

Netzwerk

Geochemie am GFZ – Der Anfang



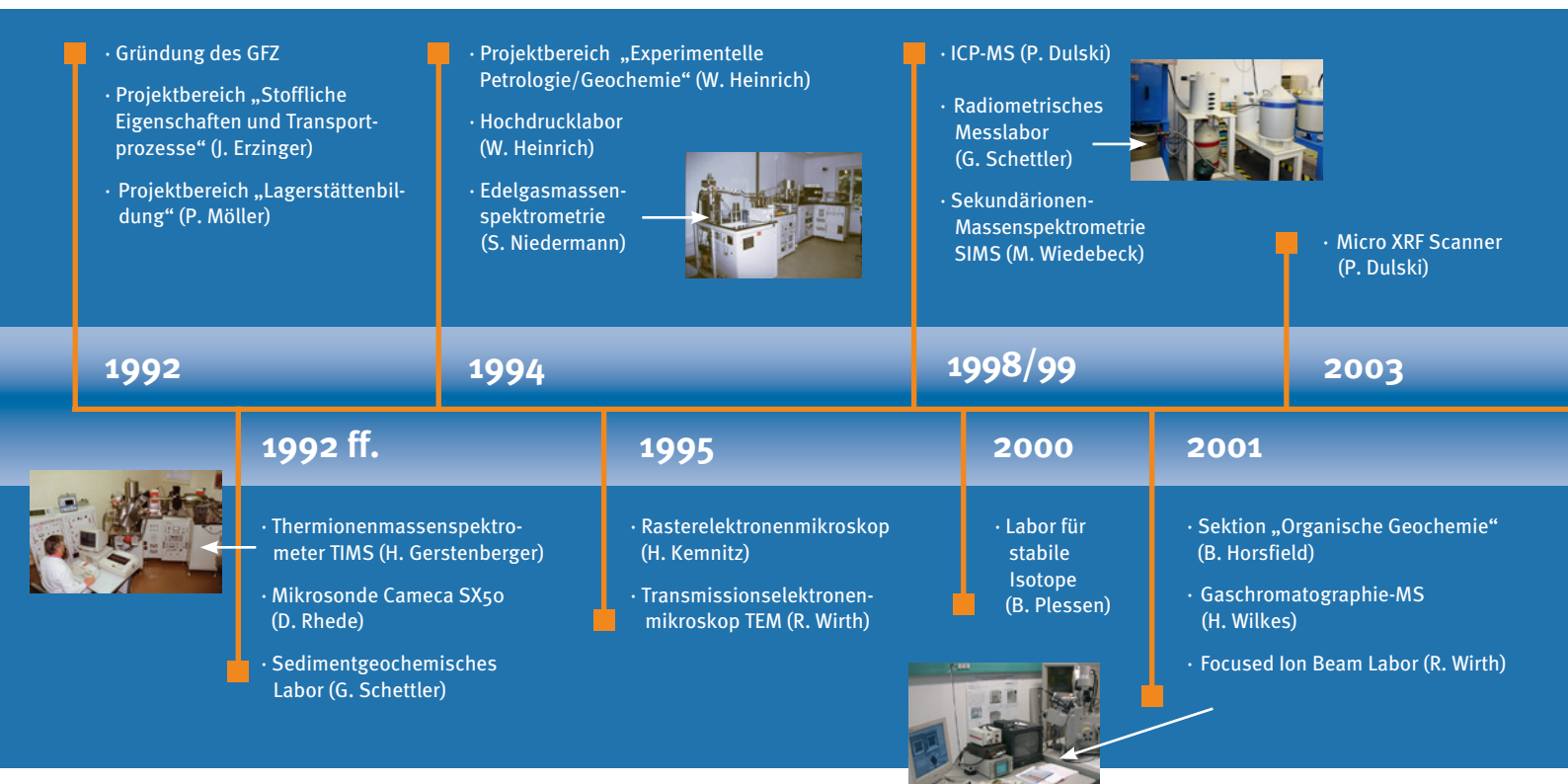
Abb. 1: Ehemalige „Baracke“ A50 und A24 (links). Beide Gebäude mussten für das neue PIK-Hauptgebäude Platz machen und wurden kürzlich abgerissen. Im rechten Barackenteil und im Gebäude A24 waren einige Labore und Büros des Projektbereichs „Geochemie“ untergebracht und im Mittelteil residierte der PB Lagerstättenforschung. (Foto: S. Tonn, GFZ)

Prof. Jörg Erzinger aus der GFZ-Sektion Anorganische und Isotopengeochemie schildert den Aufbau der Geochemie-Forschungslabore von der Gründungszeit des GFZ bis heute.

Am 16. Januar 1992 kam ich als Gast und möglicher zukünftiger Mitarbeiter zum ersten Mal ans GFZ nach Potsdam. Nach einem

geführten Rundgang über den Telegrafenberg wurde ich gefragt, welche Räume ich zusätzlich zu denen in A50 (Chemie- und Gerätelabore und Büros, Gebäude existiert nicht mehr, Abb. 1), A51 (Präparation, Gebäude existiert nicht mehr), A16 (Aufbereitung, heute Betriebsarzt) und A24 (Mikrosonde und Büros, Gebäude existiert nicht mehr) vordringlich benötigen würde,

um einen Projektbereich „Geochemie“ (heute Sektion) aufzubauen. Und, wenn ich mir zu viel Zeit lassen würde, könnte man mir nicht versprechen, ob in einer Woche meine „Wunschräumlichkeiten“ noch zur Verfügung stehen. Unglaublich, aber so schnell ging tatsächlich sehr vieles in der ersten Zeit. Nach Rücksprache mit Rudolf Naumann und Erika Kramer haben wir uns sofort für einige Kellerräume im A43 (heute: AWI, Abb. 2) entschieden, um dort ein Reiraumlabor und die Massenspektrometer für die zukünftige Isotopengeochemie und Geochronologie zu installieren. So wurden gleich am ersten Tag einige wichtige Entscheidungen getroffen, bevor ich am Abend mit einem Trabi-Taxi wieder zurück zum Flughafen Tegel fuhr.



In den nächsten Monaten kam ich zweiwöchentlich von Frankfurt am Main eingeflogen und nach intensiven Gesprächen mit den zukünftigen Kolleginnen und Kollegen habe ich mich dafür entschieden, den inzwischen ergangenen Ruf auf eine Professur an die Universität Potsdam verbunden mit einer Projektleiterstelle am GFZ anzunehmen. Jetzt konnte es mit dem Aufbau richtig losgehen. Vom GFZ-Gründungskomitee war vorgegeben worden, dass wir eine Art zentrales Labor für anorganisch-analytische Geochemie aufbauen sollten, eigentlich ein Konzept, welches schon in unserer DDR-Vorgängereinrichtung, dem Zentralinstitut für die Physik der Erde (ZIPE bis 31. Dezember 1991) in dessen Abteilung „Geologie“ teilweise verwirklicht war. Es musste also nicht alles neu eingerichtet werden. Es waren Aufbereitungs-, Präparations- und Silikataufschlussmöglichkeiten vorhanden. Die Haupt- und Nebenbestandteile wurden i. W. durch optische Funken-Emission-Spektroskopie und mit einem älteren ICP-Atomemission-Spektrometer sowie nasschemisch bestimmt. Für die Spurenanalytik waren Atom-Absorption-Spektrometer (AAS) vorhanden. Und die

allerwichtigste Ressource war, dass qualifizierte, motivierte und engagierte wissenschaftliche und technische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ab dem 1. Januar 1992 ins neu gegründete GFZ übernommen wurden. Zusammen konnte es mit der Planung des wissenschaftlichen Konzepts und der Labore und auch mit dem Bestellen losgehen. Schon in 1990 und 1991 wurden von Rudolf Naumann mit viel Einfallsreichtum Sondermittel im sog. KAI-Programm für je ein Röntgenfluoreszenz-Spektrometer (RFA) von Siemens und Röntgendiffraktometer (RDA) sowie die notwendige Peripherieeinrichtungen u. a. zur Präparation von Schmelztabletten erfolgreich beantragt. Ein modernes Graphitrohr-Zemann-AAS war schon beschafft worden und Dr. Dieter Rhode war schon um die Wendezeit erfolgreich mit der Mittelakquise für eine Mikrosonde CAMECA SX 50. Die Röntengeräte wurden dann gleich Anfang 1992 im GFZ aufgebaut.

Ein ICP-Quadrupol-Massenspektrometer von VG für die Spurenanalytik und ein Thermionenmassenspektrometer (TIMS) VG Sektor 54 waren die ersten GFZ-Großgeräte, die schon Ende 1991 von Dr. Jörn Lauterjung aus



Abb. 2: Gebäude A43, in welchem heute die Potsdamer Forschungsstelle des Alfred-Wegener-Instituts beheimatet ist. Im Keller (Fenster unten rechts) war bis 1998 die Isotopengeochemie untergebracht. Dazu wurden Reinraumlabore und klimatisierte Räume für zwei Thermionenmassenspektrometer (TIMS) sowie ein Büroraum eingerichtet. (Foto: E. Gantz, GFZ)



Abb. 3: Edelgasmassenspektrometer mit Hochtemperatur-Ausheizanlage (links) und Gasreinigungsteil (Mitte) in einem klimatisierten Messgeräte Raum in der Baracke A50

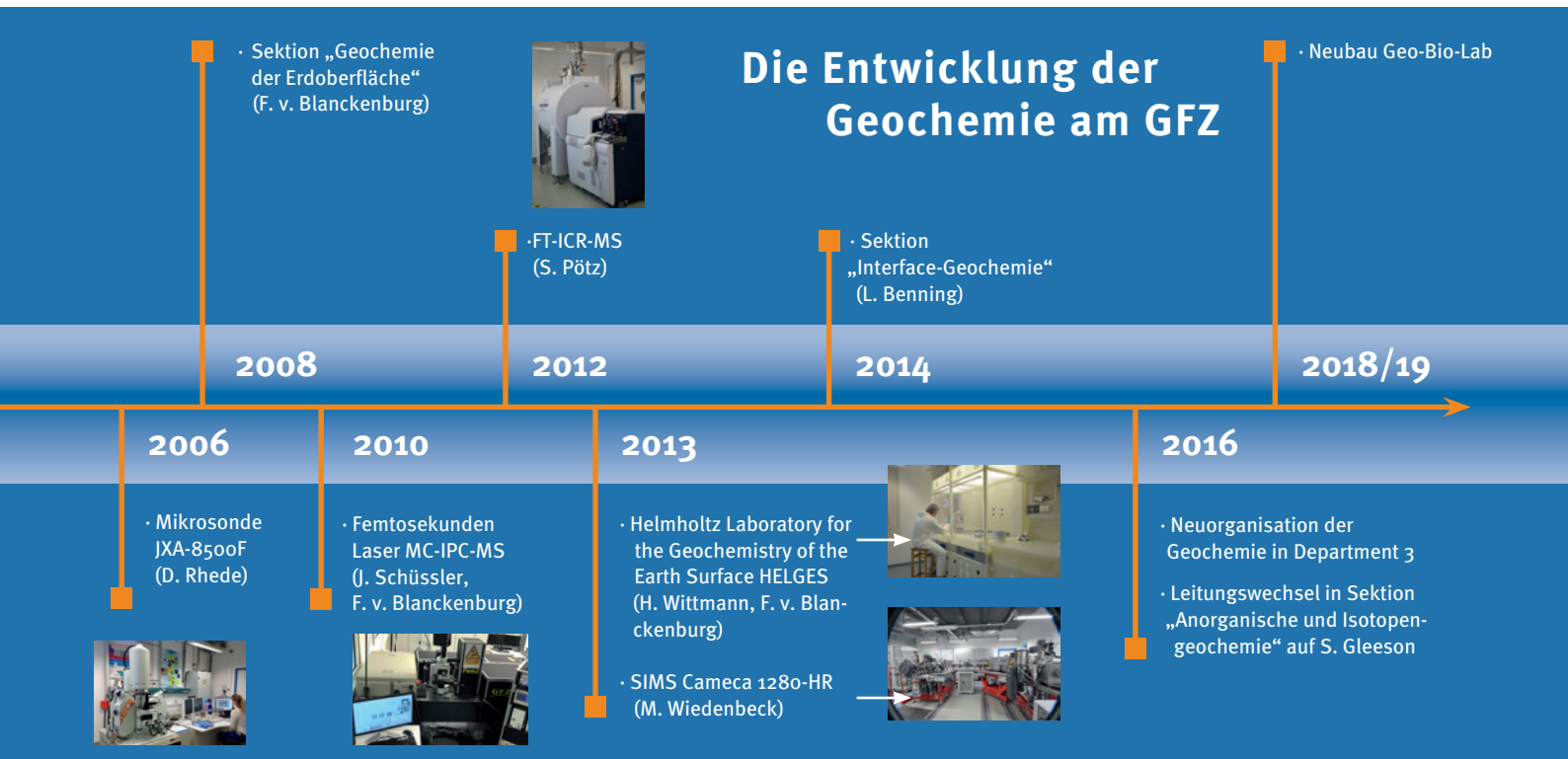




Abb. 4: Unsere beiden ersten Thermionenmassenspektrometer (TIMS) aufgebaut in dafür renovierten und umgebauten klimatisierten Kellerräumen des Gebäudes A43 (heute AWI). Dr. Heinz Gerstenberger am VG Sektor 54 (links) und Gunter Haase am Finnigan MAT 262 – viel enger ging es kaum!

Sondermitteln bestellt werden konnten. Das ICP-MS sollte ebenso wie ein neu beschafftes Edelgasmassenspektrometer mit Präparationseinrichtungen in der Baracke A50 in klimatisierten Räumen aufgebaut werden (Abb. 3).

Installationstechnisch war das damals noch alles recht einfach. Wir, die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Sektion, hatten Angebote eingeholt und dann drei Klimaanlage bestellt und diese einbauen lassen; ein Gebäudemanagement, wie wir es heute kennen, gab es noch nicht. Neben diesen Großgeräten wurden auch fast alle Geräte für die Aufbereitung und die Präparation neu beschafft sowie viele größere (ICP-AES) und kleinere Einrichtungen für die Chemielabore ersetzt oder erstmalig gekauft.

Ein besonderer Fall war das neue Isotopenlabor. Hierzu muss man wissen, dass neben dem GFZ in Potsdam auch in Leipzig/Halle eine neue Großforschungseinrichtung (später: Helmholtz-Zentrum) das Umwelt-ForschungsZentrum UFZ gegründet wurde. Damals war „auf höchster Ebene“ verabredet worden, dass am UFZ die Chemie der stabilen Isotope (C, O, H, N, S) und am GFZ die Geochemie radiogener Isotope (Rb/Sr, U/Pb, Sm/Nd, Re/Os) aber auch Lithium und Bor verfolgt und betrieben werden sollte. Deshalb musste ein altes TIMS-Gerät (Thermionenmassenspektrometer) von Leipzig nach Potsdam umgezogen werden und zwei der Wissenschaftler, die das Labor in der Leipziger Vorgängereinrichtung betrieben hatten, wurden am GFZ

angestellt. Dieses „Abkommen“ mit dem UFZ war auch ein Grund, warum wir uns am GFZ erst sehr viel später mit der Analytik der stabilen Isotope beschäftigen konnten. Um ehrlich zu sein, die Single-Kollektor-TIMS aus Leipzig haben wir erst ab 1998 im Neubau Haus B kurzzeitig betrieben (Prof. Rolf L. Romer, et al.). Wir hatten ja das neu gekaufte Sektor 54 (s. o.) und konnten schon 1994 ein zweites TIMS Micromass 262 beschaffen. Diese beiden Geräte haben wir dann bis zum Umzug in den Neubau (1998) in komplett umgebauten Kellerlabors im Haus A43 ebenso wie zwei Reinraumlabore betrieben (Abb. 4).

So um 1994 waren wir dann voll arbeitsfähig mit TIMS, Elektronenstrahlmikrosonde, RFA, RDA, ICP-AES, ICP-MS, verschiedene AAS, Chromatographie, Gas- und Edelgasisotopenanalytik, Reinraum- und Aufschlusslaboratorien, Gesteinsaufbereitung und Präparationseinrichtungen für Gesteinsschliffe und die Mikroanalytik (Abb. 5).

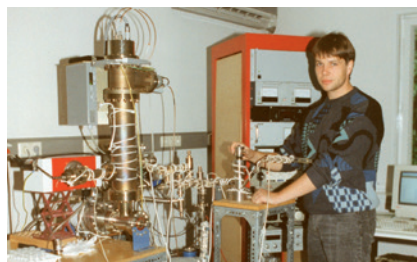


Abb. 5: Doktorand Wolfgang Bach (1993) an „seiner“ Hochvakuumeinrichtung zur thermischen Entgasung von Gesteinen und Mineralen mit anschließender massenspektrometrischer Bestimmung der Zusammensetzung der Volatilen

Zusätzlich zum Projektbereich Geochemie wurde (und wird) von Dr. Georg Schettler ein kleineres, aber apparativ sehr gut ausgestattetes Sedimentchemielabor betrieben und im ehemaligen Projektbereich „Lagerstättenforschung“ richteten Prof. Peter Möller und Dr. Peter Dulski im Haus A50 Labore vor allem für die Wasseranalytik und Geochemie der Selten-Erden-Elemente ein. Außerdem standen um 1995 in anderen Projektbereichen ein Rasterelektronenmikroskop (Dr. Helga Kemnitz) und ein Transmissionselektronenmikroskop (Dr. Richard Wirth) zur Verfügung.



Abb. 6: Dr. Dieter Rehde am CAMECA IMS 6f-SIMS, das 2013 durch ein hochauflösendes (Cameca 1280-HR-SIMS) ersetzt wurde

Ein wichtiger Meilenstein für den Projektbereich Geochemie war ab 1996 die Planungen für ein zentrales Labor für Sekundärienmassenspektrometrie (SIMS), welches aber erst 1998/99 im Neubau Haus C durch Dr. Michael Wiedenbeck realisiert werden konnte (Abb. 6). Frühere Pläne scheiterten am notwendigen Platzbedarf und vor allem an den bautechnischen Anforderungen, die in temporären Baucontainern nicht sinnvoll erreicht werden konnten.

Ein weiterer Ausbau geochemischer und geobiologischer Methoden und Laboratorien war dann erst ab dem Bezug unseres Neubaus ab dem Jahr 1998 möglich. Chronologisch folgte im Jahr 2001 die Einrichtung eines neuen Projektbereichs (Sektion) „Organische Geochemie“ (Prof. Brian Horsfield) und endlich ein Labor für stabile Isotope (Dr. Birgit Plessen) sowie das Labor für Dendrochronologie (Dr. Gerhard Helle) und die Einrichtung dreier neuer Sektionen für „Geochemie der Erdoberfläche“ (Prof. Friedhelm von Blanckenburg), „Geomikrobiologie“ (Prof. Dirk Wagner) und „Grenzflächen-Geochemie“ (Prof. Liane Benning). Damit verbunden war die Einrichtung des Helmholtz Laboratory for the Geochemistry of the Earth Surface – HELGES und des Helmholtz-Labors für integrierte geo-biowissenschaftliche Forschung – GeoBioLab – jeweils mit modernster Geräte-, Reinraum- und Mikrobiologie-Laboraausstattung.

Nun haben wir die Jetztzeit erreicht und Sie können sich die aktuelle Ausstattung und Arbeitsmöglichkeiten im Netz anschauen: <http://www.gfz-potsdam.de/wissenschaftliche-infrastruktur/labore/#c35035> ■

Der Schatz der Isotope – Kleinen Teilchen auf der Spur

von Maja Tesmer, Jutta Bartel, Josefine Buhk, Daniel A. Frick und dem GFZ-Schülerlabor

Das GFZ hält ein vielfältiges Angebot an Veranstaltungen speziell für Schulen und Kindergärten bereit. Die Kinder erkunden in eigenen Versuchen spannende Themen aus dem breiten Spektrum der Geowissenschaften. Der neu eingeführte Kurs zum Forschungsthema Isotope wurde von dem „Initial Training Network IsoNose“ in Zusammenarbeit mit der GeoWunderWerkstatt (GWW) am GFZ für die Klassenstufen

5 bis 6 entwickelt. Die Schülerinnen und Schüler erfahren, was Isotope sind und wie sie in der Wissenschaft als Hilfsmittel eingesetzt werden, um z. B. mehr über das Alter, die Herkunft oder die Entstehung von Stoffen zu erfahren. In dem Kurs erkunden die kleinen Nachwuchsforscherinnen und -forscher anhand von vereinfachten Experimenten den Arbeitsalltag von Geochemikerinnen und Geochemikern. Sie

führen alle notwendigen Arbeitsschritte von der Probenaufbereitung über die Analytik im Labor bis hin zur Auswertung der gewonnenen Informationen selbstständig durch. Nachdem alle Ergebnisse in einer Karte zusammengeführt wurden, bildet die Jagd nach dem „Schatz der Isotope“ den Abschluss des Tages in der GWW. Hier einige Impressionen aus den ersten Kursen:



1
Einleitung: Einfache Modelle verdeutlichen Fachbegriffe wie Atom, Element und Isotop. (Foto: T. Kollersberger, GFZ)



3
Probenvorbereitung: Zuerst müssen die Proben gewogen, zerkleinert (gemörsert) und aufgelöst werden. (Foto: J. Buhk, GFZ)



5
Probenanalytik: Bei der Flammenspektroskopie zeigt die charakteristische Flammenfarbe, um welches Element es sich handelt. (Foto: R. Pokharel, GFZ)



2
Geochemie zum Anfassen: Die Modelle bringen den Kindern komplexe Grundlagen „begreifbar“ nah. (Foto: J. Buhk, GFZ)



4
Probenaufbereitung: Mit der Chromatographie werden einzelne Stoffe aus einem Stoffgemisch getrennt. (Foto: R. Pokharel, GFZ)

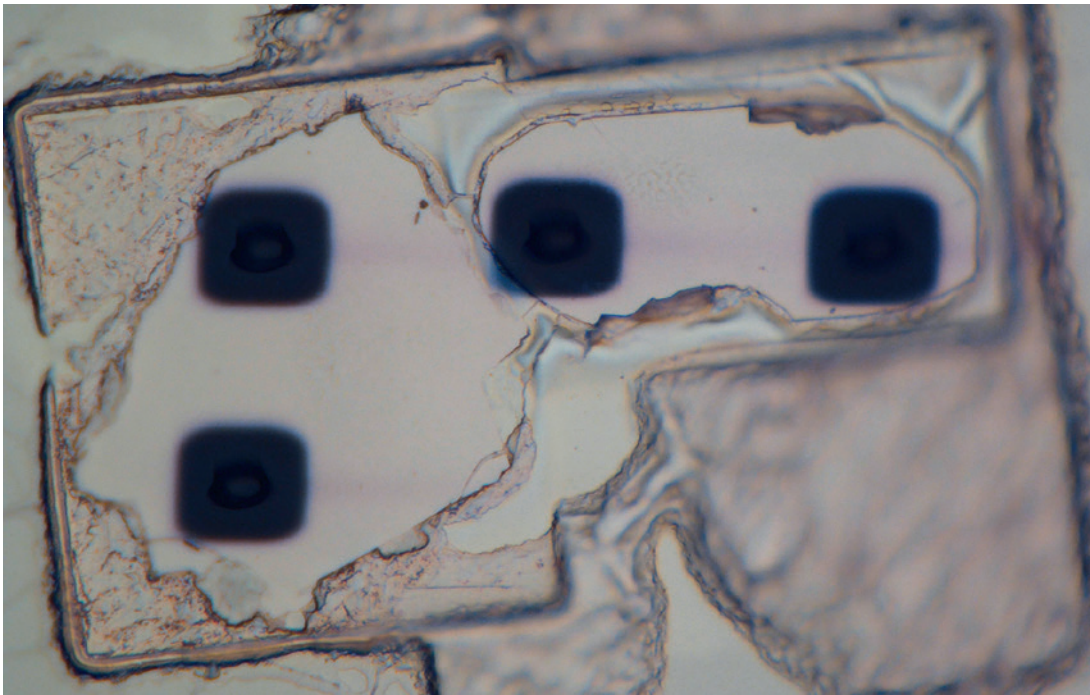


6
Auswertung: Alles richtig gemacht – die Schülerinnen und Schüler haben den Schatz der Isotope auf dem Potsdamer Telegrafenberg gehoben. (Foto: R. Pokharel, GFZ)

GFZ-Schülerlabor: Manuela Lange
(manuela.lange@gfz-potsdam.de)

Das Initial Training Network IsoNose wird durch das „People Programme (Marie Curie Actions)“ des 7. Rahmenprogramms der Europäischen Union FP7/2007-2013 unter der REA-Projektnummer 608069 gefördert.

Uralter Kontinent unter der Tropeninsel Mauritius



Mikroskopaufnahme von zwei Zirkonkristallen aus der Trachytprobe MAU-8 von Mauritius. Der Zirkon links ist 6 Mio. Jahre alt, der rechte ist 2,9 bis 3 Mrd. Jahre alt. Die schwarzen Rechtecke sind vier Analysepunkte, die bei der Messung in der hochauflösenden Ionensonde (SIMS) des GFZ entstanden sind. (Foto: M. Wiedenbeck, GFZ)

Angefangen hatte es vor einigen Jahren mit Sandkörnchen, aufgelesen an einem Strand von Mauritius: Die Lavapartikel enthielten den Halbedelstein Zirkon, der auf ein weit höheres Alter hinwies als bisher für die Insel im Indischen Ozean angenommen worden war. Jetzt zeigen neue Analysen, dass unter dem jungen vulkanischen Gestein von Mauritius wohl tatsächlich die Reste eines alten Kontinents begraben liegen, der Indien vor rund 90 Mio. Jahren mit Madagaskar verband. Forscherinnen und Forscher um den Norweger Prof. Trond Torsvik hatten bereits 2013 vorgeschlagen, die versunkene Landmasse „Mauritia“ zu nennen.

Wieder waren es Zirkone, die die Forscher auf die Spur Mauritis führten. Dieses Mal aber wurden die Gesteinsproben nicht am Strand gesammelt, sondern aus einem offenen liegenden Fels aus vulkanischem Trachyt von der Insel Mauritius geschlagen. Die Proben wurden nach Potsdam gebracht und im SIMS-Labor des GFZ analysiert. SIMS steht für Sekundärionen-Massenspektrometer. Dort wurden die Zirkone extrahiert und auf ihr Alter hin untersucht. Die Ergebnisse erschienen im Fachjournal Nature Communications. Die Studie wurde

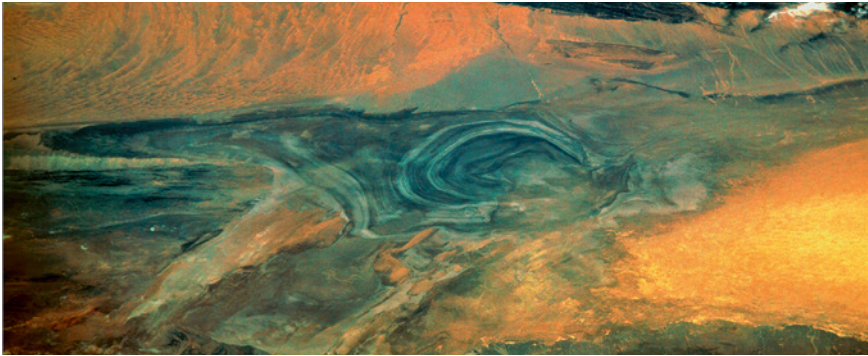
durchgeführt von Prof. Lewis D. Ashwal von der University of the Witwatersrand in Südafrika, Prof. Michael Wiedenbeck vom GFZ und wiederum Prof. Torsvik, der derzeit am GFZ als Gast forscht.

Zwischen Indien und Madagaskar liegen die Urlaubsparadiese der Seychellen und Mauritius. Die Seychellen mit ihrem granitischen Kern gelten geologisch als uralter Splitter von Indien und Madagaskar, wohingegen Mauritius eine junge vulkanische Insel ist, die über einem „Hotspot“ im Erdmantel entstand. Wenn die dünne ozeanische Erdkruste sich über den Hotspot schiebt, erhitzt dieser von unten wie ein Schweißbrenner das Gestein und schmilzt es auf: ein Vulkan entsteht. Die Kruste schiebt sich weiter, der Vulkan erkaltet, daneben entsteht ein neuer. So bildeten sich Mauritius und Réunion. Der Vulkanismus auf Mauritius begann vor etwa 9 Mio. Jahren. Doch am Strand fanden sich in Lavakörnchen Zirkone, die bis zu 1,9 Mrd. Jahre alt waren. 2013 veröffentlichte ein internationales Team von Forscherinnen und Forschern unter der Leitung von Torsvik eine Arbeit in Nature Geosciences, wonach die Zirkone auf uralte kontinentale Kruste hinwiesen, die unter der jungen Lava begrä-

ben liegt. Die neue Studie trägt nun dazu bei, das Verständnis von Mauritia deutlich zu erweitern. Zugleich widerlegt sie Hypothesen, wonach die Zirkone angeweht oder angeschwemmt worden sein könnten. Vielmehr überdeckt die Vulkaninsel Mauritius Überbleibsel eines Kontinents, der 3 Mrd. Jahre in die Erdgeschichte zurückreicht. Als vor ungefähr 90 Mio. Jahren der damalige Großkontinent Gondwana zerbrach, entstanden Afrika, Antarktika, Australien und Indien. Der neuen Studie zufolge war es nicht einfach nur eine Abspaltung der Landmassen, sondern vielmehr gab es eine komplexe Zersplitterung, bei der unterschiedlich große Teilstücke der kontinentalen Kruste in die sich neu bildende ozeanische Kruste des entstehenden Indischen Ozeans eingegliedert wurden. Die vermeintlich homogene ozeanische Kruste scheint längst nicht so einheitlich aufgebaut zu sein, wie bisher angenommen. ■

Weitere Untersuchungsergebnisse in: Ashwal, L., Wiedenbeck, M., Torsvik, T. (2017): Archaen zircons in Miocene oceanic hotspot rocks establish ancient continental crust beneath Mauritius. - Nature Communications, 8, 10.1038/NCOMMS14086.

Eine menschengemachte Umweltkatastrophe vor 1800 Jahren



Satellitenaufnahme vom mittleren Teil des Seebeckens Lop Nor und der Wüste Lop No (Bildquelle: NASA; Mission: STS047, Roll-Frame 151-26. Überarbeitet von Michael Gaebler; Quelle: Wikimedia Commons)

Der Aralsee gilt als mahnendes Beispiel für die Folgen menschlicher Eingriffe in die Natur: Seitdem seinen Zuflüssen große Mengen an Wasser entnommen werden, schrumpfte der ehemals riesige Binnensee in den vergangenen Jahrzehnten beträchtlich. Die Küstenlinie hat sich um Dutzende Kilometer verlagert. Solch weitreichende Folgen menschlichen Handelns gab es schon wesentlich früher. Das berichtet ein internationales Team, an dem auch das GFZ beteiligt ist. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchten Sedimente im Tarimbecken, um den Niedergang des Königreiches Loulan im Nordwesten Chinas zwischen dem 3. und 7. Jahrhundert zu rekonstruieren. Wie sie im Fachmagazin *Nature Scientific Reports* berichten, war die Ursache kein Klimawandel, wie bisher von vielen Expertinnen und Experten vermutet. Stattdessen wurden die Wasserzuflüsse wahrscheinlich durch intensive Bewässerung so weit reduziert, dass der einst große Lop-Nor-See deutlich schrumpfte. Die Autorinnen und Autoren, darunter Dr. Birgit Plessen von der GFZ-Sektion Klimadynamik und Landschaftsentwicklung, sprechen von einer menschengemachten Umweltkatastrophe, die vergleichbar mit der heutigen Krise des Aralsees ist.

Der Lop-Nor-See war ein abflussloser Salzsee und befand sich im Osten des Tarimbeckens. Vor rund 2000 Jahren war das Klima wesentlich feuchter als heute. Der See hatte eine Fläche von schätzungsweise 17 000 bis 50 000 km². Nordwestlich davon befand sich an der historischen Seidenstraße die

Oasenstadt Loulan, die zugleich namensgebend für das Königreich war. Ab dem dritten Jahrhundert begann der Niedergang dieser Stadt. Historische Schriften berichten, dass die Flüsse weniger Wasser führten und den Soldaten die Rationen gekürzt wurden. Immer mehr Siedlungen wurden aufgegeben. Als Ursache wurde lange Zeit ein Klimaumschwung vermutet. Die aktuelle Studie kommt zu einem anderen Schluss. Die Forscherinnen und Forscher analysierten Sedimente und bestimmten die Sauerstoff-Isotopenverhältnisse in Karbonatmineralen und Muschelkrebsen, um die Entwicklung des Lop-Nor-Sees nachzuvollziehen. Es zeigte sich, dass dieser tatsächlich wegen Wassermangels immer kleiner wurde und der Pegel sank. In angrenzenden Gebieten jedoch, das zeigen frühere Studien, war das Klima unverändert feucht. Der Wasserverlust und letztlich der Niedergang der Loulan-Kultur in der Region geht nach den neuen Untersuchungsergebnissen offenbar auf eine umfangreiche Bewässerung der Felder im Oberlauf der Zuflüsse zurück. ■

Weitere Untersuchungsergebnisse in: Mischke, S., Liu, C., Zhang, J., Zhang, C., Zhang, H., Jiao, P., Plessen, B. (2017). *The world's earliest Aral-Sea type disaster: the decline of the Loulan Kingdom in the Tarim Basin.* - *Scientific Reports*, 7, Nr. 43102, 10.1038/srep43102.

Graffiti für die Wissenschaft



Erosionsraten werden durch Farbanstrich ermittelt (Foto: J. Turowski, GFZ)

Die Bestimmung der räumlichen Verteilung von Erosionsprozessen an Gesteinsoberflächen in natürlicher Umgebung ist ein schwieriges Unterfangen. Deshalb gibt es hierzu bisher nur wenige Daten. Insbesondere in unwegsamem Gelände ist es schwer, Messapparate zu installieren und Veränderungen im Zeitverlauf, vor allem solche im Millimeterbereich, zuverlässig zu überwachen. In einer neuen Machbarkeitsstudie zeigt ein schweizerisch-deutsches Forscherteam mit Beteiligung des GFZ-Wissenschaftlers Dr. Jens Turowski, wie diese Erosionsprozesse anhand einer simplen Methode per Farbanstrich visualisiert werden können. In einer Schlucht in den Schweizer Alpen nahe Zermatt haben die Wissenschaftler auf einer Fläche von 30 x 5 m Farbmuster aus Quer- und Längsstreifen auf dem Gestein aufgetragen und über drei Jahre in regelmäßigen Abständen und aus genau definierten Standorten fotografiert. Anhand dieser Fotos konnten sie den Erosionsprozess, der durch den Abtrag der Farbe sichtbar wird, im Zeitverlauf beobachten. Das neue Verfahren nennen Sie „erosion painting“, zu Deutsch: Erosionsmalerei. Mit der Erosionsmalerei können die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zudem die räumliche Verteilung von Erosionsprozessen ermitteln und beispielsweise analysieren, an welchen Stellen eines

Flusslaufs Erosionsprozesse intensiv und wo sie eher schwach ausgeprägt sind. Das Wissen hilft dabei, die hinter der Erosion stehenden physikalischen Prozesse besser zu verstehen. Die hier vorgestellte Arbeit soll die Methode in der Prozessforschung etablieren.

Um topographische Veränderungen an Gesteinsoberflächen messen und kartieren zu können, waren bisher ausgefeilte Techniken notwendig, wie beispielsweise die Photogrammetrie, fest installierte Messstationen, Laser-scanner und Erosionsmesssensoren. Doch warum kompliziert, wenn es auch einfach geht: Erosionsmalerei benötigt keine teuren Installationen, kann schnell und hochauflösend auch in unwegsamem Gelände angebracht werden und bedarf zur Auswertung ausschließlich der visuellen Inspektion durch Fotografien. Mit wiederholten Laserscans haben die Wissenschaftler die Gültigkeit ihrer Methode überprüft. Hierbei zeigte sich auch, dass für den Laserscanner sehr kleine Erosionsraten im Submillimeterbereich unsichtbar sind, die per Erosionsmalerei nun erfasst werden können.

Verwendet wird ausschließlich umweltfreundliche, wasserunlösliche Dispersions-Latexfarbe. Um den Eingriff in die Natur minimal zu halten, wird diese außerdem sparsam verwendet, insbesondere in sensiblen Gebieten. ■

Weitere Untersuchungsergebnisse in: Beer, A. R., Kirchner, J., W., Turowski, J. M. (2016): Graffiti for science – Erosion painting reveals spatially variable erosivity of sediment-laden flows. - *Earth Surface Dynamics*, 4, 885-894. [10.5194/esurf-4-885-2016](https://doi.org/10.5194/esurf-4-885-2016)

Hänge in Bewegung – Naturgefahren in Zentralasien



Hangrutsch am 27. April 2016 in Sokutash, Kirgisistan, aufgenommen mit einer Drohne im Oktober 2016 (Foto: R. Behling, GFZ)

In Zentralasien treten Erdbeben, Hangrutschungen oder Hochwasser, etwa infolge ausbrechender Gletscherseen, vergleichsweise häufig auf. Wie diese Naturgefahren erforscht und dieses Wissen genutzt werden kann, um die Bevölkerung besser zu schützen, darüber diskutierten Forscherinnen und Forscher vom GFZ sowie vom Zentralasiatischen Institut für Angewandte Geowissenschaften (ZAIAG) am 3. März 2017 in Potsdam. Das ZAIAG hat seinen Sitz in der kirgisischen Hauptstadt Bischkek, doch es steckt auch Einiges an GFZ darin: Die Potsdamer Geowissenschaftlerinnen und Geowissenschaftler reisen seit Gründung des GFZ 1992 häufig in die Region, um dort zu forschen. Aus Kontakten mit örtlichen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern wuchs eine Kooperation, die schließlich zur Gründung des ZAIAG im Jahr 2004 führte. Seitdem ist einer der beiden Ko-Direktoren stets ein GFZ-Wissenschaftler. Derzeit sind es Dr. Bolot Moldobekov aus Kirgisistan und Dr. Jörn Lauterjung, der am GFZ das Department Geoservices leitet.

Hangrutschungen treten vor allem in den Gebirgsvorländern im Süden Kirgisistans auf. Rund 400 Siedlungen befinden sich in gefährdeten Gebieten. Vor allem in niederschlagsreichen Jahren kommt es häufiger zu diesen Ereignissen, dann verlieren die wenig verfestigten Sedimente ihren Halt und gleiten talwärts.

Für eine großräumige Lokalisierung von Hangrutschungen in Kirgisistan sind Satellitendaten unverzichtbar. Mithilfe automatischer Bildanalyse von Satellitenaufnahmen wurden hunderte Hangrutschungen in den vergangenen zwei Jahrzehnten erfasst. Genaues Wissen darüber, wann und wo es zu solchen Ereignissen kommt, hilft die Gefährdungsabschätzung zu verbessern. Bisher mussten die Forscherinnen und Forscher oftmals auf kostenpflichtige Satellitendaten zurückgreifen. Mit den Sentinel-Satelliten des Copernicus-Programms der ESA, deren Daten kostenfrei zur Verfügung stehen, ändert sich das im globalen Maßstab.

Im vergangenen Jahr haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des GFZ und des ZAIAG erstmals eine Drohne eingesetzt, um Hangrutschungen zu kartieren. Im nächsten Schritt wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Messgeräte aufstellen, um eine solche Rutschung „live“ zu verfolgen. Die Daten sollen helfen, die ablaufenden Prozesse besser zu verstehen, um die Erkenntnisse dann auf andere gefährdete Gebiete zu übertragen.

Neben den genannten Themen bearbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Potsdam und Bischkek weitere Forschungsfragen gemeinsam. Dazu zählen Frühwarnsysteme für Erdbeben, Folgen des Klimawandels und Fragen der Wasserversorgung. ■

Anpassung des Entwässerungsnetzes an tektonische Vorgänge

Im Januar 2017 startete das Projekt „Anpassung des Entwässerungsnetzes an tektonische Vorgänge“ als Teilprojekt des durch die DFG geförderten und von der Universität zu Köln koordinierten SFB „Evolution der Erde und des Lebens unter extremer Trockenheit“. An dem von Dr. Pia Victor, GFZ-Sektion Dynamik der Lithosphäre, geleiteten Projekt sind zudem die Universität zu Köln und die RWTH Aachen beteiligt. Ziel dieses Projekts ist, zu untersuchen, inwieweit Verwerfungen und tektonische Hebung die Entwicklung des Gewässernetzes im Norden Chiles beeinflusst haben. Eine Oberflächenhebung durch Bewegung auf Verwerfungen kann die Reorganisation von Gewässernetzen erzwingen. Sowohl etablierte als auch neue geochronologische Techniken sollen helfen, Verlagerungen von Abflussrinnen zu datieren. Die zentrale Frage ist, ob die Abflussreorganisation in der Atacama-Wüste in erster Linie mit lokalen tektonischen Ereignissen zusammenhängt oder mit großräumigen Veränderungen des Klimas. Beide sind episodisch und beeinflussen sich möglicherweise wechselseitig in



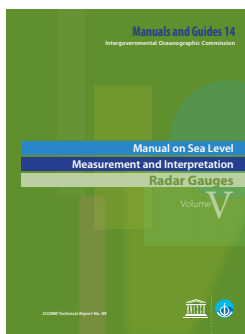
Aufschiebung blockiert alluviale Fächersysteme. Failla Geoglifo, Nordchile (Foto: P. Victor, GFZ)

ihrer Auswirkung auf das Entwässerungsnetz. Zu einer ersten Datenerhebung reisen die Forscherinnen und Forscher im März 2017 für drei Wochen nach Chile. In vier ausgewählten Zielgebieten, in denen aktive Störungen das Entwässerungssystem umgeleitet oder blockiert haben, werden hochaufgelöste topographische Daten aufgenommen, um aus morphologischen Markern Aufschluss über die Versatzrichtungen und -beträge der Störungen zu erhalten. Zudem werden Sedimentablagerungen untersucht und für die Datierung beprobt, um die inkrementellen

Versatzraten an den Störungen zu bestimmen und den Zeitpunkt der beobachteten Veränderungen im Entwässerungssystem genau zu ermitteln.

Ziel des übergeordneten SFB „Evolution der Erde und des Lebens unter extremer Trockenheit“ ist es, die Forschung im Bereich der wechselseitigen Beziehung zwischen biologischer Evolution und Landschaftsevolution maßgeblich voranzutreiben. ■

Radar-Pegelmessetechnik zur Bestimmung von Meeresspiegelständen



Manual on Sea Level – Measurement and Interpretation

Dr. Tilo Schöne, GFZ-Sektion Globales Geomonitoring und Schwerefeld, ist Mitherausgeber des 2016 erschienenen „Manual on Sea Level – Measurement and Interpretation“ der Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) der UNESCO. Das Handbuch ist der fünfte Band einer Reihe und beschäftigt sich mit der Radar-Pegelmessetechnik zur Bestimmung von Meeresspiegelständen. Die IOC ist ein eigenständiges

Gremium innerhalb der UNESCO und ist im UN-System für die marine Forschung zuständig. Das aktuelle Handbuch widmet sich vor allem Fragen nach der Verlässlichkeit der durch Radar-Pegelstationen gemessenen Daten, insbesondere auch zur Verwendung in Langzeitmessreihen. Tilo Schöne war insbesondere als Experte zum Thema Global Navigation Satellite Systems (GNSS) am Projekt beteiligt. Er ist Vorsitzender der Arbeitsgruppe Tide Gauge Benchmark Monitoring des Internationalen GNSS-Services, IGS, und koordiniert die Bereitstellung eines globalen geodätischen Referenzrahmens für Pegelsysteme.

Seine Erfahrung bringt Tilo Schöne nun auch in das von ihm geleitete Projekt CoR-SEA (Coastal and Regional Sea Level Change and Subsidence – The Hazardous Potential in Indonesia and South East Asia) ein, das innerhalb des von der Universität Hamburg koordinierten DFG-Schwerpunktprogramms „Regional Sea Level Change and Society“ angesiedelt ist.

Etwa ein Drittel der Weltbevölkerung lebt in Küstenregionen oder auf Inseln, und über 2 Mio. km² Landfläche liegen weniger als 1 m über dem aktuellen Meeresspiegel. Einige der größten Städte Südostasiens befinden sich in Küstenregionen und sind daher besonders vom Anstieg des Meeresspiegels betroffen. Die durch den Meeresspiegelanstieg verursachte Bedrohung wird zudem durch eine natürliche oder anthropogen verursachte Subsidenz (großräumige Absenkung) in vielen Fällen noch verstärkt. Eine umfassende und genaue Bestimmung von Meeresspiegelanstieg und Subsidenzraten sind somit die Voraussetzung für eine sinnvolle Küstenplanung, Landnutzung und den Erhalt der ökonomischen und ökologischen Lebensgrundlagen. Seit 1991 wird der Meeresspiegel durch Radaraltimeter kontinuierlich und hochgenau erfasst.

Saisonale und jährliche Meeresspiegelschwankungen überlagern jedoch globale Änderungen als Rauschen. Dies erschwert es bis heute, konsistente Beschreibungen des globalen Meeresspiegels zu liefern

und Langzeittrends zu bestimmen. Gezeitenpegel, die teilweise seit über 100 Jahren Messungen liefern, sind ein probates Mittel, langfristige Änderungen zu untersuchen und Extremereignisse zu erkennen. GNSS-Sensoren an oder in der Nähe von Pegeln erlauben die Ableitung geozentrischer Meeresspiegeländerungen und die Trennung von Landdriften. Die genaue Bestimmung des Zustands des Meeresspiegels, die Analyse von GNSS-korrigierten Pegelmessungen und die Erfassung der Subsidenz in Megastädten sind zentrale Forschungsgegenstände und unentbehrlich für die vorausschauende Planung und Entwicklung von Küstensiedlungen. Die Ziele von CoRSEA sind

- die Nutzung und Verbesserung der Datenbasis, bestehend aus Radaraltimetrie, GNSS-Sensoren, Gezeitenpegeln und dem zeitvariablen Schwerfeld, mit dem Ziel, regionale Änderungen des Meeresspiegels und der Subsidenz möglichst präzise zu erfassen,
- die Variabilität des Meeresspiegels in Südostasien und vor Java, Indonesien, zu analysieren und Ursachen dafür zu identifizieren,
- lokale Änderungen des Meeresspiegels aus Pegeln in Südostasien zu untersuchen und Extremereignisse zu identifizieren, zu analysieren und zu beschreiben sowie
- die Informationen mit den Ergebnissen anderer Projekte in dieser Region zu kombinieren und zu einer konsistenten Beschreibung der Gefährdung durch Meeresspiegelanstieg und Subsidenz von der Messung bis hin zur Auswirkung auf die Gesellschaft für einzelne Städte zu gelangen.

CoRSEA wird als Teilprojekt des von der Universität Hamburg koordinierten DFG-Schwerpunktprogramms „Regional Sea Level Change and Society“ über drei Jahre gefördert. ■

Weitere Infos im Internet:

Manual on Sea Level – Measurement and Interpretation: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002469/246981E.pdf>

Projekt CoRSEA: <http://www.spp-sealevel.de/index.php?id=3803>

Beobachtungssystem für die Arktis



Polygonstruktur im Permafrostboden (Foto: T. Sachs, GFZ)

Am 1. Dezember 2016 startete das von der EU geförderte und vom Nansen Environmental and Remote Sensing Center, Norwegen, koordinierte Verbundprojekt INTAROS „Integrated Arctic Observing System“. Ziel von INTAROS ist es, weltweit zur Arktis erfasste Daten zusammenzuführen, zu vereinheitlichen und der internationalen Forschung zur Verfügung zu stellen und damit ein integriertes Beobachtungssystem der Arktis zu entwickeln. Zudem sollen Lücken in der Überwachung identifiziert und wenn möglich geschlossen werden. Die Arktis ist eine besonders sensible Region, in der sich der Klimawandel deutlich bemerkbar macht. Diese Veränderungen haben sowohl globale als auch regionale Auswirkungen, wie z. B. Naturkatastrophen, Extremwetterereignisse, Meeresspiegelschwankungen, Küstenerosion und nicht zuletzt Veränderungen der Ökosysteme. All das beeinflusst letztendlich auch die Lebensbedingungen der Menschen in der Arktis. Dazu kommen die zusätzlichen Belastungen durch vermehrte menschliche Aktivitäten wie Rohstoffgewinnung und Erschließung neuer mariner Transportwege. Aufgrund ihrer Bedeutung wird die Arktis mittlerweile intensiv zu Lande, zu Wasser, aus der Luft und aus dem Weltall erforscht. Die dabei erhobenen Daten werden aber noch nicht optimal genutzt und die Messnetze weisen nach wie vor große Lücken auf. Hier setzt INTAROS an. Zunächst wird ermittelt, welche Daten bereits operationell erhoben werden, beispielsweise standardisierte Dauermessungen meteorologischer Größen oder Daten von Erdbeobachtungssatelliten, aber auch welche kampagnenbasierten Messungen vorhanden sind. Diese Übersicht soll Forscherinnen und Forschern helfen, bislang ungenutzte Datenquellen zu

erschließen. Im nächsten Schritt soll ermittelt werden, wo es eklatante Lücken in der Überwachung gibt oder die Untersuchungsstandorte nicht ausreichend repräsentativ für ihre Region sind und zur Diskussion gestellt werden, wie es gelingen kann, diese Lücken zu schließen. Des Weiteren wollen die INTAROS-Akteure die Formate der verfügbaren Beobachtungsdaten anpassen, um sie besser für die Erdsystemmodellierung im Rahmen von Big-Data-Exploration nutzen zu können. Das GFZ-Team um Prof. Torsten Sachs, GFZ-Sektion Fernerkundung, bringt in das Vorhaben Messdaten von Forschungsflügen in Alaska, Kanada und Sibirien aus den Jahren 2012, 2013 und 2016 ein. Weitere Flüge in Kanada und Alaska sollen 2018 stattfinden.

Neben den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern soll das integrierte Beobachtungssystem über die Plattform iAOS auch Politik und Verwaltung zur Verfügung stehen und bessere Entscheidungen in Schlüssel-sektoren (lokale Gemeinschaften, Schifffahrt, Tourismus und Fischerei) ermöglichen, um die gesellschaftliche und wirtschaftliche Rolle der arktischen Region und damit auch die EU-Arktisstrategie sowie die dazugehörige Meeres- und Umweltpolitik zu stärken.

Die EU fördert das Projekt mit 15,5 Mio. Euro aus dem Programm Horizon 2020 über fünf Jahre. Insgesamt sind 14 europäische Länder beteiligt. Hinzu kommen Einrichtungen in den USA, Russland, China, Korea und Kanada. ■

Weitere Projektinfos im Internet:

http://cordis.europa.eu/project/rcn/205992_en.html

Gefahr für Satelliten richtig einschätzen

Unablässig schleudert die Sonne Materie und energiereiche Teilchen ins Weltall. Das Leben auf der Erde ist vor diesem Beschuss durch die Atmosphäre und insbesondere durch das Magnetfeld geschützt. Satelliten, die in einer Höhe von bis zu 36 000 km kreisen, sind demzufolge weniger gut geschützt. Energiereiche Teilchen wie Elektronen und Protonen können die empfindliche Elektronik beschädigen und die Kommunikation mit den Satelliten verhindern. Die Intensität des Teilchenbeschusses verändert sich ständig. Daher ist es ein Ziel der Forschung, dieses „Weltraumwetter“ vorherzusagen, um Satellitenbetreiber rechtzeitig warnen zu können.

Wie beim irdischen Wetter basiert die Vorhersage für den erdnahen Raum auf computergestützten Modellrechnungen. Je besser die Modelle die Realität abbilden, umso besser ist die Vorhersage. Nikita Aseev, GFZ-Sektion Erdmagnetfeld, und Prof. Yuri Shprits, Leiter der Arbeitsgruppe Atmosphärenphysik in der gleichen Sektion, haben gemeinsam mit Kollegen der University of California in Los Angeles, USA,

eine Methode entwickelt, um die Zuverlässigkeit eines Weltraumwettermodells zu überprüfen. Sie konzentrierten sich dabei auf einen wichtigen Teilaspekt – den Fluss relativistischer Elektronen im sogenannten Van-Allen-Strahlungsgürtel der Erde. Dieser umfasst auch den für die Raumfahrt bedeutenden, geosynchronen Orbit in 36 000 km Höhe, in dem zahlreiche Wetter- und Kommunikationssatelliten kreisen.

Die physikalischen Prozesse in dieser Zone sind komplex. Die Elektronen sind extrem schnell und erreichen nahezu Lichtgeschwindigkeit, weshalb sie als relativistisch bezeichnet werden. Sie sind zahlreichen Einflüssen ausgesetzt, darunter variablen elektrischen Feldern, die vom Sonnenwind herrühren, sowie Wechselwirkungen mit anderen Teilchen. All dies wirkt auf den Elektronenfluss im erdnahen Raum, der letztlich das Weltraumwetter mitbestimmt. Das Autorenteam untersuchte, welche numerischen Verfahren geeignet sind, um den Elektronenfluss korrekt nachzubilden. Fehler oder Ungenauigkeiten in den Algorithmen können zu erheblichen Abweichun-

gen in den Modellierungen führen. Unter Umständen sind sogar Falschaussagen bei der Vorhersage des Weltraumwetters für Satellitenbetreiber möglich.

Weltraumwetter ist ein junges Forschungsgebiet, das gute Standards benötigt, mit denen die Zuverlässigkeit von Modellierungen festgestellt werden kann, ähnlich wie bei Wettermodellen für die Erde. Die vorliegende Studie ist ein hervorragendes Beispiel dafür, wie dies gelingen kann. Der Beitrag wurde von der Redaktion der herausgebenden Zeitschrift *Space Weather* als „Highlight“ herausgestellt. Die Autoren hätten deutlich gemacht, wie wichtig die Stabilität und die Genauigkeit von Modellen für das Weltraumwetter seien. ■

Weitere Untersuchungsergebnisse in: Aseev, N. A., Shprits, Y. Y., Drozdov, A. Y., Kellerman, A. C. (2016): Numerical applications of the advective-diffusive codes for the inner magnetosphere. - *Space Weather*, 14, 993-1010, 10.1002/2016SW001484.

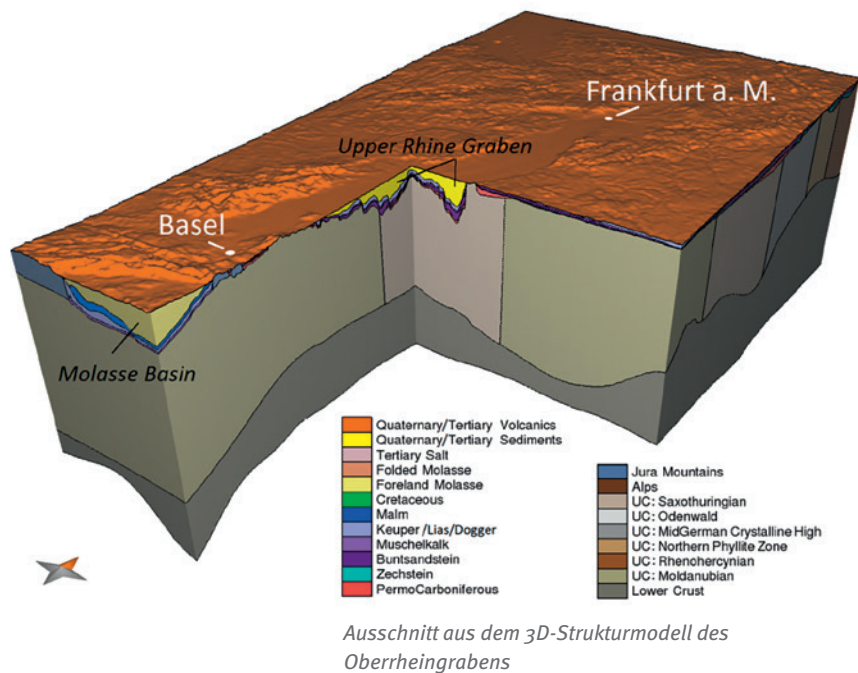
Sonnenwinde bringen mehr Energie zur Erde als gedacht



SWARM-Satellit (Abbildung: Astrium/Airbus Defence and Space)

In einer weiteren Studie untersuchte ein internationales Wissenschaftlerteam mit Beteiligung der GFZ-Sektion Erdmagnetfeld, wie viel Energie die Sonnenwinde zur Erde transportieren. Das Erdmagnetfeld hält die Teilchen des Sonnenwinds an der obersten Atmosphäre auf, wo ein Teil der Bewegungsenergie aus dem Teilchenstrom in elektrische Energie umgewandelt wird. Die in der Zeitschrift *Annales Geophysicae* veröffentlichten Ergebnisse zeigen, dass die zur Erde transportierte Energiemenge deutlich größer ist, als bisher angenommen. Die SWARM-Satellitenmission der Europäischen Weltraumorganisation ESA erforscht seit Ende 2013 das magnetische Feld der Erde und die Bedingungen im obersten Teil der Erdatmosphäre. Das GFZ ist in

dieses Projekt über verschiedene wissenschaftliche Studien mit der ESA und dem industriellen Vertragspartner, der EADS, involviert. Zwei der insgesamt drei Satelliten der Mission fliegen Seite an Seite und messen dabei selbst kleinste Unterschiede in der Stärke des Erdmagnetfelds auf kurzer Distanz. Damit spüren sie auch Änderungen von elektrischen Strömen im Magnetfeld auf, die durch Sonnenwinde hervorgerufen werden: die sogenannten feldparallelen Ströme. Diese Ströme fließen entlang der Linien des Erdmagnetfelds, wobei elektrische Energie in Richtung Erdoberfläche geleitet wird. Das GFZ hat für SWARM die Software zur Messung der feldparallelen Ströme entwickelt.



Ausschnitt aus dem 3D-Strukturmodell des Oberrheingrabens

Der Strom fließt, weil ein Teil der Bewegungsenergie aus dem solaren Teilchenstrom an der Grenze zwischen Erdmagnetfeld und Weltraum in elektrische Energie umgewandelt wird. Dieser Strom wandelt sich dann wiederum in Wärme um. Je stärker der Sonnenwind, desto mehr Strom fließt: geladene Teilchen aus der obersten Erdatmosphäre werden in Richtung Erdoberfläche geschossen. Polarlichter sind die sichtbare Spur dieser Energieumwandlung. Die Wissenschaftler haben nun ausgewertet, wieviel elektrische Energie durch die Sonnenwinde entsteht. Mit bisher unerreichter Genauigkeit haben sie mittels der SWARM-Daten auch kleinste feldparallele Ströme nachgewiesen. Dabei konnten sie zeigen, dass ein signifikanter Anteil der Bewegungsenergie der eintreffenden Sonnenwinde von etwa 30 % in elektrische Energie und damit in Wärme umgewandelt wird. Sie belegen so, dass Sonnenwinde die Hochatmosphäre weit mehr aufheizen als bisher angenommen und eine wichtige Rolle für den Energiehaushalt der oberen Schichten spielen. ■

Weitere Untersuchungsergebnisse in:
 Lühr, H., Huang, T., Wing, S., Kervalishvili, G., Rauberg, J., Korth, H. (2016): Filamentary field-aligned currents at polar cap region during northward interplanetary magnetic field derived with the Swarm constellation. - *Annales Geophysicae*, 34, 901-915, 10.5194/angeo-34-901-2016.

Wärme im Untergrund als Energielieferant der Zukunft?

Geothermisch ist der Oberrheingraben von besonderer Bedeutung und damit Forschungsthema von zwei Projekten am GFZ in der Sektion Sedimentbeckenmodellierung. Der Oberrheingraben ist Teil des Europäischen Grabensystems. Die tektonisch aktive Zone zieht sich als langgestreckte Dehnungszone von Norden nach Süden durch West- und Mitteleuropa. Entlang dieser Riftzone wird die kontinentale Erdkruste durch plattentektonische Kräfte gedehnt (weniger als 1 mm pro Jahr) und der dadurch entstehende Ablagerungsraum füllt sich mit Sedimenten.

In der Erdkruste stecken natürlich vorkommende radioaktive Elemente wie zum Beispiel Kalium oder Uran. Durch den Zerfall dieser Elemente entsteht radiogene Wärme im tiefen Untergrund. Hinzu kommt die Wärme aus dem tieferen Erdinneren. Die mächtigen Sedimentschichten des Oberrheingrabens halten diese Wärme aus den tieferen Erdschichten wie eine Bettdecke im Graben gespeichert. Sie sind verantwortlich für das geothermische Potenzial des tiefen Untergrunds in dieser Region. Die Wärme kann durch Anlagen mit geothermischen Bohrungen, die bis in Tiefen unterhalb von 4000 m reichen können, zur Energiegewinnung genutzt werden. Informationen zur Temperaturverteilung und zur Wärmeleitfähigkeit des Gesteins im Untergrund sind dabei ein Schlüssel für die Nutzung dieser Wärme.

Jessica Freymark untersucht als Doktorandin innerhalb des EU-finanzierten Projekts (FP7) „IMAGE-Integrated Methods for Advanced Geothermal Exploration“ die Eigenschaften des Oberrheingrabens und dessen Potenzial zur geothermischen Energiegewinnung gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen am GFZ, der RWTH Aachen, der TU Darmstadt und dem hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie. Nun wurden die Ergebnisse der Studie zum Oberrheingraben im Fachjournal *Tectonophysics* veröffentlicht. Um die Temperaturverteilung im Oberrheingrabens zu berechnen und zu verstehen, hat das Team, in Zusammenarbeit mit der TU Darmstadt und den geologischen Landesämtern von Hessen und Baden-Württemberg, ein 3D-Modell der Temperaturen und Strukturen der wichtigsten geologischen Einheiten des Oberrheingrabens und der darunter liegenden Erdkruste entwickelt. Mit ihrem Ansatz integrieren sie zum ersten Mal vielfältige Informationen zu geologischen Strukturen und physikalischen Gesteinseigenschaften in einem großräumigen Modell der Region. Das neue Modell gibt Aufschluss über Temperaturen und die im Untergrund ablaufenden Wärmetransportprozesse in dem gesamten Gebiet. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler konnten so drei vielversprechende Gebiete mit einem erhöhten geothermischen Gradienten ausmachen: den Oberrheingraben und die angrenzenden Regionen von

Baden-Württemberg und Nordostfrankreich. Die Untersuchungen des Teams liefern damit eine Grundlage für die zukünftige geothermische Energiegewinnung in der gesamten Region.

Ein weiteres und in derselben GFZ-Arbeitsgruppe angesiedeltes Teilprojekt „Hessen 3D 2.0“ (3D-Modell der geothermischen Tiefenpotenziale von Hessen: Petrothermale Potenziale und Mitteltiefe Potenziale zur Wärmenutzung und Wärmespeicherung) wird im Rahmen der Forschungsförderung im 6. Energieforschungsprogramm vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) für vier Jahre gefördert. Projektstart war Januar 2017. Dieses Vorhaben befasst sich mit dem nördlichen Oberrheingraben im Bundesland Hessen sowie den geothermischen Potenzialen von Hessen insgesamt. Das seit Januar 2016 laufende übergeordnete Verbundprojekt wird von der TU Darmstadt koordiniert. Für das GFZ sind die Wissenschaftlerinnen Dr. Judith Sippel als Koordinatorin des Teilprojekts und die Doktorandin Nora Koltzer beteiligt. Auch in Hessen führen ausgeprägte geologische und somit auch thermische Variabilität im Untergrund zu Unsicherheiten in der Planung geothermischer Projekte. Um diese, ebenso wie das Fündigkeitsrisiko, zu verringern, wird Nora Koltzer im Rahmen ihrer Dissertation ein verbessertes 3D-Struktur- und Temperaturmodell für Hessen sowie ein höher aufgelöstes, lokales 3D-Modell einer Schlüsselregion in Südhessen erstellen. Auf Grundlage des lokalen hochaufgelösten Modells von Südhessen sollen abschließend „Best-Practice“-Vorgehensweisen zur direkten Visualisierung und Verwertbarkeit der Ergebnisse im Rahmen von 3D-Stadtmodellen am Beispiel von Frankfurt a. M. entwickelt werden. ■

Weitere Untersuchungsergebnisse in: Freymark, J., Sippel, J., Scheck-Wenderoth, M., Bär, K., Stiller, M., Fritsche, J.-H., Kracht, M. (2017). The deep thermal field of the Upper Rhine Graben. – *Tectonophysics*, 694, 114-129, 10.1016/j.tecto.2016.11.013.

AgriFusion: Landwirtschaftliche Erträge besser abschätzen



Ein Weizenfeld in Norddeutschland dient im Projekt AgriFusion als Referenzregion. (Foto: C. Georgi, GFZ)

Derzeit rollen wieder die Sämaschinen über die Felder und bringen Saatgut in die Erde. Aber wie viel werden die landwirtschaftlichen Betriebe in einigen Monaten ernten? Wie viel zusätzliche Arbeiten, beispielsweise Düngen, sind auf einer individuellen Fläche nötig, um den Ertrag wirksam zu steigern – oder bringt das am Ende kaum etwas? Antworten auf diese Fragen soll AgriFusion „Erzeugung von Ertragspotenzialkarten durch Fusion von Ertragskartierungen, Fernerkundungsdaten, digitaler Reliefauswertung und Bewirtschaftungsdaten“ liefern, ein vom Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung (BMEL) gefördertes Verbundprojekt, das im Februar 2017 angelaufen ist.

AgriFusion wird verschiedene Datensätze, die Aussagen zum lokalen Ertragspotenzial ermöglichen, zusammenführen: von bodenkundlichen und klimatischen Kenngrößen über dokumentierte Ertragszahlen aus der Vergangenheit bis hin zu Informationen, die per Satellitenfernerkundung bereitgestellt werden. Die einzelnen Daten sind in der Regel verfügbar, aber sie wurden noch nicht in der erforderlichen Breite zusammengebracht, um zuverlässige Ertragspotenziale zu liefern. Das soll nun geändert werden. Fernerkundungsdaten werden seit vielen Jahren für landwirtschaftliche Fragestellungen genutzt. Sie liefern wertvolle Hinweise zu Vegetations- und Bodeneigenschaften, etwa dem Gehalt an organischen Bestand-

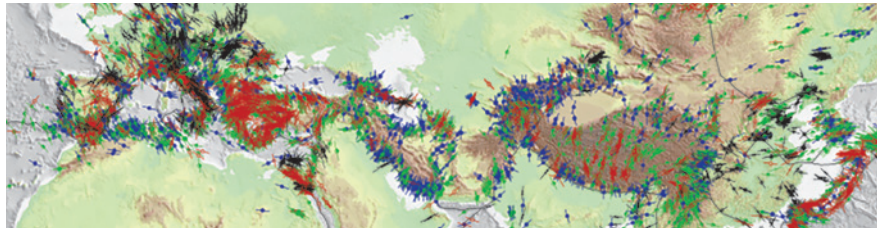
teilen. Derartige Informationen, die vor allem vom europäischen Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-2 bereitgestellt werden, führen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit weiteren standortbezogenen Messgrößen, Bodenbeprobungen, Ertragskartierungen und digitalen Reliefanalysen zusammen. Erst diese Verknüpfung bringt einen wirklichen Mehrwert für die Landwirtschaft.

Die Ergebnisse können von den landwirtschaftlichen Betrieben direkt genutzt und in betriebliche Datenstrukturen integriert werden. Der verwendete Fusionsalgorithmus (Transferable Belief Model TBM) liefert für jedes Pixel, dessen Größe zwischen 10 und 30 m liegt, eine konkrete Ertragsersparnis. Für einen Realitätstest haben die an AgriFusion beteiligten Forscherinnen und Forscher Referenzregionen ausgewählt. In Brandenburg sind es Flächen eines Landwirts nahe Beelitz. Des Weiteren werden Daten in der Region Demmin erhoben. Diese ist bereits Teil des Observatoriums TERENO-Nordost: Mithilfe eines engmaschigen Messnetzes untersuchen dort mehrere Forschungseinrichtungen unter der Leitung des GFZ den Einfluss des Klima- und Landnutzungswandels auf terrestrische Ökosysteme. Weitere AgriFusion-Validierungsflächen befinden sich in Bayern.

Beteiligt sind neben dem GFZ und der Hochschule für angewandte Wissenschaften

Weihenstephan-Triesdorf die Wirtschaftspartner Fritzmeier Umwelttechnik GmbH & Co. KG und die GeoInformationsDienst GmbH. Das Projekt läuft über drei Jahre. Dr. Daniel Spengler, Sektion Fernerkundung, koordiniert die Beiträge des GFZ. ■

30 Jahre World Stress Map



Das internationale World Stress Map-Projekt (WSM) beschreibt den Spannungszustand der Erdkruste, bildet ihn in globalen Karten ab und untersucht die Ursachen der Spannungen. Zum 30. Jubiläum veröffentlichte das am GFZ koordinierte Projekt eine neue globale Datenbank. Die Datenbank bildet den gegenwärtigen Spannungszustand der Erdkruste ab. Im Vergleich zur vorherigen Version ist die Anzahl der verfügbaren Datensätze in der neuen Datenbank verdoppelt; die nationalen Datensammlungen acht weiterer Länder sind integriert: Australien, China, Groß-

britannien, Kanada, Neuseeland, Island, Italien, Schweiz. Durch eine deutliche Erhöhung der Datendichte können nun für viele Gebiete selbst regionale und lokale Anomalien des Spannungsmusters dargestellt werden. Dies ermöglicht es, Spannungsquellen besser als bisher zu verstehen und so z. B. Fragen nach der Stabilität des Untergrunds zu beantworten. Das hilft auch bei einer sicheren Nutzung des Untergrunds, etwa im Bereich der Geothermie. ■

Weitere Projektinformationen im Internet: <http://www.world-stress-map.org>

77. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft in Potsdam



Erdbeben, Erdbeobachtung und neue Messmethoden: Die Universität Potsdam und das GFZ richteten gemeinsam vom 27. bis 30. März 2017 in Potsdam, erstmals wieder seit 20 Jahren, eine Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG) aus. Es kamen rund 630 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus dem In- und Ausland. In den Schwerpunktthemen spiegelte sich auch das wissenschaftliche Profil der beiden gastgebenden Einrichtungen wider: neben oberflächennaher Geophysik standen aktuelle instrumentelle und methodische Entwicklungen zur globalen Erdbeobachtung und Naturgefahren, wie sie insbesondere durch Erdbeben, Vulkane und Erdrutsche ausgelöst werden, im Fokus. Insgesamt wurden je 200 Vorträge und Poster präsentiert.

Die Deutsche Geophysikalische Gesellschaft wurde 1922 von einer Gruppe von Wissenschaftlern um den Seismologen Emil Wiechert in Leipzig gegründet. Sie hat heute rund 1200 Mitglieder in über 30 Ländern. Präsident der DGG bis zum 29. März 2017 war der Potsdamer Geophysiker Prof. Michael Weber (GFZ und Universität Potsdam), sein Nachfolger ist Dr. Christian Bucker von der DEA Erdoel AG aus Hamburg. Seit 1998 unterhält die DGG ihre Geschäftsstelle am GFZ. ■

25 Jahre GFZ



Prof. Johanna Wanka, Bundesministerin für Bildung und Forschung (links) und Prof. Heinz Riesenhuber, Alterspräsident des Deutschen Bundestags (rechts; Fotos: D. Ausserhofer)

25 Jahre GFZ und fast 140 Jahre Geoforschung auf dem Telegrafenberg – über 400 Gäste nahmen am 18. Januar 2017 am Neujahrsempfang des GFZ teil, um den in diesem Jahr ganz besonderen Geburtstag zu feiern. Von Aufbruchsstimmung, großen Visionen aber auch großer Verantwortung sprachen die geladenen Festrednerinnen und -redner: Prof. Johanna Wanka, Bundesministerin für Bildung und Forschung, Dr. Martina Münch, Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kultur in Brandenburg, Jann Jakobs, Oberbürgermeister von Potsdam, Prof. Rolf Em-

mermann, GFZ-Gründungsleiter, Prof. Heinz Riesenhuber, Alterspräsident des Deutschen Bundestags sowie der Helmholtz-Präsident, Prof. Otmar D. Wiestler. Sie hoben die Internationalität und Vernetzung des GFZ hervor, gerade auch in der Metropolregion Berlin-Brandenburg, wo vor allem das am GFZ koordinierte Netzwerk Geo.X eine bedeutende Rolle spielt. Aber auch die Bedeutung und die Herausforderung der Kommunikation von zusammengetragenem Wissen und Erkenntnissen zur Lösung der Aufgaben der Zukunft stellten sie heraus. ■

Ausgezeichnet

Marco Bohnhoff leitet GFZ-Sektion



Zum 1. Januar 2017 übernahm **Prof. Marco Bohnhoff** die Leitung der GFZ-Sektion Geomechanik und Rheologie. Er folgt damit auf Prof. Georg Dresen, der die Sektionsleitung seit 1992 innehatte. Bohnhoff ist seit 2010 Professor für Experimentelle- und Bohrlochseismologie in gemeinsamer Berufung mit der FU Berlin und GFZ-Arbeitsgruppenleiter zum selben Thema.

In seiner Forschungsarbeit beschäftigt Marco Bohnhoff sich vor allem mit der skalenübergreifenden Analyse von Bruchprozessen. Schwerpunkte liegen dabei auf der induzierten Seismizität – dem Auftreten von Erdbeben durch menschliche Eingriffe in den Untergrund – und auf der Entstehung von Erdbeben entlang von tektonischen Plattengrenzen, wie der Nordanatolischen Verwerfung. Zentrales Forschungsthema der Sektion Geomechanik und Rheologie ist die Entschlüsselung von spröden und duktilen Deformationsprozessen von der Erdoberfläche bis in den oberen Erdmantel und vom Labor- bis zum Plattenrandmaßstab. Nach einer Ausbildung zum Energie-Elektroniker und einem Studium der Geophysik, promovierte Bohnhoff im Jahr 2000 an der Universität Hamburg, bevor er sich 2006 an der Ruhr-Universität Bochum habilitierte. Im Jahr 2003 kam er als wissenschaftlicher Angestellter ans GFZ. Von 2007 bis 2009 war er im Rahmen eines Heisenberg-Stipendiums als Visiting Scholar am Institut für Geophysik der Universität Stanford, Kalifornien. Marco Bohnhoff ist zertifizierter Manager, war von 2010 bis 2016 Leiter einer Helmholtz-Hochschulnachwuchsgruppe am GFZ und von 2013 bis 2015 Sprecher der GFZ-Zukunftskommission.

Harald Schuh erhält außerordentliche Professur an der Universität Teheran

Schon seit vielen Jahren gibt es erfolgreiche Kooperationen zwischen dem GFZ und Partnern aus Iran. Zahlreiche Doktorandinnen, Doktoranden und Postdocs aus Iran haben bereits am GFZ geforscht. Während des Besuchs einer GFZ-Delegation an der Universität von Teheran wurde im Juni 2015 ein Memorandum of Understanding zwischen dem GFZ und der Universität unterzeichnet, in dem eine weitere Intensivierung der Zusammenarbeit vereinbart wurde. Die Universität Teheran hat nun **Prof. Harald Schuh** die Würde eines außerordentlichen Professors verliehen.



Harald Schuh ist Direktor des Departments Geodäsie und Leiter der Sektion Geodätische Weltraumverfahren am GFZ. Er ist gemeinsam mit dem GFZ als Professor für

Satellitengeodäsie an der TU Berlin berufen. Seit 2015 ist er zudem Präsident der International Association of Geodesy (IAG) und Mitglied des Exekutivkomitees der International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG).

Die außerordentliche Professur ist im Bereich Ingenieurwesen angesiedelt, zu dem an der Universität Teheran auch die Geodäsie gehört. ■

Sonja Martens wird Präsidentin der EGU-ERE-Division



Dr.-Ing. Sonja Martens, Referentin des GFZ-Departments Geochemie, ist zur nächsten Präsidentin der Division Energy, Resources and the Environment (ERE) der European Geosciences Union (EGU) gewählt worden. Sie übernimmt das Amt bei der Generalversammlung der EGU in Wien am 24. April 2017 von Prof. Chris Juhlin von der Universität Uppsala, Schweden, der die Division seit 2013 leitet.

Für Sonja Martens beginnt damit eine zweijährige Amtszeit als ERE-Präsidentin. Bislang war sie in der EGU bereits als Convener der Session „Field methods and analysis of field data for CO₂ geological storage“ engagiert. Martens war von 2009 bis 2014 leitende Wissenschaftlerin am GFZ-Zentrum für geologische Speicherung und Projektleiterin am Pilotstandort Ketzin, bevor sie 2015 Referentin des Departments Geochemie wurde. Sie ist Diplomingenieurin und hat 2006 an der TU Hamburg-Harburg am Institut für Wasserressourcen und Wasserversorgung promoviert.

Die EGU wurde 2002 durch den Zusammenschluss der European Geophysical Society und der European Union of Geosciences gebildet und ist Europas größte geowissenschaftliche Vereinigung. ■

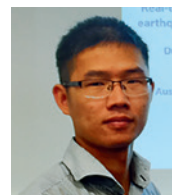
EGU-Preise für GFZ-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler

Im April 2017 werden im Rahmen der Generalversammlung der European Geosciences Union (EGU) in Wien wieder zahlreiche Preise vergeben, darunter an fünf Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des GFZ.



Prof. Bruno Merz, Leiter der Sektion Hydrologie, erhält die Plinius-Medaille der Natural Hazards Division der EGU. Er erforscht die Prozesse entlang der Risikokette für Hochwasser, von auslösenden extremen Wetersituationen über die Hydrologie in Einzugsgebieten und Überflutungsflächen bis hin zu Schaden beeinflussenden Faktoren.

Weiterhin ehrt die EGU **Dr. Xingxing Li**, Sektion Geodätische Weltraumverfahren, sowie **Jun. Prof. Dirk Scherler**, Sektion Geo-



chemie der Erdoberfläche, als Outstanding Young Scientists. Xingxing Li arbeitet an Methoden, um die Satellitennavigation besser für Frühwarnsysteme nutzen zu können. Dazu zieht er neben dem GPS-System auch GLONASS, Galileo und BeiDou heran, um die Genauigkeit zu erhöhen. Dirk Scherler kombiniert Computermodelle und die geochemische Methode der kosmogenen Nuklide, um zu erforschen, wie Gebirgslandschaften durch Klima und tektonische Kräfte geformt werden.



Der Doktorand **Florian Ott**, Sektion Klimadynamik und Landschaftsentwicklung, und die Doktorandin **Stefanie Tofelde**, Sektion Geomorphologie, werden mit den 2016 Outstanding Student Poster and PICO Awards geehrt. Ott erforscht anhand von Warvenschichtungen Klimavariationen seit dem Ende der letzten Eiszeit. Tofelde analysiert Zusammenhänge zwischen Klimaschwankungen und Erosionsraten. ■

3D-Modelle für klimafreundliche Städte und Klimaschutz aus dem All



Dr. Martin Wattenbach (links) und Dr. Daniel Spengler (Foto: E. Gantz, GFZ)

Das GFZ ist mit gleich zwei Projekten Preisträger im bundesweiten Innovationswettbewerb „Ausgezeichnete Orte im Land der Ideen“ 2016. Zum Thema „NachbarschaftInnovation – Gemeinschaft als Erfolgsmodell“ liefert das Projekt „Treibhausdaten für den

urbanen Raum: LowCarbonCityLab (LoCal)“ in der Kategorie Wissenschaft eine Antwort auf die Frage, wie Treibhausgasemissionen von Städten räumlich erfasst und Einsparpotentiale überprüft werden können. Das Projekt „CoolFarmTool Space – Satellitentechnik für nachhaltige Landwirtschaft“ befasst sich mit der Frage, wie moderne Landwirtschaft umweltfreundlicher gestaltet werden kann. Es wurde in der Kategorie Umwelt ausgezeichnet.

Wie sieht die Klimabilanz deutscher Großstädte im Vergleich zu anderen internationalen Metropolen aus? Welche Parks und Grünflächen verringern den CO₂-Fußabdruck? Eine 3D-Karte soll künftig zeigen, wo hohe CO₂-Emissionen in Städten entstehen und an welchen Stellen sich Einsparmaßnahmen lohnen. Dafür integriert das GFZ gemeinsam mit internationalen Partnern aus Wissenschaft, Industrie und Städten statistische Daten in dreidimensionale Modelle. Basis sind beispielsweise der Energieverbrauch sowie der CO₂-Emissionsfaktor, der ein Indikator für die Klimaverträglichkeit der Strom- und Wärmeerzeugung ist. Projektkoordinator und Preisträger ist **Dr. Martin Wattenbach** aus der GFZ-Sektion Hydrologie.

Knapp ein Viertel der weltweiten Treibhausgasemissionen geht auf das Konto der Landwirtschaft. Mit dem Online-System CoolFarmTool können Beschäftigte in der Landwirtschaft kontrollieren, wie viele klimaschädliche Gase ihre Betriebe produzieren. Gemeinsam mit nationalen und internationalen Partnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und dem Agrarsektor optimiert das GFZ diese Anwendung. Die Emissionen werden künftig auch mithilfe von Satellitendaten ermittelt und mit modernen Farm-Managementsystemen vernetzt. Projektkoordinator und Preisträger ist **Dr. Daniel Spengler** aus der GFZ-Sektion Fernerkundung. ■

Weitere Informationen im Internet:

<https://www.land-der-ideen.de/initiative>
<http://www.climate-kic.org/projects/cool-farm-tool-space/>
<http://local.climate-kic.org/>

Preis für internationales Forschungsmarketing



Preisträgerinnen und Preisträger: Dr. Ludwig Stroink (Mitte hinten) und Christine Bismuth (vorne links) für das Internationale Büro am GFZ, Prof. Reinhard Hüttel (rechts), wissenschaftlicher Vorstand des GFZ, sowie Dr. Hildegard Gödde (hinten links) für Geo.X (Foto: J. Zens, GFZ)

Das GFZ ist einer der Preisträger des bundesweiten Ideenwettbewerbs „Internationales Forschungsmarketing“. Das vom **Internationalen Büro** des GFZ eingereichte Konzept „The international Geo-Campus Potsdam/Berlin – Enhancing the international visibility of GFZ and the Geo.X Network to capitalize a worldwide unique constellation of research and training opportunities“ wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG mit 100 000 Euro prämiert. Das Preisgeld soll künftig Maßnahmen zur besseren internationalen Sichtbarkeit des GFZ und des Geo.X-Netzwerks fördern. Zielregionen der Förderung sind insbesondere Russland sowie der Nahe und Mittlere Osten. Dort sollen unter anderem Sommerschulen und Workshops insbesondere für wissenschaftliche Nachwuchskräfte veranstaltet werden. Ein weiterer Baustein des Konzepts ist die Vernetzung im Rahmen von „Geoscience Days“ in den deutschen Botschaften der Zielregionen. Darüber hinaus wird ein spezieller Fonds eingerichtet, um unbürokratisch und spontan Kurzaufenthalte junger ausländischer Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler zu finanzieren. Der Wettbewerb um die besten Ideen zum internationalen Forschungsmarketing fand bereits zum zweiten Mal statt. Weitere Preisträger sind die HU Berlin und die Goethe-Universität in Frankfurt am Main. Ein Start-Up-Sonderpreis ging an die TU Kaiserslautern. Die Preisverleihung fand am 16. Februar 2017 in Potsdam statt. ■

„Hohe Professionalität“ – idw-Preis für GFZ-Pressemitteilung



Josef Zens (2.v.r.) nimmt den idw-Preis in Würzburg entgegen. (Foto: idw)

Der Informationsdienst Wissenschaft (idw) e. V. hat am 23. März 2017 die Pressestellen der Helmholtz-Zentren München und Potsdam sowie des Hamburger Max-Planck-Instituts für Meteorologie mit dem idw-Preis für Wissenschaftskommunikation 2016 ausgezeichnet. Nach Urteil der Jury veröffentlichten sie die drei besten Wissenschaftspressemitteilungen des zurückliegenden Jahres. 97 Pressestellen aus Deutschland, der Schweiz, Österreich und Italien hatten sich beworben. Der idw-Preis würdigt Pressemitteilungen von hoher handwerklicher Professionalität (Qualität), überragendem Nachrichtenwert und wissenschaftlicher Bedeutung (Relevanz und Originalität). Den bei dieser Preisvergabe mit dem zweiten Platz ausgezeichneten Text des GFZ, „Graffiti für die Wissenschaft“, vom 16. Dezember 2016 bewertete die Jury in der Kategorie „handwerkliche Qualität“ mit Abstand am besten.

Die Preisverleihung fand im Rahmen der Jahrestagung des idw in Würzburg statt. Dabei wurde auch der siebenköpfige Vorstand des Vereins gewählt. Unter den drei neuen Mitgliedern ist **Josef Zens**, Leiter der Öffentlichkeitsarbeit am GFZ.

Journalistenpreise gibt es mehr als 500 allein in Deutschland. Ein wichtiges Rohmaterial für viele journalistische Arbeiten wird jedoch kaum je ausgezeichnet: gute Pressemitteilungen. Darum verleiht der idw seit 2009 den Preis für Wissenschaftskommunikation für die drei besten Pressemitteilungen, die im Vorjahr über idw-online.de veröffentlicht wurden. ■

Drei Humboldt-Stipendiaten am GFZ

PD Dr. Monika Kusiak von der Polnischen Akademie der Wissenschaften in Warschau, **Prof. Kristine Larson** vom Colorado Center for Astrodynamic Research an der University of Colorado Boulder, USA, und **Prof. Yehuda Ben-Zion** von der University of Southern California, USA, besuchen dieses Jahr als Gäste das GFZ. Die Forschungsaufenthalte werden von der Alexander von Humboldt-Stiftung finanziert.

Dr. Kusiak ist seit dem 1. März 2017 für 11 Monate in der Sektion Chemie und Physik der Geomaterialien im Team von Dr. Richard Wirth zu Gast. Sie werden in der Zeit gemeinsam an einer verbesserten Altersbestimmung von Gesteinen über das Mineral Zirkon forschen.

Prof. Larson wird ab Ende März 2017 für sechs Monate in der Sektion Geodätische Weltraumverfahren gemeinsam mit Prof. Jens Wickert und dessen Arbeitsgruppe an der Fernerkundung von Erdoberflächeneigenschaften mit reflektierten Signalen globaler Navigationssysteme forschen.

Prof. Ben-Zion war bereits 2011 als Forschungspreisträger der Humboldt-Stiftung am GFZ. Im Zuge des erneuten Gastaufenthalts im Jahr 2017 wird die aktuelle Kooperation in der Erforschung von Bruchprozessen und Erdbeben in der Sektion Geomechanik und Rheologie fortgesetzt. Dies beinhaltet unter anderem Untersuchungen zur Erdbebenaktivität an Plattenrändern, zur Spannungsfeldanalyse und Laborexperimente. ■



Alexander von Humboldt
Stiftung/Foundation