruck, Österreich)

EDITORIAL

Die Folgen der Dürre



© FZ Jülich / Ralf-Uwe Limbach

Wie geht es weiter nach einem extrem trockenen und warmen 2018? In Deutschland war es auch 2019 zum Teil wieder extrem warm mit lokalen Hitzerekorden. Dagegen war Niederschlag sehr variabel: In einigen Monaten regnete es mehr als üblich, in anderen weniger. Auch regional gibt es deutliche Unterschiede. Auf jeden Fall reichen die Niederschlagsmengen bislang nicht aus, um das Defizit aus 2018 auszugleichen. Unsere Messungen und Beobachtungen in den TERENO-Observatorien zeigen, wie sich die Dürre 2018 bisher auf Umwelt und Klima auswirkte (siehe Seite 4–7). So konnten wir feststellen, dass Baumarten durch die Dürre sehr unterschiedlich gestresst wurden, dass im Alpenvorland deutlich mehr klimaschädliches Lachgas freigesetzt wurde und dass Pflanzen weniger CO₂ aufgenommen haben. Mehr CO₂ in der Atmosphäre bedeutet allerdings, dass der Treibhauseffekt verstärkt wird und damit die globale Erwärmung, die wiederum im Durchschnitt zu mehr Trockenheit führt.

Diese und andere Erkenntnisse – auch von Forschern, die nicht an TERENO beteiligt sind – stehen im Mittelpunkt unseres diesjährigen TERENO-Workshops. Mit ihm wollen wir unseren Beitrag dazu leisten, die Folgen der Dürre besser zu verstehen. Wie wichtig hier die Langzeitforschung ist, zeigen die weiteren Beiträge in dieser Ausgabe: etwa über die Arbeit von hydrologischen Observatorien (Seite 9), die großangelegten Messkampagnen verschiedener Initiativen zu extremen Wetterereignissen (Seite 11) und die Einordnung des derzeitigen Klimawandels in die langfristige Klimaentwicklung (Seite 3). Zum Workshop begrüßen wir außerdem herzlich die neuen Mitglieder unseres Advisory Boards (siehe Beitrag auf dieser Seite) und bedanken uns zugleich bei den ausgeschiedenen internationalen Experten.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen beim Lesen!

Ihr **Harry Vereecken**

Koordinator TERENO

„KLIMAVÄNDERUNGEN VERLIEFEN NIE WIRKLICH GERADLINIG“

Interview mit dem Paläoklimatologen Prof. Achim Brauer

Seit der Industrialisierung im 19. Jahrhundert steigen die Temperaturen weltweit an. Sogenannte Klimaskeptiker behaupten, dies sei eine natürliche Entwicklung, und verweisen auf bisherige Klimaveränderungen. Der Paläoklimatologe Prof. Achim Brauer vom Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ untersucht die Klimageschichte der Erde. Im Interview erklärt er, wie die aktuelle Entwicklung einzuordnen ist und was wir aus der Vergangenheit lernen können.



Herr Prof. Brauer, aus langer Sicht gesehen: Ist die aktuelle Erderwärmung etwas Gewöhnliches?

Nein, auch wenn sich das Klima der Erde in den 4,6 Milliarden Jahren stark verändert hat und es immer wieder Klimasprünge gegeben hat, die heutige Entwicklung unterscheidet sich in einem Punkt sehr deutlich von bisherigen Veränderungen: im rasanten Anstieg des CO₂-Gehalts in der Atmosphäre. Wir haben keine Hinweise, dass es jemals einen vergleichbar schnellen Anstieg gab.

Wie war es denn bisher?

Kalt- und Warmzeiten wechseln sich seit einer halben Millionen Jahre circa alle 100.000 Jahre ab. Dabei gab es auch immer mal wieder Phasen, in denen das Klima schnelle Sprünge machte, zuletzt vor gut 11.700 Jahren. Damals stiegen die Temperaturen in unseren Breiten innerhalb von etwa 30 Jahren um rund 4 Grad Celsius. Aber der CO₂-Gehalt bewegte sich rund 800.000 Jahre lang zwischen etwa 180 ppm [Parts per Million] bei einer Eiszeit und um die 280 ppm bei einer Warmzeit – wobei der CO₂-Gehalt stets eng mit der Temperatur gekoppelt war. Aus dem eingespielten Verhältnis von CO₂ und Temperatur sind wir heute raus, denn mittlerweile liegt der Wert durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe schon über 400 ppm. Einen so hohen CO₂-Gehalt gab es zuletzt vor drei Millionen Jahren. Damals war es allerdings deutlich wärmer und die Erde nahezu eisfrei.

Wie kommt es überhaupt zu Warm- und Kaltzeiten?

Die Umlaufbahn der Erde um die Sonne schwankt, mal sieht sie wie eine Ellipse aus, mal wie ein Kreis. Dadurch ändert sich die Sonneneinstrahlung. Kühlt die Erde ab, sinkt die CO₂-Konzentration, weil Ozeane mehr Gas aufnehmen können und organisches Material durch Permafrost fixiert wird. Erwärmt sich die Erde, wird das vorher gespeicherte CO₂ in die Atmosphäre freigesetzt und wirkt wie ein Verstärker. Es sind verschiedene Prozesse, die hier zusammenwirken, die Sonnenstrahlung alleine würde nicht ausreichen, um Kalt- und Warmzeiten auszulösen.

Woher bekommt die Forschung Informationen über das Klima in der Vergangenheit?

Da wir über keine direkten Daten verfügen, etwa Temperatur- oder Niederschlagsmessungen, müssen wir Informationen aus natürlichen Archiven gewinnen. Das sind etwa Baumringe, Eiskerne und Ablagerungen in Seen, Ozeanen und Höhlen. Solche Informationen nennen wir Proxydaten.

Was verraten solche Archive?

Aus Eiskernen, die aus Jahrtausende alten Eisschichten gebohrt werden, kann zum Beispiel der damalige CO₂-Gehalt in der Atmosphäre bestimmt werden. Chemische Untersuchungen von Sedimenten, wie das Verhältnis der Sauerstoff-Isotope in Kalkschalen von Kleinstlebewesen in Seen und Meeren, verraten etwas über die Temperatur.

Biologische Untersuchungen, etwa von Pollen, geben Hinweise auf Vegetationsänderungen, die vor dem Beginn der Landwirtschaft über das Klima gesteuert waren. Wie bei einem Mosaik setzen wir Steinchen neben Steinchen und erhalten so ein Gesamtbild – allerdings in erster Linie von lokalen und regionalen Klimabedingungen. Für globale Aussagen sind wir auf Modelle angewiesen. Mittlerweile wissen wir aber dank solcher Methoden gut über die letzten Millionen Jahre Bescheid.

Was lässt sich aus der Vergangenheit für die künftige Entwicklung des Klimas lernen?

Zunächst einmal kann man mit den Erkenntnissen der Paläoklimatologie der falschen Behauptung entgegenreten, dass die heutige Erderwärmung nichts Ungewöhnliches sei, weil das Klima sich ja schon immer geändert habe. Es gibt eindeutige Belege, dass die Ursachen für frühere Klimaänderungen andere waren als heute und wir durch den sehr schnellen Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen derzeit in einer außergewöhnlichen Situation sind. Auch wenn die Ursachen andere waren als heute, können wir trotzdem sehr viel über den Verlauf von Klimaänderungen in der Vergangenheit lernen. Wir wissen, dass Klimaveränderungen nie wirklich geradlinig verliefen, sondern häufig mit plötzlichen Sprüngen in wenigen Jahren verbunden sind. So kann es zum Beispiel durch schnell abschmelzendes Eis an den Polen zu einer Schwächung der Ozeanzirkulation kommen. Das führte dazu, dass es in einigen Regionen für 100 bis 150 Jahre plötzlich sehr kalt wurde. Je stärker wir in das Klimasystem eingreifen, desto größer wird die Wahrscheinlichkeit eines plötzlichen Klimasprungs. Wir forschen derzeit vor allem daran, Auslöser und Zeitpunkt solcher Klimasprünge, die unsere heutigen Klimamodelle noch nicht abbilden können, besser zu verstehen.

Im Rahmen von TERENO?

Ja, auch, denn in TERENO können wir Paläoklimatologie und die Untersuchung des aktuellen Klimawandels sehr gut miteinander verbinden. Im Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“ untersuchen wir zum Beispiel saisonale Unterschiede des Wetters – früher und heute. Einerseits nutzen wir die aktuellen Messungen, um unsere Proxidata besser interpretieren zu können und gleichzeitig können wir sehr genau beobachten, wie Seen und Bäume auf den Klimawandel reagieren. Ein aktuelles Beispiel: 2017 hatten wir in Nordostdeutschland ein sehr feuchtes Jahr, 2018 herrschte dann extreme Trockenheit. Wir untersuchen, welche Faktoren besonders starke Auswirkungen haben, Stürme, Starkregen, Hitzeperioden? Der Anstieg der Mitteltemperatur an sich ist da nicht sehr aussagekräftig. Neben den Klimaproxies können wir beispielsweise anhand von Stickstoff-Isotopendaten auch die Folgen menschliche Eingriffe in die Landschaft und den Nährstoffhaushalt in Seen besser einschätzen.

Prof. Brauer, vielen Dank für das Gespräch!

DIE DÜRRE 2018 UND IHRE FOLGEN

Erkenntnisse aus den TERENO-Observatorien –
Workshop im September

Rekordjahr 2018

Mit durchschnittlich 10,4 Grad Celsius war 2018 das wärmste Jahr seit dem Beginn deutschlandweiter Wetterbeobachtungen im Jahr 1881. Zugleich schien die Sonne über 2000 Stunden, so oft wie nie zuvor seit Beginn der Messungen in Deutschland im Jahr 1951.

Quelle: Deutscher Wetterdienst



Ausgetrockneter Rhein bei Düsseldorf: Im Oktober 2018 sank der Pegel auf die Rekordtiefe von unter 40 Zentimetern.

© iStockphoto.com

2018 ging als Rekordjahr in die Geschichte ein. Es war das wärmste und sonnenreichste Jahr seit Beginn deutschlandweiter Wetteraufzeichnungen. Vor allem für die Landwirte war aber nicht die Hitze das größte Problem, sondern die mehrere Monate anhaltende extreme Trockenheit. Laut dem Dürremonitor Deutschland waren Sommer und Herbst im Vergleich zum Mittelwert seit 1951 noch nie so trocken. Forscher haben den Verlauf der Dürre in den vier TERENO-Observatorien verfolgt und wichtige Erkenntnisse gewonnen, die etwa für die Klimakrise wichtig sind. Auf einem Workshop im September (siehe Ende des Beitrags) werden Forscher ihre Ergebnisse zur Dürre 2018 vorstellen.

Mehr Kohlendioxid

„Unsere Messstationen auf Wiesen und in Wäldern in der Eifel sowie auf einem Acker in Selhausen bei Jülich verzeichneten 2018 im Jahresdurchschnitt bis zu 23 Prozent weniger Niederschlag als üblich“, berichtet Dr. Alexander Graf vom Institut für Bio- und Geowissenschaften des Forschungszentrums Jülich, das für das TERENO-Observatorium „Eifel/Niederrheinische Bucht“ zuständig ist. Dadurch lieferten die beiden untersuchten Standorte in der Eifel deutlich weniger Wasser für Flüsse und die Grundwasserneubildung: der Wald-Standort 22 Prozent weniger beziehungsweise der Wiesen-Standort 38 Prozent weniger Wasser. Die Folgen sind noch 2019 zu spüren. „Die Bodenfeuchte war Anfang des Jahres in den meisten Regionen deutlich geringer als im Jahr zuvor, der Grundwasserstand ebenfalls deutlich niedriger. Regnet es auch in diesem Jahr zu wenig, könnte sich die Situation in den betroffenen Gebieten weiter verschärfen“, so Alexander Graf.

Gelangt wie 2018 durch viele Sonnenstunden mehr Sonnenenergie auf die Erde, kann das durch eine erhöhte Verdunstung

ausgeglichen werden. Die Atmosphäre „braucht“ dann mehr Wasserdampf. „Bei unseren drei Standorten waren es 13 bis 16 Prozent mehr als im Vorjahr“, berichtet Graf. Wie die Erdoberfläche allerdings diesen Mehrbedarf an Wasserdampf abdeckt, hängt regional stark von der Art und Nutzung der jeweiligen Oberfläche ab. So verdunstete 2018 der Acker in Selhausen 25 Prozent mehr Wasser als in einem normalen Jahr. Dabei spielte der Zeitpunkt der Ernte eine wichtige Rolle. Aufgrund der warmen Temperaturen konnte der Landwirt sein Getreide eher ernten als sonst. Dadurch lag die Fläche deutlich früher brach. Grund- und Bodenwasser waren anschließend so tief abgesunken, dass die Kapillarkräfte im Boden nicht ausreichten, um das Wasser an die Erdoberfläche zu holen. Ein weiterer Effekt: „Solche Flächen, die keinen kühlenden Wasserdampf abgeben, tragen dazu bei, einen ohnehin warmen Sommer noch wärmer zu machen“, erklärt Graf. Sowohl der Wald als auch das Grünland in der Eifel verdunsteten 2018 im Gegensatz zum Vorjahr bis zu sieben Prozent mehr Wasser – trotz Trockenheit. Das geschah vor allem über die Pflanzen. Ihr Wurzelwerk war tief genug, um noch vorhandene

Wasserreserven zu nutzen. Damit konnten diese Oberflächen den größeren Wasserdampf-Bedarf der Atmosphäre immerhin zum Teil abdecken.

Der größte Verlierer der Dürre 2018 war laut Graf aber das Klima: „Jeder Sommer wie der in 2018 ist für unsere Biosphäre eine verlorene Chance, um die Kohlendioxid-Last in der Atmosphäre abzubauen“, so der Jülicher Experte. Als Faustregel gilt: Eine Fläche mit Pflanzen, die weniger Wasser verdunstet als sonst, nimmt auch weniger Kohlendioxid auf als sonst – entweder, weil die Pflanzen ohnehin vertrocknet sind. Oder sie verschließen ihre Spaltöffnungen in den Blättern und betreiben weniger Photosynthese, bei der Zucker und Sauerstoff aus Kohlendioxid, Licht und Wasser entstehen. Das bedeutet: Die Pflanzen wachsen schlechter und nehmen weniger Kohlendioxid auf. Mehr CO₂ in der Atmosphäre führt aber dazu, dass der Treibhauseffekt verstärkt wird und so die globale Erwärmung voranschreitet – und damit der Klimawandel. Globale Erwärmung bedeutet wiederum im Durchschnitt mehr Trockenheit – ein Teufelskreis.



Gerätecheck: Alexander Graf am Standort Wüstebach

Weniger Wachstum

Uralte Waldkiefern, Traubeneichen und Rotbuchen prägen mit 75 Prozent den Baumbestand im Müritz-Nationalpark, der auch Standort des TERENO-Observatoriums „Nordostdeutsches Tiefland“ ist. Seit 2012 überwacht ein TERENO-Forscherteam das Wachstum der Bäume, die zwischen 100 und 330 Jahre alt sind. „Ein Gerät, ein so genanntes Dendrometer, misst alle 30 Minuten den Stammdurchmesser und gibt an, wie schnell das Holz wächst“, erklärt Daniel Balanzategui vom Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, das das Observatorium koordiniert. Die Daten belegen, dass die Baumarten im Nationalpark durch die Dürre 2018 sehr

unterschiedlich gestresst wurden – überlebt haben sie die Trockenheit aber alle. „In der nördlichen Schweiz beispielsweise war die Situation hingegen dramatischer, Bäume starben aufgrund der Trockenheit“, so der Forscher. Allerdings wuchsen auch im Nationalpark sowohl die Eiche als auch die Kiefer 2018 im Durchschnitt deutlich weniger als in den Jahren zuvor. Bei der Rotbuche stellten die Wissenschaftler keinen Unterschied fest.

Wachstumszeit

Normalerweise wächst im Nationalpark die Waldkiefer von Mitte April bis Anfang August, die Eiche von Mitte April bis Mitte August und die Buche von Anfang Mai

bis Ende Juli. „Doch 2018 beeinflusste der ausbleibende Niederschlag die Wachstumsperioden“, sagt Balanzategui. Bis Mitte Mai stand den Bäumen zunächst noch ausreichend Bodenwasser aus den vorangegangenen Monaten zur Verfügung – Ende Mai war aber Schluss damit. Und so beendeten Kiefer, Eiche und Buche ihr Wachstum 43, 51 beziehungsweise 30 Tage früher als sonst. „Wir gehen davon aus, dass die fehlende Bodenfeuchte dazu beigetragen hat, dass die Bäume nicht weiter gewachsen sind und stattdessen versucht haben, den Wasserstress zu kompensieren“, resümiert Balanzategui.

Wachstumsrate

Die Kiefer hat 2018 ihre Wachstumsrate um 60 Prozent verringert, die Eiche zeigte gegenüber den Jahren zuvor keine Veränderungen und die Buche wuchs trotz Dürre sogar um 65 Prozent schneller als sonst. „Letztere hat vermutlich von den guten Ausgangsbedingungen zu Beginn der Wachstumszeit im April und Mai profitiert“, erklärt der Forscher. Nach dem niederschlagsreichen Winter 2017/18 war der Boden feucht genug und die Temperaturen wechselten Ende Mai sehr abrupt von kalt zu warm. „Diese kombinierten Bedingungen scheinen das Wachstum der Buchen besonders gefördert zu haben“, erklärt der Wissenschaftler. Möglicherweise wären sie noch mehr gewachsen, wenn die Dürreperiode nicht eingetreten wäre. Gespannt wartet Balanzategui auf Daten aus dem aktuellen Jahr, inwiefern die trockenen Ausgangsbedingungen das Wachstum der Bäume nun beeinflussen: „Klar ist, eine weitere Dürre würde den Baumarten das Überleben erschweren.“



© FZ Jülich/Ralf-Uwe Limbach



© GFZ



© FZ Jülich/Ralf-Uwe Limbach



© GFZ

In den TERENO-Observatorien vermessen Forscher unter anderem Bäume (Mitte) und erfassen die Stoffflüsse zwischen Boden und Atmosphäre (links u. rechts).

Mehr Lachgas

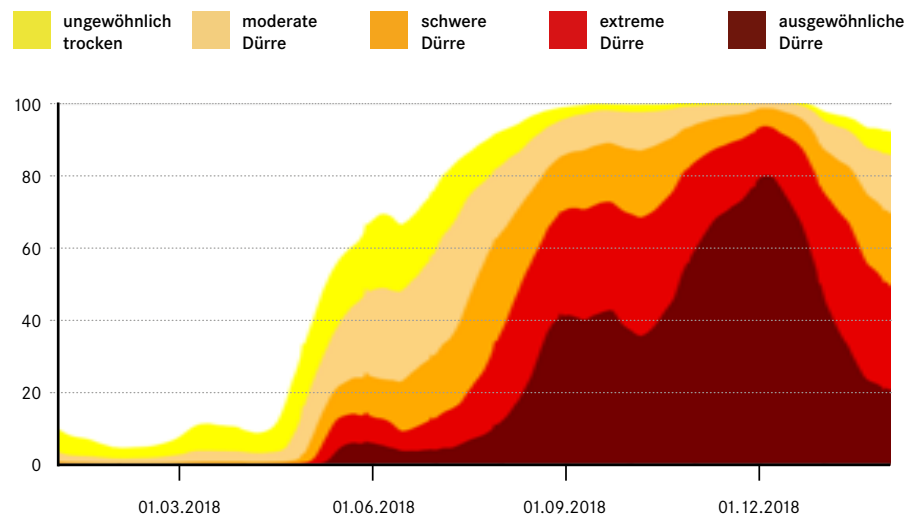
Das Bayerische Voralpenland war 2018 von der Dürre nicht so stark betroffen wie der Rest Deutschlands. „Nichtsdestotrotz haben wir im TERENO-Observatorium ‚Voralpen‘ Effekte beobachtet und gemessen, die für den Klimawandel relevant sind – insbesondere für Lachgasemissionen“, resümiert Dr. Ralf Kiese vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-IFU) des Karlsruher Instituts für Technologie. Das Observatorium deckt einen Höhengradienten von 600 bis 1000 Meter ab. Nach der Dürre 2018 mit anschließenden Starkniederschlägen in der Region haben Kiese und seine Kollegen auf 600 Metern Höhe stark erhöhte Lachgasemissionen gemessen. „Das Spannende: Der Effekt schwächt sich mit dem Höhengradienten ab“, erklärt der Wissenschaftler.



Distickstoffmonoxid (N_2O), bekannt als Lachgas, kommt in der Atmosphäre zwar nur in Spuren vor, ist aber fast 300 mal so wirksam wie Kohlendioxid – und macht daher einen auf die Menge bezogen überproportionalen Teil des anthropogenen Treibhauseffektes aus. „Und beim Lachgas ist es so, dass ein einzelnes Ereignis, bei dem die Emissionen über drei bis vier Tage erhöht sind, signifikant zum N_2O -Jahresbudget eines Standorts beitragen kann“, erklärt Kiese. So steigen die Werte beispielsweise auch massiv an, wenn Landwirte ihr Grünland mit Stickstoff düngen.

Während der Dürre fielen die Werte im vergangenen Spätsommer auf 600 Metern deutlich höher aus – obwohl die Landwirte gar nicht gedüngt hatten. Das lag an den Pflanzen. Durch die lang anhaltende Trockenheit büßten sie massiv an Vitalität ein: Sie wuchsen schlechter oder vertrockneten sogar. Stickstoff, den die Pflanzen unter normalen Bedingungen verbraucht hätten, reicherte sich im Boden an. Die Folge: Bodenbakterien zerlegten die reichlich vorhandenen Stickstoffverbindungen in ihre Bestandteile und setzten klimarelevantes Lachgas frei.

Fläche unter Dürre in Deutschland (%)



Dürre 2018: fast die gesamte Fläche Deutschlands betroffen.

Gesamtboden, Januar 2018–Februar 2019

Sommer und Herbst waren 2018 im Vergleich zum Mittelwert seit 1951 noch nie so trocken. Da das Boden- und Grundwassersystem verzögert auf ausbleibenden Regen reagiert, war für die Böden der Höhepunkt erst Anfang Dezember erreicht.

Quelle: Dürremonitor Deutschland

► [Dürremonitor Deutschland](#)

In den höheren Lagen auf 780 und 1000 Metern sah die Situation hingegen anders aus: Dort war der Boden aufgrund höherer Niederschläge und niedrigerer Verdunstung weniger stark ausgetrocknet: „Die Pflanzen wuchsen besser und waren in der Lage, Stickstoff zu fixieren. Den Bodenbakterien stand damit weniger Stickstoff zur Verfügung“, erklärt Kiese. Die Lachgasemissionen fielen entsprechend geringer aus.

„Wir waren mehr als überrascht, dass ein natürliches Ereignis wie die Dürre 2018 auf 600 Metern zu ähnlich hohen

Lachgasemissionen führt wie die Ausbringung von Wirtschaftsdünger“, so Kiese. Für den Klimawandel spielt diese Beobachtung eine wichtige Rolle: Denn bisher war vor allem bekannt, dass neben dem Düngen die zunehmenden Frost-Tau-Ereignisse im Winter die Lachgasemissionen in die Höhe treiben und damit den Treibhauseffekt negativ beeinflussen. „Unsere Ergebnisse zeigen, dass offensichtlich auch Dürreperioden mit nachfolgenden Starkniederschlägen zu erhöhten Lachgas-Emissionen führen und damit klimarelevant sind“, resümiert Kiese.

TERENO-WORKSHOP „THE DROUGHT YEAR 2018“

11. bis 13. September 2019 in Potsdam

Während des zweitägigen Workshops präsentieren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der TERENO-Initiative gemeinsam mit nationalen und internationalen Kooperationspartnern ihre Erkenntnisse über die regionalen Auswirkungen des extrem trockenen Jahres 2018.

Veranstaltungsort ist der GFZ Campus Telegrafenberg Potsdam, Hörsaal Haus H.

Kontakt: Dr. Ingo Heinrich

Koordinator des TERENO-Observatoriums „Nordostdeutsches Tiefland“
Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

Tel.: 03 31/2 88 19 15

E-Mail: ingo.heinrich@gfz-potsdam.de

► [Programm und weitere Informationen](#)

ERHOLUNG BRAUCHT ZEIT UND REGEN

Dr. Andreas Marx vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ ist Koordinator des Mitteldeutschen Klimabüros und zuständig für den Dürremonitor Deutschland, der den aktuellen monatlichen Zustand des Bodens in Deutschland ermittelt. Im Interview erklärt er, warum die Dürre 2018 immer noch im System hängt und warum TERENO-Daten wichtig für den Dürremonitor sind.

Die Dürre 2018 liegt ein Jahr zurück – haben sich die Böden inzwischen von der Trockenheit erholt?

Ein klares Jein! Für die Grundwasserneubildung reicht die Niederschlagsmenge noch längst nicht aus, um das Defizit aus 2018 zu kompensieren. Immerhin hatten wir 2018 in Deutschland ein Niederschlagsdefizit von über 200 Litern pro Quadratmeter. In der ersten Jahreshälfte 2019 hat es bisher vor allem im Süden durchschnittlich viel geregnet. Damit ist der Oberboden dort so gut versorgt, dass Landwirte ein durchschnittliches Erntejahr erwarten. Im Nordwesten und Nordosten hingegen gibt es Regionen, in denen es 2019 so trocken war, dass der erste Weideschnitt für die Viehzucht mancherorts entfiel. Dort ist die Lage noch immer angespannt.

Gab es in früheren Jahren schon einmal solche Extreme?

Der Sommer 2003 war beispielsweise im Süden heißer und trockener als 2018. Insgesamt war 2018 aber deutschlandweit in der Vegetationsperiode das trockenste Jahr seit mindestens 1951. Anfang August litten 80 Prozent der Fläche Deutschlands sowohl im Oberboden als auch über die gesamte Bodentiefe unter der Dürre, im September waren es noch 70 Prozent. Eine vergleichbare Situation hatten wir seit Beginn der für den Dürremonitor ausreichenden Wetteraufzeichnungen 1951 bisher nur im Jahre 1976. Damals begann die meteorologische Trockenheit schon 1974 und gipfelte in der Hitzewelle 1976.

Wie lange braucht denn der Grundwasserspeicher, bis er sich von einer solchen Dürre erholt hat?

Eine solche Trockenperiode kann über ein Jahr im System hängen – das ist nicht ungewöhnlich. Wir stellen jedoch fest, dass die Hitzeextrema zunehmen: Damit verbunden ist ein Wasserverlust über die Verdunstung. Viele Sonnenstunden und extreme Temperaturen wie 2018 resultieren in einer erhöhten Verdunstung. Die maximal mögliche Verdunstung hängt von der Temperatur ab – die Funktion ist aber exponentiell. Aber wenn kein Wasser mehr zur Verfügung steht, kann auch nichts mehr verdunsten.

Wie sah denn die Verdunstung für 2018 aus?

Messungen an den TERENO-Standorten haben gezeigt, dass sich die Verdunstung im Vergleich zum Vorjahr an einigen Standorten ungefähr halbiert hat, weil die Pflanzen nicht ans Wasser im tiefen Boden gekommen sind und entsprechend nichts an die Atmosphäre abgeben konnten. Selbst ein Starkregen nützt bei andauernder Trockenheit nur wenig. Denn Wasser braucht bei einem guten Boden etwa 60 Minuten, um einen halben Zentimeter in den Boden einzudringen. Gleichzeitig beginnt aber auch die Verdunstung an der Bodenoberfläche. Den Pflanzen bleibt also nicht viel Zeit, um Wasser aufzunehmen. Und es gelingt ihnen nur mit jenen Wurzeln, die oberflächennah wachsen.

Müsste ein so trockener und sonniger Sommer nicht wenigstens Pflanzenschädlingen zusetzen?

Nein. Das Gegenteil war der Fall. Der Winter 2017/18 war nass, die Böden feucht. Da reicht ein kleiner Sturm, um Bäume zu entwurzeln. Im Januar fegte mit Friederike ein Orkantief über Deutschland hinweg und hinterließ zahlreiche entwurzelte Bäume. Dazu kam ein April mit Temperaturen über 30 Grad Celsius und schließlich die lange Dürreperiode. Optimale Bedingungen für Schädlinge wie Borkenkäfer, vor allem die Buchdrucker in der Fichte, oder die Eichenprozessionsspinner, um sich zu vermehren.

Gelitten hat auch die Schifffahrt ...

Ja, durch den ausbleibenden Regen fiel der Grundwasserspiegel und damit der Wasserpegel in Flüssen und Seen. Diese hydrologische Dürre fiel so massiv aus, dass der Schiffsverkehr beispielsweise auf der Elbe eingestellt werden musste. Das war aber auch 2003 so. Beim Rhein verhielt es sich durch die Versorgung mit Gletscherwasser anders: Dort fuhren die Schiffe



© UFZ/André Künzelmann

trotz historischer Tiefstände zwar, aber die Fracht verteuerte sich erheblich. Steinkohlekraftwerke im Ruhrgebiet drosselten die Leistung, weil Rohstoffe und Fracht zu teuer waren.

Inwieweit profitieren Sie mit dem Dürremonitor von TERENO?

Für mich birgt TERENO einen wertvollen Datenschatz: Dort finde ich Bodenfeuchtedaten über einen Zeitraum von mehreren Jahren. Dazu muss man wissen, dass es nicht einfach ist, aussagekräftige Bodenfeuchtedaten über längere Zeiträume zu bekommen. Und vor allem: Ich kann mir an den TERENO-Standorten die Bodenfeuchte für verschiedene Landnutzungen wie Wald, Grünland und Ackerbau anschauen und mit meinen Simulationen vergleichen. Wir simulieren mit dem Dürremonitor die Bodenfeuchte, weil es flächendeckend keine Daten für Deutschland gibt. Ich brauche die Messungen an unterschiedlichen Standorten, um die Simulationsergebnisse überprüfen zu können.

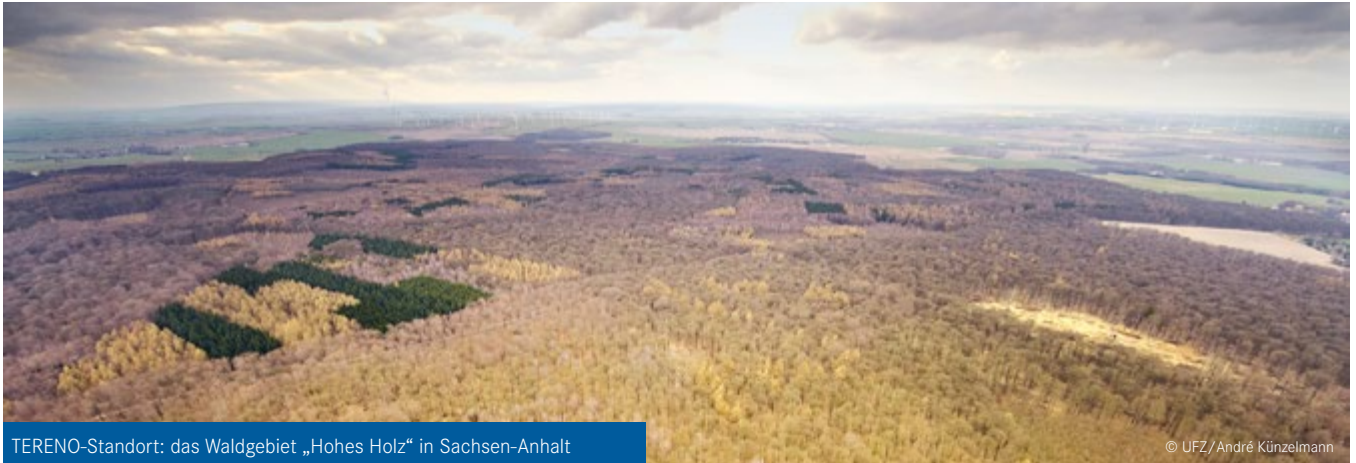
Wie blicken Sie auf den verbleibenden Sommer 2019?

Im Gesamtboden hat die Dürre des Jahres 2018 nicht aufgehört – damit verbunden sind auch in diesem Sommer große Probleme im Forst. Auch die Grundwasserstände haben sich nicht erholt und die Flussniedrigwasser bringen wieder wirtschaftliche Schäden mit sich.

Herr Marx, vielen Dank für das Gespräch!

ALLIANZ-ARBEITSGRUPPE EMPFIEHLT NATIONALES OBSERVATORIEN-NETZ

Deutschland sollte ein nationales Netz an Observatorien für die terrestrische Ökosystemforschung einrichten, um die fragmentierte Langzeitforschung zusammenzuführen und die systemorientierte Beobachtung zu stärken. Das empfiehlt die Arbeitsgruppe „Infrastrukturen in der terrestrischen Forschung“ der Allianz der Wissenschaftsorganisationen. Die 15 Expertinnen und Experten hatten 2018 nach vierjähriger Tätigkeit ihren Abschlussbericht vorgelegt, der nun diskutiert wird.



TERENO-Standort: das Waldgebiet „Hohes Holz“ in Sachsen-Anhalt

© UFZ/André Künzelmann

Auf den ersten Blick steht die terrestrische Umweltforschung in Deutschland sehr gut da: Sie nimmt weltweit eine Spitzenposition ein und verfügt über mehr als 100 Observatorien. Dazu zählen auch die vier TERENO-Observatorien. Doch auf den zweiten Blick stehen wichtige Entscheidungen an, um die Beobachtungs- und Untersuchungsgrundlagen langfristig zu sichern. Denn zum einen wird in den kommenden 15 bis 20 Jahren rund die Hälfte der Observatorien ihren Betrieb einstellen, zum anderen gilt es, die fragmentierte Langzeitforschung enger zu verknüpfen und stärker systemorientiert auszurichten. In dem Zusammenhang stellt sich die Frage, in welchem Umfang, mit welcher Priorität und mit welcher Organisationsstruktur Observatorien langfristig weitergeführt oder erneuert werden sollen. Die Allianz-Arbeitsgruppe unter dem Vorsitz von Prof. Ingrid Kögel-Knabner von der Technischen Universität München und Prof. Georg Teutsch vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung hat während ihrer vierjährigen Arbeit die derzeitige Situation analysiert und Empfehlungen für das weitere Vorgehen entwickelt. In der Arbeitsgruppe waren auch Experten aus den an TERENO beteiligten Helmholtz-Zentren vertreten.

Mangelnde Abstimmung

Die Infrastruktur der Umweltforschung in Deutschland ist – wie in vielen anderen Ländern auch – vorwiegend aus Aktivitäten einzelner Disziplinen entstanden und daher eher fragmentiert. Es mangle dadurch allerdings an übergreifender Abstimmung und

Koordination zwischen Standorten, Messnetzen und Akteuren, so die Arbeitsgruppe. Föderale Verantwortlichkeiten würden die Abstimmung zusätzlich erschweren. Dabei werden wissenschaftliche Erkenntnisse angesichts des Globalen Wandels immer dringender benötigt: Bereits heute haben Ökosysteme in einigen Regionen der Welt ihre Leistungsgrenze erreicht oder gar überschritten. Noch hat die Forschung aber weder die Funktionsweisen der Ökosysteme noch die Ursachen und Auswirkungen des Globalen Wandels vollkommen verstanden.

Gerade deshalb sei es laut den Experten notwendig, über einen sogenannten systemorientierten Forschungsansatz alle Umweltkompartimente abgestimmt zu beobachten: also Wasser, Boden, Landoberfläche und Atmosphäre. Und es müssten auch soziale sowie ökonomische Veränderungen berücksichtigt werden, denn nur so könnten wirksame Anpassungsstrategien entwickelt werden. Einen solchen systemorientierten Ansatz verfolgen verschiedene internationale Initiativen: etwa „Zones Ateliers“ in Frankreich, das australische „Terrestrial Ecosystem Research Network – TERN“ (siehe TERENO-Newsletter 1/2014), das internationale Programm „Integrated Carbon Observation System“ (ICOS) oder die in den USA initiierten „Critical Zone Observatories – CZO“ (siehe TERENO-Newsletter 1/2017).

Potenzial vorhanden

Eine entsprechende Initiative gibt es in Deutschland bislang nicht. Die Lösung aus Sicht der Allianz-Arbeitsgruppe wäre ein

bundesweites Observatorien-Netzwerk. Es könnte Basis sowohl für ein nationales Langfrist-Konzept als auch für eine nationale Koordinationsstruktur sein – inklusive eines abgestimmten Datenmanagements. Das Potenzial wäre dank der zahlreichen Observatorien vorhanden. Für ein solches Netz müssten allerdings etwa Untersuchungsmethoden und Datenmanagement standardisiert und harmonisiert sowie die Zusammenarbeit von Wissenschaft und staatlichen Einrichtungen auf Bundes- und Landesebene verbessert werden.

Welche der bestehenden Observatorien in das Netz aufgenommen werden sollten, könnte ein unabhängiges Ausschreibungs- und Auswahlverfahren klären. Die Allianz-Arbeitsgruppe empfiehlt hierfür verschiedene Kriterien: Etwa sollten Messreihen mindestens für fünf Jahre vorliegen, die Daten sollten für numerische Modelle verfügbar sein, es müsse ein Betriebskonzept zur langfristigen Nutzung vorliegen und die Betreiber der Observatorien müssten bereit sein, sich in internationalen Programmen zu engagieren. Die Arbeitsgruppe hat mit ihrem Abschlussbericht ihre Arbeit beendet. Im Auftrag der Allianz der Wissenschaftsorganisationen wurde der Bericht auch dem Bundesministerium für Bildung und Forschung zur Kenntnis gegeben und ein gemeinsames Gespräch zur möglichen Umsetzung des geplanten Observatorien-Netzwerkes angeregt.

► [Abschlussbericht der Allianz-Arbeitsgruppe](#)

HYDROLOGISCHE OBSERVATORIEN: NOCH INTENSIVER NUTZEN

Hydrologische Observatorien gibt es schon seit mehr als 100 Jahren. Diese Forschungsinfrastrukturen helfen, klimatische, hydrologische und geologische Zusammenhänge zu verstehen. Sie sammeln Langzeitdaten etwa zu Abflüssen von Gewässern oder zur Klimaentwicklung in den Einzugsgebieten der Flüsse und Seen. Dennoch gilt es, die Möglichkeiten, die solche Einrichtungen bieten, noch intensiver zu nutzen – etwa um neue Hypothesen in der Hydrologie und in benachbarten Disziplinen zu überprüfen. Welche Observatorien es gibt und was sie leisten, stellen TERENO-Experten und ihre Kollegen aus China, Europa und den USA vor – sowohl in der Fachzeitschrift „Vadose Zone Journal“ als auch im Podcast „Field, Lab, Earth“, für den der Jülicher Forscher Dr. Heye Bogena, Mitglied des TERENO-Koordinationsausschusses, interviewt wurde.

Die Anfänge

Das erste Hydrologische Observatorium entstand 1903 in der Region Emmental in der Schweiz. Es wurde eingerichtet, um herauszufinden, wie sich die Wiederaufforstung des Waldes auf den Wasserabfluss auswirkt. Wenige Jahre später folgten die ersten Hydrologischen Observatorien in den USA. Heute gibt es sie auf allen Kontinenten. Auch die vier TERENO-Observatorien umfassen Einzugsgebiete von Flüssen, etwa der Rur in der Eifel oder der Ammer in den Voralpen.

Wachsende Aufgaben

In einem klassischen Hydrologischen Observatorium stehen Klima- und Abflussmessstationen. Oft wird auch die Wasserqualität untersucht. Im Laufe der Jahre wurden Instrumente für geophysikalische



Das Einzugsgebiet der Rur in der Eifel ist eines der hydrologischen Observatorien von TERENO.

Messungen und zur Fernerkundung ergänzt, mit denen etwa Landnutzung und Bodeneigenschaften erfasst werden. Heute untersuchen Wissenschaftler dort zunehmend auch die Biodiversität und sozio-ökonomische Fragestellungen. So wird mittlerweile lokal eine Vielzahl an Variablen in diversen Untersuchungsgebieten mit unterschiedlichen klimatischen und hydrologischen Bedingungen erfasst. Allerdings wurden Observatorien oft unabhängig voneinander aufgebaut, so dass häufig gemeinsame Standards für Beobachtung und Datenspeicherung fehlen.

Aktuelle Herausforderungen

Die Herausforderungen liegen auf der Hand: globale Erwärmung, häufigere und stärkere Wetterextreme, die zu Hitzewellen, Dürren und Waldbränden führen. Hydrologische Observatorien helfen, die dahinter stehenden Prozesse und die Folgen für Wasser- und Stoffflüsse besser zu verstehen. Aus den lokalen Erkenntnissen entwickeln Forscher Modelle, die die Einflüsse des Klimawandels auf größerer Skala genauer vorhersagen, damit sich die Menschen besser vorbereiten und anpassen können.

Bogena, H.R., T. White, O. Bour, X. Li, and K.H. Jensen (2018): *Toward better understanding of terrestrial processes through long-term hydrological observatories. Vadose Zone Journal. 17:180194.*

► [Doi:10.2136/vzj2018.10.0194](https://doi.org/10.2136/vzj2018.10.0194)

► [Hydrological Observatories with Dr. Heye Bogena. Podcast „Field, Lab, Earth“ der American Society of Agronomy, der Crop Science Society of America und der Soil Science Society of America.](#)

ADAPTER WILL LANDWIRTEN HELFEN

Landwirte müssen die Bewässerung, das Düngen oder den Zeitpunkt von Aussaat und Ernte immer wieder neu an die Witterung und in Zukunft auch an den Klimawandel anpassen, wenn Lufttemperaturen steigen, Hitzeperioden länger andauern und sich der Niederschlag anders verteilt. Das Projekt „ADAPTER“ des Forschungszentrums Jülich und des Helmholtz-Zentrums Geesthacht – Zentrum für Material- und Küstenforschung (HZG) will ihnen dabei helfen – mittels eines Citizen-Science-Ansatzes: Bei einigen ausgewählten Landwirten werden Bodenfeuchtesensoren ausgebracht, deren Daten die Wetter-Simulationsergebnisse der Forscher für die kommenden zehn Tage präzisieren sollen. Damit kann dann z.B. die Verfügbarkeit von Wasserressourcen besser abgeschätzt werden. Daten und Vorhersagen sollen ortsbezogen und interaktiv über die Produktplattform von ADAPTER zur Verfügung stehen.

Geplant ist auch, Daten von TERENO-Standorten einfließen zu lassen. Darüber hinaus werden die Forscher den Landwirten helfen, individuelle Anpassungsstrategien zum regionalen Klimawandel und zu extremen Wetterereignissen zu entwickeln. Neben der Produktplattform ist ein schrittweise aufzubauendes Praxisnetzwerk ein wichtiger Bestandteil, die Informationen zu streuen und die Bedarfe der Nutzer einzubeziehen.

Kontakt

Dr. Klaus Görden
Forschungszentrum Jülich
Tel: +49 24 61/61-64 56
E-Mail: [k.goergen\(at\)fz-juelich.de](mailto:k.goergen(at)fz-juelich.de)



VEREINHEITLICHUNG DES EUROPÄISCHEN UMWELTMONITORINGS

Interview mit der finnischen Professorin Jaana Bäck, eLTER-Mitglied

Jaana Bäck ist Professorin für „Forest-Atmosphäre Interactions“ an der Universität Helsinki und neues Mitglied des TERENO-Beirats. Zu ihren akademischen Schwerpunkten gehören Forschungsinfrastrukturen wie das „Integrated Carbon Observation System“ (ICOS) und die „European Long-Term Ecosystem and Socio-Ecological Research Infrastructure“ (eLTER).

Professor Bäck, was sind die größten Herausforderungen, um ein integriertes Umweltmonitoring auf europäischer Ebene zu realisieren?

Die derzeitigen Infrastrukturen für Umweltmonitoring in Europa sind aus vielen Gründen stark zersplittert: historisch, finanziell und geopolitisch. Obwohl zahlreiche hervorragende nationale und multinationale Programme und Initiativen ins Leben gerufen wurden, werden deren große Kapazitäten noch nicht vollständig ausgeschöpft und auch ihre langfristige Nachhaltigkeit ist noch nicht gesichert, solange keine angemessene Integration und strategische Planung auf kontinentaler Ebene stattfindet. Eine Herausforderung besteht darin, den Betrieb der Infrastruktur so zu gestalten, dass er die bestehenden Monitoring- und Beobachtungsnetzwerke voll ausschöpft und gleichzeitig einheitliches Datenmaterial liefert, das Bewertungen europaweit ermöglicht. Eine weitere Herausforderung ist es, das Engagement von Forschungseinrichtungen und Geldgebern zur Unterstützung der langfristigen Aktivitäten sicherzustellen. Um das zu erreichen, muss ein solcher Betrieb kosteneffizient und für viele Anwendergruppen nutzbar sein. Die Gesamtinvestitionen in Infrastrukturen werden bestmöglich verwendet, wenn die Einrichtungen mehrfach genutzt werden, was wiederum zu besseren Ergebnissen bei Einzelprojekten und Monitoringprogrammen führt.

Gibt es Ideen zur internationalen Vereinheitlichung solcher Aktivitäten im Rahmen von eLTER?

Während der Entwurfsphase von eLTER haben die meisten europäischen LTER-Länder ein Abkommen zur aktiven Teilnahme an der

Vereinheitlichung von Beobachtungen unterzeichnet. Demnach implementiert eLTER die modernsten, wissenschaftlich begründeten Methoden in einem hierarchischen Standortnetz nach dem Konzept des Whole Systems Approach. Für viele Parameter existieren bereits Protokolle und Methoden, die nach Möglichkeit auch eingesetzt werden. Die Vereinheitlichung innerhalb von eLTER steht erst am Anfang; und bis zum Ende unserer Planungs- und Umsetzungsphase sollten wir in der Lage sein, auf qualitätsgeprüfte und einheitliche Daten zu Strukturen und Funktionen der Ökosysteme aus ganz Europa zugreifen zu können.

Welche Rolle kann TERENO bei dieser Vereinheitlichung spielen?

Eine wichtige Aufgabe von TERENO besteht definitiv darin, den Betrieb und die Implementierung von Methoden in den aktuell bestehenden, gut ausgestatteten Standorten zu testen und zu bewerten. Auch hat TERENO das Konzept der Co-Location bereits erfolgreich umgesetzt, wobei viele Infrastrukturen und wissenschaftliche Disziplinen schon aktiv zusammenarbeiten und gemeinsame Beobachtungsstrategien und Datendienste entwickeln. Die vorliegende Instrumentierung kann von eLTER im Hinblick auf eine flexible Anwendung über einen längeren Zeitraum sowie eine bedarfsorientierte Erweiterung und Entwicklung angepasst werden. Es ist zwar klar, dass nicht alle LTER-Europe-Standorte sofort in der Lage sein werden, die gesamte Bandbreite der Messungen umzusetzen, aber die TERENO-Observatorien sind hier sicherlich führend.

Professor Bäck, vielen Dank für das Gespräch!

UMGANG MIT BIG DATA LERNEN

Dahin gehen, wo die Daten gesammelt werden: Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler haben im Juli beim einwöchigen TERENO-NEON Carbon Workshop 2019 Einblicke gewonnen, wie mit unterschiedlichen Methoden Daten im Feld gesammelt und anschließend ausgewertet werden. Im Fokus standen Kohlenstoffprozesse und die Frage, wie CO₂ und dessen Rolle im Klimasystem mithilfe von Big Data besser verstanden werden können. Experten der TERENO-Initiative und des US-amerikanischen National Ecological Observatory Network (NEON) stellten verschiedene Geräte und Ansätze zur Datenerfassung vor, wie etwa Cosmic Ray Sensing. Die Teilnehmer lernten Modelle zur Datenauswertung und spezielle Methoden wie die Datenassimilation kennen, um Modelle mittels zusätzlicher Daten an die tatsächliche Entwicklung eines Ökosystems anzupassen.



GUT GERÜSTET FÜR WETTERKAPRIOLEN

Zweimonatige Messkampagne am TERENO-Standort Fendt erfasst Extremniederschläge und Hitzewellen



Bei der Kampagne in Fendt kamen zahlreiche mobile Messinstrumente zum Einsatz.

© KIT/IMK-IFU/Matthias Zeeman

Mitte Mai 2019 war alles vorbereitet – eigentlich für Hitze und Trockenheit. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschiedener Forschungsinitiativen hatten diverse zusätzliche Messinstrumente an den TERENO-Standort Fendt im Observatorium „Voralpen“ gebracht, um dort bei einer Messkampagne zwei Monate intensiv Daten zu sammeln. Doch statt Sonnenschein erwartete die Forscher extremer Niederschlag. Für die Wissenschaftler kein Problem, flexible Sensor- und Einsatzkonzepte ermöglichten eine kurzfristige Änderung des Untersuchungsschwerpunktes. Keine zwei Wochen später schlug das Wetter erneut um. Es folgten mehrere Hitzewellen. Auch darauf stellten sich die Forscher ein und konnten so eine Unmenge verschiedenster Daten zu unterschiedlichen Extremereignissen sammeln, die nun in den kommenden Wochen ausgewertet werden.

Fünf Initiativen beteiligt

Für die einzigartige Messkampagne am TERENO-Standort Fendt hatten sich fünf große Forschungsinitiativen zusammengetan: Im Mittelpunkt stand die Kampagne ScaleX, die der Campus Alpin des Karlsruher Instituts für Technologie in unregelmäßigen Abständen organisiert, um Messung und Modellierung von Energie- und Stoffflüssen zu verbessern und die Folgen des Klimawandels zu untersuchen. Daran beteiligen sich nicht nur die in TERENO engagierten Helmholtz-Zentren, sondern auch Universitäten und andere Einrichtungen. Hinzu kamen in diesem Jahr die Forschungsgruppe „Cosmic Sense“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft (siehe TERENO-Newsletter 2/2018), die Helmholtz-Initiative MOSES (siehe TERENO-Newsletter 1/2017) und das Projekt SUSALPS des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, die ihre Messkampagnen mit ScaleX vereinten.

Gerade für die MOSES-Initiative, an der auch TERENO-Partner beteiligt sind, ist es wichtig, flexibel zu sein. Das neuartige Beobachtungssystem soll künftig die Wechselwirkungen von kurzfristigen Wetter-Ereignissen und langfristigen Umweltveränderungen untersuchen. Dazu müssen die Messsysteme mitunter binnen kurzer Zeit vor Ort einsetzbar sein.

Auch für die Forschungsgruppe „Cosmic Sense“ boten die wechselnden Bedingungen die Chance, verschiedene Aspekte ihrer Arbeit zu untersuchen. Die Gruppe, zu der ebenfalls TERENO-Partner gehören, möchte herausfinden, wie etwa Hochwasser entstehen, wann besonders trockene Phasen drohen und wie sich unser Klima verändern wird. Im Mittelpunkt steht die Messung der Bodenfeuchte über größere Flächen mithilfe sogenannter Cosmic-Ray-Sensoren. In Fendt legte die Gruppe weltweit erstmals mehr als 20 solcher Sensoren zu einem gemeinsamen Cluster zusammen. Ein ausführlicher Bericht zu den unterschiedlichen Messungen folgt in der kommenden Ausgabe des TERENO-Newsletter.



© KIT/IMK-IFU/Matthias Zeeman

Mehr zu den Messkampagnen – Bericht des Bayerischen Rundfunks

- ▶ Text und Fernsehbeitrag
- ▶ Radiobeitrag
- ▶ Live-Ticker der DFG-Forschungsgruppe „Cosmic Sense“
- ▶ Helmholtz-Blogs: Start der ScaleX-Messkampagne
- ▶ Starkregen statt Sonnenschein – Messkampagne erfasst anstatt Trockenheit nun Starkregen

Mehr zu den Initiativen

- ▶ Messkampagne ScaleX
- ▶ Helmholtz-Initiative MOSES
- ▶ DFG-Forschungsgruppe Cosmic Sense
- ▶ BMBF-Projekt SUSALPS



© KIT/IMK-IFU/Matthias Zeeman

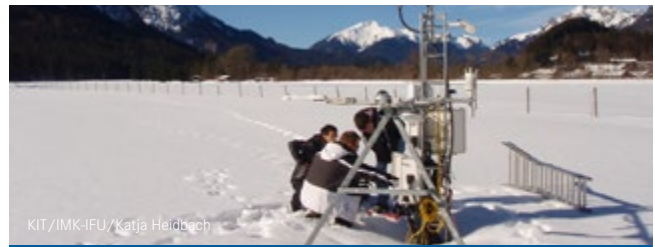
RÄTSEL GELÖST?

Neue Korrekturmethode soll Fehler in der Energiebilanz beseitigen

Anfang 2012 machte sich eine Gruppe junger Wissenschaftler daran, eines der prominentesten Rätsel in der Erforschung des Biosphäre-Atmosphäre-Austauschs zu lösen: die scheinbare Verletzung des Energieerhaltungssatzes. Entgegen der physikalischen Grundsätze geht bei der Messung dieser Austauschprozesse stets ein Teil der Energie verloren – selbst bei direkten Messungen von Austauschströmen mithilfe modernster Geräte und Analysemethoden. Die Ursache dafür liegt in einer unvollständigen theoretischen Grundlage. Eine neue Korrekturmethode der Nachwuchsgruppe soll helfen, das Problem zu beseitigen.

„Wir wissen mittlerweile, dass Eddy-Kovarianz-Messungen die tatsächlichen Energie- und Stoffflüsse generell unterschätzen. Diese Messungen sind die Standardmethode für die Bestimmung dieser Prozesse an der Landoberfläche“, sagt Dr. Matthias Mauder, Leiter der Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Transportprozesse in der atmosphärischen Grenzschicht“ am KIT Campus Alpin in Garmisch-Partenkirchen. Er und sein Team sind zu dem Schluss gekommen, dass dreidimensionale Wirbelstrukturen für die Fehleinschätzung verantwortlich sind. „Solche Strukturen füllen die gesamte atmosphärische Grenzschicht aus und tragen somit zum Energieaustausch bei. Sie können allerdings mit den üblichen Punktmessungen mit Eddy-Kovarianz-Geräten etwa an einem meteorologischen Mast nicht erfasst werden“, erklärt der Forscher vom KIT-Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Umweltforschung.

Um diesen großen Wirbeln auf die Spur zu kommen, bauten die Wissenschaftler zunächst Kompetenz in der bodengestützten Fernerkundung auf – vor allem mittels spezieller Methoden wie Doppler-Lidar-Systeme und numerischer Turbulenzsimulation. Diese Methoden kamen zusätzlich zu den üblichen Mastmessungen bei



KIT/IMK-IFU/Katja Heidebach

Eddy-Kovarianz-Station am TERENO-Standort Graswang

verschiedenen Feldkampagnen zum Einsatz, die die Forscher an mehreren TERENO-Standorten und über weiteren Ökosystemen im Ausland durchführten.

Methode bereits nutzbar

Aufbauend auf ihren Ergebnissen entwickelten sie eine Methode, um den systematischen Fehler in den Daten rechnerisch zu korrigieren – und zwar auf der Basis von leicht zugänglichen Eingangsvariablen wie Temperatur und Windgeschwindigkeit. „Wir nennen das eine semi-empirische Korrektur“, so Matthias Mauder. Die Gruppe hat ihre Methode Ende 2018 veröffentlicht und mittlerweile in eine weitverbreitete Analysesoftware implementiert, so dass Ökosystemforscher weltweit direkt damit arbeiten können. Die bisherigen Tests verliefen vielversprechend. In weiteren Studien soll nun die Anwendbarkeit dieser neuen Methode für verschiedenste Ökosystemtypen überprüft und gegebenenfalls weiterentwickelt werden.

▶ **Helmholtz-Nachwuchsgruppe „Transportprozesse in der atmosphärischen Grenzschicht“**

De Roo, F., S. Zhang, S. Huq, and M. Mauder, (2018): *A semi-empirical model of the energy balance closure in the surface layer. PLoS One, 13 (12), e0209022.*

▶ [Doi:10.1371/journal.pone.0209022](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209022)

FORSCHUNG IN SCHEYERN BEENDET

Eckart Priesack ist ein Mann der ersten Stunde: Seit die Versuchsstation Klostersgut Scheyern im Jahr 1990 eingerichtet wurde, gehörte der Mathematiker zum Wissenschaftlerteam des Forschungsbauernhofs – zuletzt als Leiter. Nach fast 30 Jahren ist nun Schluss.

Herr Prof. Priesack, warum war Scheyern so besonders?

Als die Versuchsstation 1990 für den Forschungsverbund Agrarökosystemforschung München eingerichtet wurde, gab es nur wenige solcher Feldlabore. Scheyern war zudem mit 150 Hektar sehr groß. Die Felder wurden seit dem 16. Jahrhundert bewirtschaftet, seit rund 100 Jahren intensiv, etwa mit Kartoffeln und Weizen. Außerdem ist die Gegend sehr typisch für die bayerische Hügellandschaft.

Was waren die Forschungsschwerpunkte?

Wir haben zunächst Methoden entwickelt, um die Dynamik von Agrarlandschaften zu erforschen. Im Vordergrund standen etwa Bodenerosion, Düngung und Ernteerträge. Natürlich haben wir auch Daten gesammelt, zu Methan, CO₂ oder Lachgas. Neu war damals die Beschäftigung mit Lachgasemissionen und deren Auswirkung auf die Leistungsfähigkeit der Böden. Wir haben

außerdem Empfehlungen für eine umwelt-schonende Landwirtschaft erarbeitet. In Scheyern wurde auch das sogenannte Precision Farming mitentwickelt, ein heute etabliertes Verfahren, um Böden zielgerichtet zu bewirtschaften.

Durch TERENO kamen dann neue Fragestellungen hinzu?

Genau, vor allem die Folgen des Klimawandels für landwirtschaftliche Produktionsbedingungen. Zusätzliche Messinstrumente ermöglichten es uns, Prozesse genauer anzuschauen beziehungsweise alte Erkenntnisse zu ergänzen, etwa die Dynamik im Wasserhaushalt der Böden oder die genaue Zuordnung von Quellen der Lachgasemissionen.

Die Forschung wird aber nun komplett eingestellt?

Ja, leider, nachdem 2015 klar wurde, dass der Pachtvertrag zwischen dem Helmholtz

Zentrum München und dem Kloster nicht verlängert und die landwirtschaftliche Forschung beendet wird, haben wir mit dem Abbau begonnen. Möglicherweise wird aber die Lysimeter-Anlage, die zum TERENO-Netzwerk SOILCan gehört, künftig vom Forschungszentrum Jülich weiter betrieben.

Und Sie selbst?

Ich gehe zwar altersbedingt in den Ruhestand, aber von heute auf morgen alles fallen zu lassen, ist nichts für mich. Ich lasse es langsam ausklingen (lacht). Ich bin noch an einem Projekt beteiligt, das in Südafrika mithilfe von Windschutzhecken den Wasserverbrauch von Ackerflächen reduzieren will, und an der Universität Hohenheim als Honorarprofessor in der Lehre aktiv. Auch an Agrarökosystemmodellen, die ich mitentwickelt habe, werde ich weiterarbeiten.

Herr Priesack, vielen Dank für das Gespräch!

QUELLEN ERKENNEN



© FZJ/Sascha Kreklau

Wissenschaft kann mitunter schnelllebig sein. Kaum hatte die Jülicher Nachwuchswissenschaftlerin Anne Klosterhalfen ihre Promotion abgeschlossen, da war sie schon auf dem Weg nach Schweden. „Nach nur einer Woche hatte ich die Zusage für ein Stipendium an der Swedish University of Agricultural Sciences in Umeå erhalten“, erzählt die 32-Jährige noch immer ein wenig überrascht. Zwei Jahre wird sie sich nun mit Eddy-Kovarianz(EC)-Messungen von Treibhausgasen und Wasserflüssen in den borealen Nadelwäldern Nord-schwedens befassen. Mit solchen Messungen hatte sie sich bereits während ihrer Promotion in der Jülicher Nachwuchsgruppe von Dr. Alexander Graf beschäftigt.

„Wir haben Messungen an verschiedenen TERENO-Standorten mit unterschiedlichen Ökosystemen durchgeführt. Doch solche EC-Messungen erfassen nur die Netto-Flüsse. Um den Anteil unterschiedlicher Quellen herauszufinden, etwa die Bodenatmung oder die Photosynthese der Pflanzen, werden sogenannte Partitionierungsmethoden angewendet. Mithilfe weiterer Daten wie Lufttemperatur oder Bodenfeuchte können spezielle Modelle aus den EC-Daten die Anteile der Quellen berechnen“, erklärt die Diplom-Geografin. Ihre Aufgabe war es, solche Modelle zu vergleichen. „Die vielen Daten der gut ausgestatteten TERENO-Standorte waren sehr hilfreich. Wir konnten etwa feststellen, dass einige Modelle besser mit Daten aus Waldgebieten funktionieren. Insgesamt müssen aber alle Modelle noch weiter verbessert werden“, lautet ihr Fazit.

Den Kontakt zu TERENO wird sie weiterhin halten. So ist sie an einer weiteren Studie von Alexander Graf beteiligt, welche die TERENO-Standorte mit schwedischen Untersuchungsgebieten vergleicht. „Dabei wird es auch um die Auswirkung der Trockenheit auf die Treibhausgasflüsse gehen“, so Anne Klosterhalfen. Hier droht ein Teufelskreis, wie Ergebnisse aus dem TERENO-Observatorium „Eifel/Niederrheinische Bucht“ nahelegen (siehe Seite 4).

WAS BLAUALGEN VERRATEN



© GFZ/E.Nwosu

Sie sind rund 10 Milliarden Jahre alt: Cyanobakterien, sogenannte Blaualgen. Ebuka Nwosu hofft, dass sich mit ihrer Hilfe Klimaschwankungen in der Vergangenheit identifizieren lassen – und Einflüsse des Menschen. „Veränderungen in der DNA der Bakterien könnten hier wichtige Hinweise liefern“, so der Doktorand in der Arbeitsgruppe „Microbial Communities of the Terrestrial Subsurface“ (MicroCen) am Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches

GeoForschungszentrum. Die Entwicklung der Bakterien rekonstruiert er aus Sedimenten des Tiefen Sees, eines wichtigen Standorts im TERENO-Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“.

„In den Sedimenten haben sich über die Jahrtausende Bakterien abgelagert. Wir untersuchen die vergangenen 11.000 Jahre. Der Mensch hat ungefähr vor 3.000 Jahren begonnen, die Region zu besiedeln“, erklärt der 31-jährige Nigerianer, der – gefördert durch ein Postdoktorandenstipendium der Deutschen Bundesstiftung Umwelt – insbesondere geochemische und molekularbiologische Analysen durchführt. Erste Ergebnisse zeigen, dass um 1870 eine schädliche Art der Cyanobakterien entstand, die es vorher nicht gegeben hatte. „Solche schädlichen Cyanobakterien wirken sich auf die Biodiversität in Seen aus, sie beeinträchtigen das Überleben anderer Organismen und auch die Wasserqualität – das Problem haben Seen auf der ganzen Welt“, erklärt der Forscher. Er und seine Kollegen am GFZ gehen davon aus, dass neue, besonders stickstoffhaltige Düngemethoden in der Land- und Viehwirtschaft für die Entstehung verantwortlich sind. Für die Darstellung der bisherigen Erkenntnisse wurde Ebuka Nwosu 2018 auf der Jahrestagung der Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie mit dem Preis für die beste Posterpräsentation ausgezeichnet. Er und seine Kollegen vom GFZ sind zuversichtlich, dass sie am Ende auch nachweisen können, dass sich die DNA der Bakterien als Marker für Klimaschwankungen eignet.

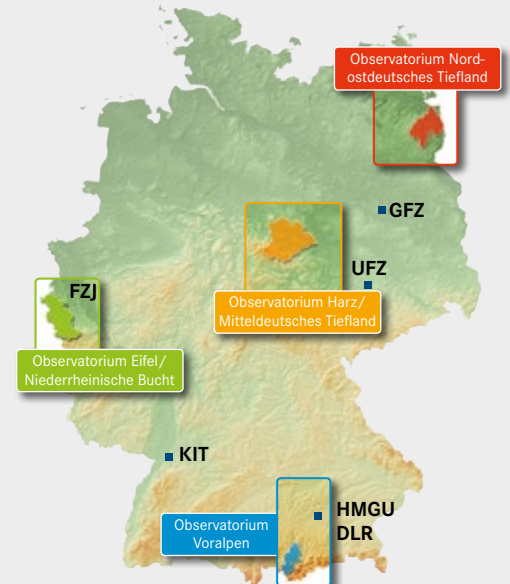
KONTAKT | KOORDINATION

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: Katja Lüers, Christian Hohlfeld
Grafik und Layout: Bosse und Meinhard
Wissenschaftskommunikation
Übersetzung: Anja Stähler