

# „Ich wünsche mir, dass sich junge Menschen in den Suchprozess einbringen“



**Fridays for Future und Forschende zum Thema Endlagersuche sind sich in vielen Dingen einig: Josef Zens (am Kopfende) im Gespräch mit Anna Ducksch und Simon Jüngling (vorne) sowie Sophia Morawietz und Dr. Moritz Ziegler (hinten).**

**Josef (Zens, GFZ):** Zum Aufwärmen: Könnt ihr kurz erklären, was euch bewegt hat, euch jeweils zu engagieren?

**Anna (FFF):** Als sich die Bewegung Fridays for Future 2018 gegründet hatte, fing ich an, mich genauer mit dem Thema Klima zu befassen. Ich habe mich eingelesen, und da wurde mir erst klar, wie dramatisch die Klimakrise tatsächlich ist.

**Simon (FFF):** Das ging mir ähnlich. Potsdam bietet ja beste Voraussetzungen dafür, mit Wissenschaftler\*innen ins Gespräch zu kommen, die zum Klima forschen. Mir ging es wie Anna, das Wissen hat sich übersetzt in Angstgefühle.

**Anna (FFF):** Anstatt in der Angst zu verharren, wollten wir uns engagieren, etwas bewegen und dafür auf die Straße gehen, dass sich in der Gesellschaft etwas ändert.

**Moritz (DD):** Mein Engagement kommt jetzt nicht unbedingt aus der Angst heraus. Ich war öfter auf Konferenzen und Seminaren zu meinem Fach. Dabei ist mir aufgefallen, dass man sich als junger Mensch meistens an den älteren Forschenden

orientiert und überlegt, ob das, was man sagt, gut ankommt. Und dann gab es ein Schlüsselerlebnis, als ich bei einem Treffen nur mit annähernd Gleichaltrigen zusammen war. Ich habe gemerkt, wie toll es ist, ausschließlich auf Augenhöhe zu reden. Das wollte ich fortsetzen. Und so kamen Sophia und ich auf die Idee, eine Tagung anzubieten speziell für junge Leute, die wie wir selbst zum Thema Endlager forschen.

**Sophia (DD):** Blöd nur, dass wir mit unserer Idee der Decay Days zwei Monate vor Corona landeten. Und jetzt sind wir beide in Elternzeit.

**JZ (GFZ):** Warum der Name Decay Days?

**Sophia (DD):** Das ist eine Anspielung auf den radioaktiven Zerfall, auf Englisch Decay, und gleichzeitig Akronym für DEep GeologiCAI RepositorY, also Endlager. Wir wollten uns mit so einem Nachwuchstreffen gerade auch international vernetzen. Dieser Austausch fehlte uns bei den bisherigen Formaten. Rein von der europäischen Gesetzgebung ist die Endlagersuche in jedem Land individuell geregelt.

**JZ (GFZ):** Ich könnte mir vorstellen, dass man bei einer Party auf Wohlwollen stößt, wenn man sich als Mitglied der Fridays for Future zu erkennen gibt. Aber mit Endlagerforschung ...

**Moritz (DD):** Naja, das Zeug ist da, jetzt muss es halt weg. Und wir forschen, damit es am sichersten verwahrt wird. Klar gucken einen die Leute schon mal komisch an, wenn man erzählt, was man macht. Aber wenn ich erkläre, wieso, dann finden es die meisten gut.

**JZ (GFZ):** Wie ist das bei Fridays for Future: Spielen Atomenergie und Endlagerung eine Rolle in euren Debatten?

**Simon (FFF):** Nein, der Fokus liegt klar auf den erneuerbaren Energien. Ich selbst habe mich erst einmal zur Endlagerung informieren müssen für das heutige Gespräch. Kernenergie wird auch in der Klimabewegung kontrovers diskutiert, aber eher nachrangig.

**Anna (FFF):** Bei uns geht es in erster Linie um Klima und um Klimagerechtigkeit. Atomenergie kommt höchstens dann ins Spiel, wenn es um den Vergleich von Emissionen geht. Wo ich eine Verbindung sehe, ist die Frage nach Gerechtigkeit, wenn es um Standortauswahl für ein Endlager geht.

**JZ (GFZ):** Würdet ihr es akzeptieren, wenn ein Endlager in die Nähe eures Wohnortes kommen sollte?

**Anna (FFF):** Wenn das das Ergebnis der wissenschaftlichen Suche und der demokratischen Debatte ist, ja.

**Simon (FFF):** Ja.

**Sophia (DD):** Das ist interessant, was ihr sagt. Das deckt sich mit meinen Erfahrungen bei den bisherigen Beteiligungsformaten in der Endlagersuche. Junge Menschen scheinen eher in den Prozess zu vertrauen als ältere.

**JZ (GFZ):** Hast du eine Erklärung dafür?

**EIN EXPERIMENT:** Vier junge Menschen unterhalten sich über ihr jeweiliges Engagement. Zwei sind bei den Fridays for Future in Potsdam aktiv, die anderen beiden sind Nachwuchsforschende am Deutschen GeoForschungsZentrum GFZ und organisieren zudem vom Potsdamer Telegrafenberg aus Treffen – die Decay Days – für Nachwuchsforschende, die zum Thema Endlagersuche arbeiten. Beide Themen haben viel gemeinsam: Klimaschutz wird kontrovers und bisweilen hoch emotional diskutiert, das gilt auch für das Thema Endlagersuche. Beide Themen sind mit Ängsten verbunden. Und beide Themen betreffen vor allem nachfolgende Generationen.

Was wissen die einen von den anderen? Warum engagieren sie sich? Interessieren sie sich für das jeweils andere Thema?

Wir einigen uns für das Interview auf das kollegiale Du. Um das Lesen zu erleichtern, stellen wir hinter die Namen die Zugehörigkeit in Klammern (Fridays for Future, kurz FFF, und Decay Days, abgekürzt DD).

**Sophia (DD):** Ich habe den Eindruck, dass bei den Diskussionsveranstaltungen viele ältere Menschen dabei sind, die gegen Gorleben und CASTOR-Transporte demonstriert haben und

die ihr Erbe gefährdet sehen. Damals lief ja auch einiges falsch, sodass an vielen Stellen eine Vertrauensbasis fehlt. Die Jungen wollen harte Fakten, am besten eine Zusammenstellung mit Fragen und Antworten, und dann möglichst schnell in die Umsetzung.

**Simon (FFF):** Dabei könnten wir eine Linie ziehen zwischen den Anti-Atom-Demos der letzten Jahrzehnte und den Fridays for Future. Die Belange der Umweltbewegung haben sich verändert und doch verstehe ich uns als eine Art Nachfahren der damaligen Proteste. Deren Fokus auf Kernenergie statt fossiler Energie sehe ich heute aber sehr kritisch.

**JZ (GFZ):** Das erklärt aber noch nicht den Unterschied beim Vertrauen in den politischen Prozess.

**Anna (FFF):** Ich habe den Eindruck, die Stimmen der Bürger\*innen werden in diesem Prozess gehört und die Bedenken finden Raum.

**Moritz (DD):** Das ist auch meine Erfahrung. Ich finde das Konzept hinter dem Suchprozess gut, ob es wirklich so umgesetzt wird, muss sich noch zeigen.



Anna J. Ducksch und Simon Jüngling engagieren sich in der Fridays-for-Future-Ortsgruppe Potsdam.

*Sophia Morawietz und Dr. Moritz Ziegler sind Nachwuchsforschende in der GFZ-Sektion 2.6 Erdbebengefährdung und dynamische Risiken.*



**Anna (FFF):** Ein Unterschied ist auch, dass die Klimakrise akuter ist und ein weltweites Risiko birgt. Wir haben wirklich Angst davor, was passiert, wenn Kipppunkte erreicht und überschritten werden.

**JZ (GFZ):** Es ist also das Klimarisiko der Zukunft, das euch bei den „Fridays“ Angst macht und emotionalisiert ...

**Anna und Simon (FFF):** Ja, genau ...

**Sophia und Moritz (DD):** Uns auch! (Sophia: So alt sind wir nun auch nicht.)

*\*Alle lachen\**

**JZ (GFZ):** ... und wovor habt ihr konkret Angst?

**Anna (FFF):** Einerseits ist da die Ungewissheit vor dem, was kommt. Und dann zugleich das Tempo und die Wucht, mit der Szenarien aus der Klimaforschung immer schneller Wirklichkeit werden.

**Simon (FFF):** Hinzu kommt, dass die Veränderung, die wir jetzt erleben, das Ergebnis dessen ist, was wir vor Jahrzehnten in die Atmosphäre gepustet haben. Wir wissen, dass unsere heutigen Emissionen erst in zehn bis dreißig Jahren ihren vollen Effekt entfalten werden. Das vorherrschende Gefühl ist: Es wird noch schlimmer.

**Moritz (DD):** Ich hab' vor meinem inneren Auge den Westantarktischen Eisschild, der ja bereits als destabilisiert gilt. Den sehe ich ins Meer rutschen ...

**Sophia (DD):** Man muss gar nicht auf Ereignisse weit weg schauen, um Angst zu bekommen oder betroffen zu sein. Hitzewellen, Dürren, die Flut im Ahrtal: All das trifft einen persönlich. Die Auswirkungen der Klimakrise werden direkt spürbar.

**Simon (FFF):** Eigentlich müsste die Wissenschaft doch jeden Monat einmal auf den Tisch hauen und auf die Klimakrise aufmerksam machen.

**JZ (GFZ):** Das tut eine ganze Reihe von Forschenden seit Jahrzehnten. Viele sind dafür massiv in den Medien angefeindet worden, bis hin zu Anspielungen auf die Nazi-Zeit. Ihr kennt doch sicher die Vorwürfe der „Öko-Diktatur“.

**Simon (FFF):** Und doch bleibt Kommunikation aus der Wissenschaft absolut wichtig. Schweigen in der öffentlichen Diskussion kann doch keine Option sein, sonst schweigen wir uns in die Katastrophe. Ich sehe da auch den Journalismus in der Pflicht. Wir brauchen Journalismus, der sich mit Wissenschaft auskennt.

**Sophia (DD):** Mai Thi [Nguyen-Kim] ist da ein gutes Beispiel. Die ist Wissenschaftlerin und erreicht jetzt ein Millionenpublikum. So was wünsche ich mir viel mehr, gerade auch im öffentlich-rechtlichen Rundfunk. Die Medien sollten ein Basiswissen schaffen, damit informiert diskutiert werden kann.

**JZ (GFZ):** Nicht alle haben so ein Talent wie Mai Thi.

**Simon (FFF):** Aber Wissenschaft darf nicht einfach bei der Publikation einer Studie aufhören. Die Ergebnisse müssen verständlich gemacht werden, ich würde sogar sagen, mindestens auf zwei Arten – einmal für Wissenschaftsjournalist\*innen und fachlich tiefer Interessierte, einmal so, dass es auch Kinder verstehen. Wie soll denn sonst Vertrauen in die Wissenschaft wachsen?

**Moritz (DD):** Wobei ich davor warnen möchte, der Wissenschaft blind zu vertrauen. Es ist sehr wichtig, die Ergebnisse der Forschung immer wieder zu hinterfragen und neue Erkenntnisse zu berücksichtigen. Das haben wir bei Corona gut gesehen. Alle haben dazugelernt.



Simon Jüngling, Sophia Morawietz, Anna J. Ducksch und Dr. Moritz Ziegler (v. links nach rechts)

**JZ (GFZ):** Wie ist das bei den Beteiligungsformaten bei der Endlagersuche, werden da Forschungsergebnisse hinterfragt?

**Sophia (DD):** Nein, da geht es weniger um ein Vertrauen oder Nicht-Vertrauen in die Wissenschaft und deren Ergebnisse, sondern eher um ein Nicht-Vertrauen in den politischen Prozess und die Institutionen. Da wird manchmal erbittert diskutiert.

**Moritz (DD):** Stimmt. Wir als Wissenschaft sind da eigentlich fein raus, denn die Zweifel richten sich gegen die Politik und das Verfahren als solches. Ich finde das schade, denn es wäre spannend, mit der Bevölkerung über Forschungsergebnisse zu diskutieren.

**JZ:** Wie schätzt ihr das Verfahren ein?

**Sophia (DD):** Der Anspruch an den Suchprozess ist, dass er so solide konzipiert ist, dass er nicht von einigen wenigen Menschen torpediert werden kann. Es ist als selbsthinterfragend und lernend angelegt. Das finde ich gut.

**Anna (FFF):** Und wer beteiligt sich daran? Überwiegend die, die ein Endlager blöd finden?

**Sophia (DD):** Das würde ich nicht sagen. Es besteht ja ein Grundkonsens, dass man ein Endlager braucht. Da gibt es höchstens mal Einzelstimmen, die grundsätzlich dagegen sind.

**Moritz (DD):** Am Anfang konnte man schon den Eindruck haben, dass vor allem alteingesessene Bürgerinitiativen Leute entsenden.

**Sophia (DD):** Inzwischen empfinde ich das anders. Nach dem ersten Zwischenbericht beteiligen sich zunehmend Kommunalvertreter\*innen, ich erinnere mich an eine Bürgermeisterin, die mitdiskutierte, aber auch viele andere. Es ist jetzt ein gewisses Betroffenheitslevel erreicht.

**Simon (FFF):** Was ich da aber fürchte, ist eine Haltung „Endlager ja, nur nicht bei mir“, das „Not-in-my-backyard-thinking“, wie ich es bei Windkraftanlagen erlebe, so eine Anti-Haltung.

**JZ (GFZ):** Seid ihr deshalb bei den Fridays for Future nicht „against“ und „anti“, sondern „for“?

**Anna (FFF):** Moment! Wir sind schon Anti-Kohle ...

**Simon (FFF):** ... und Anti-SUV.

**Anna (FFF):** Aber es stimmt, das „for“ in „Fridays for Future“ ist wichtig. Wir sind vor allem für Klimagerechtigkeit. Für eine Verkehrswende. Wir wollen uns „für“ etwas engagieren, nicht dagegen.

**Sophia (DD):** Da sind wir wieder bei den unterschiedlichen Generationen und Sichtweisen. In der Endlagersuche geht es ja um ein Bauwerk, das uns persönlich nicht oder kaum mehr betreffen wird, sondern die nachfolgenden Generationen. Insofern wünsche ich mir sehr, dass sich die jungen Menschen in den Prozess der Suche einbringen.

**Simon (FFF):** Ich habe da ein Vertrauen in den Prozess und wünsche mir hier einen starken Staat. Ich weiß, das klingt komisch, aber ich denke, die Fridays for Future und mit ihnen viele andere wünschen sich in Klimafragen einen starken Staat.

**Anna (FFF):** Ja, genau, und weniger Lobbyismus, wie wir ihn bei der Kohle erlebt haben.

*Das Interview führte Josef Zens (GFZ). ■*

(alle Fotos: Reinhardt & Sommer)

# Wir werden den Dialog suchen

von Oliver Heidbach, Michael Kühn, Leni Scheck-Wenderoth und Josef Zens

Atom­müll ist uns unheimlich. Der nukleare Abfall macht uns Angst. Zudem gehören wütende Demonstrationen gegen Wiederaufbereitungsanlagen, gegen CASTOR-Transporte und gegen eine unterirdische Endlagerung zum kulturellen Gedächtnis in Deutschland. Aber, wie es ein junger Forscher aus dem GFZ salopp ausdrückte: „Das Zeug ist da – und jetzt muss es weg.“

Nur wohin damit? Wohin mit einer strahlenden Altlast, die über Hunderttausende von Jahren lebensgefährlich bleiben wird? Diese Frage können weder „die Politik“ noch „die Wissenschaft“ allein beantworten. Vielmehr müssen Politik, Wissenschaft und Bewohnerinnen und Bewohner in Regionen, die für einen Endlagerstandort in Frage kommen, in einen Dialog eintreten und ein Ergebnis aushandeln. Die deutsche Politik hat hierfür ein weltweit einmaliges Verfahren auf den Weg gebracht, das diesen Prozess ermöglichen soll – und auf dem Weg zu einer Lösung auch Raum bietet für Nachjustierungen. Klar ist: Der Untergrund ist die beste aller Optionen. Und ebenfalls klar ist: Wir müssen uns als Land der Verantwortung stellen und können den Müll nicht einfach exportieren. Also müssen wir einen Standort finden.

Der naturwissenschaftliche Teil der Suche ist für sich genommen bereits eine enorme Herausforderung. Geowissenschaften müssen sich mit ihren Teildisziplinen der Geologie, Geophysik und Geochemie der Aufgabe stellen, einen Ort im Untergrund zu identifizieren, der für eine Million Jahre Sicherheit gewährleistet. In diesem für Menschen unvorstellbaren Zeitraum wird sich die Landschaft im heutigen Deutschland massiv verändern, so wie sie das auch in den letzten eine Million Jahren getan hat. Das können wir

uns aus der jüngsten Erdgeschichte und aus historischen Aufzeichnungen erschließen. Es ist 12 000 Jahre her, dass in der Eifel ein Vulkan ausbrach – ungefähr so stark wie der Pinatubo. Noch nicht einmal 300 Jahre ist es her, dass ein Erdbeben der Stärke 6,4 die Gegend um Düren im heutigen Nordrhein-Westfalen erschütterte.

**„Das Zeug ist da – und jetzt muss es weg.“**

Das heißt, in den kommenden tausend Jahrtausenden wird es schwere Erschütterungen geben, vielleicht bricht ein Vulkan aus und ziemlich sicher kommt eine neue Eiszeit. Zuvor jedoch wird der Meeresspiegel weiter steigen und die Inseln im Wattenmeer überfluten. Das Land wird sich immer noch dort heben, wovon rund 20 000 Jahren ein kilometerdicker Eispanzer die Erdkruste mehrere hundert Meter tief eingedellt hatte. Und die Plattentektonik deformiert die Erdkruste und wird unsere Landschaft, wenn auch langsam, verändern.

Derlei Szenarien müssen mit unserem heutigen Wissen über die geologische Entstehung und Beschaffenheit des Untergrunds kombiniert werden. Dazu brauchen wir Bohrungen, um die Gesteine und deren geochemische Eigenschaften direkt zu charakterisieren. Wir werden geophysikalische Signale auswerten, um daraus indirekt eine Art „Ultraschallaufnahme des Untergrunds“ zu erstellen und wir werden mit allen

verfügbaren Daten unsere Modelle anwenden, erweitern und verbessern. Wir kooperieren dazu mit Einrichtungen auf der ganzen Welt, um die drei für Deutschland infrage kommenden Wirtsgesteine so genau wie irgend möglich zu erforschen: In Deutschland wissen wir bereits sehr viel über Steinsalz, aus der Schweiz kommen Ergebnisse zu Tonstein und aus Skandinavien zum Kristallin.

Es sind nicht einmal mehr zehn Jahre bis zur geplanten endgültigen Standortentscheidung. Bis dahin ist es die Aufgabe der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE), aus den vorhandenen Daten der geologischen Dienste der Bundesländer, der Bundesbehörden und der Forschungseinrichtungen die Gebiete in Deutschland mit einer günstigen geologischen Gesamtsituation für die Errichtung eines Endlagers immer weiter einzugrenzen und immer genauer auf ihre Eignung zu prüfen. Momentan steht fest, dass rund die Hälfte unseres Landes nicht geeignet ist, einen Endlagerstandort aufzunehmen.

Auf dem Weg des Standortauswahlverfahrens müssen die Akteurinnen und Akteure mit den Aufsichtsbehörden, der Wissenschaft und der Öffentlichkeit darüber sprechen, mit welchen Methoden und aus welchen Gründen Gebiete ausgeschlossen oder ausgewählt werden. Wir werden zumindest von unserer Seite aktiv in den Dialog mit Bürgerinnen und Bürgern eintreten, um sie über die Forschungsfragen und unsere Antworten ebenso zu informieren wie über die Grenzen unseres Wissens. Wir verstehen uns als Teil dieses einmaligen Prozesses der Standortsuche und als Mitglieder der Gesellschaft, die den Atom­müll erzeugt hat. ■

**Kontakt:**  
[endlagerforschung@gfz-potsdam.de](mailto:endlagerforschung@gfz-potsdam.de)

# Forschungslandschaft Endlager



[stock.adobe.com](https://www.adobe.com/stock)

Verglichen mit der Situation in anderen Ländern ist die Forschungslandschaft zur „Endlagerproblematik“ in Deutschland komplex. Auf Bundesebene sind drei Ministerien für die Forschung zur nuklearen Entsorgung zuständig: Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV). Beim BMUV sind die beiden Hauptakteure bei der Standortsuche für ein Endlager angesiedelt. Dies sind die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) mit dem Auftrag, den bestmöglichen Standort zu suchen und das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE), um die Ergebnisse der BGE zu prüfen. Beide Einrichtungen entwickeln zur Erfüllung ihrer Aufgaben Forschungsprogramme mit direktem Bezug zum jeweiligen Aufgabenbereich. Diese führen sie z. T. selbst durch oder geben sie in Auftrag.

Das BMWK fördert Forschungsvorhaben im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms zu Themen der nuklearen Entsorgung. Dies umfasst insbesondere die „anwendungsorientierte Grundlagenforschung“, hat aber auch das explizite Ziel der Nachwuchsförderung

im Sinne der von der Bundesregierung als notwendig erachteten Kompetenzentwicklung in Themen der kerntechnischen Sicherheit. Thematisch gibt es Überschneidungen mit den Forschungsthemen der BGE und dem BASE. Die Projekte können von Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen oder auch Unternehmen durchgeführt werden.

Im Gegensatz bzw. als Ergänzung dazu, finanziert das BMBF Vorhaben zur nuklearen Entsorgung primär über die Haushaltsförderung der Helmholtz-Gemeinschaft. Daneben werden Projekte zum Rückbau kerntechnischer Anlagen unterstützt. Die Bandbreite der Projekte reicht von sehr grundlegenden wissenschaftlichen Themen bis hin zu sehr angewandten technischen Entwicklungen. Auch hier sind universitäre und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen mit einem Fokus auf Nachwuchsförderung aber auch Unternehmen eingebunden.

Die grundsätzliche Struktur und die Zusammenarbeit der verschiedenen Forschungseinrichtungen in Deutschland befinden sich derzeit in einer Phase der Weiterentwicklung, da in den letzten Jahren mit der BGE und dem BASE neue Akteure hinzugekommen sind und die Umsetzung des StandAG neue Erfordernisse mit sich bringt. Es werden zurzeit neue Forschungsagenden und -pläne erstellt, hinsichtlich derer sich die unterschiedlichen Institutionen organisieren müssen. In dem Rahmen ist eine dynamische Entwicklung zu beobachten und es sind in naher Zukunft weitere Veränderungen zu erwarten. So ist beispielsweise zurzeit eine gemeinsame Arbeitsgruppe der wissenschaftlichen Akademien dabei, ein Positionspapier

zum Forschungsbedarf im Thema zusammenzutragen. Zu der Forschungsförderung finden Ressorttreffen der Ministerien statt, in denen thematische Zuweisungen diskutiert werden. Ziel ist, Überschneidungen und Doppelförderungen auszuschließen. Darüber hinaus werden Expertengremien einberufen, die relevante Forschungsthemen für Förderprogramme zusammenstellen.

Noch ist in der Forschungs- und Forschungsförderungslandschaft nicht immer eine klare thematische Zuordnung zu erkennen. Durch koordinierte Absprachen untereinander könnte das vorhandene Potenzial aller beteiligten Einrichtungen besser genutzt werden. Auch ist die Priorisierung von Forschungsaufträgen aufgrund fehlender Transparenz der Entscheidungsprozesse nicht immer nachvollziehbar und eine Qualitätssicherung mitunter nicht gewährleistet. Vergaberechtliche Randbedingungen machen Auftragsforschung teilweise schwierig. Gleichmaßen wichtig sind die Wissenschaftsgebiete, welche die gesellschaftlichen Dimensionen des Endlagerprojekts mit Forschungserkenntnissen begleiten. Hierfür braucht es Forschung in Kommunikationswissenschaft, Didaktik, Sozialwissenschaft, Psychologie und Rechtswissenschaft in Bezug auf den Dialog mit der Gesellschaft, der Beteiligung der Öffentlichkeit am Verfahren und die Gestaltung von Entscheidungsfindungsprozessen.

Mit dem Neustart der Standortsuche hat sich eine grundlegend veränderte Gesamtsituation ergeben, die noch immer einen Findungsprozess durchläuft, mit den Zielen, die Expertise aller Beteiligten optimal zu nutzen und den bestmöglichen Standort zu finden. ■

# Helmholtz-Zentren im Forschungsverbund iCross



*Aufgeschnittenes Modell eines Endlagerbehälters aus Stahl für verbrauchte Brennelemente, der in Bentonit (Tonmineral) eingebettet in einem Stollen lagert; Beispiel aus dem Untertagelabor Mont Terri, Schweiz. (Foto: M. Kühn, GFZ)*

Ein Beispiel für einen von BMBF und Helmholtz geförderten Forschungsverbund zu Thema Endlagerstandort ist iCross, Integrität von Endlagern für nukleare Abfälle – Übergreifendes Systemverständnis und Analyse.

Die im Jahr 2017 vom Bundestag verabschiedete Verfahrensweise zur Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle sieht vor, dass alle drei möglichen Wirtsgesteine also Steinsalz, Kristallin und Tongesteine als Standort für ein geologisches Tiefenlager untersucht werden sollen. Diese Gesteinstypen haben sehr unterschiedliche physikalisch-chemische Eigenschaften, so dass die Einlagerungskonzepte unterschiedlich sein müssen. Diese umfassen die ingenieurtechnische Barriere, also den Kanister, in denen der radioaktive Abfall eingebunden ist, die geotechnische Barriere, also das Füllmaterial zwischen Kanister und dem Wirtsgestein und die geologische Barriere, also das Wirtsgestein selber und die darüber liegenden Schichten. Aufgrund der Verschiedenheit der drei Wirtsgesteine müssen unterschiedliche Endlagerkonzepte untersucht werden mit dem Ziel vergleichend die bestmögliche Sicherheit zu erreichen. Im Projekt iCross, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF, FKZ 02NUK053) und der Helmholtz-Gemeinschaft (SO-

093) gefördert wird, werden Endlagerkonzepte auf unterschiedlichen Skalen vom Nahfeld am Kanister bis hin zum Fernfeld auf Kilometerskala und darüber hinaus untersucht. Dabei arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Nuklear-, Geo- und Biowissenschaften sowie aus Chemie, Physik und Informatik im Rahmen des forschungsbereichsübergreifenden Projekts (Energie sowie Erde & Umwelt) zusammen, um die Interaktion der unterschiedlichen Prozesse über viele Skalen hinweg zu verstehen und in Modellen abzubilden (Bosbach et al., 2021, <https://sand.copernicus.org/articles/1/85/2021/>).

Parallel zu den Modellrechnungen werden mit neuartigen Laborexperimenten bislang unzureichend verstandene Prozesse untersucht und damit die entsprechende Wissensbasis grundlegend erweitert. Die daraus gewonnenen wichtigen Kenngrößen werden in den Modellen verwendet, um Prognosen zur Entwicklung der unterschiedlichen Endlagerkonzepte zu simulieren. Dabei müssen Prozesse auf der Nanoskala bis hin zu Endlagerentwicklungen im regionalen Maßstab mit der notwendigen Genauigkeit berücksichtigt werden. Das Konsortium aus fünf Helmholtz-Zentren (Forschungszentrum Jülich (FZ), Koordination), Deutsches GeoForschungszentrum (GFZ), Helmholtz-Zentrum Dres-

den-Rossendorf (HZDR), Karlsruher Institut für Technologie (KIT) sowie Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)) beteiligt sich auch aktiv am internationalen, experimentellen Programm im Untergrundlabor Mont Terri (Schweiz, Opalinuston). Hier liegt der Schwerpunkt auf der Wirtsgesteinsformation Tonstein, die in der Bundesrepublik bisher nicht im Fokus der Endlagerforschung stand.

Eine weitere Besonderheit des verfolgten wissenschaftlichen Ansatzes im Projekt iCross ist die Einbindung moderner Methoden der Informationswissenschaften in dem z. B. die umfangreichen Datensätze und Simulationen visuell interaktiv bearbeitet und die komplexen Prozessabläufe im geologischen Kontext sichtbar und somit erfassbarer gemacht werden. Diese 4D-Visualisierung kann in Zukunft auch ein wertvolles Instrument für die Wissenschaftskommunikation sein, um die Prozesse, die in einem Endlager ablaufen, begreifbar zu machen.

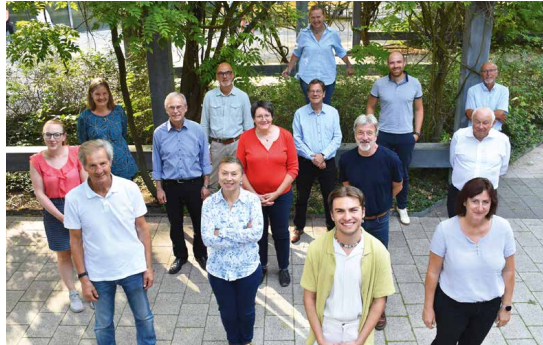
Die Langzeitvision dieser Helmholtz-Initiative ist die Etablierung eines multidisziplinären Kompetenzzentrums als Plattform für die Endlagerforschung mit hoher internationaler Sichtbarkeit. Dabei wird eine enge Kooperation mit allen an der Endlagerproblematik beteiligten Forschungseinrichtungen sowie den entsprechenden Genehmigungsbehörden und Ministerien angestrebt. ■

# Vertrauen aufbauen – Das Nationale Begleitgremium

Das Nationale Begleitgremium (NBG) begleitet das Standortauswahlverfahren für die Endlagersuche insbesondere hoch radioaktiver Abfälle als unabhängiges, pluralistisch zusammengesetztes, gesellschaftliches Gremium gemäß Standortauswahlgesetz § 8. Aufgabe des Nationalen Begleitgremiums ist die vermittelnde und unabhängige Begleitung des Standortauswahlverfahrens, insbesondere der Öffentlichkeitsbeteiligung, mit dem Ziel, Vertrauen in die Verfahrensdurchführung aufzubauen. Es kann sich unabhängig und wissenschaftlich mit sämtlichen Fragestellungen das Standortauswahlverfahren betreffend befassen, die zuständigen Institutionen jederzeit befragen und Stellungnahmen abgeben. Es kann dem Deutschen Bundestag Empfehlungen zum Standortauswahlverfahren geben.

Die Mitglieder erhalten Einsicht in alle Akten und Unterlagen des Standortauswahlverfahrens des Bundesamts für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE), des Vorhabenträgers, der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) sowie der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und der geologischen Dienste der Länder. Die Beratungen des NBG finden zum größten Teil öffentlich statt. Alle Beratungsergebnisse werden publiziert und sind für die Öffentlichkeit verfügbar.

Die Mitglieder dürfen weder einer gesetzgebenden Körperschaft des Bundes oder eines Landes noch der Bundes- oder einer Landesregierung angehören; sie dürfen keine wirtschaftlichen Interessen in Bezug auf die Standortauswahl oder die Endlagerung im weitesten Sinne haben. Die Amtszeit eines Mitglieds beträgt drei Jahre. Eine Wiederberufung ist zweimal möglich. Das Nationale Begleitgremium besteht aus 18 Mitgliedern. Zwölf von ihnen sollen anerkannte Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens



*Das Nationale Begleitgremium ist ein unabhängiges, pluralistisch zusammengesetztes gesellschaftliches Gremium. (Foto: NBG, Aygül Cizmecioglu)*

sein. Sie werden vom Deutschen Bundestag und vom Bundesrat auf der Grundlage eines gleichlautenden Wahlvorschlages gewählt; daneben werden sechs Bürgerinnen oder Bürger, darunter zwei Vertreterinnen oder Vertreter der jungen Generation, die zuvor in einem dafür geeigneten Verfahren der Bürgerbeteiligung nominiert worden sind, von der Bundesministerin oder dem Bundesminister für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV).

Vier Fachgruppen (FG) des NBG erarbeiten Konzepte und Empfehlungen und nehmen Themen en détail unter die Lupe: FG I Öffentlichkeitsbeteiligung, FG II Geologie und Grundlagendaten, FG III Strahlenschutz und Sicherheit sowie FG IV Selbsthinterfragendes Verfahren.

Hierbei begleitet die Fachgruppe II Geologie und Grundlagendaten kritisch den Umgang mit allen geowissenschaftlichen Aspekten des Verfahrens und setzt sich für größtmögliche Transparenz ein. Dazu begleitet und koordiniert die FG II z. B. die Arbeit der Sachverständigengruppe, die im Namen des NBG auch jene geologischen Daten einsehen kann, die nicht öffentlich zugänglich sind.

Das neue Geologiedatengesetz trat am 30. Juni 2020 in Kraft und unterscheidet zwischen staatlichen und nichtstaatlichen geologischen Daten, unterteilt in

drei Kategorien. Jede Kategorie hat eigene Fristen, welche deren öffentliche Bereitstellung regeln. Nach wie vor können nicht (sofort) alle geologischen Daten veröffentlicht werden – entweder weil z. B. die Fristen zur Veröffentlichung noch nicht abgelaufen sind oder weil in Einzelfällen z. B. das Interesse eines Unternehmens an der Geheimhaltung der Daten höher eingestuft wird, als das öffentliche Interesse. Hier regelt das Gesetz, dass das NBG das Recht auf Dateneinsicht hat: Konkret haben die Mitglieder des Nationalen Begleitgremiums (NBG) und bis zu fünf vom NBG beauftragte externe Sachverständige die Möglichkeit, die Daten einzusehen, zu bewerten und in Gutachten Stellung dazu zu nehmen, ob diese Daten im Standortauswahlverfahren zutreffend bewertet und sachgerecht berücksichtigt worden sind.

Zurzeit ist Prof. Magdalena Scheck-Wenderoth, Direktorin des GFZ-Departments Geosysteme, als Person des öffentlichen Lebens in das Nationale Begleitgremium berufen und ist Mitglied der Fachgruppe II. Prof. Michael Kühn, Leiter der GFZ-Sektion Fluidsystemmodellierung, und Prof. Michael Weber, Leiter der ehemaligen GFZ-Sektion Geophysikalische Tiefensondierung, sind durch das NBG beauftragte Sachverständige, die Dateneinsicht nehmen und stichprobenhaft die Arbeitsweise der BGE nachvollziehen und bewerten. ■





# Weiterführende Informationen im Internet zur **Endlagerung** hochradioaktiver Abfälle



## » Nationales Begleitgremium (NBG)

Unter [↗ https://www.nationales-begleitgremium.de](https://www.nationales-begleitgremium.de) sind allgemeine Informationen zum Gremium und zur Endlagersuche in Deutschland zu finden. In der Rubrik „**Endlagersuche**“ werden das Verfahren und die Hintergründe detailliert vorgestellt.



## » Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE)

Die BGE hält umfangreiche Informationen auf der Website [↗ https://www.bge.de](https://www.bge.de) bereit.

In der Rubrik „**Endlagersuche**“ stellt sie das Standortauswahlverfahren vor:

[↗ https://www.bge.de/de/endlagersuche/standortauswahlverfahren](https://www.bge.de/de/endlagersuche/standortauswahlverfahren)



## » Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE)

Das umfangreiche Informationsmaterial des BASE auf [↗ https://www.base.bund.de](https://www.base.bund.de) soll helfen, die komplexen Zusammenhänge des Standortauswahlverfahrens zu verstehen.

In der Rubrik „**Themen/Endlagersuche**“ stellt BASE verständlich aufbereitetes Material zur Verfügung:

[↗ https://www.base.bund.de/DE/themen/soa/soa\\_node.html](https://www.base.bund.de/DE/themen/soa/soa_node.html)



## » NAGRA

Die NAGRA (Schweizer Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) stellt unter [↗ https://www.nagra.ch/de/download-center](https://www.nagra.ch/de/download-center) deutschsprachige Hintergrundinformationen in der Kategorie

„**Broschüren**“ zur Verfügung. Darunter beispielsweise die Themenhefte

„**Tongesteine**“ [↗ https://www.nagra.ch/de/themenheft-tongesteine](https://www.nagra.ch/de/themenheft-tongesteine),

„**Erdbeben**“ [↗ https://www.nagra.ch/de/themenheft-erdbeben](https://www.nagra.ch/de/themenheft-erdbeben) sowie

„**Langzeitsicherheit**“ [↗ https://www.nagra.ch/de/themenheft-langzeitsicherheit](https://www.nagra.ch/de/themenheft-langzeitsicherheit).



# Netzwerk

## Worauf die Wissenschaft nach der Hochwasserkatastrophe 2021 Antworten finden muss



Verstopfung eines kleinen Zuflusses der Ahr durch hölzerne Abfälle (Foto: M. Dietze, GFZ)

Am 14. Juli 2021 fielen in der Eifel in nur 22 Stunden zwischen 60 und 180 mm Regen, eine Menge, die sonst in mehreren Monaten fällt, und die zu katastrophalen Überflutungen geführt hat. Die Ereignisse waren weitaus zerstörerischer, als bestehende Modelle vorhergesagt hatten. Forschende des GFZ machen dafür eine Reihe von Effekten verantwortlich, die bisher in Mitteleuropa kaum aufgetreten und daher in diesen Regionen noch nicht genug berücksichtigt wurden. Dazu gehört insbesondere das Mitreien von Totholz und Sedimenten, beides Effekte, die mit fortschreitendem Klimawandel weiter an Bedeutung gewinnen dürften. Über die Mechanismen, die die Auswirkungen der Flut verstärkt haben, berichten Dr. Michael Dietze und Dr. Ugur Öztürk in der Zeitschrift *Science*. Sie geben auch einen Ausblick auf ein neues Forschungsvorhaben, das hier ansetzt, um künftige Vorhersagen realistischer zu gestalten.

Die Forschenden waren im Rahmen eigener Untersuchungen in der Eifel zufällig Zeugen dieser Überflutung. Was sie selbst erlebten, war allerdings nur ein kleiner Ausschnitt der eigentlichen Katastrophe, die in den Tälern von Ahr, Erft

und Rur ihren Lauf nahm. Die Flut in den Tälern der Eifel war weitaus gewaltiger, schneller und unberechenbarer, als das für ein solches Ereignis in der Mitte Europas bislang angenommen wurde. Die Ursachen dafür sind vielfältig und uns durchaus bekannt, allerdings bisher nicht aus Mitteleuropa, sondern aus Wüsten und den Tropen.

Der Regen konnte nicht mehr in den durch wochenlang auftretende Regenfälle schon gesättigten Untergrund einsickern. Er war auch zu stark, um dann nur als dünner Wasserfilm die Hänge herunterzulaufen. Stattdessen verwandelten sich Hänge regelrecht in breite Flüsse und transportierten das Wasser statt mit einer Geschwindigkeit von einigen Zentimetern plötzlich mit einigen Metern pro Sekunde, also bis zu hundert Mal schneller. Dadurch konnte es in den Haupttälern viel schneller zu einer Flutwelle zusammenlaufen.

Zusätzlich entwickelte das Wasser eine enorme Erosionskraft: Zum einen grub es sich in die Hänge und konnte in den so erzeugten Erosionsrinnen nochmals schneller abfließen. Zum anderen mobilisierte es erhebliche Mengen Sediment

und Totholz. Einmal in den Tälern angekommen, trieben die Baumstämme und Äste auf die zahlreichen Brücken zu, die es z. B. im Ahrtal gibt. Dort verfangen sie sich und führten zu sogenannten Verklausungen. Dadurch wurde der Abfluss behindert, das Wasser staute sich und erreichte auch höher gelegene Gebiete.

Mit anhaltendem Klimawandel werden Niederschlagsereignisse wie das am 14. Juli 2021 häufiger. Daher muss die Forschung jetzt beginnen, durch Starkregen ausgelöste Hochwässer nicht nur als Phänomen von zuviel schnell fließendem Wasser zu verstehen, sondern auch die damit einhergehenden selbstverstärkenden Effekte einzubeziehen, die teilweise ebenfalls durch den Klimawandel begünstigt werden. Dazu gehören die Zerschneidung der Hänge vor allem in den oberen Einzugsgebieten, die Mobilisierung von Totholz und von erodierten vitalen Bäumen sowie deren Rolle bei der Verklausung von menschlicher Infrastruktur. Außerdem müssen neue gekoppelte Gefahren identifiziert und berücksichtigt werden.

Mit einem kürzlich bewilligten Projekt, gemeinsam finanziert durch das GFZ und das Graduiertenkolleg NatRiskChange der Universität Potsdam, werden diese Gebiete gezielt befliegen, um die Landschaft aus Flugzeugen heraus mittels Laser abzuscanen. Daraus entstehen dann hochaufgelöste 3D-Modelle der veränderten Landschaft. Sie können mit bestehenden Datensätzen verglichen werden, die bereits vor der Flut gewonnen wurden. ■

**Originalstudie:** Dietze, M., Öztürk, U. (2021). A flood of disaster response challenges. *Science*, 373, 6561, 1317–1318. DOI: [10.1126/science.abm0617](https://doi.org/10.1126/science.abm0617)

## Wie wird eine Flut zur Katastrophe?



Hochwasser in Altenahr-Kreuzberg (Creative Commons CC0 1.0)

Was sind die Ursachen und die Auswirkungen von Hochwasserkatastrophen an Flüssen? Dieser Frage ist eine internationale Gruppe von Forschenden um den GFZ-Hydrologen Prof. Bruno Merz in einem Übersichtartikel im Fachjournal *Nature Reviews Earth and Environment* nachgegangen. In den 1990-er Jahren ist die Zahl der Todesopfer durch Flusshochwasser weltweit gesunken, dagegen sind die Schadenssummen stark angestiegen. Die Forschenden führen den Rückgang der Opferzahlen auf eine verbesserte Flutwarnung, technische Schutzmaßnahmen und ein geschärftes Gefahrenbewusstsein zurück.

Im langjährigen Mittel werden jedes Jahr 125 Millionen Menschen von einer Hochwasserkatastrophe an einem Fluss getroffen: Sie müssen ihre Häuser verlassen, erleiden finanzielle Verluste, werden verletzt oder sogar getötet. Am dramatischsten sind Ereignisse, wo Dämme oder Deiche plötzlich brechen, und Sturzfluten wie jüngst in Deutschland und Belgien. Die weltweiten ökonomischen Schäden durch Hochwasser in Höhe von rund 100 Milliarden US-Dollar resultieren sowohl aus großen Überschwemmungskatastrophen als auch aus vielen kleineren, weniger dramatischen Ereignissen.

Zu den Ursachen zählen sozio-ökonomische Gründe ebenso wie natürliche,

allen voran der Klimawandel. Damit jedoch aus einem Extremwetterereignis eine Flutkatastrophe wird, kommen weitere Bedingungen dazu, etwa ein fehlendes Bewusstsein für Gefahren oder nicht vorhandene bzw. versagende Schutz- und Warnsysteme. Es muss daher in erster Linie um die Verminderung der Verletzlichkeit von Kommunen gehen. Wie kann nun die Verletzlichkeit weiter gesenkt werden? Die Forschenden fokussieren hier auf die weniger augenfälligen Maßnahmen. So müsse vor allem das Element der Überraschung betrachtet werden. Hier könne eine Klassifizierung von Gebieten nach „Anfälligkeit für Überraschungen“ helfen. Es gehe auch darum, im Vorfeld Extremszenarien zu entwickeln. Zur Risikominimierung trage auch eine Politik des „besseren Wiederaufbaus“ bei. Ein Schlüssel zum besseren Verständnis von Flutkatastrophen liege in der Vergangenheit – historische Katastrophen bergen wertvolle Lehren und müssen deshalb mehr als bisher in aktuelle Datensätze eingehen. ■

**Originalstudie:** Merz, B., Blöschl, G., Vorogushyn, S., Dottori, F., Aerts, J. C. J. H., Bates, P., Bertola, M., Kemter, M., Kreibich, H., Lall, U., Macdonald, E. (2021). Causes, impacts and patterns of disastrous river floods. *Nature Reviews Earth and Environment*, 2, 592–609. DOI: 10.1038/s43017-021-00195-3

## Neue Web-Plattform zur Planung der Hochwasservorsorge in Städten

Starkregen und Hochwasser machen zurzeit Schlagzeilen. Überschwemmungen, aber auch steigende Meeresspiegel und Sturmfluten stellen in Bezug auf die wirtschaftlichen Schäden zusammen mit Stürmen die größte Naturgefahr dar und können auch Leib und Leben bedrohen. SaferPlaces, ein neuer Webservice zur Überflutungsvorsorge, soll Städte und Gemeinden künftig dabei unterstützen, gefährdete Bereiche zu identifizieren sowie Schutz- und Vorsorgemaßnahmen systematisch und effizient zu planen, etwa an Gebäuden, Deichen oder durch Schaffung von Versickerungsflächen. Das interaktive Online-Tool wird im Rahmen der EU-Initiative Climate-KIC unter Mitwirkung des GFZ entwickelt und ist bereits als Prototyp abrufbar. Es stützt sich auf offene Daten und basiert auf neuen klimatischen, hydrologischen und hydraulischen, topografischen und ökonomischen Modellierungstechniken. ■



**Weitere Informationen** auf der Projektwebsite (englisch): [www.saferplaces.co](http://www.saferplaces.co)  
Der **Prototyp des Web-Service** ist erreichbar unter: [platform.saferplaces.co](http://platform.saferplaces.co)

## Genauere Abschätzung erwartbarer Hochwasserschäden



*Rheinhochwasser 2018 in Köln (CC BY 4.0 International)*

Durch die Europäische Hochwasserrichtlinie sind die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union verpflichtet, Risikomanagementpläne für alle Gebiete mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko zu erstellen. Solche landesweiten Hochwasserrisikobewertungen sind darüber hinaus wichtig, um Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu unterstützen. Um Gelder im Hochwasserschutz bestmöglich einzusetzen und Investitionen zu priorisieren, werden Entscheidungshilfen zurate gezogen, z. B. Kosten-Nutzen-Analysen. Für solche Entscheidungshilfen sind umfassende, großmaßstäbliche Risikobewertungsmodelle unverzichtbar.

Mit dem Regionalen Hochwassermodell (RFM) wurden nun erstmals räumlich konsistente Hochwasserrisikoabschätzungen für die Bereiche „Wohngebäude“, „Gewerbe“ und „Landwirtschaft“ in Deutschland abgeleitet. Es handelt sich um ein prozessbasiertes Hochwasserrisikomodell, welches die Sektion Hydrologie des GFZ entwickelt hat. Es koppelt den Wettergenerator, der räumlich konsistente Niederschlagsfelder liefert, mit den hydrologischen und hydrodynamischen Modellen, welche Prozesse wie die Überflutung von Deichen und die Wasserspeicherung im Hinterland be-

rücksichtigen. Die resultierenden Überschwemmungskarten, welche die Überschwemmungstiefen als auch die Überschwemmungsdauer anzeigen, werden mit räumlich hochaufgelösten sektorspezifischen Vermögenswerten (Gewerbe, Wohngebäude, Landwirtschaft) verschnitten. Auf dieser Grundlage schätzen detaillierte Hochwasserschadensmodelle die Schäden an den betroffenen Objekten. Das RFM erstellt einen Hochwasserereignis-Katalog auf Basis von 5000 simulierten Jahren. Aus diesem Katalog werden Hochwasserrisikokurven pro Wirtschaftszweig abgeleitet. Das Modell berücksichtigt räumliche Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Einzugsgebieten, welche in vergleichbaren Modellen typischerweise ignoriert werden. Diese Berücksichtigung verhindert die Überschätzung der Schäden von Ereignissen mit einem hohen Wiederkehrintervall, die mehrere Einzugsgebiete betreffen, da diese hier nicht unabhängig voneinander betrachtet werden. Die Berücksichtigung der Abhängigkeiten ermöglicht somit eine realistischere Beurteilung des Hochwasserrisikos.

Anhand der Hochwasserrisiko-Kurven wird der erwartete jährliche Schaden für Deutschland auf 529 Mio. Euro geschätzt.

Die finanziellen Schäden bei einem Hochwasser, mit welchem nur alle 200 Jahre gerechnet werden muss, belaufen sich auf 8,865 Mrd. Euro. Der gewerbliche Sektor hat mit etwa 60 % das größte Gesamtrisiko, gefolgt vom Wohnsektor. Der landwirtschaftliche Sektor ist vor allem von häufigen Hochwassern betroffen, trägt aber nur zu weniger als 3 % zum Gesamtrisiko bei. Auf Elbe, Donau und Rhein und ihre Einzugsgebiete entfällt etwa 90 % des Gesamtrisikos.

Die Ergebnisse bestätigen die Investitionsentscheidungen des nationalen Hochwasserschutzprogramms und unterstreichen die Notwendigkeit, Unsicherheiten in der Hochwasserrisikobewertung auch für Extremereignisse zu quantifizieren, zu kommunizieren und weiter zu reduzieren. Die vorgestellten Ergebnisse sollten als erste Abschätzungen betrachtet werden, die als Maßstab für zukünftige deutschlandweite Hochwasserrisikobewertungen dienen können. ■

**Originalstudie:** Sairam, N., Brill, F., Sieg, T., Farrag, M., Kellermann, P., Nguyen, V. D., Lüdtke, S., Merz, B., Schröter, K., Vorogushyn, S., Kreibich H. (2021). Process-Based Flood Risk Assessment for Germany. *Earth's Future*, 9, 10. <https://doi.org/10.1029/2021EF002259>

## Die seismische Chronik einer Sturzflut

### Erdbebenmessgeräte könnten Teil eines Frühwarnsystems für Flutkatastrophen werden

Die wissenschaftliche Beschreibung des katastrophalen Bergsturzes vom 7. Februar 2021 im indischen Dhauli-Ganga-Tal liest sich wie ein gerichtsmedizinischer Bericht. Ein Bergsturz und die anschließende Flut hatten mindestens hundert Menschen getötet und zwei Wasserkraftwerke zerstört. In der Fachzeitschrift *Science* zeichnen Forschende des GFZ gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen des Nationalen Geophysikalischen Forschungsinstituts Indiens (NGRI) die Katastrophe anhand der Daten eines Netzes von Seismometern nach.

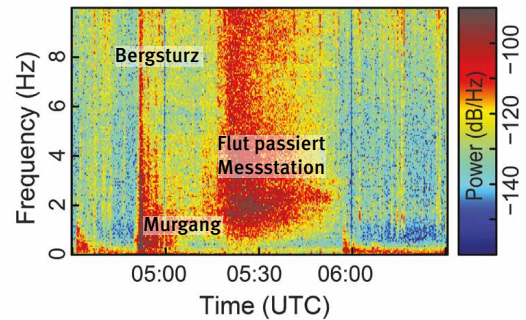
Am Sonntag, 7. Februar 2021, um kurz vor halb elf Uhr vormittags, begannen mehr als 20 Mio. Kubikmeter Eis und Gestein aus 5500 m Höhe ins Tal des Ronti Gad zu stürzen. Seismometer registrierten das Signal um 10:21 Uhr und 14 Sekunden Ortszeit. 54 Sekunden später traf die Masse in 3730 m Höhe auf den Talboden und verursachte einen Aufprall, der einem Erdbeben der Stärke 3,8 entsprach. Im Tal mobilisierte die Mischung aus Gestein und Eis Schutt und zusätzliches Eis, das sich vermischt mit Wasser als gigantischer Murgang durch die Täler der Flüsse Ronti Gad und Rishi Ganga wälzte. Erstautorin Dr. Kristen Cook vom GFZ schätzt, dass die Masse zunächst mit fast 100 km pro Stunde bergab schoss; nach etwa zehn Minuten verlangsamte sich die Bewegung auf knapp 40 km pro Stunde. Um 10:58 Uhr und 33 Sekunden erreichte die Flut eine wichtige Straßenbrücke bei Joshimath. Innerhalb von Sekunden stieg das Wasser dort um 16 m. 30 km weiter unten im Tal verzeichnete die Pegelstation Chinka einen Sprung des Wasserstandes um 3,6 m, und weitere 60 km weiter stieg der Pegel noch um 1 m.

Auf der Grundlage der von den seismischen Stationen aufgezeichneten Bodenerschütterungen identifizierten die Forschenden drei verschiedene Phasen der

Flutkatastrophe. Phase 1 war der Bergsturz und sein massiver Aufschlag auf den Talboden. Es folgte Phase 2 mit der Mobilisierung enormer Mengen an Eis, Geröll und Schlamm, die als eine verheerende Wand aus Material durch ein enges und gewundenes Tal raste. In dieser Phase blieb viel Material zurück und die Energie nahm rasch ab. Diese Phase dauerte etwa 13 Minuten. Phase 3 war eher flutartig, mit gewaltigen Wassermassen, die flussabwärts flossen und große Felsbrocken von bis zu 20 m Durchmesser mit sich führten.

Die wichtigste Erkenntnis: Die Daten der seismischen Instrumente eignen sich als Grundlage für ein Frühwarnsystem, das vor dem Eintreffen solcher katastrophalen Murgänge warnt. Dazu ist die Verfügbarkeit eines dichten seismischen Netzes, wie es von indischen Forschenden am NGRI betrieben wird, Voraussetzung. Die Vorwarnzeit eines solchen Systems für Standorte in Tälern hängt von der Entfernung und der Geschwindigkeit der Strömungsfront flussabwärts ab. Joshimath z. B., wo der Flusspegel während des Hochwassers um 16 m anstieg, lag 34,6 km flussabwärts vom Erdrutsch. Das bedeutet, dass die Menschen dort etwa eine halbe Stunde vor dem Eintreffen der Flut gewarnt worden sein könnten. Für weiter flussaufwärts gelegene Regionen, in denen die Welle nur wenige Minuten nach dem Erdrutsch eintraf, hätte die Zeit möglicherweise immer noch ausgereicht, um Kraftwerke abzuschalten.

Der Grund, warum ein solches Warnsystem nicht schon lange entwickelt wurde, sind die unterschiedlichen Anforderungen an seismische Messstationen, die dazu führen, dass viele Stationen der weltweiten und regionalen Erdbebenetze



*Spektrogramm an der seismischen Station AUL, die den Bergsturz und die darauf folgende Flut am 7. Februar 2021 aufgezeichnet hat (aus: Cook et al., 2021, *Science*, vol 374, issue 6563; Nachdruck mit Genehmigung von AAAS)*

weniger geeignet sind, um Felsstürze, Murgänge oder große Überschwemmungen zu erkennen. Gleichzeitig helfen Stationen, die Hochwasser und Murgänge in ihrer unmittelbaren Umgebung überwachen sollen, nicht so gut bei der Erkennung von Ereignissen in der Ferne. Die Lösung, an der die GFZ-Forschenden gemeinsam mit ihren Kolleginnen und Kollegen in Indien und Nepal arbeiten, ist ein Kompromiss: An strategisch günstigen Stellen müssten Stationen eingerichtet werden, die das Rückgrat eines Hochgebirgs-Flutwarnsystems bilden. Weitere Analysen von Sturzfluten und Murgängen werden dazu beitragen, besser zu verstehen, wie seismische Signale bei der Frühwarnung helfen können. ■

**Originalstudie:** Cook, K. L., Rekapalli, R., Dietze, M., Pils, M., Cesca, S., Rao, N. P., Srinagesh, D., Paul, H., Metz, M., Mandal, P., Suresh, G., Cotton, F., Tiwari, V. M., Hovius, N. (2021). Detection and potential early warning of catastrophic flow events with regional seismic networks. *Science*, 374, 6563, 87–92. DOI: 10.1126/science.abj1227

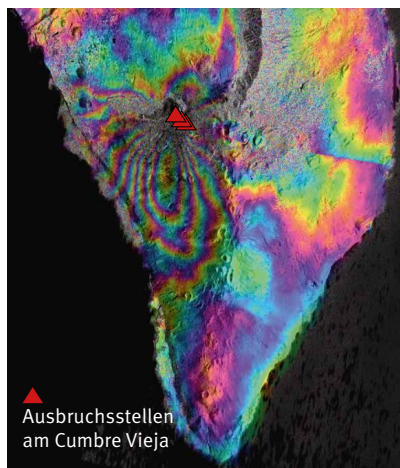
## GFZ-Taskforce am Vulkanausbruch auf La Palma

Das GFZ hat eine Taskforce eingerichtet und ein Team nach La Palma entsandt, um einen Beitrag zur schnellen Einschätzung der Vulkaneruptionen und Erdbeben auf der Insel zu liefern. Gemeinsam mit spanischen Institutionen untersuchen die Forschenden das Zusammenspiel der Eruption mit den Beben und Oberflächenverformungen. Sie nutzen dazu Messgeräte vor Ort ebenso wie Satellitenaufnahmen und die Infrastruktur und Software von GEOFON, dem weltweiten Erdbebenmessnetz des GFZ.

Nach fünfzig Jahren Ruhephase und einer drei Jahre andauernden seismisch aktiven Phase begann am 19. September 2021 eine neue Vulkaneruption am Cumbre Vieja auf der Insel La Palma. Mit Satellitenradar stellten die Forschenden des GFZ großräumige Verformungen fest, die auf einen Druckanstieg in der Tiefe hindeuten. Der Ausgangspunkt der Eruption lag an der mittleren Westflanke des vulkanischen Rückens von Cumbre Vieja, nur unweit nördlich der Eruption des Jahres 1949. Der Lavastrom ist über 6,5 km lang, stellenweise über 2 km breit und an manchen bis zu 25 m mächtig. Er hat



*Task Force des GFZ vor dem Lavastrom des Cumbre Vieja auf La Palma am 5. Oktober 2021: Dr. Nicole Richter, Dr. Alina Shevchenko und Carla Valenzuela Malebran (Foto: GFZ-Task Force)*



über 3000 Häuser und zahlreiche Straßen zerstört. Die Lava erreichte nach einem Weg durch bewohnte Gebiete die Küste am 28. September 2021.

Die Lage vor Ort war angespannt: Gewaltige Aschewolken am Eruptionskrater und der Kontakt der über 1000 °C heißen Lava mit dem Meerwasser brachte das Wasser zum Verdampfen und auch die darin enthaltenen Salzmoleküle. Diese reagierten zu teils giftigen und ätzenden Gasen. Plötzliche Dampfgasexplosionen oder feinste Asche und Glaspartikel, die durch den starken Wind über viele Kilometer verfrachtet wurden, waren weitere Gefahren.

Die komplexen Ereignisse sind nicht leicht zu entschlüsseln. Deshalb hat das GFZ ein Forschungsteam zusammengestellt, um sowohl mit Daten aus der Fernerkundung und Computeranalysen als auch mit vor Ort erhobenen Daten die Lage einzuschätzen. Die Forscherinnen aus der GFZ-Taskforce Dr. Nicole Richter, Dr. Alina Shevchenko und Carla Valenzuela Malebran sind bereits wenige Tage nach Beginn der Eruption aufgebrochen. Sie hatten zahlreiche wissenschaftliche Instrumente wie Seismometer, Neigungsmesser, Drohnen und Thermalkameras im Gepäck.

*Europäische Satelliten erlauben einen detaillierten Blick auf La Palma. Der Sentinel-1-Satellit nutzt Radaraugen, die bei Tag und Nacht funktionieren, sogar durch Wolken blicken und den Boden abtasten können. Das Bild zeigt den Vergleich von zwei Radarbildern, ein sogenanntes Radar-Interferogramm. Farbige Ringe (engl. „Fringes“) sind Bereiche erhöhter Bodenverformung zu Beginn des Ausbruchs zwischen 16. und 22. September 2021. Je enger die Fringes beieinander liegen, desto stärker ist der Gradient der Verformung. Seit September hat die Bodenverformung an der westlichen Flanke der Insel deutlich nachgelassen.*

Die seismischen Stationen sind inzwischen online und liefern Daten. Diese Arbeiten wurden möglich durch die Zusammenarbeit innerhalb des GFZ und sind eng mit den Aktivitäten anderer Institute in Spanien und in Deutschland verzahnt. Beispielsweise planen Forschende des GFZ und des GEOMAR in Kiel eine kombinierte Vermessung der Ereignisse an Land (GFZ) und im Meer (GEOMAR). Auch werden die seismischen Daten nun am GFZ empfangen und gleichzeitig an den Partner IGN in Spanien übertragen. Das erleichtert die Lagebestimmung der Erdbeben. Die ersten Ergebnisse sind vielversprechend. Sie zeigen eine Anhäufung der Erdbeben in rund 12 km Tiefe, weit entfernt vom Eruptionsherd. Weisen sie auf eine Magmakammer hin? Wie hängen die Eruptionen mit den Erdbeben und der Oberflächenverformung zusammen? Das sind die Fragen, denen die GFZ-Forschenden der Fachrichtungen Vulkanologie und Geophysik gemeinsam mit ihren spanischen und deutschen Kolleginnen und Kollegen nachgehen, nachdem sich der Vulkan Mitte Dezember 2021 wieder zur Ruhe gelegt hat. ■

## Wann Erdbeben Vulkanausbrüche auslösen

Neue Klassifizierung von Vulkanen identifiziert Schlüsselmechanismen und hilft bei künftigen Überwachungsstrategien

Vulkanausbrüche können von Erdbeben ausgelöst werden. Allerdings ist dies vergleichsweise selten der Fall und passiert nur, wenn der Vulkan bereits zum Ausbruch bereit ist. Das zeigen Forschende um Gilles Seropian von der University of Canterbury, Neuseeland, unter Mitwirkung von Prof. Thomas Walter vom GFZ anhand einer Vielzahl bereits vorhandener Daten und Studien. Sie haben analysiert, unter welchen Umständen damit gerechnet werden muss und welche Mechanismen dem zugrunde liegen. Ihre neue Klassifizierung von Vulkanen stellen sie im Fachmagazin *Nature Communications* vor. Daraus ergeben sich auch neue Ansätze für die Überwachung von Vulkanen.

Wie und wann es in der Folge von Erdbeben zu Eruptionen kommen kann, wird bereits lange diskutiert, ist aber noch unzureichend systematisch erforscht. Das interdisziplinäre Team hat nun den aktuellen Wissensstand dazu zusammengetragen und analysiert. Dabei haben sie Daten von vulkanischen Labormodellen ebenso betrachtet wie von Infrarot-Satellitenüberwachung und komplexe mathematische Erdbebenmodelle. Die Forschenden mussten die entsprechenden Daten auswählen, vergleichen und die relevanten Ergebnisse zu einem einzigen Modell kombinieren, das die wichtigsten Aspekte abdeckt. Das Ergebnis: Eine neue Klassifikation von Vulkanen, die es ermöglicht, die Auswirkungen verschiedener Erdbebenszenarien systematisch mit vulkanischen Aktivitäten zu verbinden.

Erdbeben entstehen durch plötzliche Brüche in der Erdkruste. Es gilt zu verstehen, wie die dadurch entstehenden Spannungen so in Vulkanen wirken, dass es zu einer Eruption kommen kann. Dabei werden sowohl statische Spannungen

betrachtet, die dauerhaft sind und überwiegend in der näheren Umgebung des Epizentrums wirken, als auch dynamische, die vorübergehender Natur sind und sich über größere Distanzen fortpflanzen können. Auch Vulkane sind sehr vielfältig – in Bezug auf die Struktur des Untergrunds und der Oberfläche, ihre chemische Zusammensetzung, die Art der Eruption oder deren Vorläufersignale. Im Rahmen ihrer Analyse haben die Forschenden drei Schlüsselparameter für die Reaktion von Vulkanen auf Erdbeben identifiziert: Zum einen die Viskosität des Magmas. Es kann flüssig wie Öl sein oder so zäh, dass es ein ganzes Gebäude trägt. Zum zweiten ist es wichtig, wie leicht Gas aus dem Vulkan entweichen kann. Wenn Gas in der Tiefe eingeschlossen ist, kann sich Druck aufbauen und später zu einer Explosion führen. Und zum dritten spielt es eine entscheidende Rolle, ob hydrothermale Systeme vorhanden sind. So werden Bereiche in einem Vulkan bezeichnet, in denen Wasser von dem darunter befindlichen Magma zu Dampf erhitzt wird. Die Studie zeigt, dass insbesondere die hydrothermalen Systeme sehr empfindlich auf Erdbeben reagieren.

Die Zeitskalen, auf denen Reaktionen eines Vulkans auf ein Erdbeben zu erwarten sind, können sehr unterschiedlich sein, ebenso die räumlichen Entfernungen: Bei rund der Hälfte der Vulkanausbrüche mit auslösendem Erdbeben fand die Reaktion erst Monate nach dem Beben statt. Aber auch zwei bis fünf Jahre später können noch Auswirkungen festgestellt werden. Auf der räumlichen Skala finden sich Entfernungen von bis zu 1000 km. Das Auslösen von Unruhephänomenen wie verstärkter Bebenaktivität, Entgasung, Wärmestrom oder Absenkung wurde auch noch in Entfernungen von 10 000 km beobachtet. Aber



Der Vulkan Karymski in Kamchatka  
(Foto: T. Walter, GFZ)

nicht hinter jeder zeitlichen und räumlichen Korrelation zwischen einem Erdbeben und einem Vulkanausbruch steckt auch ein kausaler Zusammenhang.

Insgesamt zeigten die Analysen, dass Vulkanausbrüche eher selten direkt von Erdbeben ausgelöst werden. Dafür muss bereits eine gewisse Ausbruchsbereitschaft vorhanden sein. Dennoch unterstreicht diese Arbeit die Notwendigkeit, Vulkane nach einem großen Erdbeben detailliert zu überwachen. Denn das Beben kann die nächste Eruption vorantreiben. Die Ergebnisse der Studie liefern nützliche Informationen für Überwachungsstrategien und tragen zur Verbesserung der vulkanischen Gefahrenabschätzung bei. ■

**Originalstudie:** Seropian, G., Kennedy, B. M., Walter, T. R., Ichihara, M., Jolly, A. D. (2021). A review framework of how earthquakes trigger volcanic eruptions. *Nature Communications*, 12, 1004. DOI: [10.1038/s41467-021-21166-8](https://doi.org/10.1038/s41467-021-21166-8)

## Langsame und reguläre Erdbeben wechselwirken in der Nähe von Istanbul



*Einbau eines Bohrloch-Strainmeters in einer GONAF-Bohrung in der Türkei. Diese Geräte können komplementär zu klassischen Seismometern auch langsame Deformationen im Untergrund bis zu der Dimension eines Atomdurchmessers ( $10^{-10}$  m) messen. (Foto: M. Bohnhoff, GFZ)*

Erdbeben dauern typischerweise nur wenige Sekunden, manchmal allerdings laufen die Verschiebungen im Untergrund auch in Zeitlupe ab. Das Verständnis von sogenannten langsamen Beben und ihres Zusammenspiels mit kurzen, teils heftigen Erschütterungen ist von entscheidender Bedeutung für die Bestimmung der seismischen Gefahr und des daraus resultierenden Risikos. Eine internationale Gruppe um Dr. Patricia Martínez-Garzón vom GFZ hat eine Studie in der Fachzeitschrift *Seismological Research Letters* veröffentlicht, in der sie dieses Zusammenspiel von unterschiedlichen seismischen Ereignissen nahe der Millionenmetropole Istanbul untersucht.

Die Armutlu-Halbinsel ist aktuell das seismisch aktivste Gebiet direkt südlich der dicht besiedelten Megastadt Istanbul. Die Region ist Teil der Nordanatolischen Verwerfung, die Eurasien von der Anatolischen Platte trennt. Diese geologische Verwerfung ist eine große tektonische Plattengrenze, an der katastrophale Erdbeben auftreten. Das letzte große Erdbeben dieser Art ereignete sich 1999 in der Nähe von Izmit und führte zu fast 20 000 Toten. Ein Teil der Verwerfung, der zwischen Istanbul und Armutlu verläuft, wird derzeit als „seismische Lücke“ bezeichnet, weil dort gewissermaßen eine verdächtige Ruhe herrscht.

Die Region gilt daher als überfällig für ein großes Erdbeben.

2019 konnten in dieser Region erstmals langsame Erdbeben beobachtet werden, und zwar dank spezieller Bohrloch-Deformationsmessgeräte, die von Forschenden des GFZ in Zusammenarbeit mit der türkischen Katastrophenschutzbehörde (AFAD) und dem US-amerikanischen Institut UNAVCO installiert wurden. Um die langsamen Deformationsprozesse der Erdkruste mit den herkömmlichen, also spürbaren und kurzen Erdbeben in der Region in Verbindung zu bringen, wurde auf der Armutlu-Halbinsel im Rahmen des GONAF-Plattenrandobservatoriums des GFZ das verdichtete seismische Netz SMARTnet eingerichtet.

Die Geräte zeichneten im Zusammenhang mit einem herkömmlichen Erdbeben der Stärke 4,6 im Dezember 2018 ein weiteres 30-tägiges langsames seismisches Ereignis auf, vermutlich eine Verschiebung von Gesteinsblöcken in einigen Kilometern Tiefe. Diese wiederum aktivierte dann den flacheren Teil derselben Verwerfung. Danach blieb dieselbe Verwerfung ein ganzes Jahr lang seismisch aktiv, mit mehr als tausend Erdstößen. Die Studie nimmt diese Beobachtungen als Ausgangspunkt. Sie kommt zu dem Schluss, dass die höheren Seismizitäts-

raten innerhalb des Jahres nach dem 4,6-Ereignis durch das Auftreten der langsamen Verschiebung im Untergrund sowie durch die Umverteilung von tektonischen Spannungen nach dem Hauptbruch begünstigt werden. Die Deformationsmessgeräte in der Nähe der aktiven Verwerfung ermöglichten die Identifizierung des langsamen Kriechsignals, das vermutlich in geringer Tiefe auftrat und über Wochen verteilt die Energie eines Bebens der Stärke 5,5 freisetzte.

Wie sich das langsame Kriechereignis auf den Spannungszustand der nahegelegenen Verwerfungen und die seismische Lücke vor Istanbul auswirkt, muss noch im Detail untersucht werden. Die Ergebnisse werden es ermöglichen, das regionale Erdbebenrisiko besser zu verstehen und zu quantifizieren, insbesondere für die 15-Millionen-Einwohner-Stadt Istanbul. ■

**Originalstudie:** Martínez-Garzón, P., Durand, V., Bentz, S., Kwiatek, G., Dresen, G., Turkmen, T., Nurlu, M., Bohnhoff, M. (2021). Near-Fault Monitoring Reveals Combined Seismic and Slow Activation of a Fault Branch within the Istanbul–Marmara Seismic Gap in Northwest Turkey. *Seismological Research Letters*, 92 (6), 3743–3756. DOI: 10.1785/0220210047



## Flussläufe als Kohlenstoffsenken

Rund 8500 Jahre dauert es, bis ein Sandkorn aus den Anden über das argentinische Tiefland in den Río Paraná gespült wird. Die 1200 km weite Reise im Río Bermejo wird von vielen Pausen in Flussauen unterbrochen, wo das Körnchen zum Teil über Jahrtausende abgelagert und dann wieder weiter transportiert wird. Begleitet wird der Sand von organischem Kohlenstoff, eingespült aus Boden und Pflanzen. Damit gewinnt der Transport im Wasser Relevanz für das Klima: Flüsse tragen den Kohlenstoff, der zuvor über Photosynthese aus der Atmosphäre aufgenommen wurde, als Sediment ins Meer, wo er über Jahrtausende unschädlich für das Klima eingelagert wird.

Forschende des GFZ haben die einzelnen Prozesse der Reise erstmals quantifiziert und berichten darüber im Fachjournal *Nature Geoscience*. Wichtiges Ergebnis der Arbeit: Es sind insbesondere ungestört mäandrierende Abschnitte eines Flusses, die Sediment zusammen mit dem Kohlenstoff ablagern und wieder aufnehmen und dann weiter ins Meer transportieren. ■



Mäander des Río Bermejo (Foto: K. Cook, GFZ)

**Originalstudie:** Repasch, M., Scheingross, J. S., Hovius, N., Lupker, M., Wittmann, H., Haghypour, N., Gröcke, D. R., Orfeo, O., Eglinton, T. I., Sachse, D. (2021). Fluvial organic carbon cycling regulated by sediment transit time and mineral protection. *Nature Geosciences*. <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00845-7>

## Der Puls des Toten Meeres

Umliegendes Land reagiert auf Schwankungen des Wasserspiegels



Messstationen mit Klimasensoren und GNSS-Ausrüstung am Rand des Toten Meeres (Foto: J. Wickert, GFZ)

Das Tote Meer schrumpft. Die Ursachen dafür sind vielfältig: Klimawandel trägt ebenso dazu bei wie menschliche Übernutzung der Ressource Wasser. Der sinkende Wasserspiegel hat eine ganze Reihe gefährlicher Folgen. So führt nachfließendes süßes Grundwasser dazu, dass Salze im Boden gelöst werden und dadurch Erdfälle („sink holes“) entstehen. Es kommt aber auch zu großflächigeren Absenkungen der Landoberfläche. Forschende aus einem interdisziplinären Team mehrerer Sektionen des GFZ haben zusammen mit Kolleginnen und Kollegen aus Hannover, Kiel und Padua zum ersten Mal einen direkten Zusammenhang zwischen der Abnahme des Wasserspiegels, der Verdunstung und der Landabsenkung nachgewiesen. Sie berichten darüber in der Fachzeitschrift *Scientific Reports*.

Das Team nutzte dabei ein breites Instrumentarium – von Messverfahren die auf dem globalen Navigationssatellitensystemen (GNSS) beruhen über Radarsatelliten bis hin zu Pegel- und Klimastationen vor Ort. Die Forschenden zeigten, dass sich die feste Erde mit einer zeitlichen Verzögerung von etwa acht Wochen synchron zu Schwankungen der Wasseroberfläche und des Grundwasserspiegels auf und ab bewegt. Der Trend geht dabei jedoch klar in eine Richtung: abwärts. Rund 1 m pro Jahr

sinkt der Wasserspiegel des Toten Meeres, und rund 15 cm pro Jahr senkt sich das Land. Zuflüsse durch Regenfälle in den umliegenden Bergen und über den Jordan verursachen kurzfristige Erhöhungen des Seespiegels. Wasserentnahme aus den Zuflüssen für die Landwirtschaft, Abpumpen des Salzwassers zur Gewinnung von Kalium und die Verdunstung in der großen Hitze kehren die Bilanz jedoch dauerhaft ins Negative.

Die Kopplung der Landabsenkung an das schwindende Wasser ist seit langem bekannt. Dass aber die Bewegung der Landoberfläche mit den hydro-meteorologischen Schwankungen so direkt zusammenhängt, ist neu. Für die Landwirtschaft, den Tourismus und die Infrastruktur in der Region sind die Landabsenkungen und der Wasserverlust sehr bedrohlich. Die Messungen zeigen zum ersten Mal, wie eng Land, Wasser und Atmosphäre hier miteinander verbunden sind. ■

**Originalstudie:** Vey, S., Al-Halbouni, D., Haghshenas Haghghi, M., Alshawaf, F., Vüllers, J., Güntner, A., Dick, G., Ramatschi, M., Teatini, P., Wickert, J., Weber, M. (2021). Delayed subsidence of the Dead Sea shore due to hydro-meteorological changes. *Scientific Reports*. <https://www.nature.com/articles/s41598-021-91949-7>

## Quecksilber wird unter grönländischem Eisschild freigesetzt

**Etwa zehn Prozent des globalen Fluss-Exports dieser giftigen Substanz in Ozeane entstammen dieser Region.**



*Eisberge auf Nuup Kangerlua (Grönland, Foto: Rue Perkins)*

Die Verschmutzung mit Quecksilber ist aufgrund seiner toxischen Wirkung ein Thema von globaler Bedeutung. Insbesondere in arktischen Organismen wurden bereits hohe Werte gemessen – mit beunruhigenden Auswirkungen auf Ökosysteme und die Nahrungskette. Bislang wurde der Grönländische Eisschild hierbei nicht berücksichtigt. Nun zeigen Forschende um Dr. Jonathan Hawkins vom GFZ und der Florida State University, dass Schmelzwässer im Südwesten Grönlands erhebliche Mengen Quecksilber in den arktischen Ozean transportieren. Aufgrund der großen nachgewiesenen Mengen gehen die Forschenden davon aus, dass sie geologischen Ursprungs sind. Ihre Messungen stellen sie im Fachjournal *Nature Geoscience* vor.

Quecksilber reichert sich in der Nahrungskette an und wird durch den Verzehr von Fisch und Meeresfrüchten zu einer Gefahr für den Menschen. Die mit den Folgen für Umwelt und Gesundheit verbundenen sozio-ökonomischen Kosten werden auf mehr als fünf Milliarden US-Dollar pro Jahr geschätzt. Eine signifikante Verschlimmerung dieser Proble-

matik geht auf das Konto von fossiler Energieerzeugung, Industrie, Bergbau und Verkehr. Aber es gibt auch natürliche Quellen wie die Emissionen von Vulkanen, Feuer und die Verwitterung von Gesteinen. Die Arktis erweist sich in beiderlei Hinsicht als besondere Problemzone: Der Quecksilbergehalt in Meeresorganismen ist dort in den vergangenen 150 Jahren um eine Größenordnung gestiegen. Über die Atmosphäre gelangen Staubteilchen und Aerosole in diese Region, und der Klimawandel und die damit verbundene Erwärmung der Arktis führen zu höheren Einträgen durch mehr und stärkere Schmelzwässer.

Die Quelle des Quecksilbers ist wahrscheinlich die Erde selbst, am Boden des Eisschildes. Darauf deuten u. a. Vergleichsdaten von der Schneeoberfläche und aus dem Eis hin. ■

**Originalstudie:** Hawkins, J. R., Linhoff, B. S., Wadham, J. L. et al. (2021). Large subglacial source of mercury from the southwestern margin of the Greenland Ice Sheet. *Nature Geosciences*, 14, 496–502. DOI: 10.1038/s41561-021-00753-w

## Regenfälle verändern arktischen Kohlenstoffkreislauf

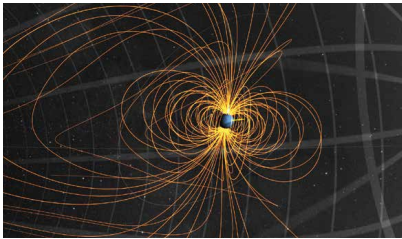
Arktische Flüsse werden zunehmend auch von Regen und nicht nur von Schneeschmelze gespeist. Das führt zu einer stärkeren Wechselwirkung der Gewässer mit Pflanzen und Boden – und damit zu einem stärkeren Eintrag von Nährstoffen, Kohlenstoff und anderem organischen wie anorganischen Material. Das zeigen Forschende um Dr. Joanne Heslop vom GFZ und Casey Beel, Ph.D. von der Queens University, Kingston (Kanada) in einer Studie, die im Fachmagazin *Nature Communications* erschienen ist. Sie haben mehr als zehn Jahre umfassende Daten über Wetterereignisse, Fließgewässer und deren biogeochemische Zusammensetzung analysiert. Potenzielle Auswirkungen betreffen einerseits Wasserqualität und Nahrungskette und andererseits die Freisetzung von Treibhausgasen wie CO<sub>2</sub> und Methan. Somit sind die Daten wichtig für die Verbesserung von biogeochemischen und Klimamodellen. ■



*Stark strömender Fluss in der Hoch-Arktis (Foto: Scott Lamoureux, Queens University)*

**Originalstudie:** Beel, C. R., Heslop, J. K., Orwin, J. K., Pope, M. A., Schevers, A. J., Hung, J. K. Y., Lafrenière, M. J., Lamoureux, S. F. (2021). Emerging dominance of summer rainfall driving High Arctic terrestrial-aquatic connectivity. *Nature Communications*, 12, 1448. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21759-3>

## Superionisches Eis: Neues zu Magnetfeldern von Uranus und Neptun

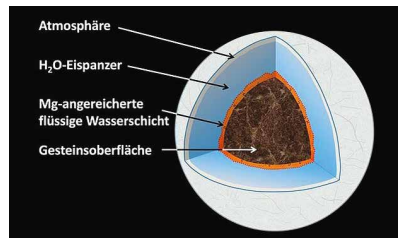


Das Magnetfeld des Neptun ist, wie das der Erde, nicht statisch sondern variiert über die Zeit. (Illustration: NASA's Scientific Visualization Studio)

Eis ist nicht gleich Eis. Die feste Form von Wasser kommt in mehr als einem Dutzend verschiedener Strukturen vor. Superionisches Eis ist eine besondere kristalline Form, halb fest, halb flüssig und elektrisch leitend. Ihre Existenz wurde auf Basis diverser Modelle vorhergesagt und bereits unter Laborbedingungen beobachtet. Die genauen Voraussetzungen für ihre Existenz werden unter Forschenden aber noch kontrovers diskutiert. Ein Team von Wissenschaftlern um Dr. Vitali Prakapenka von der University of Chicago, dem auch Dr. Sergey S. Lobanov vom GFZ angehört, hat nun Struktur und Eigenschaften von zwei superionischen Eis-Phasen (Eis XVIII und Eis XX) vermessen. Sie brachten Wasser in einer laserbeheizten Diamant-Stempelzelle auf extrem hohe Drücke und Temperaturen. Dabei wurden die Proben hinsichtlich Struktur und elektrische Leitfähigkeit untersucht. Die Ergebnisse sind im Fachmagazin *Nature Physics* erschienen. Sie können möglicherweise auch dazu beitragen, die ungewöhnlichen Magnetfelder der stark wasserhaltigen Planeten Uranus und Neptun zu erklären. Weitere Untersuchungen sollen die innere Struktur und das Magnetfeld der beiden Gasplaneten noch besser aufklären. ■

**Originalstudie:** Prakapenka, V.B., Holtgrewe, N., Lobanov, S.S., Goncharov, A. (2021). Structure and properties of two superionic ice phases. *Nature Physics*. DOI: 10.1038/s41567-021-01351-8

## Wie Wasser auf Eis- planeten den felsigen Untergrund auslaugt

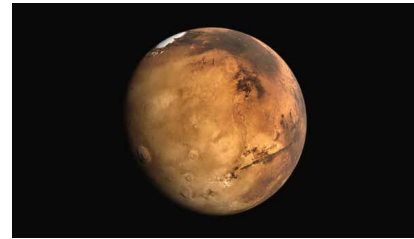


Schnittdiagramm eines wasserreichen Sub-Neptun-Exoplaneten (Grafik: S. Speziale, GFZ)

Die Mechanismen der Wechselwirkung zwischen Wasser und Gestein an der Erdoberfläche sind gut verstanden, auch das Bild des Kreislaufs von  $H_2O$  im tiefen Innern terrestrischer Planeten wird immer besser. Nicht bekannt ist, was an der Grenzfläche zwischen heißem Wasser und der tiefen Gesteinshülle von Wasserisplaneten bei Drücken und Temperaturen passiert, die um tausende Male höher sind als am Boden der tiefsten Ozeane auf der Erde. In unserem Sonnensystem sind Neptun und Uranus als Eisriesen klassifiziert; sie haben eine dicke äußere Wassereisschicht über einer tiefen Gesteinsschicht. Es ist nach wie vor offen, ob die Temperatur an der Grenzfläche hoch genug ist, um flüssiges Wasser zu bilden. Ein internationales Team von Forschenden unter GFZ-Beteiligung führte eine Reihe von Experimenten durch, die zeigen, wie Wasser bei Drücken zwischen 20 und 40 GPa Magnesiumoxid aus Ferropirklas und Olivin auslaugt. Dies entspricht dem bis zu 400 000-fachen des Atmosphärendrucks auf der Erde und Versuchstemperaturen  $>1230$  °C, Bedingungen, wie sie in den tiefen Ozeanen an der Grenze zum Gestein der Sub-Neptun-Eisplaneten vorherrschen. Die Erkenntnisse eröffnen neue Szenarien für die thermische Entwicklung großer eisiger Planeten. ■

**Originalstudie:** Kim, T., Chariton, S., Prakapenka, V., Pakhomova, A., Liermann, H.-P., Liu, Z., Speziale, S., Shim, S.-H., Lee, Y. (2021). Atomic-scale mixing between MgO and  $H_2O$  in the deep interiors of water-rich planets. *Nature Astronomy*. DOI: 10.1038/s41550-021-01368-2

## Können Astronauten unbeschadet zum Mars fliegen?



Aufbruch zum Mars: Die gefährliche Weltraumstrahlung kann ausreichend gut abgeschirmt werden, wenn Zeitpunkt und Dauer der Reise stimmen. (Illustration: „Mars“ Kevin M. Gill, CC BY 2.0)

Die Weltraumstrahlung ist eines der Hauptprobleme bei der Planung bemannter Weltraummissionen. Für den Menschen gefährlich sind sowohl energetische Teilchen der Sonne als auch die galaktische kosmische Strahlung. Ein internationales Team um Prof. Yuri Shprits vom GFZ sowie Michail Dobynde vom Skolkovo Institute of Science and Technology in Moskau hat anhand von Simulationen gezeigt, unter welchen Bedingungen eine Mission zum Mars machbar ist. Hierfür betrachteten die Forschenden die verschiedenen Strahlungstypen und ihre Ausbreitung im Weltraum sowie in ein Raumfahrzeug mit einer Modellperson. Die ermittelten Rahmenbedingungen: Der Schutzschild des Raumschiffs sollte ausreichend dick sein, um die mitfliegenden Menschen vor der Strahlung zu schützen, eine gewisse Dicke aber nicht überschreiten, da sonst im Material zu viele Sekundär-Partikel erzeugt werden. Selbst mit einem optimal konstruierten Raumfahrzeug sollte die Reise insgesamt nicht länger als vier Jahre dauern. Bester Zeitpunkt für den Start ist während des Maximums im Zyklus der Sonnenaktivität. Durch sie wird die gefährliche kosmische Strahlung am besten abgeschirmt. Die Ergebnisse sind im Fachmagazin *Space Weather* erschienen. ■

**Originalstudie:** Dobynde, M. I., Shprits, Y. Y., Drozdov, A. Y., Hoffman, J., Li, J. (2021). Beating 1 sievert: Optimal radiation shielding of astronauts on a mission to Mars. *Space Weather*, 19. <https://doi.org/10.1029/2021SW002749>

## Chancen und Grenzen von Künstlicher Intelligenz in der Klimamodellierung

Erdsystemmodelle sind die wichtigsten Werkzeuge, um den physikalischen Zustand der Erde quantitativ zu beschreiben und – beispielsweise im Rahmen von Klimamodellen – vorherzusagen, wie er sich in Zukunft unter dem Einfluss der menschlichen Aktivitäten verändern könnte. Wie die vermehrt eingesetzten Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) helfen können, diese Prognosen zu verbessern, und wo die Grenzen der beiden Ansätze liegen, hat ein internationales Team um Dr. Christopher Irrgang vom GFZ in einem Perspektiven-Artikel für das Journal *Nature Machine Intelligence* ausgeführt. Ein wesentlicher Vorschlag: beide Ansätze zu einer selbstlernenden „Neuronalen Erdsystemmodellierung“ zu verschmelzen.

Das System Erde ist ein komplexes Zusammenspiel aus vielen miteinander gekoppelten Einflussphasen und -faktoren. Es ist daher eine große Herausforderung, künftige Entwicklungen in diesem System vorherzusagen, wie es etwa im Rahmen der Forschungen zum Klimawandel erforderlich ist.

### Klassische Erdsystemmodellierung

Die klassischen Erdsystemmodelle (ESM) basieren auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten. Mithilfe mathematischer und numerischer Methoden wird aus dem Zustand eines Systems zu einem gegenwärtigen oder vergangenen Zeitpunkt der Zustand des Systems zu einem zukünftigen Zeitpunkt berechnet (vgl. Beiträge von Ott et al., S. 36 sowie Kühn et al., S. 30 in diesem Heft).

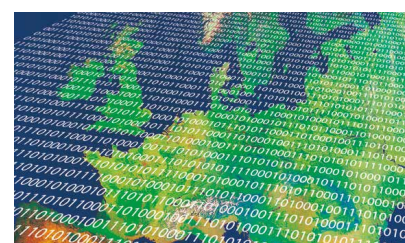
Erdsystemmodelle haben sich in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich verbessert. Ihre Leistungsfähigkeit zeigt sich z. B. darin, dass sie die Entwicklung der mittleren globalen Temperatur seit Beginn der Datennahme sehr gut nachzeichnen können. Und mittlerweile sind auch Aussagen über Auswirkungen des Klimawandels auf regionaler Ebene mög-

lich. Doch auch die Vorhersagen der neuesten Modelle sind mit Unsicherheiten behaftet. So neigen sie beispielsweise dazu, die Stärke und Häufigkeit von Extremereignissen zu unterschätzen. Forschende befürchten, dass in bestimmten Teilsystemen der Erde abrupte Veränderungen auftreten könnten, sogenannte Kippelemente im Klimasystem, welche die klassischen Modellierungsansätze bisher nur schlecht vorhersagen.

### Ansätze des Maschinellen Lernens

Die Herausforderungen der klassischen ESM-Ansätze, aber auch die immer größeren verfügbaren Mengen gesammelter Erdbeobachtungen öffnen das Feld für den Einsatz Künstlicher Intelligenz. Dahinter verbergen sich z. B. Methoden des Maschinellen Lernens (ML) wie Neuronale Netze, Zufallswälder oder Support-Vektor-Maschinen. Ihr Vorteil: Die selbstlernenden Systeme benötigen keine Kenntnis über die physikalischen Gesetze und Beziehungen. Stattdessen werden sie an großen Datensätzen für bestimmte Aufgaben trainiert und lernen die dahinter liegenden Systematiken selbst. Ein neuronales Netz lässt sich beispielsweise darauf trainieren, Muster in Satellitenbildern zu erkennen und zu klassifizieren.

Inwieweit dieser selbstlernende Ansatz allerdings tatsächlich die klassischen Modellierungsansätze erweitern oder sogar ersetzen kann, bleibt abzuwarten. Denn auch das Maschinelle Lernen hat – noch – seine Tücken. Viele der heutigen ML-Anwendungen für die Klimawissenschaften sind Proof-of-Concept-Studien, die in einer vereinfachten Umgebung funktionieren. Ein weiterer entscheidender Aspekt: Wie bei einer Black Box sind zwar Input und Output bekannt, aber die dahinterstehenden Prozesse zur Erkenntnisgewinnung nicht. Es bereitet Probleme, die Ergebnisse auf physikalische Konsistenz zu prüfen, auch wenn sie plausibel erscheinen. Nach Meinung des



Autorenteams sind Interpretierbarkeit und Erklärbarkeit wichtige Themen im Zusammenhang mit maschinellem Lernen, die künftig verbessert werden müssen, um die Transparenz und das Vertrauen in die Methode zu stärken. Insbesondere wenn die Ergebnisse der Vorhersagen eine wichtige Grundlage für politische Entscheidungen bilden, wie das im Rahmen der Klimaforschung der Fall ist.

In der vorliegenden Veröffentlichung schlägt das Team um den studierten Mathematiker einen dritten Weg vor: die Vernetzung der beiden zuvor besprochenen Ansätze zu einer „Neuronalen Erdsystemmodellierung“. Auf diese Weise könnten die jeweiligen Stärken kombiniert und ihre Grenzen ausgedehnt werden. Aktuell, so resümieren die Forschenden, seien KI und der hybride Ansatz noch mit vielen Limitierungen und Fallstricken behaftet und es sei bei weitem nicht klar, dass der aktuelle Hype um den Einsatz der Künstlichen Intelligenz – zumindest allein – die offenen Probleme der Erd- und Klimaforschung lösen wird. In jedem Fall aber lohne es sich, diesen Weg zu beschreiten. Dafür müsse es allerdings eine enge Zusammenarbeit zwischen der Klima- und Geoforschung auf der einen und den KI-Fachleuten auf der anderen Seite geben. ■

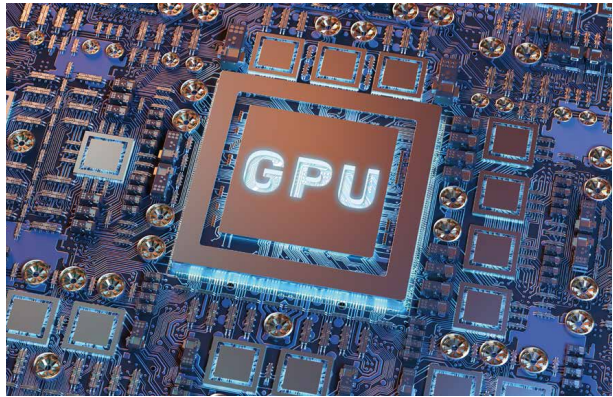
**Originalstudie:** Irrgang, C., Boers, N., Sonnewald, M., Barnes, E. A., Kadow, C., Staneva, J., Saynisch-Wagner, J. (2021). Towards neural Earth system modelling by integrating artificial intelligence in Earth system science. *Nature Machine Intelligence*, 3, 667–674. DOI: 10.1038/s42256-021-00374-3

## Mehr Rechenpower für das GFZ

Das GFZ erhält einen neuen Hochleistungscomputer. Die GPU-Einheit dient unter anderem der schnelleren und hochgenauen Berechnung von Erdbebenstärken und -orten, der quantenmechanischen Berechnung von Mineraleigenschaften oder der Modellierung von Landschaften. GPU steht für Graphics Processing Unit und bezeichnet eine Art von Rechnern, die dank der parallelen Verarbeitung von Daten besonders gut für Bildverarbeitung, Modellierung und maschinelles Lernen geeignet sind. Der Rechnerknoten wird mit 600 000 Euro vom Land Brandenburg über den Zukunftsinvestitionsfonds gefördert. Mit dem neuen GPU-Cluster kann das GFZ den Herausforderungen, die die Wissenschaft an die IT heranträgt, künftig besser und schneller begegnen. Insbesondere profitieren Forschende im Bereich des Maschinellen Lernens und der Künstlichen Intelligenz von dem Cluster.

Die neuen technologischen Möglichkeiten sollen für die Lösung zukünftiger Herausforderungen im Bereich Erde und

Umwelt genutzt werden. Einsatzmöglichkeiten im Umfeld des GFZ sind beispielsweise zeitkritische Massendatenberechnungen von Geodaten, Modellierungen und Simulationsberechnungen für Analysen und Vorhersagen sowie Echtzeit-Warnsysteme für Naturgefahren wie Tsunami, Sturm- und Regenfällen oder Vulkanaktivitäten. Weitere Anwendungen betreffen geotechnische Monitoringsysteme zur Beobachtung von Rutschungen, Fundamenten und Brücken sowie das Katastrophen-Management für Naturereignisse oder von Menschen verursachte Katastrophen. Künftig soll die Rechenleistung auch den Nachbarinstituten auf dem Potsdamer Telegrafenberg zur Verfügung gestellt werden.



Nahaufnahme einer modernen GPU-Karte mit Schaltkreis als 3D-Rendering (sdecoret – stock.adobe.com)

Das GPU-System wird im Serverraum des jüngst eingeweihten „GeoBioLab“ auf dem Campus Telegrafenberg installiert und betrieben. Die entstehende Wärmeleistung wird im Sinne nachhaltigen IT-Betriebs im Laborgebäude selbst und in einem weiteren angeschlossenen Gebäude für die Heizung und Wassererwärmung genutzt. ■

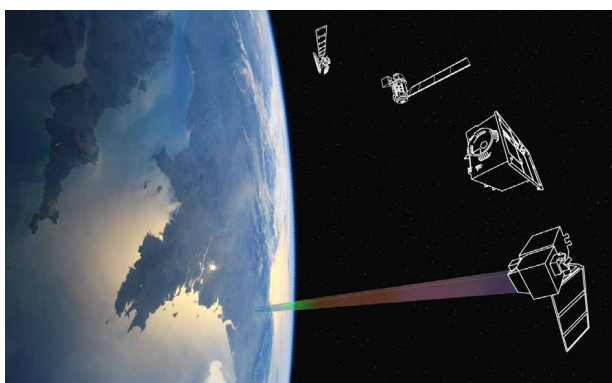


## Laborneubau GeoBioLab

Das GFZ hat am 21. Juni 2021 das „GeoBioLab“ mit einer Feierstunde im Beisein des Potsdamer Oberbürgermeisters Mike Schubert und Staatssekretär Dr. Michael Meister (Bundesministerium für Bildung und Forschung) eröffnet. Das Gebäude entstand in rund zweieinhalbjähriger Bauzeit und kostete 16,1 Mio. Euro. Es bietet auf gut 1500 m<sup>2</sup> Hauptnutzfläche Labore und Büroräume für zwei Sektionen des GFZ sowie einen Serverraum. Das „Helmholtz-Labor für integrierte geowissenschaftlich-biologische Forschung“ (GeoBioLab) wird in erster Linie der Erforschung der tiefen Biosphäre und der Wechselwirkungen der Biosphäre mit der Geosphäre und dem Klima dienen. ■

(Foto: Reinhardt & Sommer)

## Neue digitale Weiterbildungsformate in der Satelliten-Fernerkundung



Satelliten vermessen die Erde. (Bild: marcel – stock.adobe.com, Grafik: Antonia Cozacu, GFZ)

Satellitendaten bieten wertvolle Informationen, um die Erdoberfläche und ihre Prozesse besser zu verstehen, und sie stehen zunehmend kostenfrei zur Verfügung. Damit sind sie nicht nur für die Wissenschaft interessant, sondern auch für Anwenderinnen und Anwender aus so vielfältigen Bereichen wie Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz sowie Planung. Um den Zugang zu den Fernerkundungsdaten und den Einstieg in ihre Nutzung zu erleichtern, bietet das GFZ nun über die Webplattform FERN.Lern eine Reihe digitaler Weiterbildungen zur Fernerkundung an.

Satellitendaten liefern weit mehr als nur schöne Bilder unserer Erde. Dank der zunehmend freien Datenpolitik der Raumfahrtagenturen stehen hochaktuelle und flächenhafte Umweltinformationen kostenfrei zur Verfügung. Sie umfassen hochauflösende optische und spektrale Daten, auf deren Basis detaillierte Karten und Bilder erstellt werden können. Für das Jahr 2022 ist der Start von EnMAP (Environmental Mapping Analysis Program) geplant, die erste deutsche Hyperspektral-Satellitenmission. Das GFZ hat die wissenschaftliche Leitung inne. Das Hyperspektralinstrument an Bord des Satelliten soll Detailinformationen über die Ökosysteme auf der Landoberfläche der Erde liefern.

So wächst der Schatz an frei verfügbaren Fernerkundungsdaten zwar exponentiell an und wird zunehmend nicht nur für die Wissenschaft interessant, sondern auch für eine mögliche Anwendung in Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz, Planung sowie Behörden. Noch aber ist die Nutzung dieser Daten oft wenig in den Arbeitsalltag und in Entscheidungsprozesse dieser Gruppen integriert. Für viele unerfahrene Nutzende ist die Hemmschwelle, Satellitendaten zu verwenden hoch. Weder der Zugang zu den Daten noch ihre Nutzung sind selbstklärend. Tutorials oder Anleitungen sind in der Regel auf wissenschaftlichem Niveau und oft nur auf Englisch verfügbar.

Zu den neu entwickelten digitalen Weiterbildungsangeboten gehören unter anderem:

■ **HYPERedu** – Eine neue Online-Lerninitiative für hyperspektrale Fernerkundung, gefördert durch die DLR Raumfahrtagentur mit Mitteln des BMWi

Die Ausbildungsinitiative HYPERedu ist Teil der Nutzungsvorbereitung der EnMAP-Mission und hat zum Ziel, zukünftige Nutzergruppen in der Anwendung von hyperspektralen Daten zu schulen. Sie stellt eine stetig wachsende Zahl von Lehrmaterialien und Online-Kursen zur Verfügung, darunter der Kurs **Massive Open Online Course (MOOC) „Beyond the Visible – Introduction to Hyperspectral Remote Sensing“**.

Der MOOC vermittelt die Grundlagen der abbildenden Spektroskopie und gibt darüber hinaus einen Überblick über frei nutzbare Datenquellen und Open-Source-Software, sowie einen Einstieg in die praktische Nutzung der Daten mit der EnMAP-Box. Er richtet sich an Studierende und Anwenderinnen sowie Anwender auf der ganzen Welt und setzt Grundkenntnisse auf dem Gebiet der optischen Fernerkundung voraus. Der Kurs umfasst drei thematische Lektionen in englischer Sprache und ist so konzipiert, dass er in etwa fünf Stunden zu einem selbstgewählten Zeitpunkt und in eigenem Tempo absolviert werden kann.

**Anmeldung über:** <https://eo-college.org/courses/beyond-the-visible/>

■ **SAPIENS** – *Satellitendaten für Planung, Industrie, Energiewirtschaft und Naturschutz, gefördert von der Helmholtz-Gemeinschaft*

In interaktiven Live-Online-Schulungen lernen die Teilnehmenden die Grundlagen und Anwendungsfelder der multispektralen Satelliten-Fernerkundung kennen. In praktischen Übungen wird die selbstständige Arbeit mit multispektralen Satellitendaten gefördert.

**Anmeldung über:** <https://fernlearn.gfz-potsdam.de/live>

■ **KONSAB** – *Kommunikationsinitiative zur Nutzung von Satellitendaten in der Agrar- und Forstwirtschaft Brandenburgs, wurde gefördert vom MWFK Brandenburg*

In einer Vielzahl von Lernvideos und Webseminaren werden die Grundlagen der Satelliten-Fernerkundung für die Land- und Forstwirtschaft vermittelt und Anwendungsbeispiele gezeigt. ■

*Alle Weiterbildungsangebote des GFZ zur Fernerkundung auf der Webplattform FERN.Lern: <https://fernlearn.gfz-potsdam.de>*

## BMBF prämiert das GFZ als Vorreiter in der internationalen Wissenschaftsdiplomatie



*Teilnehmende der Paneldiskussion (v.l.n.r.): Alexey Faguet, Trofimuk Institut RAS; Olga Dobrovidova, Präsidentin AKSON; Jurij Balega, Vizepräsident RAS; Ruslan Edelgeriev, Sonderbeauftragter für Klimafragen des Präsidenten; Géza Andreas v. Geyr, Deutscher Botschafter; Ludwig Stroink, GFZ; Judith Schicks, GFZ; Josef Zens, GFZ. Es fehlt: Niels Hovius; kommissarischer Wissenschaftlicher Vorstand und Sprecher des Vorstands des GFZ, der per Video der Veranstaltung zugeschaltet war. (Foto: Scientific Russia/Andrej Luft)*

In einer feierlichen Zeremonie verlieh die ehemalige Bundesministerin für Bildung und Forschung, Anja Karliczek, am 1. Juni 2021 dem GFZ den erstmals ausgelobten Preis für Bildungs- und Wissenschaftsdiplomatie. Mit dem Preis werden wissenschaftliche Kooperationen gewürdigt, die über nationale Grenzen hinweg vertrauensvolle und nachhaltige Partnerschaften aufbauen und deren Erkenntnisse wichtige Grundlage für politische Entscheidungen sein können. Der Preis ist mit 75 000 € dotiert.

Das von Projekte & Internationales, der zentralen Anlaufstelle für alle Informationen rund um das Thema Projektberatung und internationalen Beziehungen des GFZ, eingereichte Kommunikationskonzept „Gemeinsam für ein besseres Klima – Aktive Wissenschaftsdiplomatie mit Russland – BRIDGE“ zielt auf die gemeinsame Klima- und Nachhaltigkeitsforschung ab, die Deutschland und Russland bereits über viele Jahrzehnte verbindet. Das GFZ setzt mit

seinem Konzept auf ein breites Spektrum von analogen und digitalen Formaten, die sowohl Informations- als auch Vermittlungscharakter haben und unterschiedliche Partizipationsmöglichkeiten anbieten. Mit den Kommunikationsmaßnahmen werden die Deutsch-Russischen Forschungsaktivitäten stärker in das Bewusstsein von Politik und Gesellschaft gerückt und leisten damit einen Beitrag zur Wissenschaftsdiplomatie beider Länder.

Die Eröffnungsfeierlichkeiten des Kommunikationsjahres fanden am Abend des 16. November 2021 in den Räumlichkeiten der Russischen Akademie der Wissenschaften, RAS, in Moskau statt. Den Begrüßungsworten durch den Vizepräsidenten der RAS, Prof. Dr. Jurij Balega und Frau Gabriele Hermani, Bundesministerium für Bildung und Forschung, folgte eine Paneldiskussion zum Thema „Gemeinsam für ein besseres Klima – Wie kann gemeinsame Klimaforschung das Diplomatische Klima verbessern“. ■

## GFZ Friends – Förderverein des GFZ

Unterstützen, bewahren, vernetzen! Diese Kurzformel beschreibt wohl am besten, was den Verein der Freunde und Förderer des GFZ e. V. (kurz GFZ Friends) antreibt.

Um dieses Motto stetig neu zu beleben, hat der Verein ein attraktives Programm ins Leben gerufen, das GFZ Friends Mentoring Programme. Ziel der Initiative ist es, GFZ-Nachwuchskräfte durch eine Patenschaft mit einer erfahrenen Mentorin oder einem erfahrenen Mentor bei der beruflichen Entwicklung zu unterstützen. Für eine erste Runde haben sich zwölf interessierte Nachwuchsforschende gemeldet. Der Verein kann allen ab Januar 2022 jeweils eine erfahrene Führungskraft aus dem In- oder Ausland an die Seite stellen.



Dervon GFZ Friends verliehene Friedrich-Robert-Helmert-Preis für die jahrgangsbeste

Promotion ging 2021 an Dr. Irina Zhelavskaya. Sie promovierte als Geo.X-PhD-Fellow an der Universität Potsdam und dem GFZ auf dem Gebiet der computergestützten Physik und schloss ihre Promotion im Oktober 2020 mit der Bestnote Summa cum laude ab. In der GFZ-Sektion 2.7 Weltraumphysik und Weltraumwetter erforschte Irina Zhelavskaya die Dynamik der Plasmasphäre, einer Region des kalten und dichten Plasmas, das die Erde umgibt und u. a. für die globale Satelliten-Navigation wichtig ist. ■

*Informationen zu den Aktivitäten des Vereins und zur Mitgliedschaft: [www.gfz-friends.de](http://www.gfz-friends.de)*

# Ausgezeichnet

## Wechsel in den Departments- und Sektionsleitungen



Foto: Univ. Potsdam, Karla Fritze

Am 17. März 2021 wurde **Prof. Dirk Wagner** zum neuen Leiter des Departments 3 Geochemie benannt. Neben seiner jetzigen Funktion als Department-Direktor ist Dirk Wagner Leiter der Sektion 3.7 Geomikrobiologie am GFZ. Er lehrt Geomikrobiologie und Geobiologie am Institut für Geowissenschaften der Universität Potsdam und fungiert darüber hinaus als Wissenschaftlicher Berater der GeoGraduates am GFZ. Prof. Wagner folgt Prof. Michael Kühn, dem Leiter der GFZ-Sektion 3.4 Fluidsystemmodellierung, der dem Department von 2016 bis 2020 vorstand. ■



**PD Dr. Wolfgang Graf zu Castell-Rüdenhausen** ist seit 1. November 2021 neuer Direktor des Departments 5 Daten-, Informations- und IT-Dienste und Chief Information Officer (CIO) am GFZ. Er tritt damit die Nachfolge von Dr. Jörn Lauterjung an, der im September 2020 in den Ruhestand gegangen war. Seit 1. September 2020 hatte Martin Hammitzsch die kommissarische Leitung des Departments inne.

Zu Castell kommt vom Helmholtz-Zentrum München, wo er der Leiter des Departments Information and Communication Technology und des Departments Digitalisierung war, sowie Information Technology Security Officer. In der Helmholtz-Gemeinschaft ist er Vorsitzender des Arbeitskreises Open Science, Mitglied der Taskforce Digitalisierung und hat an der Digitalisierungsstrategie der Helmholtz-Gemeinschaft mitgewirkt. Seit 2001 lehrt er an der Technischen Universität München. ■



**Prof. Claudio Facenna** hat zum 1. September 2021 die Leitung der Sektion 4.1 Dynamik der Lithosphäre am GFZ übernommen. Er folgt auf Prof. Onno Oncken, der Ende September altersbedingt ausgeschieden ist. Claudio Facenna ist einer der international führenden Forschenden auf dem Gebiet der Geodynamik mit einem Schwerpunkt auf der aktiven Tektonik. Der italienische Wissenschaftler hat eine Professur an der Università Roma TRE.



Der bisherige Leiter der Sektion 4.1, **Prof. Onno Oncken**, hatte seit der Gründung leitende Funktionen am GFZ inne. Er begann 1992 als Leiter der damaligen Sektion „Struktur, Evolution und Geodynamik“ und war von 2003 bis 2018 Departmentdirektor. Von 2004 bis Ende 2020 war Onno Oncken darüber hinaus Programmsprecher am GFZ für drei Förderperioden der programmorientierten Forschungsförderung (PoF) in der Helmholtz-Gemeinschaft. Seit 1994 ist er Professor an der Freien Universität Berlin. Der vielfach ausgezeichnete Forscher und Südamerika-Experte wird dem GFZ noch als Gastwissenschaftler angehören. ■



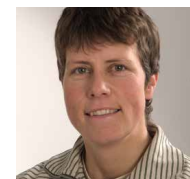
**Prof. Ingo Sass** ist seit 1. September 2021 neuer Leiter der Sektion 4.8 Geenergie am GFZ. Er tritt damit die Nachfolge von Prof. Ernst Huenges an, der zum 31. Juni 2021 altersbedingt ausgeschieden ist. Seit 1. Januar 2021 hatte Dr. Simona Regenspurg die kommissarische

rische Sektionsleitung inne. Ingo Sass kommt von der Technischen Universität Darmstadt, wo er eine W3-Professur innehat. Diese wird in einer gemeinsamen Berufung der Institutionen in die Kooperation der TU Darmstadt mit dem GFZ integriert.



Mit **Prof. Ernst Huenges** geht ein Pionier der internationalen Geothermieforschung in den Ruhestand.

Mehr als dreißig Jahre lang hat er in vielen verschiedenen Funktionen dafür gearbeitet, das Potenzial der Wärme aus dem Untergrund für eine klimafreundliche, nachhaltige und regionale Energieversorgung zu erkunden und zu nutzen. Der Verfahrenstechniker und Geophysiker kam nach Stationen am Kontinentalen Tiefbohrprogramm (KTB), der RWTH Aachen und dem Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) 1994 an das GFZ. Er lehrte er als Honorarprofessor für Geothermische Technologien an der Technischen Universität Berlin. ■



**Dr. Monika Korte** ist seit 1. Oktober 2021 kommissarische Leiterin der Sektion 2.3 Geomagnetismus. Sie folgt Prof. Claudia Stolle, die als Vorstand an das Leibniz Institut Kühlungsborn wechselte. Frau Korte leitet in der Sektion 2.3 die Arbeitsgruppe Entwicklung des Erdmagnetfelds. ■



## Neue Berufungen am GFZ



**Prof. Sabine Chabrilat**, GFZ-Sektion 1.4 Fernerkundung und Geoinformatik, ist seit 1. August 2021 W2-

Professorin für Digitale Bodenkartierung am Institut für Bodenkunde an der Naturwissenschaftlichen Fakultät in gemeinsamer Berufung mit der Leibniz Universität Hannover. ■



**apl. Prof. Oliver Heibach**, GFZ-Sektion 2.6 Erdbebengefährdung und dynamische Risiken, wurde am 12.

Januar 2021 zum außerplanmäßigen Professor für Geophysikalische Modellierung mit Fokus auf das Spannungsfeld der Erdkruste an der Technischen Universität Berlin ernannt. ■



**apl. Prof. Judith Schicks**, GFZ-Sektion 3.1 Anorganische und Isotopengeochemie, wurde am 8. Januar

2021 zur außerplanmäßigen Professorin für Thermodynamik und Kinetik von Mehrphasensystemen an der Universität Potsdam ernannt. ■



**PD Dr. Hans-Martin Schulz**, GFZ-Sektion 3.2 Organische Geochemie, ist Gastprofessor an der Central

South University, China. Die Professur ist zunächst befristet für den Zeitraum Juni 2021 bis Juni 2026. ■



**Prof. Hannes Hoffmann**, GFZ-Sektion 4.8 Geoenergie, ist seit 1. Dezember 2021 W1-Juniorprofessor für Reservoir Engineering in gemeinsamer

Berufung mit der Technischen Universität Berlin. ■

## Humboldt-Forschungspreisträger am GFZ

Die Alexander von Humboldt-Stiftung zeichnet mit dem Humboldt-Forschungspreis jährlich bis zu 100 international anerkannte Forschende für ihr bisheriges Gesamtschaffen aus. Das GFZ kann in dem Jahr 2021 gleich zwei Forschungspreisträger als Gastforscher begrüßen.



**Prof. Gregory Beroza**, Professor für Geophysik am Department of Geophysics an der Stanford University in

Kalifornien, erhielt den Preis 2020. Er hat unter anderem in der Erforschung der dynamischen Prozesse, die mit der Entstehung von Erdbeben und ihrer Ausbreitung verbunden sind, grundlegende neue Theorien und Erkenntnisse geschaffen. Beroza ist vom 1. Oktober 2021 bis zum Februar 2022 Gast von Prof. Marco Bohnhoff in der GFZ-Sektion 4.2 Geomechanik und Wissenschaftliches Bohren.



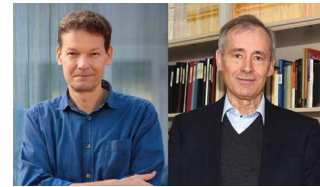
**Prof. Jeroen Aerts** von der Vrije Universiteit Amsterdam (Niederlande) wurde 2021 mit dem Humboldt-Forschungspreis ausgezeichnet. Mit seinem

Gastgeber, Prof. Bruno Merz, dem Leiter der GFZ-Sektion 4.4 Hydrologie, wird er sich während mehrerer Aufenthalte am GFZ u. a. dem Thema „Hydrologische Extreme und Risiken“ widmen.

Das GFZ begrüßt zudem im Jahr 2021 internationale Humboldt-Stipendiatinnen und -Stipendiaten:

- **Dr. Diptiranjana Rout** und **Dr. Ahmed Nasser Mahgoub**, Sektion 2.3 Geomagnetismus
- **Dr. Youqiang Yu**, Sektion 2.4 Seismologie
- **Prof. Dr. Ameha A. Muluneh**, Sektion 2.5 Geodynamische Modellierung
- **Dr. Runa Antony** und **Dr. Elizaveta Kovaleva**, Sektion 3.5 Grenzflächen-Geochemie
- **Dr. Sagar Masuti**, Sektion 4.2 Geomechanik und Wissenschaftliches Bohren ■

## Weitere Auszeichnungen



**Prof. Niels Hovius** und **Prof. Onno Oncken** sind im September 2021 zu **Fellows der American Geophysical Union (AGU)** ernannt worden. Niels Hovius ist kommissarischer wissenschaftlicher Vorstand des GFZ. Bevor er diese Position im

November 2020 übernahm, leitete er die Sektion 4.6 Geomorphologie des GFZ. Onno Oncken war bis zu seiner Pensionierung im August 2021 Leiter der GFZ-Sektion 4.1 Dynamik der Lithosphäre. Er ist nun als Gastwissenschaftler am GFZ tätig. Mit dem Fellowship würdigt die AGU Mitglieder, die außergewöhnliche wissenschaftliche Beiträge auf dem Gebiet der Erd- und Weltraumwissenschaften geleistet haben. Diese Ehre wird nur 0,1 Prozent der Mitglieder zuteil. Das heißt, dass in diesem Jahr nur 59 von rund 60 000 Mitgliedern aus 137 Ländern zu Fellows ernannt wurden; zwei davon stammen aus dem GFZ. Die neuen Fellows wurden offiziell während der Herbsttagung der AGU ausgezeichnet, die vom 13. bis 17. Dezember 2021 in New Orleans, USA, und online stattfand. ■



**Prof. Jens Wickert** (1.1) wurde im Januar 2021 in das **GNSS Science Advisory Board** der Europäischen Weltaumorganisation **ESA**

berufen. Die Nominierung ist eine hohe Auszeichnung und Anerkennung von langjährigen Leistungen, die nur erfahrenen Forschenden zuteilwird.

Zudem hat Jens Wickert im September 2021 stellvertretend für das Autorenteam den Preis für einen herausragenden Fachbeitrag in der *zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement* entgegengenommen. ■



**Dr.-Ing. Susanne Glaser** (1.1) wurde im Juni 2021 auf der Wissenschaftlichen Generalversammlung der Internationalen Assoziation

für Geodäsie (IAG) mit dem IAG Young Authors Award 2019 ausgezeichnet. Er gilt als einer der renommiertesten internationalen Preise für junge Forschende in der Geodäsie. ■



**Prof. Frank Flechtner** (1.2) erhielt im März 2021 den International Cooperation Award des American Institute

of Aeronautics and Astronautics (AIAA), der weltweit größte Luft- und Raumfahrttechnik-Verband mit Sitz in den USA. Geehrt wurde er „für die herausragende Leitung des internationalen Konsortiums bei der Planung und Durchführung der erfolgreichen Erdschweremissionen GRACE und GRACE-FO.“ ■



**Prof. Doris Dransch** (1.4) wurde für die Jahre 2022 bis 2025 Jahre in den Ausschuss für Wissenschaftliche

Bibliotheken und Informationssysteme der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) berufen. Doris Dransch soll dort vor allem die Themen Data Science und eScience vertreten. ■



**Prof. Mahdi Motagh** (1.4) ist seit Dezember 2021 Mitglied im Editorial Board des wissenschaftlichen

Journals Engineering Geology, eine internationale Zeitschrift, die Geo- und Ingenieurwissenschaften verbindet, insbesondere die Geologie und Geotechnik. ■



**Dr.-Ing. Martin Peter Lipus** (2.2) erhielt auf dem Geothermiekongress im Dezember 2021 eine Auszeichnung für seine „zu-

kunftsweisenden patentierten Arbeiten zur Bewertung der Integrität von Geothermiebohrungen mit faseroptischen ortsverteilten Temperatur- und Dehnungsmessungen in Echtzeit“. Die Weiterentwicklung und Validierung des zum Patent angemeldeten Prinzips wurde durch den GFZ-Innovationsfonds maßgeblich unterstützt. ■



**Dr. Hayley Allison** (2.7) erhielt im September 2021 den renommierten Leopoldina-Preis für junge Wissenschaftlerinnen

oder Wissenschaftler für ihre herausragenden Forschungsleistungen auf den Gebieten der Astrophysik. Die Leopoldina Nationale Akademie der Wissenschaften vergibt diesen Preis alle zwei Jahre an zwei herausragende Forschende, deren Promotion nicht länger als fünf Jahre zurück liegt. Der Preis ist mit 5000 Euro dotiert. ■



**Prof. Friedhelm von Blanckenburg** (3.3) ist seit Beginn des Jahres 2021 Präsident der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft

(DMG). Die DMG vertritt in Deutschland auch die Geochemie sowie die Materialwissenschaften und die Rohstoffkunde.

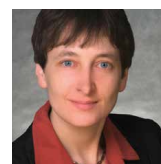
Gleichzeitig nahm von Blanckenburg am 1. Januar 2021 sein Amt als Vorstandsmitglied des Dachverbandes der Geowissenschaften DVGeo auf, in dem er einer der drei Vizepräsidenten ist.

Der DVGeo ist die Vereinigung der vier großen geowissenschaftlichen Gesellschaften in Deutschland: der Geologie, der Mineralogie, der Geophysik und der Paläontologie. ■



**Dr. Hella Wittmann-Oelze** (3.3) wurde im September 2021 auf der Jahrestagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft –

Geologische Vereinigung DGGV die Eugen-Seibold-Medaille verliehen. Mit der Medaille ehrt die DGGV außerordentliche wissenschaftliche Leistungen auf dem Gebiet der Geowissenschaften. Der Preis wird entweder für eine besonders herausragende Einzelveröffentlichung oder für eine Reihe von Veröffentlichungen vergeben. Die Ehrung erhält Hella Wittmann-Oelze für zehn aufeinander aufbauende Publikationen, welche wegweisende Fortschritte bei der Quantifizierung der Sedimentproduktion und des Sedimenttransports durch Flussbecken bis hin zu den Ozeanen erbrachten. ■



**PD Dr. Heidi Kreibich** (4.4) wurde im Juli 2021 zur Vorsitzenden von Panta Rhei für das Biennium von 2021 bis 2023 ernannt. Panta

Rhei ist eine globale dekadische Initiative der International Association of Hydrological Sciences (IAHS). Die Panta-Rhei-Initiative widmet sich der Erforschung von Wechselwirkungen und Rückkopplungen zwischen Hydrologie und Gesellschaft. ■