

## Newsletter 2/2022

### AUS DEM INHALT

#### WISSENSSTAND

Editorial	2
12. TERENO-Workshop: Von Beobachtungen zur Modellierung	2
Reaktionen von Wäldern auf Extremereignisse erfassen	3
Trinkwasserqualität leidet unter Klimawandel	3
Wenn Regen auf Baumkronen trifft	4

#### IN KÜRZE

OZCAR und TERENO: zwei ideale Partner	5
GFZ mit neuer Leitung	5
Wechsel nach Dresden	6
Neue Professur	6
8. Galileo-Konferenz der European Geosciences Union	6

#### WISSENSSTAND

Citizen Science: Wenn Bürger:innen forschen	7
--	---

#### VOR ORT

Aussagekraft von Modellen verbessern	8
Blualgen als Klimamarker	8

#### JUNGE TALENTE FÖRDERN

Von der Schulbank ins Labor	9
-----------------------------	---

#### IM BLICKPUNKT

Georg Teutsch verabschiedet	10
-----------------------------	----

**Citizen Science:** Im Tagfalter-Monitoring Deutschland (TMD) erfassen Bürgerwissenschaftler:innen ehrenamtlich Tagfalter. An TERENO-Standorten wurden dafür eigene Untersuchungsflächen angelegt (siehe Seite 7).

© UFZ/ André Künzelmann

## 2. TERENO-OZCAR-KONFERENZ

**25. bis 28. September 2023 in Bonn**

Weitere Infos finden Sie auf Seite 5



## 12. TERENO-WORKSHOP: VON BEOBACHTUNGEN ZUR MODELLIERUNG

Etwa 70 Expertinnen und Experten trafen sich vom 8. bis 11. November 2022 in Garmisch-Partenkirchen zum 12. TERENO-Workshop. Die Veranstaltung, die das Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-IFU) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) organisiert hatte, stand unter dem Motto „Von der Beobachtung zur Modellierung“.



Bei bestem Herbstwetter wurde der Workshop mit einer Exkursion zum Observatorium Hohenpeissenberg des Deutschen Wetterdienstes und zum benachbarten TERENO-Standort Fendt abgerundet.

Die TERENO-Initiative bietet mit dem jährlichen Workshop eine Gelegenheit, um sich untereinander, aber auch mit nationalen und internationalen Kooperationspartnern auszutauschen, was insbesondere nach der Corona-Pause von allen Teilnehmenden sehr geschätzt wurde.

Nach mehr als einer Dekade an Messungen wurde in Fachvorträgen und Workshops deren Integration in hydrologische, biogeochemische und Biodiversitäts-Modellierung vorgestellt und diskutiert. Dabei ging es nicht nur um Messungen aus den verschiedenen TERENO-Observatorien, sondern auch aus anderen Observatorien.

Nach der Eröffnung durch Prof. Hans Peter Schmid, Direktor des IMK-IFU, und dem Bericht von Prof. Harry Vereecken zu den TERENO-Highlight-Aktivitäten im Jahr 2022 stand ein breit gefächertes Spektrum an Fachvorträgen auf dem Programm. So wurden verschiedene Ansätze auf Standorts-, Einzugsgebiets-, regionaler und nationaler

Skala vorgestellt, wie etwa die Anwendung von Fernerkundung und prozessbasierten Modellen sowie KI-Applikationen für hydrologische und biogeochemische Fragestellungen. Auch die Umsetzung von Mess- und Simulationsergebnissen in Entscheidungshilfe-Werkzeuge und Produkte für Stakeholder wurde diskutiert, insbesondere im Hinblick auf eine nachhaltige Landwirtschaft. Zum ersten Mal fand beim TERENO-Workshop ein Helmholtz-Zentrum übergreifender Austausch zwischen Ingenieuren, Technikern und Wissenschaftlern statt, mit Impulsvorträgen und regen Diskussionen zum Thema Workflow von Sensordaten und Qualitätskontrolle und -sicherung. Dieser soll aufgrund der sehr positiven Erfahrung zukünftig fester Bestandteil des jährlichen TERENO-Workshops werden.

Anlässlich des Workshops kam auch der mit unabhängigen Wissenschaftlern besetzte TERENO-Beirat zusammen, der die aus seiner Sicht sehr erfolgreiche TERENO-Forschung lobte.

### EDITORIAL

## Deutschland muss mehr tun



Die letzten Monate waren aus deutscher Sicht wenig erfreulich für die Anstrengungen gegen den Klimawandel. Die Ergebnisse der UN-Klimakonferenz im ägyptischen Sharm El-Sheikh blieben deutlich hinter den Erwartungen zurück. Kurz zuvor hatte der von der deutschen Bundesregierung eingesetzte Expertenrat für Klimafragen gewarnt, dass Deutschland seine Klimaschutzziele bis 2030 verfehlen wird, wenn die Treibhausgas-Emissionen nicht deutlich stärker gesenkt werden. Im Oktober musste Deutschland von anderen EU-Staaten Emissionsrechte in Höhe von mehreren Millionen Euro kaufen, da es zwischen 2013 und 2020 die EU-Vorgaben bei Treibhausgas-Emissionen etwa in den Bereichen Verkehr und Gebäude nicht eingehalten hatte. Das Sofortprogramm, welches das Bundesverkehrsministerium im Juli zur Einhaltung der Klimaziele im Bereich Verkehr vorgelegt hatte, lässt eine Lücke von 261 Megatonnen Treibhausgas-Emissionen bis 2030.

Eigentlich sollte klar sein: Deutschland muss mehr tun. Die Folgen des Klimawandels sind bereits heute zu sehen. Etwa im TERENO-Observatorium „Harz/Mitteldeutsches Tiefland“: Dort sind im Einzugsgebiet der Rappbodetal Sperre in den vergangenen vier Jahren über die Hälfte des Nadelwalds abgestorben. Solche Entwicklungen haben Konsequenzen. Fehlt der Wald als Filter für Wasser, verschlechtert sich die Qualität des Trinkwassers, mit dem die Talsperre rund eine Millionen Menschen versorgt. Was getan werden sollte, haben Wissenschaftler:innen des UFZ untersucht (siehe Seite 3). Lesen Sie außerdem in dieser Ausgabe, wie wir die Reaktion von Bäumen auf Klimaextreme erfassen wollen (Seiten 3 und 4), wie TERENO Citizen-Science-Ansätze nutzt (Seite 7) und wie wir Schüler:innen Klimaforschung näherbringen (Seite 9).

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen beim Lesen!

Ihr **Harry Vereecken**

Koordinator TERENO

## REAKTIONEN VON WÄLDERN AUF EXTREMEREIGNISSE ERFASSEN



© UFZ Jülich / Marius Schmidt

Messungen am TERENO-Standort Wüstabach

Durch die Dürre der vergangenen Jahre sind viele Wälder in Europa stark geschwächt und damit anfälliger für Schädlinge. Einige Regionen haben bereits die Hälfte ihres Baumbestandes verloren. Ein neues Verbundprojekt will die Voraussetzung schaffen, um künftig in Echtzeit Wachstumsreaktionen und Stress wichtiger mitteleuropäischer Waldbaumarten zu erfassen. Dazu entwickelt das vom Waldklimafonds des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft geförderte Projekt MW<sup>3</sup> ein standardisiertes Monitoringsystem. An dem Projekt beteiligt sind neben der RWTH Aachen und der Universität Marburg die TERENO-Mitglieder Forschungszentrum Jülich, Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ und Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ.

Die TERENO-Überwachungsplattformen liefern die Basis für das geplante Monitoringsystem, das künftig die wichtigsten Schlüsselparameter für eine maßstabsübergreifende Wachstumsanalyse erfassen soll. Dafür koppelt das Team bodengestützte Messdaten, satellitengestützte Fernerkundung und Baummodellierung. Erfasst werden von unterschiedlichen Standorten unter anderem meteorologische Kenngrößen, Saftfluss, Stammzuwachs, Bodenwasser sowie hochaufgelöste spektrale Strahlungsdaten. Die Daten fließen in Simulationen und Modellierungen ein, um Energie-, Wasser- und Kohlenstoffbilanzen zu berechnen.

## TRINKWASSERQUALITÄT LEIDET UNTER KLIMAWANDEL

**Das in Talsperren gespeicherte Wasser sichert unsere Trinkwasserversorgung.** Doch der Klimawandel gefährdet die Wasserqualität. Das liegt an steigenden Nährstoffkonzentrationen infolge des klimabedingten Waldverlusts. Dies hat ein Forschungsteam des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ in einer Modellstudie an der größten Trinkwassertalsperre Deutschlands festgestellt: der Rappbodetalsperre im TERENO-Observatorium „Harz/Mitteldeutsches Tiefland“.

Im Einzugsgebiet der Rappbodetalsperre, die rund eine Million Menschen mit Trinkwasser versorgt, sind die Folgen des Klimawandels deutlich zu sehen. „Das von Nadelwald – vorwiegend Fichte – geprägte Gebiet hat in den vergangenen vier Jahren über 50 Prozent seines Bestandes verloren“, berichtet der UFZ-Hydrologe Prof. Michael Rode. Ursache sind die langen Dürreperioden in den Jahren 2015 bis 2020. Der massive Waldverlust hat auch Folgen für das Trinkwasserreservoir. Wälder filtern nämlich Wasser, binden Nährstoffe und sind deshalb notwendig für eine gute Wasserqualität. Für die Trinkwasseraufbereitung ist es umso besser, je weniger Nährstoffe – also Stickstoff- oder Phosphorverbindungen – das Wasser einer Talsperre enthält. „Dann können sich weniger Algen entwickeln, und die Trinkwasseraufbereitung im Wasserwerk läuft kostengünstiger und mit weniger Aufwand“, erklärt UFZ-Seenforscher Dr. Karsten Rinke.

### Überraschende Auswirkung

Das Nährstoffmanagement steht nun vor großen Herausforderungen, wie die UFZ-Modellstudie zeigt. Mithilfe der seit über zehn Jahren im TERENO-Netzwerk gesammelten Daten hat das Forschungsteam verschiedene Szenarien berechnet, wie sich die klimabedingte Entwaldung auf die Wasserqualität bis ins Jahr 2035 auswirkt. „Bei einem zu erwartenden Waldverlust von bis



© UFZ / André Künzelmann

Die Rappbodetalsperre, größte Trinkwassertalsperre Deutschlands

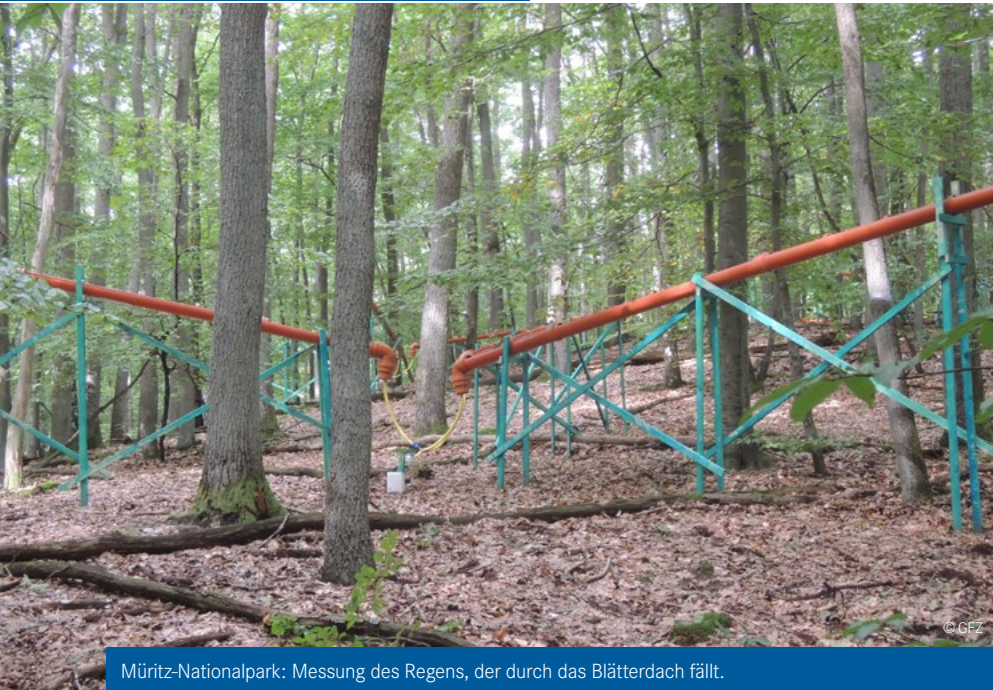
zu 80 Prozent würden in der Rappbode-Vorsperre innerhalb von 15 Jahren die gelösten Phosphorkonzentrationen um 85 Prozent und die Stickstoffkonzentrationen um mehr als 120 Prozent steigen“, sagt UFZ-Hydrobiologe Dr. Xiangzhen Kong. Dadurch würden 80 Prozent mehr Kieselalgen und sogar mehr als 200 Prozent Grünalgen entstehen. „Entwaldung als indirekte Folge des Klimawandels hat einen stärkeren Effekt auf die Wasserqualität als direkte Auswirkungen des Klimawandels wie etwa die steigende Wassertemperatur. Das war in diesem Ausmaß für uns überraschend“, resümiert Kong.

Die Ergebnisse ließen sich auch auf andere Einzugsgebiete von Talsperren in vergleichbaren Regionen übertragen, so Michael Rode. Der UFZ-Experte empfiehlt: „In Einzugsgebieten von Talsperren sollten Nährstoffeinträge etwa durch die Landwirtschaft noch stärker als bisher heruntergefahren werden, bereits begonnene Wiederaufforstungsprojekte mit trockenresistenten Baumarten weiter vorangetrieben und Talsperrensysteme mit selektiven Wasserentnahmestrategien an die anstehenden Entwicklungen angepasst werden.“

**Xiangzhen Kong et al. (2022).** Reservoir water quality deterioration due to deforestation emphasizes the indirect effects of global change. *Water Research* 221.

► DOI: [10.1016/j.watres.2022.118721](https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118721)





Müritz-Nationalpark: Messung des Regens, der durch das Blätterdach fällt.

## WENN REGEN AUF BAUMKRONEN TRIFFT

Wälder beeinflussen auf verschiedene Weise den Wasserkreislauf. Ein wichtiger Faktor sind Baumkronen. Im TERENO-Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“ (TERENO Nord-Ost) haben Wissenschaftler:innen Daten zum Wasserdurchlass von Baumkronen, zum Wasserbedarf der Bäume und zur Grundwasserneubildung ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen, wie wichtig Langzeitmessungen sind, um die Auswirkungen des globalen Wandels zu erfassen.

In Nordostdeutschland fallen weniger Niederschläge als in den anderen Teilen Deutschlands. Dadurch ist die Region besonders durch den Klimawandel gefährdet. Hinzu kommt, dass in den letzten Jahrzehnten die Grundwasserspiegel an vielen Orten gesunken sind. „Da die Landschaft in großen Teilen von Wald geprägt ist, gilt es, dessen Rolle für den Landschaftswasserhaushalt besser zu verstehen. Im Hinblick auf ein nachhaltiges Landschaftsmanagement gilt es insbesondere, unterschiedliche Baumarten und Waldbestände zu vergleichen“, sagt Dr. Theresa Blume vom Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungs-Zentrum GFZ, wissenschaftliche Sprecherin von TERENO Nord-Ost.

### Schutzfaktor Wald

Generell verringern Wälder den Oberflächenabfluss, also das Abfließen des Niederschlags direkt auf der Bodenoberfläche – und zwar über drei unterschiedliche Prozesse: die hohe Wasseraufnahme- und Speicherkapazität der Waldböden, die Wasseraufnahme durch die Bäume und die Speicherung von Niederschlagswasser im Kronendach sowie dessen direkte Rückführung in die Atmosphäre durch Verdunstung. „Eine Verringerung des Oberflächenabflusses ist meist positiv zu sehen, da

dadurch die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Hochwassern verringert wird, aber auch Erosion und Schadstoffeintrag in die Gewässer. Außerdem wird im Gegenzug meist mehr Wasser in der Landschaft gespeichert, das dann über längere Zeit für Mensch und Natur zur Verfügung steht“, so Theresa Blume.

Allerdings führen das Speichern im Kronendach und die anschließende Verdunstung dazu, dass sich die Menge, die räumlichen Muster und die Dynamik des Niederschlags verändern. „Besonders in bewaldeten Regionen, in denen Wasser manchmal knapp ist, ist es wichtig zu verstehen, wie verschiedene Waldbestände den dringend benötigten Niederschlag beeinflussen und verringern, da dieser Input einerseits für die Wasserversorgung der Bäume und andererseits für die Grundwasserneubildung relevant

ist“, erklärt die Hydrologin. Wie viel Niederschlag durch das Kronendach des Waldes dringt, wird stark von den Niederschlags-eigenschaften und den Eigenschaften des Waldbestands beeinflusst. Herauszufinden, wie genau diese Faktoren inklusive ihrer jahreszeitlichen Veränderungen zusammenwirken und wie sich der Klimawandel darauf auswirkt, ist eine große Herausforderung für die Forschung. „Das gelingt nur mit langjährigem Monitoring in verschiedenen Waldbeständen. Dank sechs verschiedener Waldbeständen bietet TERENO Nord-Ost hierfür ideale Voraussetzungen“, betont Theresa Blume.

### Laubbäume im Winter durchlässiger

Bei ihren Untersuchungen haben sie und ihre Kolleg:innen vom GFZ festgestellt, dass im Sommer im Mittel nur 28 bis 43 Prozent des Niederschlags den Boden erreichen. Im Winter sind es zwischen 33 Prozent bei jungen Kiefern und 56 Prozent bei Buchen. Mischwälder verhalten sich dagegen im Sommer wie Laubwaldbestände und im Winter wie Kiefernbestände. „Wir nehmen an, dass Blätter bei hohen Niederschlagsintensitäten als Speicher weniger effizient werden und der Kraft des Regens nachgeben, während dies bei den weniger flexiblen Kiefernadeln und hölzernen Bestandteilen des Kronendachs weniger ausgeprägt ist“, vermutet die GFZ-Forscherin. Ihre Beobachtungen haben die Wissenschaftler:innen mit dem Wasserbedarf der Bäume und der Grundwasserneubildung abgeglichen. „Laubwaldbestände sind aufgrund der höheren Durchlassanteile im Winter in Bezug auf die Grundwasserneubildung vorteilhaft. Gerade in der Untersuchungsregion ist die Grundwasserneubildung im Sommer wegen der Wasseraufnahme der Bäume und der insgesamt nicht sehr hohen Niederschlagsmengen sehr gering bis nicht vorhanden“, bilanziert Theresa Blume. Aus ihrer Sicht zeigen solche Datensammlungen, wie vielfältig und komplex die Auswirkungen des globalen Wandels sind – und wie wichtig eine breite Aufstellung des Observatoriums und langjährige Messungen sind, um Veränderungen zu erfassen.

**Theresa Blume et al. (2022).** *Comparative analysis of throughfall observations in six different forest stands: Influence of seasons, rainfall- and stand characteristics.* Hydrological Processes, 36 (3), e14461.

► [DOI: 10.1002/hyp.14461](https://doi.org/10.1002/hyp.14461)

**Martin Theuerkauf et al. (2021).** *Holocene lake-level evolution of Lake Tiefer See, NE Germany, caused by climate and land cover changes.* Boreas, 51(2), 299-316. DOI: 10.1111/bor.12561

► <https://doi.org/10.1111/bor.12561>

## OZCAR UND TERENO: ZWEI IDEALE PARTNER

2023 laden TERENO und sein französischer Partner, die Observatoires de la Zone Critique: Applications et Recherche (OZCAR), zu ihrer zweiten gemeinsamen internationalen Konferenz ein. Nach dem erfolgreichen Auftakt 2021 in Straßburg geht es nun nach Bonn. Prof. Harry Vereecken vom Forschungszentrum Jülich, Koordinator von TERENO und Mitglied im Scientific Committee der Konferenz, erläutert im Interview, was die Konferenz so besonders macht.

**Prof. Vereecken, die ersten beiden internationalen Konferenzen 2014 und 2018 hatte TERENO noch alleine organisiert, welchen Vorteil hat eine gemeinsame Konferenz?**

Generell ist es immer sehr wertvoll, in der Wissenschaft zusammenzuarbeiten. Eine gemeinsame Konferenz, gerade bei Partnern aus verschiedenen Ländern, fördert die internationale Zusammenarbeit, in dem Fall die deutsch-französische Kooperation. Eine Partnerschaft verbreitert außerdem die Expertise, bei unserer Konferenz bringt der französische Partner speziell wissenschaftliche Exzellenz im Bereich der „Critical Zone“-Forschung ein. Veranstaltungen von Partnern aus unterschiedlichen Ländern können darüber hinaus dazu beitragen, noch mehr Menschen und neue Netzwerke anzusprechen. Zu guter Letzt können wir gemeinsam so eine Konferenz alle zwei Jahre stemmen und nicht wie vorher alleine alle vier Jahre.

**Und warum OZCAR als Partner?**

OZCAR ist ein ähnliches Netzwerk wie TERENO. Beide Initiativen bestehen aus multidisziplinären, gut ausgestatteten Observatorien und haben viele gemeinsame Forschungsthemen beziehungsweise ergänzen sich wie bei der genannten „Critical Zone“-Forschung. Außerdem wollen beide politische Entscheidungsträger und andere

Interessengruppen zu Themen wie Wasser, Boden und biologische Vielfalt beraten. Und beide engagieren sich in Europa. Nicht zuletzt dank der Kooperation in der European Long-Term Ecosystem Research Infrastructure (eLTER RI) ist so über die Jahre eine enge Zusammenarbeit gewachsen. Kurz gesagt: OZCAR und TERENO sind ideale Partner.

**Was bietet die Konferenz?**

Sie gibt allen Interessenten die Möglichkeit, den Austausch und die Kooperation mit anderen Netzwerken weltweit zu intensivieren und sich über neueste Erkenntnisse und neue Entwicklungen zu informieren – natürlich auch aus TERENO und OZCAR. Dabei ist es uns wichtig, dass die Konferenzbeiträge ein breites Spektrum an Themen abdecken, nicht nur Hydrologie und Bodenkunde, sondern etwa auch Ökologie und Sozio-Ökologie. Gerade ihre Multidisziplinarität macht die Konferenz so einzigartig.



© FZ Jülich / Raif-Uwe Limbach

## 2. TERENO-OZCAR-KONFERENZ

**25.–28. September 2023 in Bonn**

**Fristen für die Konferenz**

**1.03.–1.06. 2023**

Abstracts einreichen

**15.07.–16.09. 2023**

Anmeldung zur Konferenz (bis 14.08. Frühbucherrabatt)

► [www.tereno-conference2023.de](http://www.tereno-conference2023.de)

## GFZ MIT NEUER LEITUNG

Susanne Buiter ist seit Mai 2022 neue Wissenschaftliche Vorständin am Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ. Die Niederländerin löst Niels Hovius ab, der das GFZ seit November 2020 als kommissarischer Wissenschaftlicher Vorstand geleitet hatte. Buiter ist seit 2020 Professorin für Tektonik und Geodynamik an der RWTH Aachen. Zuvor war sie mehr als ein Jahrzehnt in verschiedenen Positionen beim geologischen Dienst Norwegens NGU tätig.

Für Susanne Buiter ist das Umweltmonitoring einer der Eckpfeiler des GFZ: „Die gemeinsame GRACE-FO-Satelliten-Mission der US-Raumfahrtbehörde NASA und des GFZ zeigt, dass wir gerade das vierte Dürrejahr in fünf Jahren erleben und der Gesamtwasserspeicher Deutschlands die niedrigsten Werte seit 2018 aufweist. Doch wie sich das konkret auf Landschaften auswirkt, können die Schwerefeldmessungen nicht erfassen. Dafür brauchen wir andere Satelliten wie den

deutschen EnMAP-Satelliten, vor allem aber auch regionale Observatorien wie das TERENO-Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“, das am GFZ koordiniert wird. Die Daten zur Vegetation, zum Boden und zu den Austauschprozessen zwischen Boden und Atmosphäre, die wir dort erfassen, können wir mit Flugzeug- und Satelliten-gestützten Informationen aus der Fernerkundung vergleichen.“

► [Mehr zu Susanne Buiter](#)



© Reinhardt&Sommer / GFZ





## WECHSEL NACH DRESDEN

Mehr als zwölf Jahre war Matthias Mauder vom Institut für Meteorologie und Klimaforschung des Karlsruher Instituts für Technologie eine feste Größe im Team des TERENO-Observatoriums „Alpenvorland“. Unter anderem war er an Aufbau und Betrieb der Eddy-Kovarianz-Langzeitmessungen beteiligt sowie im Coordination Team Atmosphäre und im TERENO Scientific Steering Committee aktiv. Nun hat er die Professur für Meteorologie an der Technischen Universität (TU) Dresden übernommen. Dort wird er sich auch weiterhin mit Messungen zum Austausch von Energie, Wasser und Kohlenstoff zwischen Ökosystemen und der Atmosphäre beschäftigen, um Feedbacks zwischen Landnutzung und Klima zu untersuchen. Als Principal Investigator der ICOS-Ecosystem-Standorte der TU Dresden wird er auch weiterhin mit der TERENO-Community eng kooperieren. Wir danken Matthias Mauder für sein unermüdliches Engagement und wünschen ihm weiterhin viel Erfolg.

## NEUE PROFESSUR

Nadine Rühr hat im Juli 2022 die Professur für Klima-Ökophysiologie am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) angetreten. Die Professur wird durch den Impuls- und Vernetzungsfonds unterstützt, mit dem die Helmholtz-Gemeinschaft neue Forschungsthemen, Talente und den Transfer von Forschungsergebnissen in Wirtschaft und Gesellschaft fördert. Zusammen mit ihrer Arbeitsgruppe für Pflanzen-Ökophysiologie am Institut für Meteorologie und Klimaforschung des KIT-Campus Alpin (IMK-IFU) untersucht Nadine Rühr, wie Bäume und Wälder auf den Klimawandel reagieren. Dabei hat sie die direkten und langfristigen Effekte von extremer Dürre und Hitze im Fokus, welche sie mit physiologischen, biogeochemischen und ökologischen Methoden und Modellierungsansätzen erforscht. Ziel ist es, die Rolle der Wälder im Klimawandel besser zu verstehen und somit den Waldumbau klimaresilienter zu gestalten (siehe TERENO-Newsletter 1/2020). Die Forscherin ist außerdem Mitglied des Scientific Steering Committee von TERENO.



► Arbeitsgruppe Pflanzen-Ökophysiologie am IMK-IFU

## 8. GALILEO-KONFERENZ DER EUROPEAN GEOSCIENCES UNION

12. bis 15. Juni 2023 in Neapel, Italien

Seit 2017 organisiert die European Geosciences Union (EGU) die Galileo-Konferenzen. Im Mittelpunkt stehen Austausch und Diskussion zu aktuellen geowissenschaftliche Fragen, daher sind etwa die Hälfte der Konferenzzeit der Debatte und dem Dialog vorbehalten. Rund 100 internationale Expert:innen werden 2023 zur 8. EGU-Galileo-Konferenz erwartet. Das Thema der Veranstaltung, die das Forschungszentrum Jülich mitorganisiert hat, lautet: „A European vision for hydrological observations and experimentation“.

In Europa gibt es zahlreiche nationale, sehr gut ausgestattete hydrologische Observatorien. Dazu zählen etwa die TERENO-Observatorien, aber auch das Hydrologische Observatorium HOBE in Dänemark und das OZCAR-Netzwerk in Frankreich, beides Kooperationspartner von TERENO. Die Einrichtungen könnten als Basis für eine europäische Daten- und Experimentierplattform dienen. Diese Plattform würde die Daten solcher Observatorien für die Forschungsgemeinschaft leicht zugänglich machen. Sie könnte außerdem Modelle und Werkzeuge zur Datenanalyse sowie für hydrologische Vorhersagen anbieten. Ziel der Konferenz ist es, die Vernetzung der bestehenden Observatorien zu verbessern, aber auch die Forschung in solchen Forschungsplattformen und deren Weiterentwicklung zu diskutieren. Folgende Schwerpunktthemen sind vorgesehen:



- innovative geophysikalische Erfassungsmethoden in der hydrologischen und Critical-Zone-Forschung
- hydrologische Überwachung und Modellierung mithilfe von UAS und Satelliten
- von hydro-geophysikalischen Beobachtungen zu Vorhersagen (zum Beispiel Datenassimilation, KI)
- Nutzung der Verfolgung stabiler Isotope zur Unterstützung des Verständnisses hydrologischer Prozesse
- Quantifizierung der Auswirkungen regionaler hydrologischer Veränderungen
- Big Data Science in der hydrologischen Forschung

Weitere Informationen:

► [www.egu-galileo.eu/gc8-hydro](http://www.egu-galileo.eu/gc8-hydro)

## CITIZEN SCIENCE: WENN BÜRGER:INNEN FORSCHEN

Bürgerinnen und Bürger sollen künftig stärker in die Forschung einbezogen werden. Wie das gelingen kann, zeigt die „Citizen-Science-Strategie 2030 für Deutschland“. Bereits heute gibt es zahlreiche Citizen-Science-Projekte, auch in den TERENO-Observatorien.

Ob Insekten zählen, Gewässerproben entnehmen oder Parameter von Böden kontrollieren: Daten sammeln bedeutet viel Aufwand. Nicht immer ist es Forschen möglich, alles das zu erfassen, was eigentlich wünschenswert wäre. Wenn Bürgerinnen und Bürger sich hier engagieren und ehrenamtlich messen, zählen und sammeln, ist das ein wichtiger Beitrag für die Wissenschaft. Seit einigen Jahren werden solche Aktivitäten durch sogenannte Citizen-Science-Projekte gefördert. Die Bundesregierung hat in ihrem Koalitionsvertrag 2021 angekündigt, Citizen Science weiter zu stärken.

### Strategie 2030 vorgestellt

Bei Citizen Science geht es aber nicht nur um Datenerhebung. Bürger:innen könnten künftig zum Beispiel stärker dazu beitragen, Ergebnisse der Forschung bekannter zu machen oder sogar neue Fragestellungen für die Wissenschaft zu entwickeln. Es sei ein wichtiges Ziel von Citizen Science, dass Wissenschaft, Gesellschaft und Politik „gemeinsam wissensbasierte gesellschaftspolitische Lösungen für zentrale Herausforderungen unserer Gesellschaft finden“, so Prof. Aletta Bonn anlässlich der Vorstellung des Weißbuchs „Citizen-Science-Strategie 2030 für Deutschland“ im April 2022 in Berlin. Die Wissenschaftlerin von dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, der Universität Jena und dem Deutschen Zentrum für Integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) ist eine der koordinierenden Leitautor:innen des Weißbuchs.

Die Publikation, die in einem zweijährigen partizipativen Prozess entstand, benennt 94 konkrete Handlungsempfehlungen in 15 Feldern, um Bürgerforschung in Deutschland weiterzuentwickeln und dauerhaft zu verankern. Zu den Feldern gehören etwa Vernetzung und Austausch, eine Anerkennungskultur, die Integration in Bildungs- und Entscheidungsprozesse sowie eine Begleitforschung. Vorgeschlagen wird zum Beispiel ein Social-Impact-Indikator für Citizen-Science-basierte Forschung, der ähnlich wie ein Indikator für wissenschaftliche Publikation zur Reputation einer Einrichtung oder einer Person beitragen könnte.



Bürgerwissenschaftler:innen beobachten die Natur.

## PROJEKTE AN TERENO-STANDORTEN

Im Tagfalter-Monitoring Deutschland (TMD) – einem Gemeinschaftsprojekt vom UFZ und der Gesellschaft für Schmetterlingsschutz (GfS) – erfassen ehrenamtliche Zähler seit 2005 regelmäßig auf über 500 Strecken, sogenannten Transekten, in ganz Deutschland Tagfalter. Einige davon sind eigens in den TERENO-Untersuchungsflächen angelegt worden. Mittlerweile steht ein umfangreicher und aussagekräftiger Datensatz mit über zwei Millionen Einzelbeobachtungen zur Verfügung. Tagfalter gelten als ausgezeichnete Indikatoren für den Status der terrestrischen Biodiversität. „Mit den TMD-Daten sind wir in der Lage, die Bestandsentwicklung vieler Arten zu analysieren und zu interpretieren“, sagt UFZ-Forscher Alexander Harpke.

Das Projekt FLOW ermöglicht es Bürger:innen, Bäche und kleine Flüsse in ihrer Umgebung zu untersuchen, zum Beispiel um Nährstoffkonzentrationen und Sauerstoffgehalt zu messen, Wasserinsekten und Muscheln zu erfassen oder Pestizidkonzentrationen zu bestimmen. Unter den 75 Messstellen sind auch Standorte des TERENO-Observatoriums „Harz/Mitteldeutsches Tiefland“. FLOW ist ein Gemeinschaftsprojekt des UFZ, des Deutschen Zentrums für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) und des Bundes für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND).

Beide Projekte nutzen die neu entwickelte BioMe-Plattform des UFZ als Basis für Webapplikation und Datenportal. Die Projektteilnehmer:innen haben somit die Möglichkeit, ihre Daten online via Webapplikation oder mobiler App zu erfassen, zu archivieren und zu verwalten. Die BioMe-Plattform bietet einen modular angelegten Baukasten für die Datenerfassung, Verwaltung und Visualisierung, um etwa Citizen-Science-Projekte nachhaltig realisieren zu können.

Am Standort Demmin läuft etwa das Vorhaben AgriSens DEMMIN 4.0, in dem die Projektpartner Citizen-Science-Strategien für die Einbindung von Landwirt:innen entwickeln (siehe TERENO-Newsletter 2021-2). Das vom Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungszentrum GFZ koordinierte Projekt möchte es landwirtschaftlichen Betrieben zukünftig ermöglichen, angesichts des Klimawandels nachhaltiger und ressourcenschonender zu arbeiten. Dabei sollen Fernerkundungsdaten helfen, zielgerichtet zu düngen und Pflanzenschutzmittel einzusetzen.

Landwirt:innen sind auch in das Projekt ADAPTER involviert, das das Forschungszentrum Jülich und das Climate Service Center Germany (GERICS) koordinieren. Die Projektpartner entwickeln und stellen innovative Informationsprodukte für eine wetter- und klimaresiliente Landwirtschaft bereit, etwa zum Wasserhaushalt und zum langfristigen regionalen Klimawandel (siehe TERENO-Newsletter 2021-1). Dabei werden mittels Computersimulation tagesaktuelle Vorhersagen erstellt. In die Berechnungen fließen auch Daten aus einem Netz von Bodenfeuchtesensoren ein, das gemeinsam mit Stakeholdern aus der Landwirtschaft konzipiert wurde. Zu den Messstandorten gehören auch Teile des TERENO-Observatoriums „Eifel/Niederrheinische Bucht“.

► Weißbuch „Citizen-Science-Strategie 2030“

► Projekt ADAPTER

► Projekt AgriSens DEMMIN 4.0

► Projekt FLOW

► Projekt Tagfalter-Monitoring Deutschland



Pflanzenwachstum und Wasserbilanzen:

## AUSSAGEKRAFT VON MODELLEN VERBESSERN

Modelle für das Pflanzenwachstum werden auch eingesetzt, um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenproduktion und die ökologischen Stoffbilanzen an einem Standort vorherzusagen. Doch die Aussagekraft lokal kalibrierter Modelle zur gekoppelten Prognose der beiden Faktoren unter veränderten Klimabedingungen ist kaum erforscht. Mithilfe von TERENO-Daten hat ein internationales Team dies nun getestet.

Oftmals werden Modelle für das Pflanzenwachstum anhand von Boden- und Umweltdaten eines Standorts kalibriert. Dabei wird überprüft, wie weit die Modellberechnungen von gemessenen Werten abweichen. Der Nachteil dieser Vorgehensweise: Ein auf diese Weise kalibriertes Modell kann nur für Standorte mit ähnlichen Klimabedingungen eingesetzt werden. Zudem orientierten sich bisherige Modellvergleiche meist nur am Pflanzenwachstum, obwohl bei Klimaänderungen immer auch die Wasser- und Stoffbilanzen in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften beeinflusst werden. Ein internationales Team hat nun elf verschiedene Modelle unter Berücksichtigung dieser Aspekte verglichen.

Dazu haben die Forschenden Daten des Lysimeternetzwerks TERENO-SOILCan

verwendet. In dem Netzwerk wurden Lysimeter mit intakten Bodenmonolithen von einem Standort an einen anderen verlegt, um die Auswirkungen des Klimawandels zu simulieren. Unter anderem wurden Monolithe vom Standort Dedelow in das wärmere und feuchtere Selhausen sowie in das wärmere und trockenere Bad Lauchstädt verlagert. „Wir haben die Modelle mit den Daten von Dedelow kalibriert, anschließend mit den klimatischen Randbedingungen des jeweils neuen Standorts laufen lassen und dann mit agronomischen und umweltbezogenen Messergebnissen verglichen“, berichtet Dr. Jannis Groh von der Universität Bonn. Das Ergebnis: Während die Modelle für Bad Lauchstädt gut passende Vorhersagen berechneten, konnten sie für Selhausen keine zufriedenstellenden Prognosen für agronomische Messdaten (d.h. Ertrag) liefern.

Zwei Effekte kommen als Ursache in Frage: „Zum einen liegen die Klimabedingungen in Selhausen außerhalb des Bereiches der Daten aus Dedelow, zum anderen berücksichtigen die Modelle nicht ausreichend bestimmte Boden- und Pflanzenprozesse, die unter anderen Klimabedingungen aber relevant sein können, etwa Hitzestress“, sagt Groh. Daher sollten bei künftigen Simulationen bodenbezogene Daten stärker berücksichtigt werden, also etwa Wasserflüsse und Systemzustände. Diese seien der Schlüssel, um die Vorhersagekraft der Modelle zu verbessern.

**Jannis Groh et al. (2022).** *Same soil, different climate: Crop model intercomparison on translocated lysimeters.* Vadose Zone Journal, Volume 21, Issue 4.

▶ DOI: [10.1002/vzj2.20202](https://doi.org/10.1002/vzj2.20202)

## BLAUALGEN ALS KLIMAMARKER

Eine wichtige Aufgabe der Klimaforschung ist es festzustellen, ob Klimaveränderungen vom Menschen verursacht wurden oder natürliche Schwankungen sind. Dr. Ebuka Nwosu vom Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ hat in seiner Dissertation nachgewiesen, dass sich Cyanobakterien – auch Blaualgen genannt – dafür als Marker eignen. Bei seinen Untersuchungen im Tiefen See in Mecklenburg-Vorpommern, einem Standort im TERENO-Observatorium „Nordostdeutsches Tiefland“, hat er auf Basis seiner Erkenntnisse eine weitere interessante Entdeckung gemacht: „Der Mensch hat das Seeökosystem nicht nur in den letzten zwei Jahrhunderten seit der Industrialisierung verändert, sondern bereits mehrere Jahrtausende zuvor“, sagt der aus Nigeria stammende Forscher.

Cyanobakterien sind die ältesten bekannten Organismen, die Photosynthese betreiben. Steigt die Wassertemperatur beziehungsweise stehen mehr Nährstoffe zur Verfügung, vermehren sie sich. Eine hohe Menge Blaualgen kann jedoch die Wasserqualität verschlechtern. Einige Stämme sind sogar für Menschen und Tiere schädlich. Nwosu und seine Kolleginnen und Kollegen sammelten Proben mit Cyanobakterien aus verschiedenen Stellen des Tiefen Sees – aus Sedimentbohrkernen, die aus 11 Metern Sedimenttiefe aus dem Tiefsten des Sees stammen, aus Sedimentfallen, die zwischen Boden und Wasseroberfläche Sedimentfracht sammeln, und aus Wasserproben. Sedimente sind wertvolle Klimaarchive, denn die darin enthaltenen Bestandteile können Jahrtausende alt sein.



Ebuka Nwosu bei der Probenahme am Tiefen See

Die GFZ-Forscher:innen führten mit ihren Proben mikrobiologische und geochemische Analysen durch, ermittelten Alter, Anzahl und Zusammensetzung der gefundenen Cyanobakterien und kombinierten ihre Ergebnisse mit archäologischen, klimahistorischen und limnologischen Daten. „Wir konnten anhand der DNA der Cyanobakterien feststellen, dass die Bakterienpopulationen in den letzten 11.000 Jahren unterschiedliche Cluster bildeten – und zwar abhängig von Klimaänderungen und von Phasen intensiven menschlichen Einflusses. Dabei hat der Mensch nicht nur auf die Zusammensetzung der Populationen eingewirkt: Je größer sein Einfluss, desto mehr Cyanobakterien“, fasst Nwosu zusammen.

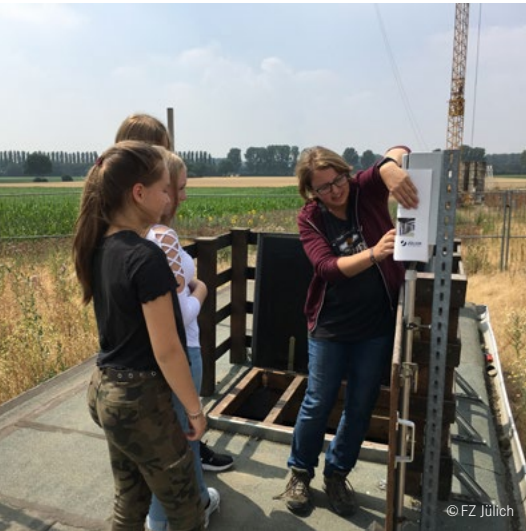
**Ebuka Nwosu. (2022).** *Sedimentary DNA-based reconstruction of cyanobacterial communities from Lake Tiefer See, NE Germany, for the last 11,000 years.*

▶ DOI: [10.25932/publishup-56359](https://doi.org/10.25932/publishup-56359)

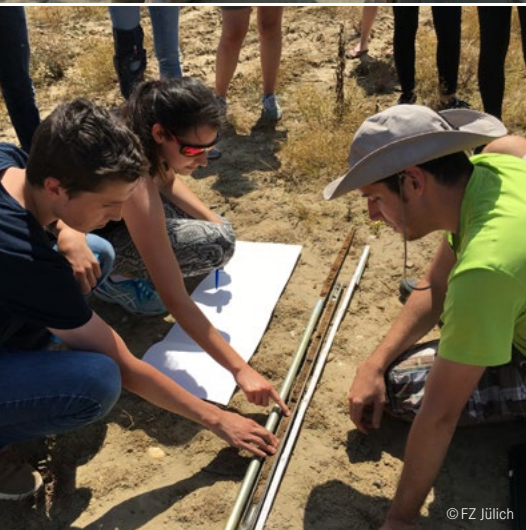


## VON DER SCHULBANK INS LABOR (II)

Die Welt der Wissenschaft entdecken, selbst experimentieren oder gar forschen – in Deutschland gibt es zahlreiche Angebote, um die Jugend für Wissenschaft zu begeistern. Die Palette reicht von Wettbewerben wie „Jugend forscht“ über ein Schnupperstudium an einer Uni bis hin zu Schülerlaboren. Auch die an TERENO beteiligten Helmholtz-Zentren haben regelmäßig Schüler:innen zu Gast.



© FZ Jülich



© FZ Jülich



© FZ Jülich

Schüler:innen bei der Exkursion zum TERENO-Standort Selhausen

Das Schülerlabor JuLab ist seit 2005 eine feste Größe am Forschungszentrum Jülich – hier können Schulklassen und Kurse abseits des normalen Schulunterrichts durch eigene Experimente ihr Wissen in einem der Themenfelder des Forschungszentrums vertiefen und selbst Laborluft schnuppern. Für besonders interessierte Kinder und Jugendliche gibt es außerdem mehrtägige Angebote in den Ferien.

Auch am Institut für Bio- und Geowissenschaften, Bereich Agrosphäre laufen die meisten Schulkooperationen über diese Einrichtung. Klassen, die am JuLab das Thema Boden bearbeiten, lernen bei Institutsbesuchen zum Beispiel Messmethoden kennen, die an TERENO-Standorten verwendet werden, um etwa die Bodenatmung oder den Blattflächenindex zu erfassen. In interaktiven Sitzungen bekommen die Schüler:innen Einblick in die Rolle dieser Parameter im globalen Stoff- und Klimahaushalt. Auch Lehrkräfte und andere Pädagog:innen – auch aus Kindergärten – haben sich im JuLab schon fortgebildet und mit Wissenschaftler:innen diskutiert, wie Erkenntnisse der Umweltforschung altersgerecht umgesetzt werden können.

Einmal im Jahr, zu Beginn der Sommerferien, steht ein Besuch in Selhausen an: Schüler:innen, die sich für das Berufsfeld Biologie interessieren, machen dann während ihres einwöchigen Berufsfundungspraktikums eine Exkursion zu den TERENO-Standorten. Wer ein mehrwöchiges Praktikum am Institut absolviert, darf sogar bei Wartungsarbeiten und Probenahmen an TERENO-Standorten mithelfen. Interessierte können außerdem bei den Girls- und Boysdays bis zu drei Tage am Institut hospitieren.

Die meisten dieser Aktivitäten wurden während der Pandemie vorübergehend zurückgefahren. Doch das JuLab und auch die Schulen selbst haben immer wieder Ideen für neue Formate: So stand Institutsdirektor Prof. Harry Vereecken einem engagierten Projektkurs der gymnasialen Oberstufe zum Thema „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ in einem online-Interview zur Verfügung. Eines der Ergebnisse, die die Oberstufenschüler:innen erarbeiten wollen: ein neuer Experimentierkoffer für Unterstufenschüler:innen zum Thema Boden im Kontext der Nachhaltigkeit.

### In Kampagnen eingebunden

Auch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) bietet an verschiedenen Standorten Schülerlabore an – auch in Neustrelitz, zu dem der TERENO-Standort Demmin gehört. In den DLR\_School\_Labs lernen Kinder und Jugendliche unmittelbar am Experiment aktuelle Wissenschaftsprojekte der DLR-Institute kennen. Eines der Themen in Neustrelitz ist die Erforschung des Klimawandels und seiner Folgen auf regionaler Skala. Konkret geht es um die Erfassung von geo-bio-wissenschaftlichen Daten, die notwendig sind, um die Folgen des Klimawandels zum einen zu erfassen und zum anderen zu verstehen.

„Um Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe zu verdeutlichen, was das bedeutet, binden wir sie in Feldkampagnen ein, die wir jährlich in Demmin durchführen“, sagt Prof. Erik Borg vom Standort Neustrelitz des Earth Observation Center im DLR. Bei diesen Feldkampagnen werden Fernerkundungsdaten und -datenprodukte kalibriert und validiert. Beispielsweise wird geprüft, inwieweit von Satellitensensoren gesammelte Informationen mit Messdaten am Boden übereinstimmen. „In Einführungsvorträgen bringen beteiligte Wissenschaftler:innen und Wissenschaftler den Schülerinnen und Schülern sowie ihren Lehrkräften Motivation, Durchführung und Dokumentation von In-situ-Kampagnen nahe“, so Erik Borg.

Darüber hinaus lernen die Schüler:innen den Umgang mit gemessenen Datenzeitreihen, zum Beispiel, welche Herausforderungen sich im Umgang mit Messdaten ergeben können und was man beachten muss, um Daten korrekt zu interpretieren. Da das DLR die Kampagnen in Kooperation mit der Hochschule Neubrandenburg durchführt, haben die Schüler:innen zudem die Möglichkeit, sich mit an den Kampagnen beteiligten Student:innen auszutauschen und so einen Einblick in studentische Forschungsarbeit zu gewinnen.

▶ [JuLab – Schülerlabor des Forschungszentrums Jülich](#)

▶ [DLR\\_School\\_Lab Neustrelitz](#)



18 Jahre lang leitete Georg Teutsch das UFZ.

## GEORG TEUTSCH VERABSCHIEDET

Am 1. Juli 2022 endete die Amtszeit von Prof. Georg Teutsch als Wissenschaftlicher Geschäftsführer des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ, sein Nachfolger ist Prof. Rolf Altenburger. 18 Jahre leitete der Geohydrologe Georg Teutsch das UFZ und hat während dieser Zeit auch die Entwicklung von TERENO entscheidend mitgeprägt. Als einer der Gründungsväter der TERENO-Idee unterstützte er den Auf- und Ausbau der Initiative seit 2007 mit großem Engagement. Die positive Entwicklung von TERENO als Netzwerk sowie des UFZ-TERENO-Standortes „Harz/Mitteldeutsches Tiefland“ trägt auch seine Handschrift.

Georg Teutsch begann seine berufliche Karriere 1976 mit dem Geologiestudium an der Universität Tübingen. Seinen Master machte er an der University of Birmingham in Großbritannien. Nach einem zweijährigen Zwischenstopp als wissenschaftlicher Assistent an der Universität Tübingen nahm er von 1982 bis 1983 eine Stelle als Hydrogeologe beim Ministerium für Landwirtschaft und Wasser in Saudi-Arabien an. Danach kehrte er nach Tübingen zurück, schrieb seine Doktorarbeit, ging an die Universität Stuttgart und entschied sich dann, wieder nach Tübingen zu gehen. Dort war er bis 2003 Direktor des Zentrums für Angewandte Geowissenschaften (ZAG). Im Jahr 2004 übernahm er dann die Wissenschaftliche Geschäftsführung des UFZ.

In dieser Funktion half er maßgeblich mit, TERENO aus der Taufe zu heben und über

die Jahre hinweg wissenschaftsstrategisch zu unterstützen. Hintergrund dieses, auch persönlichen, Engagements war die tiefe Überzeugung, dass eine enge Verknüpfung von Modellierung und Observation eine der entscheidenden Voraussetzungen ist, um die Umweltwissenschaft für aktuelle und kommende Herausforderungen fit zu machen. Gefragt nach der Bedeutung von TERENO für die deutsche Wasserforschung, beschrieb er diese in einem Interview für den TERENO-Newsletter 2011/2 so: „TERENO spielt eine sehr wichtige Rolle. Zum einen kann man komplexe Systeme nicht allein theoretisch oder mit ein paar vereinfachten Laborexperimenten verstehen. Dazu braucht man Feldstandorte, die instrumentell entsprechend hochgerüstet sind und so die notwendige Informationsredundanz zur Prozess- und Parameteridentifikation schaffen. Hinzu kommt, dass wir zunehmend gefordert sind, die im Detail verstandenen Prozesszusammenhänge auf große Maßstäbe, zum Beispiel Einzugsgebiet oder Flussgebiet, zu übertragen. Die dabei zur Regionalisierung benutzten Methoden, die stets die Notwendigkeit der intelligenten Vereinfachung beinhalten, können nur an realen Teststandorten, wie sie TERENO zur Verfügung stellt, verifiziert werden.“

TERENO möchte Georg Teutsch an dieser Stelle für die vielen Jahre fruchtbarer und erfolgreicher Zusammenarbeit und seine herausragende Unterstützung danken und ihm für die nun kommenden Projekte alles erdenklich Gute wünschen.

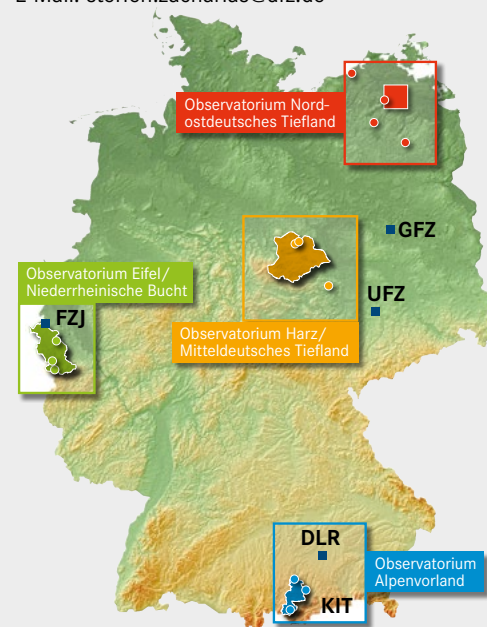
## KONTAKT | KOORDINATION

**Dr. Heye Bogena**  
Institut Agrosphäre (IBG-3)  
Forschungszentrum Jülich  
Tel.: 0 24 61/61-67 52  
E-Mail: h.bogena@fz-juelich.de

**Dr. Ralf Kiese**  
Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-IFU)  
Karlsruher Institut für Technologie  
Tel.: 0 88 21/1 83-1 53  
E-Mail: ralf.kiese@kit.edu

**Dr. Markus Schwab**  
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ  
Tel.: 03 31/2 88 1388  
E-Mail: markus.schwab@gfz-potsdam.de

**Dr. Steffen Zacharias**  
Department Monitoring- und Erkundungstechnologien  
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ  
Tel.: 03 41/2 35-13 81  
E-Mail: steffen.zacharias@ufz.de



**FZJ** Forschungszentrum Jülich  
(Koordination)

**DLR** Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

**KIT** Karlsruher Institut für Technologie

**UFZ** Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung

**GFZ** Helmholtz-Zentrum Potsdam –  
Deutsches GeoForschungsZentrum

## IMPRESSUM

**Herausgeber:** TERENO  
**Redaktion:** Christian Hohlfeld  
**Text:** Christian Hohlfeld  
**Grafik und Layout:** Bosse und Meinhard  
Wissenschaftskommunikation