

Neutronen zählen für die Umweltforschung

**Wie Forschende mithilfe von Teilchen aus
dem All die Bodenfeuchte messen**



Sie sind superschnell, energiereich und entstehen, wenn Teilchen aus dem Weltraum auf die Erde treffen: Neutronen sind allgegenwärtig und durchdringen Materie meist relativ problemlos. Nur Wasserstoff und einige andere seltene Elemente können sie einfangen oder zumindest abbremsen. Auf dieser Grundlage nutzen Forscher die Teilchen, um Wasser im Boden aufzuspüren.

„Ich bin eigentlich Physiker“, sagt Sascha Oswald. Dass der Forscher sich für Strahlungen im Weltall, Teilchenschauer und Neutronen interessiert, ist also nicht erstaunlich. Das Besondere ist aber, dass er als Professor am Institut für Umweltwissenschaften und Geographie geschickt Physik und Umweltwissenschaften miteinander verbindet. Gemeinsam mit seinem Team und zahlreichen weiteren Kooperationspartnern entwickelt und optimiert er eine Methode, die auf physikalischer Grundlage misst, wie viel Wasser im Boden gespeichert ist.

Die Methode nimmt ihren Anfang im Weltall: Bei Sternexplosionen entstehen superschnelle, energiereiche Teilchen, die auf ihrem Weg durchs All irgendwann auch auf die Erde treffen, ebenso wie der Sonnenwind. Hunderte von ihnen prallen in jeder Sekunde auf jeden Quadratmeter der äußeren Erdatmosphäre. Hier kollidieren sie mit anderen Teilchen und lösen damit einen Teilchenschauer von zahlreichen, dann etwas langsameren Teilchen aus. Viele davon gelangen auch auf die Erdoberfläche. Auf ganz bestimmte dieser Teilchen – die Neutronen – hat es Sascha Oswald abgesehen. Denn diese besitzen interessante Eigenschaften, die der Physiker für seine Messungen nutzen kann.

Bodenfeuchte als Unsicherheitsfaktor in der Klimaforschung

Die Arbeiten dazu sind in der DFG-Forschungsgruppe „Cosmic Sense“ angesiedelt. Das Ziel der überregionalen Forschungseinheit ist es, genauere Messmethoden und Modelle zu entwickeln, um den Wasserkreislauf und hydrologische Veränderungen in der Landschaft besser zu verstehen. Welchen Weg das Wasser in der Atmosphäre, an der Erdoberfläche und im Boden nimmt, ist ein wichtiger Faktor in hydrometeorologischen Modellen, der derzeit noch mit großen Unsicherheiten behaftet sind. Mithilfe der Neutronen hoffen die Forscherinnen und Forscher, einen großen Teil der Wissenslücken zu schließen.

Seit 2008 wird dazu an einem neuartigen Sensor geforscht. Er soll genauere Daten über jenes Wasser, das im Boden gespeichert ist, liefern. Fachleute sprechen von der Bodenfeuchte. Wie hoch diese ist, hängt von zahlreichen Faktoren ab: Wie viel hat es geregnet? Bedecken Wälder oder Gräser die Oberfläche, die das



Nichtinvasive Cosmic-Ray Neutron Sensing (CRNS)-Sonde auf einer Wiese bei einer Vergleichsmessung mit Kalibrator



Wasser aufnehmen und verdunsten? Ist der Boden sandig, steinig oder lehmig? Auch durch den Klimawandel und die Form der Landnutzung schwankt die Bodenfeuchte, die eine wichtige Lebensgrundlage für Pflanzen, Bodenorganismen und auch die Landwirtschaft ist.

Genauere Daten durch neue Methoden

„Die Bodenfeuchte variiert räumlich sehr stark. Herkömmlich wird dieser Wert punktuell mit einer Bodensonde bestimmt. Aber einen Meter weiter kann der Wert ganz anders sein“, erklärt Sascha Oswald. Darum sei es so schwierig, ein genaues Bild von ihr zu erhalten. Möchte man ein aussagekräftiges Modell der Bodenfeuchte in einem größeren Gelände erstellen, ist das mit sehr großem Aufwand und vielen Messungen verbunden. Zumindest war es das bisher.

Nun sollen ausgerechnet Teilchen aus dem Weltraum dabei helfen, die Bodenfeuchte auf der Erde mit geringerem Aufwand zu messen. „Das Entscheidende ist: Wasser bremst die Neutronen, fängt sie ein oder leitet sie um“, erklärt Sascha Oswald. Es ist ein Mechanismus, der auch in Kernkraftwerken eingesetzt wird, um die Umgebung von den in den Brennstäben entstehenden Neutronen abzuschirmen. Die Forscherinnen und Forscher nutzen diese Eigenschaft der überall an der Landoberfläche in geringen Mengen natürlich vorkommenden Teilchen für ihre Zwecke.

Der Neutronendetektor, den sie dafür verwenden, ist ein kastenförmiges Gerät, das alle Neutronen eines ganz bestimmten, mittleren Energiebereichs einfängt, die seinen Weg kreuzen. Ihre Anzahl verrät, wie viel gespeichertes Wasser im Boden der gesamten Umgebung vorhanden ist. Nach einigen Stunden liefert

DAS PROJEKT

„Cosmic Sense“ ist eine von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderte Forschungsgruppe, die hydrologische Veränderungen in der Landschaft untersucht. Das Ziel ist es, den komplexen Wasserkreislauf zwischen Boden und Atmosphäre besser zu verstehen und die Erkenntnisse für Fernerkundung und Klimaforschung bereit zu stellen.

Beteiligt: Universität Heidelberg, Technische Universität Berlin, Universität Augsburg, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ, Forschungszentrum Jülich (FZJ), Deutsches Geoforschungszentrum (GFZ), Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Finanzierung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
Laufzeit: 2018–2021

<https://www.uni-potsdam.de/de/cosmicsense.html>

jedes Messgerät den Wissenschaftlern einen Wert, der die mittlere Bodenfeuchte von etwa zehn Hektar Land angibt. Kombinieren sie diese Information geschickt mit meteorologischen Daten, Fernerkundungsdaten und weiteren Messungen, entstehen sehr genaue Referenzwerte der Bodenfeuchte. Und wie sich diese im Lauf von Tagen, Woche und Monaten verändert.

Das Potenzial der Methode untersuchten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler 2019 in einer ersten Feldkampagne. Am Forschungsstandort des Karlsruher Instituts für Technologieforschung (KIT) im Alpenvorland bauten sie dazu im Einzugsgebiet eines kleinen Baches ein dichtes Netzwerk aus 20 Detektoren auf. Zwei Monate lang – von Mitte Mai bis Mitte Juli – erhoben sie hier jede Menge Daten, um mit den Messungen eine Karte der Bodenfeuchte des rund ein Quadratkilometer großen Gebiets zu erstellen. Die Forschungspartner ergänzten die Messungen durch Vegetationskartierungen und Drohnenaufnahmen aus der Luft.

Schnee und Kühe als Fehlerquelle

„Als wir anfangen, hat es tagelang geschüttet“, erinnert sich Sascha Oswald. Im Verlauf der Kampagne wurde das Wetter immer trockener. „Das war gut für uns, denn schließlich wollten wir die Unterschiede sehen.“ Mit der Messkampagne erhielten die Forschenden erstmalig ein zeitlich und räumlich hoch aufgelöstes Modell der Bodenfeuchte. Alle paar Stunden lieferten die Sensoren die dafür benötigten Daten – acht Wochen lang. „Das gab es bisher in der Größe noch nicht“, betont Oswald. Zudem konnten die Wissenschaftler die Werte der 20 unterschiedlichen verwendeten Geräte miteinander vergleichen und damit die Messungen noch genauer kalibrieren.



DER WISSENSCHAFTLER

Prof. Dr. Sascha Oswald studierte Physik an den Universitäten Freiburg und Heidelberg. Am Institut für Umweltwissenschaften und Geographie der Universität Potsdam leitet

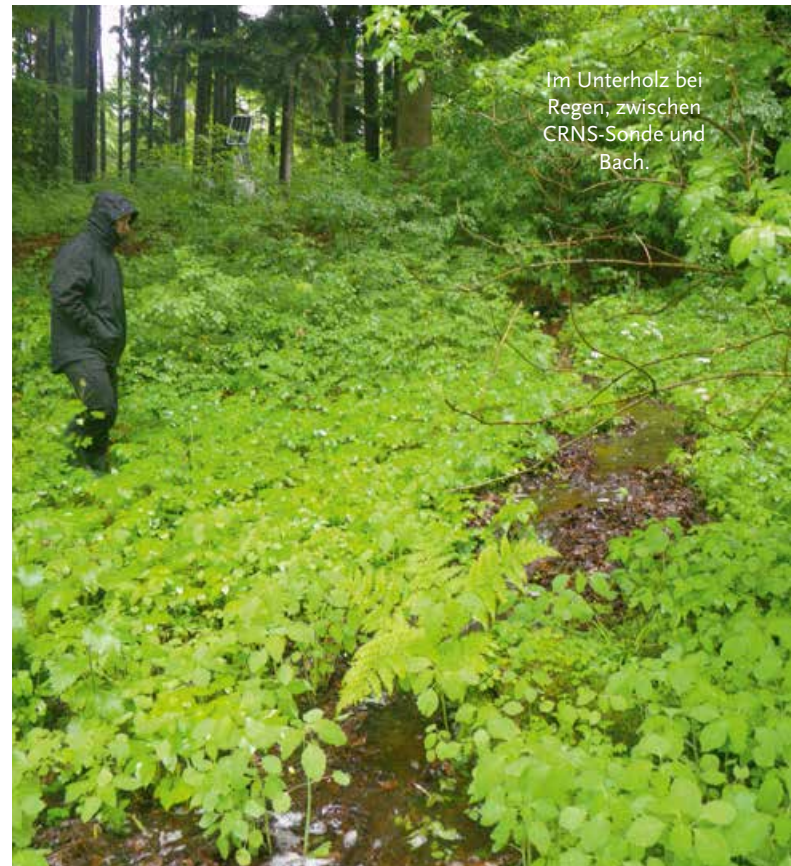
er die Arbeitsgruppe für Wasser- und Stofftransport in Landschaften.

✉ sascha.oswald@uni-potsdam.de

Fotos: Budaach, Christian (li. u.); Schreffle, Lena (re. u.); Hopfigarten, Tobias (o.)



Jungbullen interessieren sich auch für Wissenschaft.



Im Unterholz bei Regen, zwischen CRNS-Sonde und Bach.



Nun müssen die Daten ausgewertet werden. Das große Ziel der Forschungsgruppe ist es, die Anwendungsmöglichkeiten der Detektoren zu erweitern. Dazu müssen noch einige Kinderkrankheiten ausgemerzt und die Sensibilität der Sensoren verbessert werden. Um aussagefähige Werte zu erhalten, fangen die Geräte über Stunden die umherschließenden Neutronen ein. Da deren Zahl sehr gering ist, bringen natürliche Fluktuationen große Fehler in die Messungen. Zudem verfälschen Wasser, das in Pflanzen gebunden ist, oder auch Schnee die gemessenen Werte. Sogar Kühe, die sich neugierig den aufgebauten Sensoren nähern, können eine Fehlerquelle sein. „Die bestehen ja auch zu 70 Prozent aus Wasser. Wenn so eine Kuhherde um den Sensor herumsteht, sieht man das schon in den Messungen“, sagt Oswald lachend.

Um zu belastbareren Ergebnissen zu kommen, müssen all diese störenden Einflüsse herausgerechnet werden. Ideen dazu haben die Forscher reichlich. Außerdem testen sie, wie die Sensoren in fahrenden Messstationen integriert werden können, um Daten für größere Gebiete in kürzerer Zeit zu erhalten.

Gelingt es den Umweltwissenschaftlern um Oswald, ihre Ziele umzusetzen, könnte das auch die Klimaforschung einen großen Schritt voranbringen. Der Wasseraustausch zwischen dem Boden und der Atmosphäre ist hochkomplex. Mit den Ergebnissen von „Cosmic Sense“ können großflächige hydrologische Modelle kalibriert, validiert und verbessert werden. Daran arbeiten aktuell Forschungspartner am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig (UFZ), die die erhobenen Daten zur Bodenfeuchte in ihre hydro-



Prof. Sascha Oswald

logischen Modelle einspeisen und Vorhersagen über hydrologische Veränderungen in den kommenden 100 Jahren treffen. „Was man da in Europa und besonders in Südeuropa sieht, ist dramatisch“, betont Oswald. „Die beiden letzten Sommer, die wir als außergewöhnlich trocken und sehr heiß erlebt haben, werden in einigen Jahrzehnten normal sein.“

HEIKE KAMPE