

# ATTEMPTO!

AUSGABE ISSUE → 37 | 2015  
FORUM DER UNIVERSITÄT TÜBINGEN  
UNIVERSITY OF TÜBINGEN MAGAZINE



**GRÜNE GEOLOGIE**  
GREEN GEOLOGY

**STRAHLENTHERAPIE NEU DENKEN**  
RADIATION THERAPY RECONSIDERED

**WIE DIGITALE MEDIEN UNSER LERNEN VERÄNDERN**  
HOW DIGITAL MEDIA CHANGE THE WAY WE LEARN

EBERHARD KARLS  
UNIVERSITÄT  
TÜBINGEN



## GRÜNE GEOLOGIE GREEN GEOLOGY

Berge, Flüsse, Ebenen: Wie entstand die heutige Topografie? Geowissenschaftliche Modelle fußen auf der Plattentektonik, nehmen klimatische Einflüsse hinzu – vernachlässigen aber die Vegetation. Todd Ehlers von der Universität Tübingen möchte das Bild vervollständigen und ein neues Paradigma etablieren.

Mountains, rivers, plains: how did our current topography evolve? Geoscientific models are based on plate tectonics and take climatic change into account, but they neglect vegetation. Todd Ehlers from the University of Tübingen wishes to complete the picture and establish a new paradigm. > *continued on page 12*





→ DIE GEOWISSENSCHAFTLER SIND IN EISIGEN HÖHEN UNTERWEGS: WANDERUNG AUF DEM MONT-BLANC-MASSIV  
→ GEOSCIENTISTS VENTURE OUT ON ICY HEIGHTS – A HIKE ON THE MONT BLANC MASSIF

> deutsch

## WIE DIE ERDKRUSTE IM LAUF DER JAHRMILLIONEN GEFORMT WURDE

//\_\_\_ Gipfel des Himalaja oder der Anden erklimmen – oder in schummrig beleuchteten Kellerlaboren mit gefährlichen Chemikalien hantieren. Schroffe Gebirgspanoramen vor Ort mit Hightech-Gerät vermessen – oder winzige Kristalle, kaum größer als Staubkörner, unter dem Mikroskop sortieren. Fern der Zivilisation campen, schwitzen und Gesteins- und Bodenproben sammeln – oder in unzähligen Stunden am Computer viele Terabytes durch numerische Modelle jagen: Was nach widersprüchlichen Extremen klingt, gehört alles gleichermaßen zur Arbeit von Wissenschaftlern, die erforschen, wie die Erdkruste im Lauf der Jahrtausende zu ihrer heutigen Gestalt kam. →



→ FORSCHUNG RESEARCH > deutsch

→ MIT SPEZIALGERÄTEN WIRD DIE FLIESSGESCHWINDIGKEIT DES SCHWEIZER ALETSCHEGLIETSCHERS VERMESSEN  
→ THE FLOW VELOCITY OF THE GREAT ALETSCHE GLACIER IN SWITZERLAND IS MEASURED USING SPECIAL EQUIPMENT

→ Einer, der diese Extreme in sich verbindet, der eine solide Basis in Mathematik und Naturwissenschaften ebenso mitbringt wie große Begeisterung für Berge und Outdoor-Abenteuer, ist Professor Todd Ehlers. Der Geophysiker, seit 2009 Professor für Allgemeine Geologie an der Universität Tübingen, schickt sich allerdings an, noch mehr als nur gegensätzliche Arbeitsorte und Tätigkeiten zusammenzubringen: In zwei millionenschweren Projekten will Ehlers mit den rund 30 Mitarbeitern seiner Arbeitsgruppe und weiteren Kooperationspartnern Grenzen bisheriger Erklärungsmodelle sprengen und Disziplinen von der Geophysik bis zur Biologie in einem neuen Forschungsparadigma vereinen.

### VOM HÖCHSTEN GIPFEL BIS INS KELLERLABOR

Kommt man in den Fachbereich Geowissenschaften, durchweht eine Brise amerikanischer Hochschulkultur die traditionsreichen Flure des Lothar-Meyer-Baus: Statt eines Vorzimmers findet man eine weit offenstehende Tür. Sie führt direkt in ein geräumiges Büro, in dem Todd Ehlers an zwei riesigen Computermonitoren arbeitet. Der jugendlich wirkende Professor mit markanter Brille wendet seine Aufmerksamkeit sofort dem Gast zu und bittet an den Besprechungstisch.

„Meine Gruppe beschäftigt sich ganz grundlegend mit der Frage, wie Tektonik, Biologie und Klima wechselwirken und die Topografie der Erdoberfläche hervorbringen“, erklärt der studierte Geophysiker. Eine wichtige Rolle spielten dabei Computermodelle, die Eigenschaften und Dynamik der Erdkruste in mathematischen Gleichungen zu beschreiben versuchten – beispielsweise, indem sie diese als eine extrem zähflüssige Masse modellieren, die sich im Laufe von Jahrtausenden langsam bewegt, Falten wirft, Gräben reißt.

In den vergangenen Jahrzehnten geriet dabei die Wechselwirkung zwischen Klima und Geologie in den Blick und beschäftigte viele Forscher, wie Ehlers erzählt: „Man würde nie denken, dass herunterprasselnde Regentropfen beeinflussen

können, wie sich der Himalaja oder die Anden durch plattentektonische Prozesse verformen“, sagt Ehlers. Aber tatsächlich habe die witterungsbedingte Erosion weitgehende Effekte: Nicht nur, dass ein Teil des Materials abgetragen wird – die dadurch veränderte Massen- und Temperaturverteilung wirkte wiederum auf die tektonischen Prozesse zurück.

Nicht befriedigend erforscht ist bisher, wie groß diese Wechselwirkung genau ist, oder mathematisch gesprochen, wie stark Tektonik und Klima aneinander koppeln – besonders unter extremen Bedingungen, also an Plattengrenzen und bei hohen Erosionsraten. Um hier weiterzukommen, will Ehlers etablierte Modelle des heutigen globalen Klimas auf Zeiträume über Millionen von Jahren ausdehnen, zusätzlich mit Daten zur Entstehung der großen Gebirgszüge füttern und um physikalische Erosionsmodelle ergänzen. „EXTREME“ (Extreme Tectonics and Rapid Erosion in Mountain Environments) heißt das Projekt, für das Todd Ehlers einen sogenannten Consolidator Grant des Europäischen Forschungsrats (ERC) einwerben konnte: Der ERC schießt über fünf Jahre zwei Millionen Euro zu.

### DIE BIOLOGIE SPIELT EINE IMMER WICHTIGERE ROLLE

Noch ambitionierter ist ein Vorhaben namens „EarthShape: Earth Surface Shaping by Biota“. Ehlers: „Hier gehen wir noch einen Schritt weiter und fragen: Wie beeinflussen beispielsweise Pflanzen das Ganze? Vegetation kann die Ursache erstaunlicher Unterschiede in der Topografie sein.“ Zwar wisse man seit langem, dass Vegetation die Erosion hemme, auch werde mancherorts der Einfluss auf die Bodenschaffenheit untersucht. In dem Anspruch, das Wechselspiel von Tektonik, Klima und Biologie auf der Zeitskala von einigen zehntausend bis hunderttausend Jahren zu untersuchen, sei EarthShape aber einzigartig und zielt auf ein neues geowissenschaftliches Paradigma. „Ich könnte mich natürlich irren – aber ich denke, die Biologie wird künftig eine ähnliche Rolle für die Geologie spielen wie zuletzt das Klima, das nun schon seit einigen Jahrzehnten die Forscher begeistert und zu neuen Fragestellungen motiviert.“ →

→ EarthShape sieht vor, dieses neue geowissenschaftliche Kapitel am Beispiel Chiles anzugehen und unter anderem die Bildung von Erdboden aus Fels, Stoff- und Wasserkreisläufen sowie Erosions- und Sedimentationsprozesse unter Einbeziehung der Vegetation zu betrachten. Chile zeichnet sich dadurch aus, dass unter relativ einheitlichen tektonischen Bedingungen – eine durchgängige Plattengrenze verläuft vor der Küste in Nord-Süd-Richtung – eine große Bandbreite an Klima- und Vegetationszonen vorhanden ist, von einer der trockensten Wüsten der Erde bis zu subtropischem Regenwald.

2014 hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) beschlossen, EarthShape als Schwerpunktprogramm (SPP) zu fördern. Damit stehen über sechs Jahre 10,2 Millionen Euro bereit, für die sich Wissenschaftler aus ganz Deutschland mit entsprechenden Projekten bewerben können. Vertreter aus Disziplinen von Geophysik über Geografie und Bodenkunde bis hin zu Mikrobiologie und Ökologie sollen in diesem Rahmen an einem großen Thema forschen – „Fachrichtungen, die bisher teilweise wenig zusammengearbeitet haben“, sagt der Geochemiker Friedhelm von Blanckenburg vom Geoforschungszentrum Potsdam, der das Projekt „EarthShape“ gemeinsam mit Ehlers entwickelt hat.

## „Wir haben mit EarthShape wohl einen Nerv getroffen“

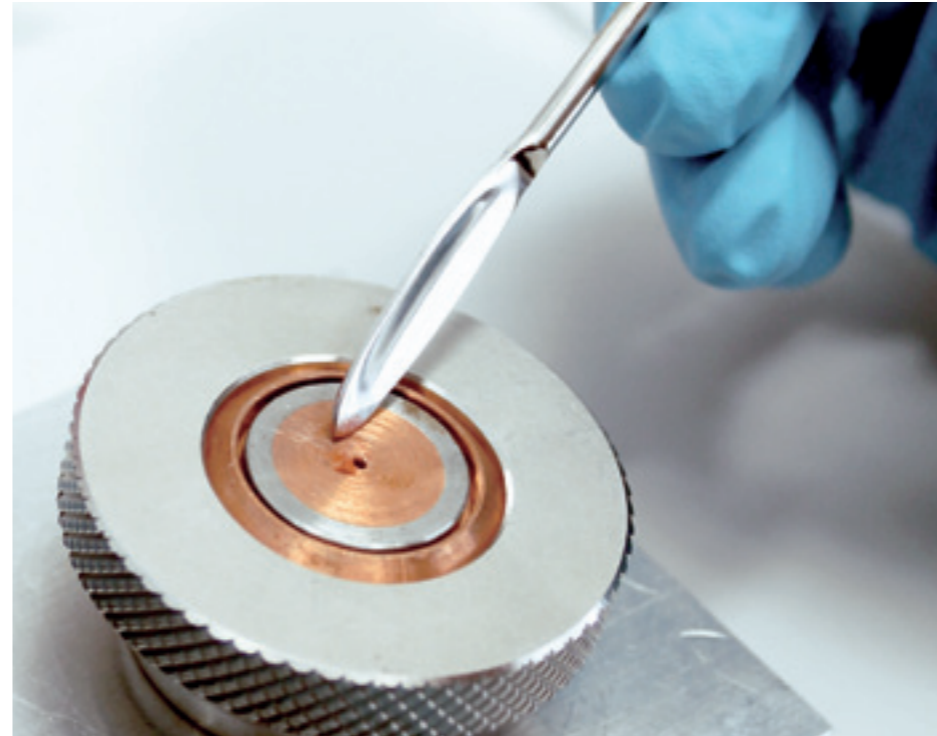
Der innovative Ansatz einer Verknüpfung von Bio- und Geowissenschaften stößt in der Fachwelt auf eine erstaunlich große Resonanz: Zu einem „EarthShape“-Workshop, der sich an potenzielle Kooperationspartner aus der Wissenschaft richtete, kamen im November 85 Teilnehmer – zwei bis drei Mal so viele wie erwartet, berichtet Ehlers. „Wir haben wohl einen Nerv getroffen“, sagt Ehlers und beginnt bei dem Gedanken an den interdisziplinären Brückenschlag zu strahlen. Die genannten Fachrichtungen zusammenzubringen, sei dabei durchaus herausfordernd, das mache schon ein Blick auf die Zeitskalen

deutlich: „Für einen Geologen ist eine Million Jahre so gut wie nichts. Mikrobiologen denken dagegen in der Größenordnung von ein paar Wochen, die es dauert, aus Bakterien einen Biofilm zu kultivieren.“

Ehlers und seine Mitarbeiter in Tübingen bringen selbst schon ein breites Spektrum an Methoden und Hintergründen in das Großprojekt ein: Neben Geologen sind auch Atmosphärenforscher, Spezialisten für numerische Modellierung sowie Geochemiker vertreten. Die Untersuchungsmethoden sind aufwändig: Für das Durchrechnen der gekoppelten Klima- und Landschaftsentwicklungsmodelle hat Todd Ehlers einen eigenen Supercomputer angeschafft. Und für die Bestimmung von Erosionsraten als zentraler Größe sind wochenlange Exkursionen notwendig und eine Logistik, um hunderte Kilo Gesteinsproben nach Deutschland zu schicken. Sobald die Proben in Tübingen angekommen sind, beginnt ein diffiziler chemischer und messtechnischer Prozess.

Eine Methode beispielsweise nutzt die kosmische Strahlung, die ständig auf die Erde trifft und letztlich auch den Boden – allerdings nur die oberen Schichten – bombardiert. „Dadurch entstehen im Gestein sogenannte kosmogene Nuklide, speziell das radioaktive Beryllium-10“, erklärt Dr. Mirjam Schaller, Postdoktorandin und Expertin für dieses Messverfahren. „Man weiß, dass in kristallinem Quarz pro Jahr und pro Gramm etwa fünf solcher Atome entstehen.“ Misst man in vorgefundenem Quarz die Konzentration, folgt also, wie lange das Gestein der Strahlung ausgesetzt war, und daraus wiederum die Erosionsrate: „Bei geringer Beryllium-10-Konzentration muss das Material relativ schnell an die Oberfläche gewandert sein, also ist die Erosionsrate hoch.“ Um auf den gewünschten Messwert zu kommen, muss aber für jede einzelne Probe kiloweise Sand gesammelt und dann mit extrem ätzender Flusssäure traktiert werden, um letztlich reine Quarzkristalle zu erhalten. Deren Isotopenzusammensetzung wird dann mithilfe von speziellen Teilchenbeschleunigern in Köln oder Dresden hochgenau bestimmt. →

→ DAS GAS-MASSENSPEKTROMETER MISST DIE HELIUM-KONZENTRATION IN MINERALIEN  
→ THE GAS MASS SPECTROMETER MEASURES HELIUM CONCENTRATIONS IN MINERALS



## → WINZIGE KRISTALLE GEBEN AUFSCHLUSS ÜBER EROSIONSPROZESSE

Die sogenannte Thermochronologie setzt dagegen bei der Tatsache an, dass Gestein im Lauf der Jahrtausende umso mehr abkühlt, je näher es erosionsbedingt der Erdoberfläche kommt. Wie Dr. Byron Adams erklärt, ein weiterer Postdoktorand aus Ehlers' Gruppe: „Wir schauen uns den Verlauf der Abkühlung an und bestimmen damit, wie schnell ein Stein an die Oberfläche gekommen ist.“ Der Kühlungsverlauf lässt sich wiederum mithilfe radioaktiver Substanzen ablesen. Diesmal fängt die Uhr allerdings nicht zu ticken an, wenn das Gestein kosmischer Strahlung ausgesetzt wird, sondern wenn es eine bestimmte Temperatur unterschreitet. Dann nämlich kann Helium, das durch radioaktive Prozesse überall im Gestein gebildet wird, aus bestimmten Mineralien nicht mehr entweichen. Bei Apatit beträgt die Grenztemperatur zum Beispiel 70 Grad Celsius – darunter zieht sich das Kristallgitter so weit zusammen, dass Heliumatome gefangen bleiben. „Für eine gute Messung brauchen wir aus jeder Probe aber mehrere makellose Apatit-Körnchen“, erzählt Adams. Dafür werden etwa drei Kilo Gestein von Maschinen im Instituts Keller pulverisiert, dann wird der Apatit extrahiert. Nun sind es aber immer noch hunderte winziger Kristalle, aus denen unter dem Mikroskop die wenigen makellosen herausgelesen werden müssen, bevor in einer weiteren Apparatur das Material wieder erhitzt und das entweichende Helium genau gemessen wird.

So wächst in den Computern der Geowissenschaftler ein Datenbestand heran, der sich schrittweise zu einem Gesamtbild aus tektonischen, klimatischen und biologischen Prozessen zusammenfügen soll. Bis diese Daten sich freilich zu einer aussagekräftigen Theorie verdichten lassen, ist der Weg noch weit, wie Todd Ehlers auch freimütig zugibt: „Wir werden mit unseren 10,2 Millionen Euro gute Fortschritte machen, aber sicher längst nicht alle Fragen so genau beantworten können, wie wir gern würden. Immerhin erlaubt uns EarthShape, den Ball ins Rollen zu bringen.“ \_\_\_//

→ DAS RADIOAKTIVE ELEMENT BERYLLIUM-10 WURDE AUS QUARZKRISTALLEN GEWONNEN. DIE PROBE WIRD IN DEN PROBEHALTER GELADEN UND FESTGEPRESST, DAMIT LÄSST SICH IM MASSENBESCHLEUNIGERSPEKTROMETER DIE KONZENTRATION DES KOSMOGENEN BERYLLIUMS IM QUARZ BESTIMMEN  
→ BERYLLIUM-10, A RADIOACTIVE ELEMENT, WAS EXTRACTED FROM QUARTZ CRYSTALS. THE SAMPLE IS INSERTED INTO THE SPECIMEN HOLDER AND PRESSED. A MASS ACCELERATOR SPECTROMETER MEASURES THE CONCENTRATION OF COSMOGENIC BERYLLIUM IN THE QUARTZ

> english

## THE EARTH'S CRUST HAS FORMED OVER MILLIONS OF YEARS

//\_\_\_ Ascend the peaks of the Himalaya or the Andes – or experiment with hazardous chemicals in dimly lit cellar laboratories. Measure craggy mountain panoramas on site using high-tech devices – or sort tiny crystals hardly larger than specks of dust under a microscope. Camp far from civilization and work up a sweat while gathering rock and soil samples – or tackle terabytes of data produced by numerical models during countless hours spent at a super computer. What sounds like a paradox of extremes is all in a day's work for scientists investigating the Earth's crust and how it has evolved into its current state over millions of years. →



01 DR. BYRON ADAMS  
02 DR. MIRJAM SCHALLER  
03 PROFESSOR TODD EHLERS



→ One of those who unite such extremes, combining a solid knowledge of mathematics and the sciences with great enthusiasm for mountains and outdoor adventure, is Professor Todd Ehlers. The geophysicist, a professor of general geology at the University of Tübingen since 2009, wants to achieve more than merely reconciling extremes in terms of workplaces and tasks: With two multi-million Euro projects Ehlers – together with a research group of thirty and collaborators from around the world – strives to transcend the boundaries of previous models and disciplines and unite everything from geophysics to biology in a new research paradigm.

“My group concerns itself with the fundamental question as to how tectonics, biology and climate interact to produce the topography of the Earth's surface,” Ehlers explains. Computer models which attempt to describe the properties and dynamics of the Earth's crust in terms of mathematical equations play an important role here, for example by representing it as an viscous material which moves slowly, forming folds and creating mountains over millions of years.

### HOW RAIN HAS DEFORMED THE HIMALAYA

Over the past few decades the attention of many researchers has been drawn to the dynamics between climate and tectonic processes. “You would never think that the drum beat of rain-

drops could influence the way the Himalaya or the Andes are deformed by plate tectonic processes,” Ehlers says. But climate-induced erosion has in fact had far-reaching effects. The actual extent of such interaction, or, to put it in mathematical terms, the degree to which tectonics and climate are coupled, remains to be investigated adequately. To make progress here, Ehlers wants to extend the established models of our current global climate to time periods reaching back millions of years, enhancing them with data on the evolution of large mountain ranges and supplementing them with computer models of erosion. The project for which Todd Ehlers has received a two-million-Euro consolidator grant from the European Research Council (ERC) is called “EXTREME” (Extreme Tectonics and Rapid Erosion in Mountain Environments).

Another project, called “EarthShape: Earth Surface Shaping by Biota”, is even more ambitious. As Ehlers explains, “we go a step further here, asking how plants influence all of this. Vegetation causes amazing differences in topography.” It is well-known that vegetation inhibits erosion but endeavours to investigate the dynamics of tectonics, climate and biology on timescales of up to 100,000 years makes EarthShape unique because it strives to establish a new geoscientific paradigm. “I might be wrong but I think that in the future biology will play a role for geology similar to that →



→ TÜBINGER STANDORT DER ARBEITSGRUPPE  
→ HEADQUARTERS OF THE WORK GROUP IN TÜBINGEN

→ which climate studies has played for several decades now, attracting researchers and motivating them to ask new questions." EarthShape intends to approach this new chapter in the history of the geosciences using Chile as an example by looking at, among other things, how vegetation influences the formation of soil from bedrock, the hydrologic cycle, and erosion and sedimentation processes.

In 2014 the German Research Foundation (DFG) decided to fund EarthShape for six years with 10.2 million Euros. Representatives of various fields ranging from geophysics and geography to pedology, microbiology and ecology will be involved – "some of which have collaborated very little so far," points out geochemist Friedhelm von Blanckenburg from the Geo Research Centre (GFZ) of Potsdam. He has developed the project together with Ehlers.

The methods for investigation are complex. Todd Ehlers has helped developed super-computer programs for calculating coupled climate, tectonic, and landscape development processes. Determining erosion rates is a key parameter and requires weeks of field work and logistics that allow for transporting hundreds of kilos of rock samples to Germany. As soon as the samples arrive in Tübingen difficult geochemical analyses begin.

#### ATOMS PROVIDE INFORMATION ON EROSION PROCESSES

One method makes use of cosmic radiation that constantly strikes the Earth, ultimately bombarding soil and rock, albeit only the upper layers. As Dr. Mirjam Schaller, a post-doctoral researcher

and expert on this measuring method explains, "cosmogenic nuclides form in the rock and soil, in particular radioactive beryllium-10. It is known that about five such atoms form in each gram of crystalline quartz annually." If the concentration is measured in the quartz we sample, it is possible to calculate how long the rock has been exposed to cosmic radiation and in turn determine the erosion rate.

In contrast, a technique called thermochronology utilizes the fact that over the course of millions of years, rock cools as it moves closer to the Earth's surface as a result of erosion. As Dr. Byron Adams, another post-doctoral researcher in Ehlers' group, explains, "we look at the history of rock cooling and use it to determine how fast the rock has come to the surface." The history of cooling can be determined with the help of radioactive substances in rocks. However, with this method the clock does not start ticking when the rock is exposed to cosmic radiation. Rather, when the rocks temperature has fallen below a certain level, namely the level at which helium, which forms throughout the rock as a result of radioactive processes, can no longer leak out of certain minerals.

The geoscientists' computers are gradually amassing an integrated picture of how tectonic, climate, and biologic processes are all pieces of a puzzle. As Todd Ehlers frankly admits, it will take quite awhile for these data to condense into any conclusive theory "Our 10.2 million Euros of funding will enable us to make good progress but we will certainly not be able to answer all the questions we would like to by a long shot. Nevertheless, EarthShape will allow us to get the ball rolling." \_\_\_\_//



→ INSTALLATION EINER WETTERSTATION AUF DEM ALTIPLANO IN BOLIVIEN IN 3500 METERN HÖHE  
→ INSTALLATION OF A WEATHER STATION ON THE ALTIPLANO IN BOLIVIA AT AN ALTITUDE OF 3,500 METRES