

Wo die Erde bebt

Störungszonen beeinflussen ihre Umwelt – aber auch umgekehrt

Mehrfach haben sie in jüngerer Vergangenheit für Katastrophenmeldungen gesorgt. Doch obgleich Erdbeben heute immer mehr Opfer fordern, wanderten unsere Vorfahren in der frühen Menschheitsgeschichte entlang von Störungszonen, etwa entlang des ostafrikanischen Grabenbruchs. Hier fanden sie Schutz und die dortigen Seen lieferten Wasser und somit Nahrung.

Der Dünnschnitt eines Gesteins, das aus einer Störungszone in rund acht Kilometern Tiefe stammt, zeigt unter dem Polarisationsmikroskop den Übergang von spröder zu duktiler Verformung in der Erdkruste

„Störungen sind Grenzflächen in der Erde und bilden die Brennpunkte des Geschehens an der Erdoberfläche“, definiert Prof. Dr. Mark Handy von der Freien Universität Berlin. In Störungszonen bilden sich aber auch Lagerstätten mineralischer und metallischer Rohstoffe wie Kupfer oder Silber. Um den Prozessen entlang von Störungen auf den Grund zu gehen, trafen sich auf Einladung Handys Mitte Januar 42 Wissenschaftler aus aller Welt bei der 95. Dahlem Konferenz in Berlin. Fünf Tage lang diskutierten sie interdisziplinäre Ansätze für die zukünftige Forschung zum Thema „Dynamik von Störungszonen“. Vier Hauptfragen standen während der Tagung im Vordergrund: Welche physikalischen Bedingungen begünstigen Entstehung und Wachstum von Störungen? Welche mechanischen Eigenschaften haben Gesteine in Störungen? Beeinflussen Prozesse an der

Erdoberfläche Störungen und umgekehrt, und welche Rolle spielen dabei insbesondere Klima und Erosion? Und werden Erdbeben auch durch Fluide wie Wasser oder Magma ausgelöst, die sich entlang von Störungssystemen bewegen? „Können diese Fragen beantwortet werden, sind auch Erdbeben besser abschätzbar“, erklärt Handy.

Störungszonen begrenzen die tektonischen Erdplatten, die aus kontinentaler und ozeanischer Kruste bestehen. Treffen zwei kontinentale Platten aufeinander, entstehen große Überschiebungen und Faltengebirge wie der Himalaya. Aber nicht nur an Plattenrändern findet man Störungen, sondern auch innerhalb der Platten. An diesen Stellen können Kontinente sogar auseinander brechen, heutzutage kann ein solcher Vorgang am Roten Meer beobachtet werden. Dort wird die kontinentale Lithosphäre gedehnt und

es entsteht neue ozeanische Kruste wie an einem mittelozeanischen Rücken. An anderer Stelle verschwindet die Kruste entlang von Subduktionszonen wieder in der Erde. Erdbeben und Vulkanausbrüche sind in solchen Regionen häufiger als an anderen Plattengrenzen, weil dort Teile der Kruste übereinander geschoben werden. Auch das Sumatra-Erdbeben fand in einer solchen Subduktionsszone statt. Bewegen sich tektonische

Platten aneinander vorbei, heißen diese Störungen Blattverschiebungen. Eine durch Erdbeben bekannt gewordene ist die nordanatolische Blattverschiebung in der nördlichen Türkei. Da die Platten uneben sind und die Bewegungen entlang der Störungen nicht gleichmäßig verlaufen, können sich die Platten verhaken. Die Erdkruste wird dabei wie ein Gummiband gespannt. Kommt es zum Erdbeben, entspannt sie sich mit einem Ruck. Das verheerende Erdbeben von Izmit in der Türkei 1999 war ein solches Ereignis.

Eine der Arbeitsgruppen der Dahlem Konferenz beschäftigte sich mit der Entstehung und dem Wachstum von Störungszonen. Denn selbst in großen Tiefen, wo die Erde nicht mehr spröde bricht, sondern das Material sich weich und plastisch verhält, gibt es Störungen und unter Umständen auch Erdbeben. Gerade diese Tiefbeben sind für die Erdbebenforscher von großem Interesse. Doch ist das Wissen über diese im Erdinneren ablaufenden Vorgänge äußerst gering. Denn während oberflächen-nahe Veränderungen messbar und teilweise sichtbar sind, kann das Geschehen im tiefen Untergrund nur indirekt durch geophysikalische Messmethoden aus der Ferne und anhand von Modellen rekonstruiert werden. Auch Untersuchungen alter Störungen, die durch Plattenbewegungen oder Erosionsvorgängen an die Erdoberfläche gebracht wurden, geben Hinweise auf das, was einst in der Erde geschah.

Eine von Handys Arbeitsgruppen untersucht solche fossilen Störungszonen in den Alpen, insbesondere die periadriatische Störung, eine Blattverschiebung ähnlich der heute noch aktiven San Andreas Störung in Kalifornien. Sie fanden heraus, dass das Ende der großen Störung durch eine Auffächerung in viele kleine Störungen gekennzeichnet ist. Ein weiteres Arbeitsgebiet von Professor Handy sind die Pyrenäen. Dort suchten und fanden seine Mitarbeiter eine Störung, die sowohl spröde als auch plastische Bereiche aufweist. Ihre aktive Phase dürfte die Störung vor rund 280 Millionen Jahren und in zehn Kilometer Tiefe gehabt haben. Das Besondere an ihr ist, dass sie Gesteine enthält, die einst während eines Erdbebens entstanden. Diese Pseudotachylite sind Gläser, die erst infolge der enormen Reibungshitze entlang einer Störungsfläche entstehen.

Störungen entwickeln sich im Bereich von Anisotropien. So werden richtungsabhängige Gesteinseigenschaften bezeichnet, wie zum Beispiel Schichtung oder Schie-



Bei der Glarnerüberschiebung in den Schweizeralpen hat sich permisches Gestein über tertiäres Gestein geschoben

förung. Zwar finden Erdbeben häufig an Störungszonen statt, doch gibt es auch im angrenzenden Gestein immer wieder kleinere Beben. Warum das so ist, weiß derzeit noch niemand zu beantworten. Deshalb sind neue Experimente und Rechenmodelle zur Gesteinsverformung notwendig, um ein besseres Verständnis für die Gesteinsmechanik zu erlangen. Und ein noch weiterer Weg wird es sein, Erdbeben vorherzusagen zu können.

Eine andere Arbeitsgruppe beschäftigte sich mit dem Einfluss von Fluiden auf die Festigkeit von Störungen. Diese wird hauptsächlich durch den Druck herabgesetzt, den Wasser oder Magma auf das Gestein ausüben. Aber auch das genaue Gegenteil ist möglich: Durch Ausfällung neuer Minerale kann die Störungzone versteift und verstärkt werden. Deshalb wird es zukünftig wichtig sein, die Wege genau zu verfolgen, die Fluide während und nach Erdbeben nehmen. Um dies zu bewerkstelligen, müssen Geophysiker, Geochemiker, Geologen und Materialwissenschaftler gemeinsam neue Methoden entwickeln. Denn die Fluidwanderung entlang von Störungen könnte auch von praktischem Nutzen sein, zum Beispiel als Erdwärmespeicher oder für die Bildung von Lagerstätten.

Aber auch das Klima hängt mit den Bewegungen der Erde zusammen. Gebirgsbildungen verändern großräumig das Klima, da sie so genannte Klimabarrieren darstellen. Einer der Konferenzteilnehmer, Prof. Dr. Manfred R. Strecker von der Universität Potsdam, untersucht mit einer Arbeitsgruppe unter anderem die Wechselbeziehungen zwischen veränderten Umweltbedingungen und Störungen in den Hochregionen des Himalaya. Dort führte der Aufstieg des Gebirges zur Entstehung des Monsun. Dieser setzte vor rund acht Millionen Jahren ein und änderte das Klima der Region langfristig. Inzwischen nehmen die mit dem Monsun einhergehenden starken Regenfälle Einfluss auf die Tektonik. An den Südhängen des Himalaya, wo die Regenfälle regelmäßig und über einen längeren Zeitraum niedergehen, werden die Gesteine verstärkt erodiert. Dieser Prozess setzte vor rund drei Millionen Jahren ein. Inzwischen hat die Abtragung der Gesteinsmassen dazu geführt, dass Störungen, die vor rund 20 Millionen Jahren letztmalig aktiv waren, reaktiviert wurden und somit neue mögliche Erdbebenzonen darstellen. Als Beweis dienen Gesteine, die entlang dieser Störungen aufgestiegen sind. So verändern nicht nur Gebirge das Klima einer Region, sondern die veränderten Klimabedingungen ihrer-

seits auch die Gebirgsbildungsprozesse, was die Geologen auch am Nordrand des Tibet feststellten. Dort erreichen die Niederschläge nicht das Hochplateau und somit wird dort nur wenig Gestein abtransportiert. Stattdessen führen tektonische Prozesse zur Anhebung der Sedimentschichten, die kilometermächtige Becken füllen. Das Klima kann also auch das Wachstum eines Gebirges beeinflussen.

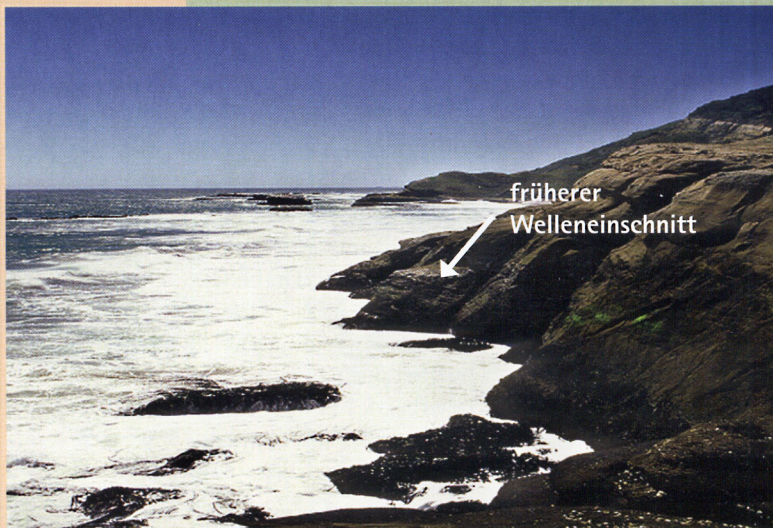
Andere Wissenschaftler stellten fest, dass auch das Abschmelzen der Eismassen nach der letzten Eiszeit zu verstärkter Seismizität in Nordeuropa, Nordamerika und den Alpen führte. Im Gebiet Basin and Range in Utah wurden Hinweise gefunden, dass dort, wo vor rund 18.000 Jahren noch ein großer Salzsee existierte, es inzwischen verstärkt zu seismischer Aktivität kommt. Die Ursache dürfte das Austrocknen des Sees sein: Mit dem Verschwinden des Wassers verringerte sich die Auflast, die Störungen wurden wieder aktiviert.

So bestünde großer Nachholbedarf in der Grundlagenforschung, den Einfluss klimatischer Prozesse auf verschiedenen Zeitskalen zu ergründen, erklärt Strecker. „Und die Tagung brachte außerdem den großen Forschungsbedarf im Bereich der Rückkopplungsprozesse zwischen dem Geschehen an der Oberfläche und in der Tiefe zu Tage“, so Handy. Derzeit formulieren die Teilnehmer ihre Berichte. Handys Aufgabe wird es sein, die Gruppenberichte wissenschaftlich abzustimmen, bevor die Texte an den renommierten Verleger MIT-Press in Cambridge (USA) gehen. Was umso wichtiger ist, „bewegen wir uns doch am Rand des Wissens“. Sein Fazit zur Tagung: „Die wissenschaftlichen Ziele sind erreicht, die Wissenslücken identifiziert und somit die Ansätze für die Zukunft festgelegt.“

Kerstin Koch

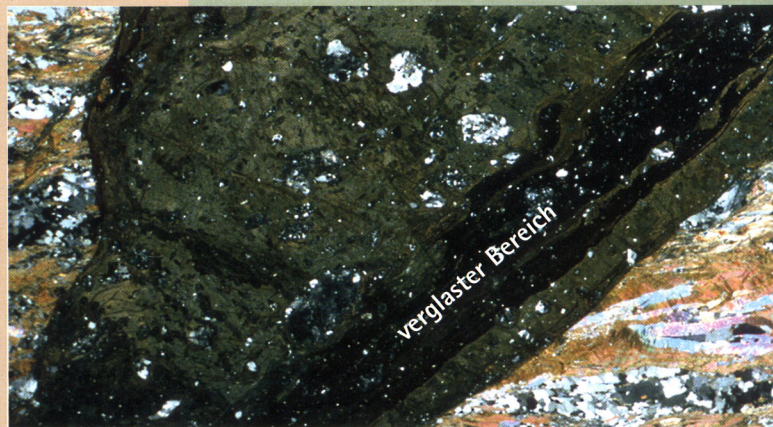


An der pazifischen Küste von Süd-Chile sind holozäne Strandterrassen zu sehen, die infolge eines Erdbebens gehoben wurden. Entstanden sind sie vor rund 125.000 Jahren



früherer Welleneinschnitt

Auch an dieser Stelle der pazifischen Küste Süd-Chiles können die Auswirkungen eines Erdbebens verfolgt werden. Zu sehen ist ein alter Welleneinschnitt, der durch ein starkes Beben im Jahr 1835 (Magnitude etwa 8,5) gehoben wurde



Unter einem Licht polarisierendem Mikroskop betrachtet, werden die Spuren eines Erdbeben im Gestein deutlich. Durch die Reibung schmolz das Gestein in rund acht Kilometern Tiefe und erstarrte anschließend schnell. Gesteinsglas entstand (Pseudotachylit)