



Foto: FZ Jülich

*Feldmessungen: Auf unterschiedlichen Ackerflächen ermitteln Jülicher Forscher den Gasaustausch von Pflanzenbeständen*

## AUF EINEM GUTEN WEG

### VIERTES OBSERVATORIUM GESTARTET

Das von TERENO angestrebte deutschlandweite Netzwerk zur Erdbeobachtung nimmt weiter Gestalt an. Drei Jahre nach dem Startschuss nimmt das vierte Observatorium, das die Region „Nordostdeutsches Tiefland“ untersucht, seine Arbeit auf. TERENO verbindet nun Klima- und Umweltforschung von den Alpen bis zur Ostseeküste. Die dafür notwendige Instrumentierung ist weit vorangeschritten. 2010 konnte mit TERENO-SOILCan das weltweit größte Lysimeternetzwerk in Betrieb genommen werden. Die Forschung läuft an allen Standorten, diese Ausgabe des Newsletters berichtet unter anderem über mehrere Projekte zur Erforschung von Wasser- und Stoffflüssen im Erdboden. Darüber hinaus werden die Kooperationen mit Partnern in Deutschland und im Ausland weiter ausgebaut. Erste Erfolge sind sichtbar.

### IN DIESER AUSGABE

Editorial: Mit großen Schritten .....	2
Weltweit größtes Lysimeternetzwerk .....	2
„Eines unserer wichtigsten Forschungsvorhaben“ .....	4
Vernetzung weiter ausbauen .....	5
Gut kombiniert .....	6
Vom Kleinen auf das Große schließen .....	7
Kooperation zahlt sich aus .....	7
Zukunftsprognosen mit Hilfe der Vergangenheit .....	8
Die Verdunstung steuern .....	9
Nachts auf Mithören geschaltet .....	9
Treibhaus aus dem Boden .....	10
Mit Mikrowellen dem Wasser auf der Spur .....	11
„Wie ein großer Bibliothekskatalog“ .....	12

## WELTWEIT GRÖSSTES LYSIMETERNETZWERK

SOILCan erforscht Folgen des Klimawandels für Stoff- und Wasserflüsse im Boden

Seit Ende September 2010 steht das Lysimeternetzwerk TERENO-SOILCan. In nur sechs Monaten haben Forscher an 13 Standorten 126 Lysimetersysteme nach einem einheitlichen Design aufgebaut. (Siehe Newsletter 1/2010). „Damit ist TERENO-SOILCan das weltweit größte Netzwerk seiner Art“, sagt Dr. Thomas Pütz vom Institut Agrosphäre des Forschungszentrums Jülich, der das Projekt koordiniert.

Mit Hilfe der Lysimeter – das sind oben offene Edelstahlzylinder, die mit gewachsenen Bodenkernen gefüllt in den Boden eingebaut werden – untersuchen die Forscher die Auswirkungen des globalen Wandels auf die Stoff- und Wasserflüsse im Boden. Ausgangspunkt für das Netzwerk waren Vorarbeiten im Observatorium „Bayerische Alpen/Voralpen“, die das Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-IFU) des Karlsruher Instituts für Technologie durchgeführt hatte. Das Klima-Feedback-Konzept des IMK-IFU hat TERENO auf die übrigen Observatorien erweitert.

### Noch fehlen weltweit Daten

Entlang eines Niederschlags- und Temperaturgradienten haben die Wissenschaftler die Bodenmonolithe, so werden die Bodenkerne in den Lysimetern genannt, deutschlandweit getauscht – und zwar entsprechend dem prognostizierten Klimawandel für die TERENO-Observatorien. „So

sind die Bodenmonolithe an den Zielstationen im Vergleich zu den Stationen an den Entnahmeorten stets trockeneren und wärmeren Versuchsbedingungen ausgesetzt“, erläutert Thomas Pütz.

Ziel von SOILCan ist es, langfristige Datensätze zur klimawandelbedingten Veränderung terrestrischer Systeme zu gewinnen. Derartige Datensätze sind weltweit kaum verfügbar, aber unbedingt notwendig für die Entwicklung und Verbesserung von Modellen zu Austauschprozessen zwischen Biosphäre, Atmosphäre und Hydrosphäre.

### Auf Acker- und Grünland gefüllt

Die monolithischen Lysimeter besitzen eine Oberfläche von einem Quadratmeter und eine Länge von anderthalb Metern. Die Forscher haben sie als Intensivmess-einrichtungen in die jeweiligen Untersuchungsstandorte der TERENO-Observatorien integriert. Dabei wurden sowohl Lysimeter von ackerbaulich genutzten Flächen als auch von Grünlandflächen gewonnen. Die Standorte weisen zum Teil wegen ihrer Beschaffenheit, zum Beispiel durch steinigen Unterboden, sehr schwierige Randbedingungen für die Lysimeterfüllung auf. „Daher hat es sich bewährt, die Bodenmonolithe schichtweise frei zu präparieren“, berichtet der Jülicher Wissenschaftler. Erst dieses Verfahren garantierte die einwandfreie Gewinnung monolithisch gefüllter Lysimeter.

## EDITORIAL



Foto: Chris Finke

### Mit großen Schritten

Liebe Leserinnen und Leser,

TERENO zählt zu den wichtigsten Forschungsvorhaben in der Helmholtz-Umweltforschung, wie Prof. Dr. Jürgen Mlynek, Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, im Interview in dieser Ausgabe noch einmal betont. Das Projekt geht mit großen Schritten in sein drittes Jahr. Mit dem Arbeitsbeginn des vierten Observatoriums haben wir einen weiteren Meilenstein erreicht. Das Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“ ergänzt nicht nur unsere bisherigen Untersuchungsgebiete. Es erweitert auch das Forschungsspektrum durch die Miteinbeziehung von Geoarchiven. Ebenfalls von großer Bedeutung ist das Lysimeternetzwerk TERENO-SOILCan, das 2010 aufgebaut wurde. Es ist das weltweit größte Netzwerk seiner Art. TERENO-SOILCan zeichnet sich durch eine enge Zusammenarbeit und eine hervorragend funktionierende Arbeitsteilung zwischen den beteiligten Einrichtungen aus. Welche Möglichkeiten durch solche Kooperationen entstehen, belegt etwa der Sonderforschungsbereich/Transregio 32 „Patterns in Soil-Vegetation-Atmosphäre-Systems“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Die enge Vernetzung mit TERENO hat wesentlich zum Erfolg und zur Verlängerung beziehungsweise Aufstockung des Transregios beigetragen. Solche Vernetzungen mit anderen Forschergruppen wollen wir weiter vorantreiben. So werden auch die Daten der zukünftigen Satellitenmission Tandem-L, die gemeinsam vom Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrum und der NASA vorbereitet wird, für TERENO zur Verfügung stehen. Damit wir die laufenden Messergebnisse der TERENO-Standorte möglichst schnell einer breiten Forschungsgemeinschaft zur Verfügung stellen, arbeiten wir zudem weiter intensiv am Datenportal TEODOOR. Es soll noch in diesem Jahr online gehen.

Viel Vergnügen beim Lesen und alles Gute für 2011!

**Ihr Harry Vereecken**

Koordinator TERENO

### SCHWERPUNKTE VON SOILCAN

- Veränderungen der gekoppelten Kohlenstoff-Stickstoff-Kreisläufe und -Speicherung (zeitliche Dynamik).
- Biosphären-Atmosphären-Austausch von klimarelevanten Spurengasen.
- Veränderungen der Vegetation und Biodiversität.
- Änderungen aller Komponenten der terrestrischen Hydrologie, wie beispielsweise Wasserbilanz, Verdunstung, Niederschlagsvariabilität, Wasserrückhaltekapazität.
- Ergänzende Instrumentierung der Intensivmessflächen innerhalb der TERENO-Observatorien.
- Überbrückung des Skalensprungs von Punkt- zur Feldskala (Up-Scaling).



Foto: DLR

Ein Lysimeter wird mit Erdboden gefüllt

Bei den SOILCan-Edelstahlzylindern handelt es sich um Lysimeter mit einer definierten unteren Randbedingung. Dies bedeutet, dass der Wasserhaushalt eines Lysimeters über einen tensiometergesteuerten Saugkerzenrechen am unteren Lysimeterrand entsprechend den realen Standortbedingungen gesteuert wird. Jedes SOILCan-Lysimeter hängt an drei sehr sensiblen Wägezellen, die die Erfassung der wichtigen Komponenten von Wasserhaushalt, Verdunstung und Niederschlag zeitlich hoch aufgelöst ermöglichen. Um Informationen über den Boden in den Lysimetern zu erhalten, wurden verschiedene

Sensoren wie Tensiometer und Wassergehaltssonden zur Messung der Bodenfeuchte, Temperatursensoren und Kohlendioxid-Gassensoren installiert.

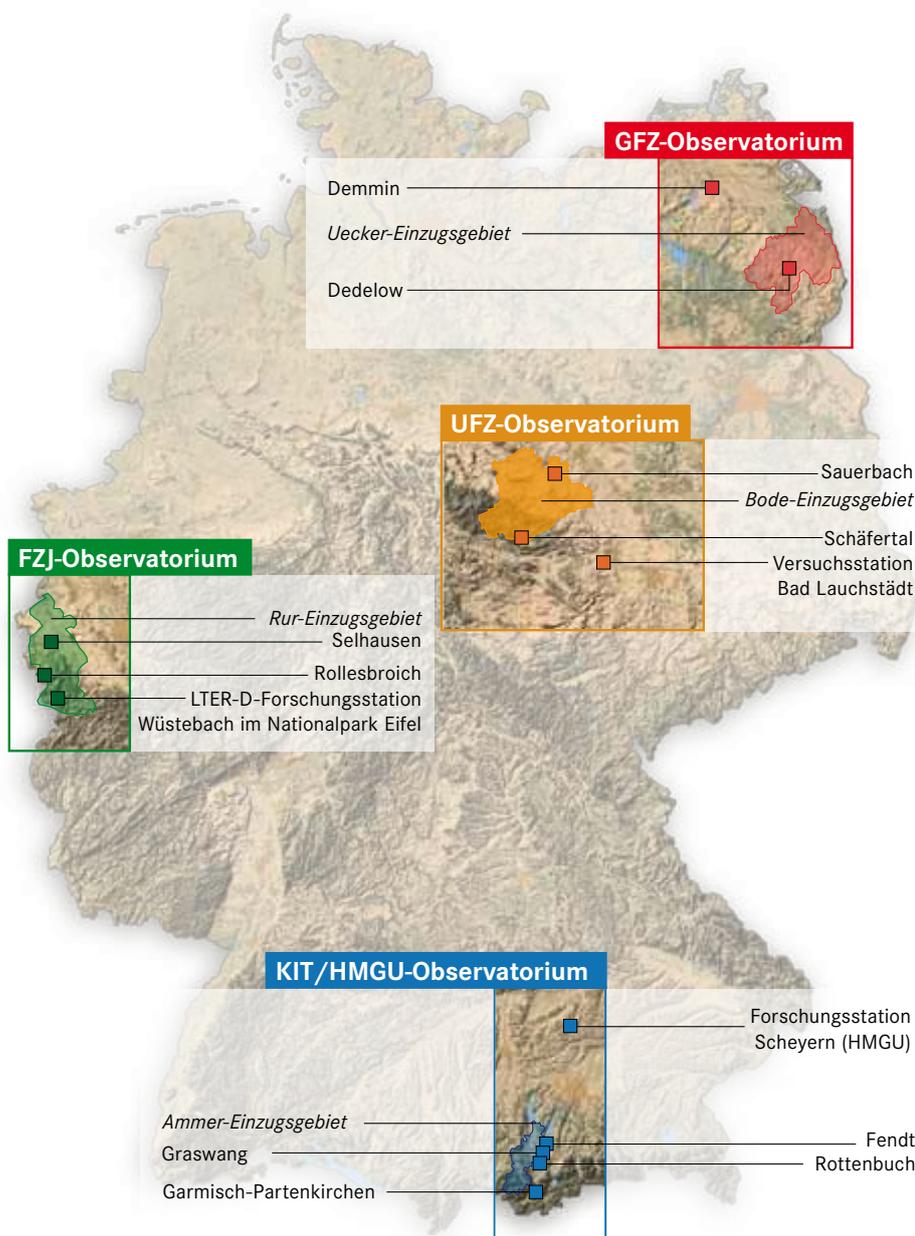
### Datenaustausch per Funk

Die vollautomatisierten Lysimetersysteme besitzen modernste funkbasierte Technologien zur Überwachung und Datenkommunikation, so dass ein zentraler Systemmanager die kontinuierliche Überwachung und Funktionalität aller Systeme übernehmen kann. Nach einer sorgfältigen

technischen Datenprüfung werden die Lysimeterdaten zur weiteren wissenschaftlichen Bearbeitung in die TERENO-Datenbank eingestellt.

Um lokale klimatische Besonderheiten zu erfassen, haben die Wissenschaftler in unmittelbarer Nachbarschaft jeder Station eine Wetterstation aufgestellt. Aber auch neugierige Besucher, wie Mäuse, Vögel oder auch größere Tiere, werden mit Hilfe einer Videokamera, die über einen Bewegungssensor verfügt, erfasst. ■

### STANDORTE VON TERENO-SOILCAN



Ringförmig um einen zentralen Mess- und Service-schacht sind jeweils sechs weitere in den Boden eingelassene Lysimeterpositionen angeordnet (o.)

Ist jeder Lysimeter eingesetzt und alle Technik installiert, wird die Grube um die Positionen herum wieder mit Erde gefüllt (u.)

- **Großraum Leipzig-Halle**  
Koordination: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung
- **Region Eifel-Niederrheinische Bucht**  
Koordination: Forschungszentrum Jülich
- **Alpen- und Alpenvorlandregion**  
Koordination: Forschungszentrum Karlsruhe und Helmholtz Zentrum München
- **Nordostdeutsches Tiefland**  
Koordination: Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum.

## „EINES UNSERER WICHTIGSTEN FORSCHUNGSVORHABEN“

Der Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft Jürgen Mlynek im Interview

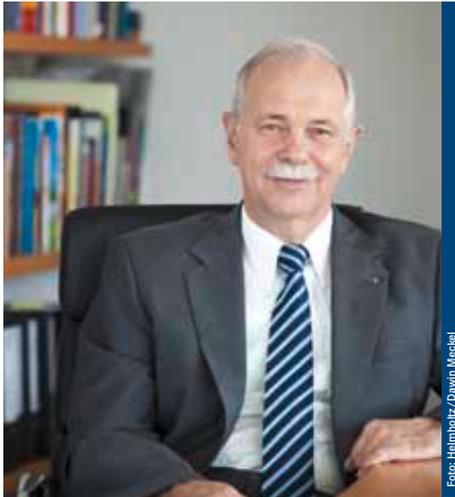


Foto: Helmholtz/Dawin Meckel

Jürgen Mlynek

Seit September 2005 ist Prof. Dr. Jürgen Mlynek Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, der größten Forschungsorganisation in Deutschland. 2009 wurde der 1951 geborene Physiker für eine zweite Amtszeit bis 2015 wiedergewählt.

**Zum Jahresbeginn nimmt das vierte und letzte TERENO-Observatorium seine Arbeit auf. Welchen Eindruck haben Sie von den bisherigen Fortschritten des Vorhabens?**

Der Aufbau schreitet rasch voran und die beteiligten Zentren arbeiten hervorragend zusammen. Insbesondere funktioniert auch die Arbeitsteilung, es bewährt sich, dass jeder experimentelle Aufbau an allen Standorten grundsätzlich von der Expertise aller beteiligten Partner profitiert. So erreicht TERENO mit Sicherheit eine hohe Qualität und Kontinuität der Messreihen.

**Welche Rolle spielt TERENO für den Forschungsbereich „Erde und Umwelt“ der Helmholtz-Gemeinschaft?**

TERENO ist eines unserer wichtigsten Forschungsvorhaben in der Helmholtz-Umweltforschung. Hier wird langfristig eine solide Datenbasis geschaffen und zwar zu so zentralen Umweltthemen wie regionale Klimaveränderung, Wasser- und Bodenqualität und auch Biodiversität.

**TERENO ist auf 15 Jahre angelegt. Doch immer wieder droht der Abbruch wertvoller Datenreihen, wenn etwa Projektfinanzierungen auslaufen oder Geräte kaputtgehen. Wie können die langfristigen Anforderungen oder Erwartungen sichergestellt werden?**

15 Jahre sind ein sehr langer Zeitraum für ein Forschungsprojekt, ich gehe davon aus, dass in dieser Zeitspanne bereits viel erreicht werden kann. Die wesentlichen Strukturen werden aufgebaut sein, wichtige Erkenntnisse bereits gewonnen sein. Die Fortführung der Messreihen kann durch Einbindung in die Helmholtz-Programmforschung gesichert werden. Natürlich werden wir die entsprechenden Entscheidungen immer durch externe Fachgutachter prüfen lassen. Die Helmholtz-Gemeinschaft kann ihre Forschung über Jahrzehnte fortführen, wenn sie wissenschaftlich produktiv ist.

**Welche Schwerpunkte wird die Helmholtz-Gemeinschaft künftig in der Umweltforschung setzen?**

Wir haben ja den Auftrag, mit unserer Forschung auch Lösungswege für die großen Herausforderungen der Zukunft zu erarbeiten. Zu diesen Herausforderungen zählt natürlich der globale Klimawandel, hier wollen wir die treibenden Faktoren noch besser erfassen und die Veränderungen auf regionaler Ebene genauer vorhersagen, damit Anpassungsmaßnahmen rechtzeitig eingeleitet werden können. Wichtige Forschungsthemen sind daher die Atmosphärenforschung sowie die Untersuchung von Austausch- und Rückkopplungsprozessen im System Boden-Vegetation-Atmosphäre. Auch die Themen Wasser und Biodiversität zählen zu den Helmholtz-Schwerpunkten. In Zukunft werden wir darüber hinaus unsere Risikoforschung ausbauen, um die Vorhersage und Bewältigung von Naturkatastrophen zu verbessern.

**Wie wichtig ist die Kooperation der Helmholtz-Zentren mit anderen außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Hochschulen in der Umweltforschung?**

Gemeinsam ist man oft stärker. In vielen Bereichen können sich die verschiedenen Einrichtungen hervorragend ergänzen. TERENO ist hierfür ein Musterbeispiel. Es baut eine Infrastruktur mit modernsten Geräten auf, die nicht nur Helmholtz-Zentren nutzen. Daraus ergeben sich leistungsstarke Kooperationen, wie beispielsweise die enge Zusammenarbeit mit den Universitäten Köln und Bonn im Rahmen des Transregio 32 der Deutschen

Forschungsgemeinschaft (DFG). Diese erfolgreiche Kooperation war einer der Gründe für die DFG, den Transregio zu verlängern und finanziell aufzustocken.

Auch die Forschungsinitiative REKLIM zum regionalen Klimawandel, die von der Helmholtz-Gemeinschaft getragen wird, bindet verstärkt Universitäten ein. Ohne Universitäten geht es nicht, sie sind unsere wichtigsten Kooperationspartner.

**Werden sich Forschungseinrichtungen und Hochschulen künftig stärker gemeinsam um Forschungsgelder bemühen?**

Wo das möglich ist, auf jeden Fall. Einige Fördermöglichkeiten stehen allerdings nur bestimmten Einrichtungen zur Verfügung, so können Mittel aus den Helmholtz-Programmen nur von Helmholtz-Zentren abgerufen werden. TERENO und Transregio 32 zeigen aber, dass es große Chancen für Synergieeffekte gibt. Ein Sonderfall ist das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), das ebenfalls an TERENO beteiligt ist. Mit dem Zusammenschluss der Universität und des Helmholtz-Forschungszentrums in Karlsruhe zum KIT kann das KIT nun auch durch die Exzellenzinitiative von Bund und Ländern gefördert werden.

**Wird das KIT eine Ausnahme bleiben, oder wird es zu weiteren Zusammenschlüssen von Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen kommen? Zumal es ja immer wieder Stimmen gibt, die die Zweigleisigkeit von Hochschulforschung und außeruniversitärer Forschung in Deutschland kritisieren.**

Diese gern beschworene „Versäulung“ der Forschungslandschaft in Deutschland gibt es nicht. Wir haben immer mit einer Vielzahl an Partnern aus Universitäten kooperiert und entwickeln dafür auch neue Maßnahmen wie die Virtuellen Institute, die Helmholtz-Allianzen und nun auch Helmholtz-Institute, die an Universitäten angegliedert sind. Für die Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen einem Forschungszentrum und einer benachbarten Universität gibt es mehrere Modelle, das KIT, in dem Forschungszentrum und Universität fusionieren, ist nur eines davon. So arbeitet auch das Forschungszentrum Jülich ganz besonders eng auf mehreren Forschungsgebieten mit der RWTH Aachen zusammen, auch das ist sehr produktiv. ■

## VERNETZUNG WEITER AUSBAUEN

### Advisory Board sieht TERENO auf gutem Weg

Ende September 2010 kamen die Mitglieder des TERENO Advisory Boards in Schleiden zu ihrem dritten Treffen zusammen. Die zwölf unabhängigen Experten der Klima- und Umweltforschung aus der ganzen Welt, die TERENO wissenschaftlich beraten und begleiten, verschafften sich einen Überblick über den Fortgang des Forschungsvorhabens – und waren mehr als zufrieden. Vor allem befürwortete das Board unter Vorsitz des amerikanischen Wasserexperten Dr. Richard P. Hooper die weitere Vernetzung von TERENO mit anderen Forschergruppen.

Der Tagungsort Schleiden liegt im Herzen der Nordeifel, mitten im TERENO-Observatorium „Eifel/Niederrheinische Bucht“. Dort erhielten die Advisory-Board-Mitglieder einen Einblick in die regionalen Besonderheiten: intensive landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Nutzung, klein- bis mittelständische Gewerbebetriebe sowie mäßig entwickelter Tourismus.

### Regionale Besonderheiten

Eine Exkursion führte am ersten Tag zur vom Forschungszentrum Jülich betriebenen TERENO-Forschungsstation „Wüstebach“ im Nationalpark (NLP) Eifel. Dr. Michael Rös vom NLP Eifel gab eine Einführung in die Geschichte des Naturraums Nordeifel und beantwortete Fragen zur weiteren Entwicklung des noch jungen Nationalparks. Die Mitarbeiter des Forschungszentrums Jülich sowie die mit TERENO kooperierenden Universitäten Trier und Bonn stellten ihre Versuchskonzepte und die über TERENO finanzierte Infrastruktur und Geräte vor – darunter die SOILCan Lysimeteranlage, SoilNet, eines der weltweit größten funkbasierten Bodenfeuchte-Sensornetzwerke, sowie den 36 Meter hohen Klimaturm (siehe TERENO Newsletter 1/2009).

Am Folgetag stellten TERENO-Koordinator Professor Harry Vereecken vom Forschungszentrum Jülich (FZJ) und weitere Mitglieder des Scientific Steering Committee unter anderem die intensivierte Kooperation mit anderen Netzwerken vor, darunter LTER (Long Term Ecological Research), die EU-Projekte EXPEER (siehe TERENO Newsletter 1/2010) und ICOS (Integrated Carbon Observation System) sowie die Einbindung der TERENO Observatorien in aktuelle und geplante Umwelt-Satellitenmissionen wie SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) und TanDEM-X.

### Messergebnisse bereitstellen

Auch gab es erste Forschungsergebnisse zu berichten. So erläuterte etwa die Doktorandin Ulrike Rosenbaum (FZJ) erste Analysen zu raumzeitlichen Mustern der Bodenfeuchte in der TERENO-Station Wüstebach. Ergebnisse einer Langzeitstudie zur Stickoxid-Emission in Scheyern präsentierte Professor Jean Charles Munch vom Helmholtz Zentrum München (siehe Seite 10). Und Dr. Erik Borg vom Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrum (DLR) zeigte Ergebnisse zur Bestimmung der Verdunstung, die mit Hilfe von Satellitendaten für die im Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“ liegende DLR-Testfläche DEMMIN (Durable Environmental Multidisciplinary Monitoring Information Network) gewonnen wurden.

Die Mitglieder des Advisory Boards empfahlen unter anderem, den Aufbau der Datenmanagementstruktur weiter voranzutreiben, damit die Messergebnisse der TERENO-Standorte möglichst schnell einer breiten Forschungsgemeinschaft zur Verfügung gestellt werden können. ■



Mike Schwank

### NEUER KOORDINATOR

Seit September 2010 koordiniert Dr. Mike Schwank vom Deutschen GeoForschungsZentrum GFZ das TERENO-Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“. Der 44-jährige Schweizer forschte zuvor an der ETH Zürich und der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) in Birmensdorf über passive Mikrowellen-Fernerkundung – mit dem Ziel, Bodenfeuchte auf globaler Skala zu erfassen. Während dieser Zeit war der promovierte Astrophysiker in die Entwicklung von Mikrowellen-Hardware involviert. Die Europäische Weltraumagentur ESA nutzt diese heute zur Überprüfung von SMOS-Satellitendaten, aus denen sich Bodenfeuchte auf globaler Skala ableiten lässt und die damit auch für TERENO relevant sind. ■

Kontakt: [mike.schwank@gfz-potsdam.de](mailto:mike.schwank@gfz-potsdam.de)

### TERENO IM TV

Das Wissenschaftsmagazin NANO des Fernsehsenders 3sat hat im Oktober über das Forschungsvorhaben TERENO berichtet. In dem knapp siebenminütigen Beitrag „Klima im Boden“ geht es um die Aktivitäten von TERENO, insbesondere um die Arbeiten im Rahmen von TERENO-SOILCan (siehe dazu Seite 2). ■

Wissenschaftsmagazin NANO

### KOMPETENZEN GEBÜNDELT

Zum 1. November hat das Forschungszentrum Jülich seine Kompetenzen in den Bio- und Geowissenschaften in einem neuen Institut gebündelt. Teil des Instituts für Bio- und Geowissenschaften (IBG) ist auch das Institut für Agrosphäre (jetzt IBG-3), das das TERENO-Observatorium „Eifel-Niederrheinische Bucht“ koordiniert. Das IBG soll sich als Ideengeber und Gestalter auf dem zukunftsträchtigen Gebiet der Bioökonomie etablieren. Die Forscher arbeiten etwa an Grundlagen, um Materialien und Chemikalien, mögliche Energieträger und Nahrungsmittel wirtschaftlich und nachhaltig herzustellen. Dafür richtet Jülich sechs zusätzliche Professuren ein. ■

Einblicke vor Ort: Die Mitglieder des Advisory Boards besichtigten die TERENO-Forschungsstation „Wüstebach“ im Nationalpark Eifel



## GUT KOMBINIERT

UFZ-Wissenschaftler sagen Bodenfeuchte mit sehr hoher Genauigkeit voraus

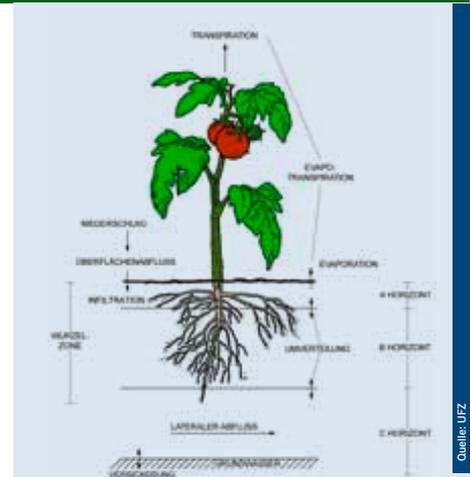
Eine wichtige Aufgabe der TERENO-Observatorien ist die Beobachtung oberflächennaher Bodenfeuchte. „Die Kenntnis der Verteilung des Wassers im Boden ist unerlässlich, um den hydrologischen Kreislauf zu verstehen“, erklärt Dr. Steffen Zacharias, TERENO-Koordinator des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ). So ist die Verfügbarkeit von Wasser entscheidend für das Pflanzenwachstum, hat einen Einfluss auf die Artenzusammensetzung und beeinflusst über Wechselwirkungen mit dem Strahlungs- und Energiehaushalt das lokale Klima.

Rein statistische oder modellbasierte Betrachtungen reichen zur Erforschung des Wasserkreislaufes, zum Beispiel innerhalb eines Einzugsgebietes, jedoch nicht aus, da sich das Wasser in ständiger Bewegung befindet und Wetter und Böden Veränderungen unterliegen. „Demnach ist es erforderlich, räumlich verteilte Bodenfeuchteinformation auch als Messwert bereitzustellen“, sagt Marion Pause, Projektmitarbeiterin und verantwortliche Wissenschaftlerin für die PLMR-Kampagne am UFZ.

Diese Methode registriert die natürliche Emission von Mikrowellen im sogenannten L-Band, also von elektromagnetischen Wellen, die im Frequenzbereich von 1,4 Gigahertz liegen. PLMR-Sensoren nutzen dabei die Tatsache aus, dass die Aussendung von Mikrowellen sehr stark von der Durchlässigkeit des Bodens für elektrische Felder abhängig ist. Dieser Zusammenhang wird wiederum direkt vom Bodenwassergehalt beeinflusst.

### Vegetation als Störfaktor

Die vom Radiometer registrierte Strahlungstemperatur repräsentiert jedoch keinen direkten Messwert für die Bodenfeuchte. Neben sensor-spezifischen Einflüssen, wie etwa dem Beobachtungswinkel, beeinflusst insbesondere eine dichte Vegetation das Signal. Zum einen dämpft sie das eigentliche Bodenfeuchtesignal, zum anderen fügt sie ein eigenes Signal hinzu. „Durch diese komplexen Wechselwirkungen der Mikrowellen mit der Vegetation ist die eigentliche Bodenfeuchteableitung teilweise erheblich erschwert“, fasst Marion Pause zusammen.



Die Wege des Wassers zwischen Atmosphäre, Boden und Pflanze

### SCHNITTSTELLE ZUM GRUNDWASSER

Die oberflächennahe Bodenfeuchte steuert maßgeblich die Aufteilung des Niederschlages in Oberflächenabfluss, Verdunstung und Infiltration. Außerdem reguliert sie die mikrobielle Aktivität und bio-geo-chemische Umsetzungsprozesse. Über diese Schnittstelle werden sowohl die Neubildung als auch der Verbrauch von Grundwasser beeinflusst. Ihr kommt daher eine herausragende Bedeutung in der Landwirtschaft, der Hydrologie und der Meteorologie zu. Die Bestimmung und Beobachtung von Bodenfeuchtemustern an der Bodenoberfläche liefern wichtige Informationen über die Wasser- und Energieverteilung tiefer liegender Bodenschichten, die von großer Bedeutung für das regionale bis globale Wassermanagement sind.



Foto: Marion Pause/UFZ



Foto: Sommer

Erfolgreich getestet: Mit einem PLMR-Sensor (l.) können UFZ-Forscher die Bodenfeuchte ermitteln – dank der Verknüpfung mit Vegetationsdaten, die sie mit dem Hyperspektralsensor des Ultraleichtflugzeugs AISA Eagle (r.) erfasst haben

Im TERENO-Observatorium „Harz/Mitteldeutsches Tiefland“ wurde daher ein Verfahren getestet, das die oberflächennahe Bodenfeuchte mit Hilfe eines empirischen Modells, das Spektrometer- und Mikrowellenradiometerdaten kombiniert, erfasst. Ausgangspunkt war eine Messkampagne im Mai 2008. Damals überflog ein Forschungsflugzeug, das mit einem Polarimetric L-Band Multi-beam Radiometer (PLMR)-Sensor ausgestattet war, mehrere Testflächen in verschiedenen TERENO-Observatorien. Hierbei sollte die prinzipielle Eignung von PLMR zur Ermittlung von Daten zur Bodenfeuchte untersucht werden.

Hinzu kommt, dass verschiedene Pflanzendecken das Signal unterschiedlich beeinflussen. „Da diese an jedem Ort anders ausgeprägt sind, müssen die Wissenschaftler bei den Untersuchungsgebieten die jeweilige Vegetation genau ermitteln.“

### Verschiedene Ansätze verbunden

Um die mit PLMR ermittelten Daten besser nutzen zu können, haben sich die UFZ-Forscher eine neue Lösung ausgedacht: Sie haben sie mit Vegetationsdaten kombiniert, die sie mit Spektrometern

erfasst haben. TERENO verfügt mit AISA Eagle und AISA Hawk über zwei Hyperspektral-Sensorsysteme, die, an Ultraleichtflugzeugen angebracht, Aufnahmen aus der Luft machen können. Auf diese Weise haben die UFZ-Wissenschaftler etwa eine Bodenfeuchtekarte für Getreideflächen auf der Testfläche Großbardau im Observatorium „Harz/Mitteldeutsches Tiefland“ erstellt.

„Durch die Verfügbarkeit von AISA-Eagle-Daten konnten wir unter Verwendung eines empirischen Modells die räumlich verteilte Bodenfeuchteausprägung zu 92 Prozent aus den PLMR-Daten erklären“, hebt Marion Pause hervor. So konnten die Wissenschaftler zeigen, dass sich aus der Kombination von hyperspektralen und passiven Mikrowellendaten auch auf sehr trockenen Böden mit geringer Feuchtevariabilität sehr gute Ergebnisse erzielen lassen. Aufgrund der durch die PLMR-Kampagne erreichten Ergebnisse wurde im Anschluss im Rahmen von TERENO durch das Forschungszentrum Jülich ein PLMR-Sensor angeschafft.

## VOM KLEINEN AUF DAS GROSSE SCHLIESSEN

UFZ-Wissenschaftler analysieren Stoffflüsse im Einzugsgebiet des Sauerbachs



Foto: M. Robeek

*Der Sauerbach fließt vorwiegend durch Ackerland*

Inmitten der fruchtbaren Böden der Magdeburger Börde liegt das Einzugsgebiet des Sauerbachs. Das knapp zwei Quadratkilometer große Areal, rund 35 Kilometer von Magdeburg entfernt, ist eines der Intensiv-Messgebiete im Hydrologischen Observatorium Bode des TERENO-Observatoriums „Harz-Mitteldeutsches Tiefland“. Wissenschaftler des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung - UFZ wollen in dem intensiv landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet die Wasser- und Stoffflüsse im Boden, Grundwasser und Oberflächengewässer im Detail analysieren. Seit dem Frühjahr 2010 läuft die Installation verschiedener Messsysteme.

„Im Einzugsgebiet des Sauerbachs finden wir ideale Bedingungen vor, um Mess- und Beobachtungskonzepte zu entwickeln, die auch für andere, vor allem größere Einzugsgebiete geeignet sind“, erläutert Dr. Ute Wollschläger, die die Feldarbeiten im hydrologischen Observatorium koordiniert. Dafür arbeiten Wissenschaftler aus Boden-, Wasser- und Biodiversitätsforschung sowie Geophysik und Fernerkundung eng zusammen. Sie führen mit verschiedensten Mess- und Analysemethoden umfangreiche, langfristige Beobachtungen zur Dynamik des Wassers und seiner chemischen Zusammensetzung durch. Im nächsten Schritt wollen die Forscher mit Hilfe von

Computersimulationen die Prozesse, die bei den Wasser- und Stoffflüssen in solchen Einzugsgebieten ablaufen, besser verstehen.

### Dynamik besser verstehen

So zeichnet beispielsweise eine im Sauerbach installierte Multiparametersonde die wichtigen Eigenschaften des Oberflächenwassers kontinuierlich auf, etwa Temperatur, Sauerstoff- und Nitratgehalt. Die Wissenschaftler entnehmen zudem regelmäßig Proben aus dem Oberflächenwasser des Sauerbachs, aus Drainagen und den im Gebiet eingerichteten Grundwassermessstellen. „Wir wollen auf diese Weise die Dynamik in der chemischen Zusammensetzung des Oberflächenwassers besser verstehen und die Beiträge der verschiedenen Zuflüsse am Gesamtabfluss des Sauerbachs abschätzen“, erklärt Ute Wollschläger. Um den Austausch zwischen Grund- und Oberflächenwasser in den einzelnen Bachabschnitten zu erfassen, haben die Forscher an verschiedenen Stellen im Bachbett Temperatursonden installiert.

Die Wasserdynamik in der oberen Bodenzone untersuchen die Forscher in Lysimetern. Im Sommer 2010 entnahmen sie dafür im Rahmen des SOIL-Can-Projektes (siehe Seite 2) zwölf Bodensäulen. Weitere Lysimeter sind in Planung. ■

## KOOPERATION ZAHLT SICH AUS

Transregio 32 läuft weitere vier Jahre – DFG stockt Fördermittel massiv auf

Um weitere vier Jahre verlängerte die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im November den Sonderforschungsbereich/Transregio 32 „Patterns in Soil-Vegetation-Atmosphere Systems: Monitoring, Modelling and Data Assimilation“. Der Koordinator des Transregio, Dr. Stefan Kollet von der Universität Bonn, führt den Erfolg auch auf die enge Zusammenarbeit mit TERENO (siehe TERENO Newsletter 2009) zurück.

Herr Kollet, die DFG hat die Fördersumme auf rund zwölf Millionen Euro erhöht und damit fast verdoppelt, die Zahl der Projekte steigt von 15 auf 25. Mit welchen Argumenten konnten Sie überzeugen?

Wir verfügen über eine Messinfrastruktur, die in vielen Bereichen einmalig ist. Bei der Datenassimilation verknüpfen wir gemessene Daten und Modelle, um bestehende Modelle näher an die Wirklichkeit heranzuführen. Dadurch können wir Prozesse besser verstehen und präzisere Vorhersagen treffen. Die Entwicklung neuer

Modelle für das System Boden-Vegetation-Atmosphäre ist ebenfalls sehr gut vorangekommen. Die Ergebnisse sind international sichtbar, etwa durch Publikationen und Beiträgen bei Konferenzen. Darüber hinaus ist unser Konzept für die zweite Phase auf sehr positive Resonanz gestoßen.

### Welche Rolle spielt dabei TERENO?

Beide Klima-Projekte untersuchen das Rur-Einzugsgebiet. Wir haben uns daher genau abgesprochen, wo welche Messungen durchgeführt werden. Dabei profitiert der Transregio von der TERENO-Infrastruktur und umgekehrt das Vorhaben von den Daten, die unsere Forscher erheben. Auch beim Monitoring arbeiten wir eng zusammen. TERENO wirkt bei 20 unserer 25 Projekte direkt oder indirekt mit. Diese Vernetzung haben wir in unserem DFG-Antrag deutlich hervorgehoben. Sie war ein entscheidender Faktor bei der Begutachtung.



Foto: privat

Stefan Kollet

### Was bedeutet die Verlängerung für die Forschung in der Region?

Am Transregio sind die drei Universitäten in Aachen, Bonn und Köln sowie das Forschungszentrum Jülich beteiligt. Die Verlängerung, gerade mit der enormen Aufstockung, wird einen unglaublichen Schub für die Geowissenschaften in dieser Region auslösen. Davon profitiert natürlich auch TERENO, denn gerade die Kooperation mit den Universitäten ist für den Erfolg von TERENO von größter Wichtigkeit. ■

Transregio 32



Foto: DLR

Im Testfeld DEMMIN im Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“ stehen zurzeit 16 Klimastationen (l., r.). Auch die überwiegend landwirtschaftlich genutzte Uckermark (M.) gehört zum Untersuchungsgebiet

## ZUKUNFTSPROGNOSEN MIT HILFE DER VERGANGENHEIT

### „Nordostdeutsches Tiefland“: Start des vierten TERENO-Observatoriums

Anfang 2011 nimmt das vierte Observatorium von TERENO seine Arbeit auf. Das Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“ (NO) schließt eine bislang klaffende Lücke. Es deckt eine Region ab, die zu den am stärksten vom Klimawandel betroffenen Gegenden Deutschlands zählt. „Damit ist es eine wichtige Ergänzung zu den bisherigen Gebieten Alpen- und Alpenvorlandregion, Eifel-Niederrheinische Bucht und Harz-Mitteldeutsches Tiefland“, erklärt der Koordinator des Observatoriums NO, Dr. Mike Schwank vom Deutschen Geoforschungszentrum (GFZ) in Potsdam.

In der zweijährigen Vorlaufphase haben sich vier thematische Kernbereiche herauskristallisiert, auf die sich die Arbeiten im Observatorium NO konzentrieren: Fernerkundung, Hydrologie, Geopedologie und Rekonstruktion von Klimadynamik und Landschaftsentwicklung aus Geoarchiven. Solche Geoarchive sind etwa Baumjahre und Seesedimente, die Informationen über das Klima der letzten Jahrhunderte liefern. Auch alte Chroniken und Bücher, die über das Wetter aus der damaligen Zeit berichten, zählen dazu.

### Was Baumjahre verraten

Durch die Verknüpfung der aus Geoarchiven gewonnenen Erkenntnisse mit den Daten, die Forscher im Rahmen von TERENO künftig ermitteln, sollen neue Klimamodelle und langfristige Klimaprognosen entstehen. „Die Miteinbeziehung von Geoarchiven für die vier Observationsgebiete in Deutschland bedeutet für den gesamten Forschungsverbund eine wichtige thematische Erweiterung. Sie ermöglichen es, kurzfristige Veränderungen unserer Umwelt besser von den langfristigen, möglicherweise klimatisch bedingten Trends unterscheiden zu können“, betont der Leiter der GFZ Sektion für Klimadynamik und Landschaftsentwicklung Prof. Dr. Achim Brauer.

Das GFZ hat in den Aufbau des Observatoriums verschiedene externe Kooperationspartner mit einbezogen: Universitäten, Leibniz-Institute, Helmholtz-Zentren und Behörden. Auf den Versuchsflächen in Dedelow und Demmin kooperieren die GFZ-Wissenschaftler etwa mit Kollegen

vom Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) Müncheberg und vom Standort Neustrelitz des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR). Das Dauertestfeld „Durable Environmental Multidisciplinary Monitoring Information Network“ (DEMMIN) ist hierbei eine der vier wichtigen Untersuchungsregionen innerhalb von TERENO-NO (siehe TERENO Newsletter, Oktober 2009).

„Unsere Strategie ist es, Umweltparameter und deren Dynamik in Raum und Zeit zu skalieren“, sagt Mike Schwank. Die Forscher vergleichen dabei Daten, die sie direkt am Boden gesammelt haben, mit Luftaufnahmen und Satellitenbildern. Dadurch können sie die Auswertung von Fernerkundungsdaten verbessern und damit den Umweltzustand eines bestimmten Zielgebietes exakter bestimmen als bisher. Um Veränderungen über einen längeren Zeitraum zu erfassen, führen die Wissenschaftler verschiedene Langzeitmessungen in Wald-, Grünland- und Ackerböden durch, beispielsweise zur Wasserverdunstung aus Pflanzenwelt und Bodenoberfläche. In Dedelow und Demmin hat im Rahmen von SOILCan (siehe Seite 2) auch schon die Instrumentierung mit Lysimetern begonnen, mit denen die Wissenschaftler den Bodenwasserhaushalt und die Stoffflüsse untersuchen können. Im kommenden Jahr soll die Ausstattung des Observatoriums weiter ausgebaut werden.

### Umweltparameter skalieren

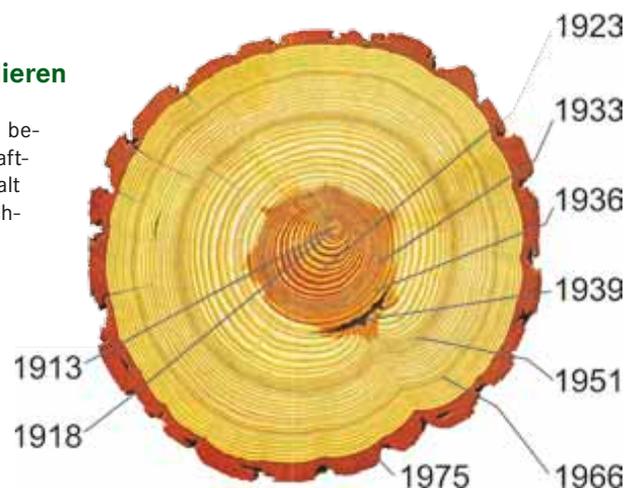
Neben dem Wasserhaushalt beschäftigen sich die Wissenschaftler auch mit dem Stoffhaushalt von Böden und ihren Austauschprozessen mit der Atmo- und Hydrosphäre. Vor allem die Erosionsprozesse und ihre Wechselwirkungen mit dem Kohlenstoff-Haushalt von Landschaften stehen im Zentrum der Forschungskooperation zwischen GFZ und ZALF. Speziell wollen die Partner zum Beispiel

die für den globalen Kohlendioxid-(CO<sub>2</sub>)-Haushalt bedeutende Frage beantworten, ob Erosion zu einer CO<sub>2</sub>-Reduktion, also einer Speicherung von Kohlendioxid, oder zu einer CO<sub>2</sub>-Freisetzung führt.

### Neues Messsystem

Neue Erkenntnisse versprechen sich die Forscher zudem von einem neuartigen Messsystem, das die bodennahe Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)-Konzentration erfasst und derzeit am GFZ entwickelt wird. Der Vorteil des Systems, das mit Laserspektrometern arbeitet: Es ermittelt nicht nur die Konzentration des Gases an einem einzelnen Punkt, sondern kann die Verteilung der CO<sub>2</sub>-Gaskonzentrationen in einem bestimmten Gebiet erfassen. Damit könnte eine vollständige Kohlenstoff-Bilanzierung des Bodens einen Schritt näher rücken und die Wissenschaft detaillierte Einblicke in Kohlenstoffprozesse im Humus erhalten. Die neuartige Messtechnik soll in Zusammenarbeit mit der Universität Potsdam entwickelt und künftig auch im Rahmen einer Kooperation mit ZALF im Verbundprojekt „CarboZALF“ eingesetzt werden. ■

*Jahresringe erzählen die Geschichte eines Baumes. Sie verraten nicht nur etwas über das Alter. Je breiter ein Ring, desto besser waren etwa die klimatischen Wachstumsbedingungen in dieser Periode*



Grafik: Gerald Hill



## DOPPELT MESSEN FÜR DIE NASA

Um die Bodenfeuchte zu bestimmen, werden in der Fernerkundung weltweit häufig aktive Radarsysteme eingesetzt. Diese senden selbst beispielsweise Mikrowellen aus und empfangen deren reflektierte Anteile. Das Radiometer ist dagegen ein passives Messgerät. Es sendet nicht, sondern erfasst lediglich Strahlung, etwa die von der Erdoberfläche reflektierte Himmelsstrahlung. Jülicher Wissenschaftler testen derzeit eine Kombination beider Systeme. „Die Messungen sollen Fragen beantworten, die in einer zukünftigen Mission der NASA mit dem Titel SMAP (Soil Moisture Active Passive) genutzt werden können“, erklärt der Jülicher Agrosphären-Forscher Dr. Lutz Weihermüller. Die Wissenschaftler wollen damit herausfinden, wie sich die beiden Messsysteme zueinander verhalten und ob sie sich möglicherweise ergänzen. ■

## DIE VERDUNSTUNG STEUERN

Hightech aus Jülich ermittelt Wassergehalt im Ackerboden

Ein Acker bei Selhausen, in der Nähe von Düren: Wissenschaftler des Jülicher Instituts für Bio- und Geowissenschaften Agrosphäre (IBG-3) haben ein zehn Meter hohes Podest errichtet. Darauf thront ein L-Band-Radiometer, mit dem sich die Forscher den Boden genauer ansehen wollen – genauer gesagt die Strahlungstemperatur und damit den Wassergehalt. Die Wissenschaftler interessiert, wie die Oberflächenstruktur die Verdunstung aus dem Erdboden steuert. „Noch ist kaum erforscht, welche Prozesse hier eine Rolle spielen“, erläutert Projektleiter Dr. Lutz Weihermüller. „Doch gerade in Ländern mit Wassermangel wäre das Wissen wichtig, um die Verdunstung aus dem Boden besser zu regeln.“ Der Versuchsacker gehört zum TERENO-Observatorium „Eifel-Niederrheinische Bucht“, das das Forschungszentrum Jülich koordiniert.

### Datenabgleich mit der ESA

Die Jülicher Agrosphären-Forscher führen außerdem mit einem mobilen Radiometer Feldmessungen auf unterschiedlichen Ackerflächen durch,

wo beispielsweise Zuckerrüben, Weizen, Raps und Mais angebaut werden. Diese Messungen laufen im Rahmen von SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity), einer Kampagne der europäischen Weltraumbehörde ESA. Während die Jülicher mit eigenen Methoden die Bodenfeuchte ermitteln, werden parallel dazu per Satellit ebenfalls die Bodenfeuchte und der Salzgehalt der Ozeane mit Hilfe eines Radiometers erfasst. In Jülich nutzen die Wissenschaftler die Daten aus Selhausen erst für Modellrechnungen und geben sie dann an die ESA weiter, um die Satellitenmessung zu kalibrieren. ■



Jülicher Forscher untersuchen den Zusammenhang zwischen Oberflächenstruktur und Verdunstung aus dem Erdboden

## NACHTS AUF MITHÖREN GESCHALTET

Klimaturm von TERENO beherbergt Horchposten für Fledermäuse

Wer Fledermäuse erforscht, ist nachts unterwegs. Nicht so im Nationalpark Eifel, dort steht erstmalig in Deutschland eine Dauerhorchanlage mitten im Wald, ein automatischer Mitarbeiter, der die Nachtarbeit übernimmt. Die Anlage ist auf dem 34 Meter hohen Klimaturm der TERENO-Forschungsstation „Wüstebach“ installiert. Sie wird vom Forschungszentrum Jülich in Zusammenarbeit mit dem ehrenamtlichen Arbeitskreis

Fledermausschutz Aachen, Düren, Euskirchen der drei großen Naturschutzverbände in Nordrhein-Westfalen (NABU, BUND und LNU) unterhalten.

### Bestand kontinuierlich erfassen

Die Dauerhorchanlage erfasst mit Spezialmikrophonen in zwei Höhenstufen das Umfeld der Baumwipfel und der unteren Astbereiche des Waldes am Turm. Ein hochwertiges Ultraschallaufnahmegerät verarbeitet die Signale, die anschließend auf einem Computer abgespeichert werden. Um die Datenmenge zu begrenzen, wird von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang aufgenommen. Zusätzlich schaltet das Gerät erst dann ein, wenn ein vordefinierter Ultraschallpegel erreicht wird.

„Unsere Erwartungen waren für den reinen Fichtenbestand im Wüstebachtal, ein von Fledermäusen eher ungeliebter Waldlebensraum, nicht besonders hoch“, berichtet Dr. Henrike Körber vom Arbeitskreis. Nach vier Monaten Dauerhorchen war die Überraschung groß. Mehr als 320.000 Dateien hatte die Anlage aufgezeichnet. Erwartungsgemäß hoch war der Anteil an Ultraschall

erzeugenden Störgeräuschen, etwa Rascheln, Wind oder das Schlagen von Metall, die eine Filtersoftware grob herausfilterte. Die übriggebliebenen 58.000 Dateien haben die Naturschützer mit Spezialsoftware überprüft, so dass sie am Ende 2.500 Dateien als wirkliche Fledermausrufe identifizieren konnten.

„Fast jede Nacht, abgesehen von Schlechtwetterperioden, sind Tiere an einem der Mikrophone vorbeigeflogen“, erklärt Arbeitskreismitglied Holger Körber. „Sechs Arten haben wir sicher bestimmt. Das ist für einen Nadelwald ein gutes Ergebnis.“ 90 Prozent der Rufe stammen von anpassungsfähigen Pipistrellusarten, allen voran der Zwergfledermaus. Die Tiere halten sich nach den Aufzeichnungen selbst an den Gutwettertagen nur wenige Minuten am Turm auf. „Eine Antreffwahrscheinlichkeit bei einer nächtlichen Stichprobe mit einem mobilen Detektor wäre gering“, stellt Dr. Henrike Körber fest. Die Naturschützer wollen die Daten nun weiter analysieren – und beispielsweise untersuchen, ob die anstehende Umwandlung des Fichten- in einen Laubwald das Flugverhalten der Tiere beeinflusst. ■



Heimisch im Nationalpark Eifel: der Große Abendsegler

## TREIBHAUS AUS DEM BODEN

In Scheyern suchen Forscher nach Strategien, um Lachgas-Emissionen zu verringern



Die für Bayern typische kleinstrukturierte Agrarlandschaft findet sich auch auf der Forschungsstation Scheyern

**In der Medizin taugt es als Narkosemittel, doch für unser Klima ist es alles andere als verträglich: Lachgas, chemisch  $N_2O$ , gilt als weit gefährlicher als der bekanntere Klimakiller Kohlendioxid ( $CO_2$ ). Eine Tonne  $N_2O$  ist etwa genauso schädlich wie die 300-fache Menge an  $CO_2$ . Schätzungsweise 145 Millionen Tonnen  $N_2O$  gelangen jährlich in die Erdatmosphäre, vor allem aus der Landwirtschaft. Es dauert rund 120 Jahre, bis das geruch- und farblose Treibhausgas allmählich abgebaut ist. Diese chemische Abbaureaktion zerstört außerdem die Ozonschicht. Deshalb wollen Wissenschaftler im Rahmen von TERENO Modelle und Strategien entwickeln, um den Lachgas-Ausstoß in die Atmosphäre möglichst niedrig zu halten, ohne die Erträge zu mindern.**

Das Gas ist in sehr geringen Mengen ein natürlicher Bestandteil der Atmosphäre. Auf der Erde entsteht es vor allem in den Böden. In welcher Menge, hängt unter anderem von Temperatur, Niederschlagsmenge, Sonneneinstrahlung und der Pflanzenart ab. Eine Rolle spielt auch, in welcher Weise der Mensch in das Ökosystem eingreift, beispielsweise über die agrarische Nutzung der Böden. In Langzeitexperimenten untersucht Professor Jean Charles Munch vom Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit- und Umwelt, daher die Gasflüsse zwischen Boden, Pflanzen und Atmosphäre – im Prielhof des Klosters Scheyern, einem riesigen Forschungsareal für Agrarökosystemforschung in Oberbayern. Es ist ein Gemeinschaftsprojekt mit der Technischen Universität München im Rahmen von TERENO.

### Risikofaktor Düngung

„Lachgas entsteht in der Natur immer dann, wenn Pflanzenreste von Mikroorganismen zersetzt werden“, erklärt Jean Charles Munch. Sie wandeln die organischen Stoffe in mineralischen Stickstoff und Nitrat um, die wichtige Nährstoffe für Pflanzen sind. Was diese nicht aufnehmen, verarbeiten die Mikroorganismen weiter zu Stickstoffgas, das in die Atmosphäre freigesetzt wird. Dieser Prozess erfolgt über mehrere Zwischenstufen, Lachgas entsteht bei einer davon. Ist sehr

viel Nitrat im Boden, etwa durch intensive Düngung der Agrarböden oder große Mengen von Ernteresten, wie Wurzeln, führen die Mikroorganismen nicht mehr alle Umwandlungsstufen aus. Sie verzichten dann darauf, Lachgas in einem weiteren Schritt in das klimaunschädliche Stickstoffgas umzuwandeln, und greifen lieber auf frisches Nitrat zurück. Die Folge: Das entstandene  $N_2O$  wird in die Luft abgegeben. „Daher sind gut mit Stickstoff versorgte Böden eine Hauptquelle für Lachgas-Emissionen“, betont der Forscher.

Reduziert man aber einfach den Dünger, würde sich unter Umständen der Ertrag verringern. „Angesichts von bald neun Milliarden Menschen auf der Erde brauchen wir aber immer mehr qualitativ hochwertige Nahrungsmittel“, erklärt Jean Charles Munch. Alternativ könnte die Landwirtschaft die Düngemittel in mehreren kleinen Dosen im Frühjahr aufbringen, wenn die Pflanzen die Nährstoffe während ihres Wachstums am dringendsten brauchen. So nehmen sie die größtmögliche Menge Stickstoff auf und möglichst wenig verbleibt im Boden. Der Nachteil: Dies ist kosten- und arbeitsintensiver. Ein Ziel der aktuellen Forschung ist es dennoch, die Stickstoffeffizienz mittels hochmoderner Technik zu erhöhen.

### Seit 18 Jahren Daten gesammelt

Auch die Niederschlagsmenge beeinflusst die Lachgas-Emission des Bodens. „Durch den Klimawandel gibt es immer häufiger stärkere Regenfälle“, so Jean Charles Munch. „Danach ist der Boden mit Wasser gefüllt und enthält kaum noch Luft und damit Sauerstoff.“ Die Folge: Die Mikroorganismen stellen ihre Atmung auf Stickstoff um und bilden als Folge davon große Mengen an  $N_2O$ .

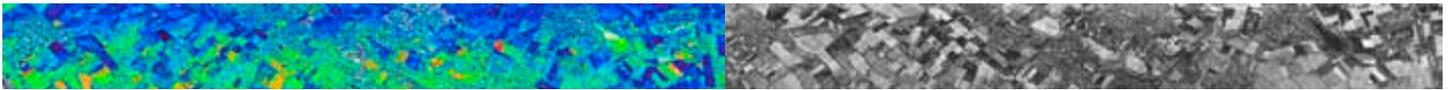
In Scheyern fahren die Forscher unterschiedliche Ökosystembewirtschaftungen, simulieren klimatische Bedingungen und messen die Lachgas-Emissionen zusammen mit den Bodenfaktoren, die sie beeinflussen. Verglichen werden verschiedene Fruchtfolgen auf verschiedenen Böden, ohne Bearbeitung, gepflügt oder oberflächlich gelockert, mit unterschiedlichem Einsatz von Dünger. Seit etwa 18 Jahren sammeln die Forscher damit

verlässliche Daten zu Effekten von Witterungen und Fruchtfolgen, die sie nun auswerten. „Wir beobachten übers Jahr völlig unterschiedliche Emissionen“, berichtet der Bodenökologe. So gibt beispielsweise ein nicht bearbeiteter, dichter Boden im Sommer mehr Lachgas frei als einer, der durch Pflügen locker ist und in den mehr Luft eindringen kann. Im Winter ist es genau umgekehrt.

Ziel der Wissenschaftler ist es, aussagekräftige Modelle zu entwickeln, die weltweit anwendbar sind. „Dabei müssen wir viele Faktoren beachten, auch das Einkommen des Landwirts muss gesichert bleiben“, so Jean Charles Munch. Man kann an verschiedenen Schrauben drehen, wie der Bodenbearbeitung, Bewässerung, Düngung oder der Pflanzensorten und Fruchtfolgen, um die Lachgas-Emission ohne Ertragseinbußen zu verringern. „Wir müssen jetzt herausfinden, welche Schrauben für welches Ökosystem, bei neuen Klimagegebenheiten die richtigen sind.“ ■

*Mit den automatisch schließbaren Hauben messen die Wissenschaftler den Gasaustausch zwischen Boden und Atmosphäre (o.). Mit Traktoren, aber auch ohne Pflug wird der Boden bearbeitet (u.)*





## MIT MIKROWELLEN DEM WASSER AUF DER SPUR

TERENO misst Feuchtigkeit der Böden aus der Luft

Wer der Bodenfeuchte auf den Grund gehen will, dem hilft ein Abstecher in die Lüfte – etwa mit der Dornier Do 228, einem Forschungsflugzeug des Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrums (DLR) am Standort Oberpfaffenhofen. Die Maschine war 2008 bereits für die Forschungen im Rahmen von TERENO im Einsatz, 2011 sollen zwischen April und Juni weitere Flüge folgen.

Die Feuchtigkeit im Boden gibt Aufschluss über den Wasserkreislauf. Sie spielt eine wichtige Rolle bei der regionalen Wetterentwicklung ebenso wie beim Klima. „Unser Ziel ist es, die Bodenfeuchte mit einer hohen Wiederholungsrate und flächendeckend über Europa messen zu können“, erklärt Prof. Dr. Irena Hajnsek vom DLR-Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme in Oberpfaffenhofen. Durch Messungen direkt im Boden ist das nicht möglich, erfordern sie doch ein flächendeckendes Netz von Messstationen.

Eine Lösung heißt SAR. Diese Abkürzung steht für Synthetic Aperture Radar, eine hochauflösende Methode der Fernerkundung. Vom Flugzeug aus wird ein Gebiet mit Mikrowellen gescannt,

gleichzeitig misst ein Sensor an Bord, wie die Wellen von Boden, Vegetation oder Bebauung reflektiert werden. Aus den Radardaten ermitteln die Wissenschaftler die Bodenfeuchte.

### Vergleich mit Messungen im Boden

Mit dieser Methode können größere Flächen mit einer Auflösung von drei mal drei Metern vermessen werden. Das Problem: Auch andere Faktoren wie Bodenstruktur und Vegetation beeinflussen das Radarsignal. Zunächst muss also ein Auswertalgorithmus gefunden werden, der die korrekte Bodenfeuchte aus den Rohdaten extrahiert. Daher hat die Do 228 in 2008 das Wassereinzugsgebiet der Rur überflogen. Rund eine Stunde dauerte es, um den insgesamt drei mal 120 Kilometer langen Streifen zu scannen. Kollegen vom Forschungszentrum Jülich maßen in ausgewählten Bereichen des Streifens die Feuchte direkt im Boden, um die Zuverlässigkeit der Radarmessungen zu kontrollieren. Im Jahr 2011 wollen sie die Tests nun weiterführen. „Wir möchten feststellen, welchen Einfluss die Vegetation auf die Messung des Wasserhaushalts des darunter

liegenden Bodens hat und ob die Radarmessungen auch diese Veränderungen zuverlässig dokumentieren“, so die DLR-Wissenschaftlerin, die die Flugkampagnen leitet.

„Was noch kostengünstiger, einfacher und auf größeren Flächen zu realisieren wäre, sind Satellitenmessungen“, wagt Irena Hajnsek einen Blick in die Zukunft. Noch gibt es keine hochauflösende und langwellige SAR-Mission, die kontinuierlich Bodenfeuchte quantitativ bestimmen kann. Ein Vorschlag für solch eine Mission wurde bereits im Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme des DLR zusammen mit dem Jet Propulsion Laboratory der NASA erarbeitet. Die Mission mit dem Titel Tandem-L hat das Ziel, systematisch und global dynamische Prozesse auf der Erdoberfläche in einer noch nicht erreichten Qualität und Auflösung zu erfassen. Beispielsweise sollen Bodenfeuchte-Karten mit einer räumlichen Auflösung von 50 Metern und im wöchentlichen Rhythmus erzeugt werden. Die Erwartung bei den Wissenschaftlern ist hoch, dass solch eine Mission realisiert wird. ■

*Abheben für die Wissenschaft: Ein Radarsystem an Bord der DLR-eigenen Do 228 (u.) misst, wie Mikrowellen von Boden und Vegetation zurückgestreut werden. Aus den gemessenen Daten erstellt ein Auswertalgorithmus eine Karte der Bodenfeuchte (o.)*



## „WIE EIN GROSSER BIBLIOTHEKSKATALOG“

Metadatenbank ist das Herzstück des TERENO-Datenportals TEODOOR

Von den Werten, die Wetterradare und Sensoren erfassen, bis hin zu Dissertationen und Publikationen: Alle Daten, die im Laufe des TERENO-Projekts anfallen, sollen über ein einheitliches Portal verwaltet und veröffentlicht werden. Dazu entwickelt das TERENO-Koordinations-Team „Datenmanagement“ das Datenportal TEODOOR. Mit seiner Hilfe können sowohl die TERENO-Wissenschaftler als auch externe Anwender Daten suchen, darstellen und herunterladen.

Das Datenportal selbst enthält praktisch keine Daten. „Wir setzen auf verteilte Datenbanken. Das bedeutet, dass die Daten nicht an einem Ort, sondern dezentral auf verschiedenen Rechnern der beteiligten Helmholtz-Zentren liegen“, erklärt Dr. Ralf Kunkel vom Institut Agrosphäre des Forschungszentrums Jülich, der das Koordinationsteam leitet. TEODOOR spannt sich quasi wie ein Schirm darüber und ermöglicht einen einheitlichen Zugang zu allen Daten. Dadurch kann das System jederzeit erweitert und neue Datenbanken, etwa von anderen Projektgruppen, können integriert werden.

„Die Herausforderung besteht in der Uneinheitlichkeit der Daten“, sagt Ralf Kunkel. Gefragt sind standardisierte Abfragen und Auswertetools, um auf die verschiedenen Datenbanken zuzugreifen.

Damit das schnell und einfach möglich ist, nutzt TEODOOR für den Datenaustausch Standards des Open Geospatial Consortium (OGC). Der internationalen Vereinigung für die Entwicklung und Standardisierung von geografischen Daten gehören Hochschulen, Unternehmen und Regierungsorganisationen an, darunter die NASA oder Microsoft. Zur Darstellung der Geodaten haben die Wissenschaftler Webdienste für Geographische Informationssysteme, sogenannte WebGIS, in das Portal integriert. „Das ist sozusagen Google für Geodaten“, erläutert der Jülicher Wissenschaftler.

### Google für Geodaten

Das eigentliche Herzstück von TEODOOR ist aber die Metadatenbank. „Das ist wie ein großer Bibliothekskatalog, in dem steht, wo welche Daten zu finden sind“, erklärt Ralf Kunkel. Metadaten sorgen dafür, dass die Datensätze überhaupt gefunden werden können: Die einzelnen Datensätze enthalten 13 bis 400 Angaben und geben Auskunft, wo diese abgelegt sind. Das Datenportal ist derzeit zu 70 Prozent fertig gestellt. Im Laufe des nächsten Jahres sollen die Arbeiten abgeschlossen werden. ■

TERENO Data Policy

### KONTAKT | KOORDINATION

#### Dr. Heye Bogena

Institut Agrosphäre (IBG-3)  
Forschungszentrum Jülich  
Tel.: +49 (0)2461/61-6752  
E-Mail: h.bogena@fz-juelich.de

#### Prof. Dr. Hans Papen

Institut für Meteorologie und  
Klimaforschung (IMK-IFU)  
Karlsruher Institut für Technologie  
Tel.: +49 (0)8821/183-130  
E-Mail: hans.papen@kit.edu

#### Dr. Mike Schwank

Sektion 5.1 „Geoecology and Geomorphology“  
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ  
Tel.: +49 (0)331 288 28697  
E-Mail: mike.schwank@gfz-potsdam.de

#### Dr. Steffen Zacharias

Fachbereich Monitoring- und  
Erkundungstechnologien  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ  
Tel.: +49 (0)341/235-1381  
E-Mail: steffen.zacharias@ufz.de

[www.tereno.net](http://www.tereno.net)

### IMPRESSUM

#### Herausgeber:

TERENO

#### Redaktion:

Christian Hohlfeld (verantwortlich)  
[www.trio-medien.de](http://www.trio-medien.de)

#### Autoren:

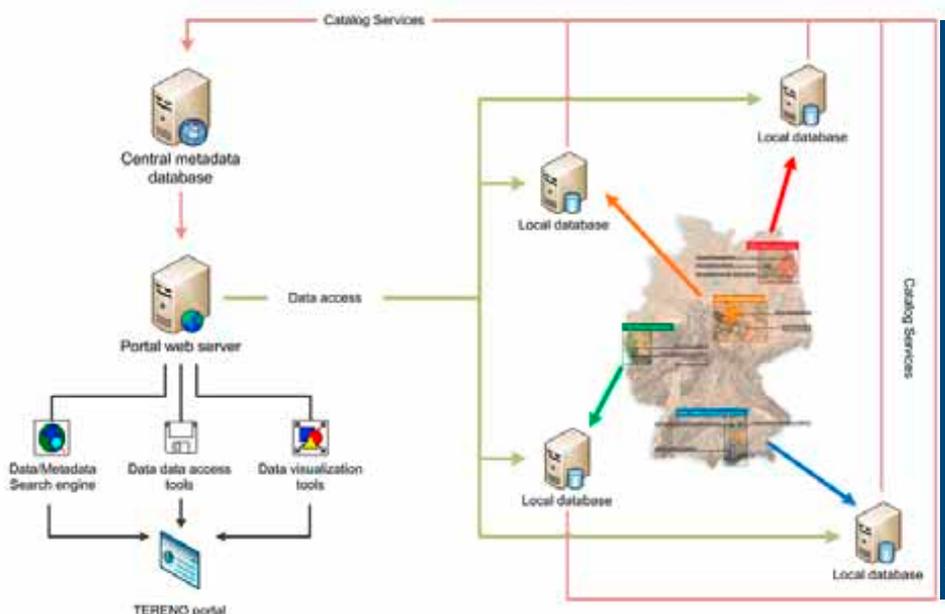
Henrike und Holger Körber, Dr. Ursula Resch-Esser, Sabine Wygas

#### Grafik und Layout:

[www.axeptDESIGN.de](http://www.axeptDESIGN.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

### SO SOLLEN DIE DATEN FLIESSEN



Die im Rahmen von TERENO gesammelten Daten liegen nicht zentral im Datenportal, sondern dezentral auf verschiedenen Rechnern der beteiligten Helmholtz-Zentren. TEODOOR spannt sich quasi wie ein Schirm darüber und ermöglicht einen einheitlichen Zugang zu allen Daten