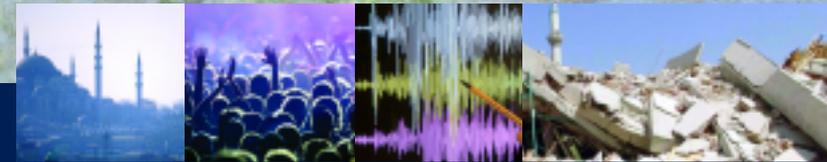
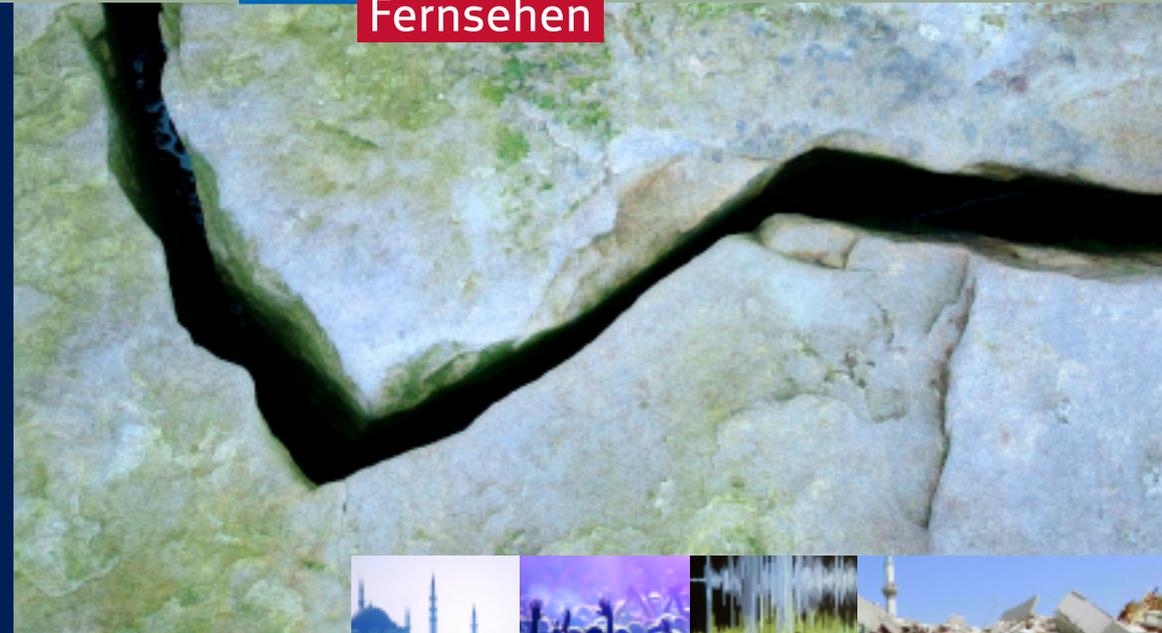


WDR



Fernsehen



Quarks&Co

Westdeutscher Rundfunk Köln
Appellhofplatz 1
50667 Köln

Tel.: 0221 220-3682
Fax: 0221 220-8676

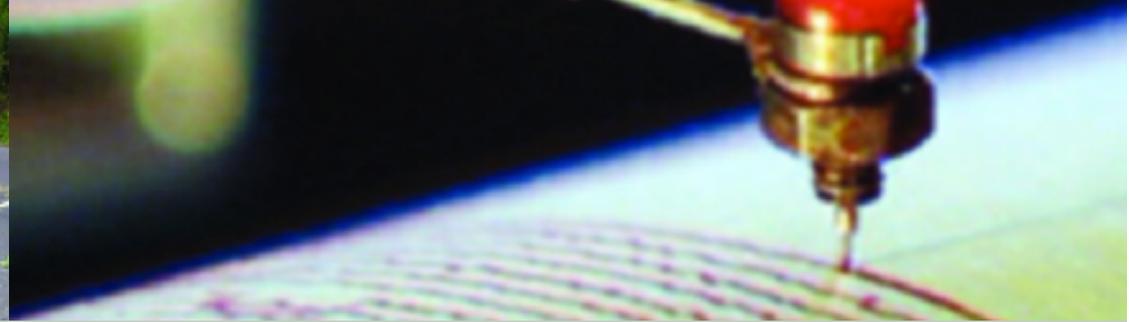
E-Mail: quarks@wdr.de

Erdbeben – wenn die Erde zurückschlägt

www.quarks.de

Script zur WDR-Sendereihe *Quarks & Co*

Quarks&Co



Inhalt

Inhalt

- 4 Mitten im Erdbeben

- 6 Warten auf die Katastrophe

- 9 Gigantische Reiberei

- 12 Was sagt die Richterskala?

- 17 Gespür für Gefahr: Sinne bei Tieren

- 20 Erdbeben durch Hüpfen?

Herausgeber: Westdeutscher Rundfunk Köln; **verantwortlich:** Öffentlichkeitsarbeit;
Text: Axel Bach, Heinz Greuling, Uli Grünewald, Melanie Imenkamp, Silvio Wenzel;
Redaktion: Wolfgang Lemme; **Copyright:** wdr, Juni 2007; **Gestaltung:** Design-
bureau Kremer & Mahler, Köln

Bildnachweis: alle Bilder Freeze wdr 2007 **außer:** Titel großes Bild – Belinda Gallagher,
morguefile; Titel kleine Bilder (v. l. n. r.) – akg, ddp, dpa, dpa; S. 4/S. 5 – dpa

Erdbeben

– wenn die Erde zuschlägt

Wie stark bebt die Erde, wenn 50.000 Menschen gleichzeitig hochspringen? *Quarks & Co* hat ein spektakuläres Experiment gemacht: Beim Musik-Festival *Rock am Ring* sind die Fans der deutschen Band *Wir sind Helden* gleichzeitig hochgehüpft – ein Seismograph hat die Erschütterung gemessen. War das schon ein Erdbeben? Und was würde passieren, wenn alle 1,3 Milliarden Chinesen gleichzeitig in die Luft springen?

Wie entsteht ein Erdbeben überhaupt? Was ist eigentlich die so genannte Richterskala, und ist sie tatsächlich nach oben offen? *Quarks & Co* geht diesen Fragen nach und erklärt, warum für die türkische Metropole Istanbul höchste Alarmstufe gilt und ob Tiere Erdbeben spüren können. Außerdem berichtet ein Augenzeuge über das verheerende Erdbeben 1999 in der türkischen Stadt Izmit.

■ Weitere Informationen, Lesetipps und interessante Links finden Sie auf unseren Internetseiten.
Klicken Sie uns an: www.quarks.de



Die wenigen Überlebenden unter den Trümmerbergen wurden manchmal mit bloßen Händen freigelegt



Alles verloren: Erdbebenopfer in der Türkei vor den Trümmern ihrer Häuser.

Mitten im Erdbeben

■ Familie überlebt nur knapp – ein Erlebnisbericht

Als Ernst Struck durch ein ungewöhnliches Geräusch erwachte, war es gerade 3:01 Uhr. Mitten in der Nacht. Ernst Struck lehrt an der Universität Passau Geographie. Sein Spezialgebiet ist die Türkei. Daher lebt er abwechselnd monatelang mit seiner Familie in Passau und in Istanbul. In dieser warmen Augustnacht hatte ein gleichmäßiges Flattergeräusch in der Ferne den Familienvater geweckt. Zunächst glaubte er nur einen großen Hubschrauber zu hören. Doch dann wurden die immer stärker anwachsenden Vibrationen zu heftigen Bewegungen, die das ganze Haus in den Grundfesten erschütterten. Struck sprang aus dem Bett, doch der sich wild bewegende Boden riss ihn wieder von den Füßen. Seinen Kindern und seiner Frau beizustehen war unmöglich. Die Familie war den Gewalten hilflos ausgeliefert.

■ Vorschriften kriminell missachtet

Das Beben vom 17.08.1999 das sich rund 60 Kilometer östlich von Istanbul in Gölcük ereignete, war mit 7,4 eigentlich nicht außergewöhnlich stark

für die Türkei. Außergewöhnlich war jedoch die Anzahl der Todesopfer: mehr als 16.000 Menschen starben. Dabei blieben die meisten Gebäude in der Region nahezu unbeschädigt. Doch die Gebäude, die einstürzten, fielen in sich zusammen wie Kartenhäuser. Unter krimineller Missachtung der recht strengen Bauvorschriften hatten profitsüchtige Unternehmer sie in die Höhe gezogen. Und das in einer extrem aktiven Erdbebenregion. Die Bewohner der Billighäuser hatten kaum eine Überlebenschance: Sie wurden im Schlaf zermalmt.

■ Flucht ins Freie

In der Istanbuler Wohnung, in der die Familie Struck aus dem Schlaf gerissen wird, scheint nach dem ersten Beben zunächst alles in Ordnung zu sein. Das Ehepaar und seine beiden Kinder erholen sich vom Schreck. Der Blick aus dem Fenster zeigt keine auffälligen Schäden: Die Hagia Sophia auf der anderen Seite des Bosphorus erstrahlt unversehrt im Licht der Scheinwerfer. Doch dann fällt plötzlich der Strom aus – Nachbeben setzen ein. In der Wohnung schwingen die Wände mehr als 1,5 Meter hin und her. Panik erfasst die Familie. Alle stürzen aus der Wohnung; versuchen wie die

anderen Bewohner und Nachbarn, die engen Straßenschluchten zu verlassen und offene Plätze zu erreichen. Unzählige Menschen verbringen die Nacht in Parks und am Ufer des Bosphorus, fliehen mit Autos aus der Stadt.

■ Zigtausende werden obdachlos

Noch 34 Nachbeben folgen an diesem ersten Tag nach dem Hauptbeben. Irgendwann kehrt die Familie in ihre Wohnung zurück. Doch die vielen Nachbeben machen Angst. Beim geringsten Geräusch schrecken Strucks Kinder auf und wollen ins Freie flüchten, vermuten ein neues Beben. Als improvisierte Erschütterungsmelder aufgestellte Wasserschalen helfen schließlich, die überreizten Nerven wieder zu beruhigen. Nach und nach treffen erste Nachrichten über das Ausmaß der Schäden ein, über die Zahl der Opfer. In Istanbul verloren hunderte ihr Leben, wurden zigtausende obdachlos.

■ Das ganze Ausmaß der Katastrophe

Zwei Tage später muss Ernst Struck beruflich von Istanbul nach Ankara reisen. Seine Fahrt führt mit dem Wagen durch das eigentliche Schadensgebiet im Nordwesten der Türkei. Bei Körfas ist durch das Beben eine Raffinerie in Brand geraten. Hier, an der Küste des Marmarameeres, droht tagelang eine Umweltkatastrophe. Nur Löschflugzeuge verhindern das Schlimmste.

Als Geograph interessieren Struck die Auswirkungen des Bebens zwar auch beruflich. Doch das Elend der Menschen trifft den professionellen Beobachter stärker, als er es sich zunächst eingesteht. Immer noch werden Menschen aus Trümmern am Straßenrand geborgen, Leichen auf LKWs verladen. 60.000 Häuser sind zerstört, hunderttausende Menschen obdachlos. Sie hausen unter Plastikplanen im Freien, direkt am Straßenrand. Struck, der normalerweise alle seine Reisen fotografisch dokumentiert, bringt es nicht über sich, das Elend der Menschen auch noch zu fotografieren. Für seinen Bericht an die Universität Passau nutzt er nur Pressebilder. Nie wieder, sagt er, möchte er in eine solche Situation kommen.



Links:
Vor allem solche baufälligen Siedlungen würden einem großen Beben kaum noch standhalten

Mitte:
Die nordanatolische Verwerfung ist die Grenze zwischen der eurasischen und der anatolischen Kontinentalplatte

Rechts:
Alle heftigen Beben der letzten Jahrzehnte wanderte im weiter nach Westen



Warten auf die Katastrophe

Die Millionenstadt Istanbul steht vor einem Erdbeben

Noch ist Istanbul eine stolze und lebendige Stadt. Noch! Denn das kann sich jeden Tag ändern. Darin sind sich Geologen einig: Die Metropole am Bosphorus steht vor einer verheerenden Katastrophe. Die Forscher prognostizieren, dass Istanbul bald von einem gewaltigen Erdbeben erschüttert wird. 40.000 Menschen könnten dann in den einstürzenden Häusern zerquetscht werden, noch einmal 10.000 würden sterben, weil die Rettungskräfte nicht schnell genug helfen können. Es gibt eindeutige Hinweise darauf, dass die Stadt mit ihren vielen Millionen Einwohnern in großer Gefahr ist. Was lässt die Forscher so sicher sein?

Die Gefahr schlummert nur wenige Kilometer entfernt

Istanbul liegt nur wenige Kilometer nördlich der so genannten nordanatolischen Verwerfung. Entlang dieser Verwerfung zieht sich die Grenze zwischen

zwei Kontinentalplatten: im Norden die riesige eurasische Platte und im Süden die anatolische. Beide Platten schieben sich auf 1.400 Kilometern Länge aneinander vorbei. Dabei verhaken sie sich und in ihrem Gestein entstehen unvorstellbar große Spannungen. Diese entladen sich in gewaltigen Erdbeben. Allein im letzten Jahrhundert bebte die Erde entlang der nordanatolischen Verwerfung sechzehn Mal mit einer Stärke von 7 oder mehr.

Eigentlich sind Erdstöße in der Türkei also nichts ungewöhnliches. 95 Prozent des Landes sind ständig erdbebengefährdet und jedes Jahr rumort es irgendwo im Untergrund. Doch aufmerksam wurden die Geoforscher, weil die Beben an der nordanatolischen Verwerfung scheinbar einem bestimmten Muster folgen.

Die Beben kommen immer näher

Seit inzwischen fast siebenzig Jahren kommen die schweren Erdbeben entlang der nordanatolischen Verwerfung immer weiter auf Istanbul zu. 1939

Warten auf die Katastrophe

bebte die Erde weit im Osten der Türkei, in der Nähe von Erzincan. In den folgenden fünf Jahren gab es drei weitere gewaltige Erdstöße, bei denen tausende Menschen starben und ganze Dörfer dem Erdboden gleichgemacht wurden. Das Eigenartige bei diesen Beben war: Jedes Mal lagen die Erschütterungen ein Stück weiter westlich als zuvor. Damals wusste man, dass Erdbeben durch Spannungen im Gestein ausgelöst werden, aber die Abfolge der Beben konnte niemand erklären. War es vielleicht nur Zufall?

Warum nach Westen?

Scheinbar nicht, denn schon 1957 und wieder zehn Jahre später erschütterten neue Beben entlang der nordanatolischen Verwerfung die Türkei. Und wieder weiter westlich als alle anderen Beben vorher. Inzwischen wussten die Fachleute, dass die Erdoberfläche aus so genannten Kontinentalplatten besteht. Und dass es entlang den Grenzen solcher Platten zu Erdbeben kommt. Doch es blieb das Rätsel, warum die Beben nach Westen wanderten.

Eingequetscht zwischen zwei Platten

In den neunziger Jahren haben die Geologen die Bewegung der anatolischen Platte genauer verstanden: Sie wird aus Südosten von der arabischen Platte gegen die riesige eurasische Kontinentalplatte gedrückt. Wie bei einer Zwetschge, aus der man den Stein herausdrückt, rückt die anatolische Kontinentalplatte deshalb jedes Jahr zwei bis drei Zentimeter nach Westen und reibt dabei an der Platte im Norden. Und das seit inzwischen mindestens fünf Millionen Jahren. Bei jedem Beben erhöht sich der tektonische Stress auf den weiter westlich liegenden Abschnitt und erhöht dort die Gefahr eines schweren Bebens. Die Wissenschaftler hatten das Phänomen verstanden und sagten Mitte der neunziger Jahre ein verheerendes Erdbeben für die Region um Izmit voraus. Sie wurden auf traurige Weise bestätigt: Am 17. August 1999 starben 16.000 Menschen beim letzten großen Beben des zwanzigsten Jahrhunderts.



Links:
Die kleine anatolische Platte weicht dem Druck nach Westen aus

Mitte:
Luftbild von dicht besiedelten Stadtgebieten

Rechts:
So kennen wir die Erde heute



Warten auf die Katastrophe

Gigantische Reiberei

Gigantische Reiberei

Die Schonfrist ist abgelaufen

Seit der Katastrophe von 1999 liegt die ganze Spannung direkt vor Istanbul. Die nordanatolische Verwerfung verläuft nur wenige Kilometer südlich der Stadt mitten durchs Marmarameer. Das letzte große Beben erschütterte die Metropole 1776. Aber damals war die Stadt noch nicht so dicht besiedelt. Im Grunde weiß niemand, wie viele Menschen heute dort leben: zehn Millionen, vielleicht zwölf? Die Stadt wächst unaufhörlich, jedes Jahr kommen Hunderttausende aus allen Regionen der Türkei. Viele von ihnen sind bitterarm – und gerade diese Menschen haben kein Geld, um erdbebensichere Häuser zu bauen. Und so kommt es, dass bis zu zwei Drittel der Häuser in Istanbul ohne Baugenehmigung errichtet wurden. Sie sind bei einem Beben einsturzgefährdet – nicht auszumalen, was passieren wird, wenn das Beben mitten in der Nacht kommt und die Bewohner im Schlaf überrascht.



Die Kontinentalverschiebung lässt die Erde beben

Der Blick auf einen Globus bietet ein vertrautes Bild: Jede Menge Wasser und mittendrin ein paar Kontinente. Scheinbar starr und unverrückbar liegen sie da. Aber der Eindruck täuscht gewaltig. Denn die Kontinente verändern ständig ihre Position – jedes Jahr um ein paar Zentimeter. So driften sie auseinander, drehen sich und kollidieren sogar miteinander. Dabei sind unglaubliche Kräfte im Spiel. Es kommt zu zahllosen und zum Teil heftigen Erdbeben. Im Laufe von Jahrtausenden werden riesige Gebirge in die Höhe geschoben, an anderen Stellen verschwindet Landmasse von der Erdoberfläche wieder im flüssigen Inneren des Planeten.

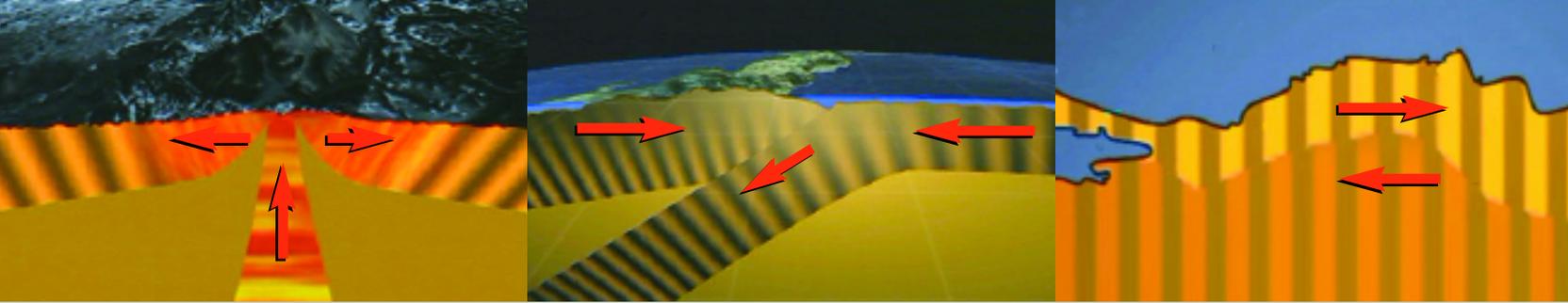
Lange umstrittene Theorie

Dass die ganze Erde von beweglichen Platten bedeckt ist und die Kontinente wandern, entdeckten Geoforscher im Laufe des 20. Jahrhunderts. Begründet wurde die Theorie der Plattentektonik von dem deutschen Polarforscher und Geophysiker Alfred Wegener. Heute besagt diese Theorie, dass die Erdkruste nicht aus einem

einzigem festen Mantel besteht, sondern aus sieben großen und etlichen kleineren Kontinentalplatten. Nicht nur die Landmassen der Kontinente gehören zu diesen tektonischen Platten, sondern auch die ozeanische Kruste unter den Meeren. Noch unter den Kontinentalplatten liegt eine flüssige Schicht aus geschmolzenem Gestein. Auf dieser Schicht ziehen die Platten unaufhaltsam ihre Bahn. Es sind nur wenige Zentimeter in jedem Jahr, aber im Laufe von Jahrtausenden ändert sich so das Aussehen des Globus gewaltig.

Alfred Wegener

Alfred Wegener (1880-1930) war Polarforscher, Meteorologe und Geophysiker. Er unternahm viele Expeditionen und entwarf die Theorie von der Kontinentalverschiebung: Wegener fiel auf, dass es auf verschiedenen Kontinenten Übereinstimmungen von Gesteinsformationen sowie fossilen Funden der Tier- und Pflanzenwelt gibt. Er erklärte dies mit der Vorstellung von einem Urkontinent, der auseinander gebrochen ist. In Fachkreisen stieß er damit auf Ablehnung. Doch aus seiner Vorstellung von auseinander brechenden und wandernden Kontinenten entwickelte sich nach seinem Tod in den 1960er Jahren die Theorie von der Plattentektonik. Somit gilt Wegener als Vater der bis heute gültigen Theorie.



Links:
An den mittelozeanischen Rücken wird neues Gestein geboren

Mitte:
Wenn eine Kontinentalplatte unter die andere rutscht, kracht es am stärksten

Rechts:
Zwei Platten schieben sich aneinander vorbei – diese Konstellation führt in Kalifornien und in der Türkei häufig zu Erdbeben

Gigantische Reiberei

■ Die mittelozeanischen Rücken

Angetrieben werden die Platten von heißem Gestein, das aus den tieferen Schichten der Erde an die Oberfläche gedrückt wird. Auf insgesamt 60.000 Kilometern Länge quetscht sich kochende Lava durch Risse in der Erdkruste aus dem Untergrund. Dabei schiebt sie die angrenzenden Kontinentalplatten immer weiter auseinander. Diese Risse liegen mitten in den Ozeanen, tausende von Metern tief. Fachleute sprechen von mittelozeanischen Rücken.

Ein solcher mittelozeanischer Rücken zieht sich zum Beispiel auch durch den Atlantik. Das Auseinanderdriften der Kontinente verläuft aber nicht wie geschmiert. Vielmehr verhaken sich die Platten und die von unten nachströmende Lava setzt das Gestein der Kontinentalplatten immer weiter unter Spannung. Diese entlädt sich dann in Erdbeben. Dabei bewegen sich die Platten ruckartig ein Stück auseinander.

■ Die Subduktionszonen

Aber die Erdoberfläche wird nicht größer – deshalb muss bei der Bewegung der Kontinentalplatten in anderen Regionen festes Gestein wieder verschwinden. Dies passiert dort, wo zwei Platten zusammenstoßen, in den so genannten Subduktionszonen. Eine der beiden wird bei dieser Kollision unter die andere gedrückt. Ihr Gestein verschwindet in tieferen Schichten der Erde und wird wieder eingeschmolzen. Doch auch die obere Platte verändert sich: Riesige Gebirge können in die Höhe gedrückt werden. Der Himalaja und die Anden sind so entstanden und wachsen auch heute noch weiter.

Auch entlang den Subduktionszonen verhaken sich die Kontinentalplatten. Das Gestein der abtauchenden Platte gleitet nicht fließend. Nach und nach baut sich Spannung auf, die sich in Erdbeben entlädt. Insgesamt erstrecken sich die

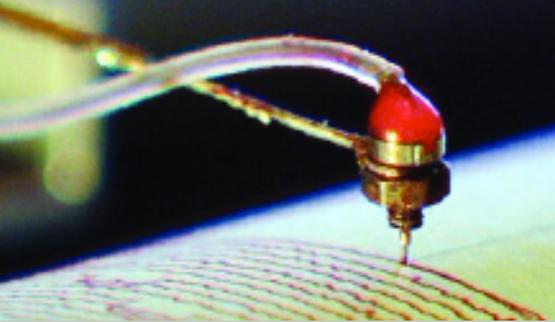
Subduktionszonen der Erde über 55.000 Kilometer. In diesen Regionen gibt es die meisten Erdbeben, und es sind auch die schwersten: Japan und die Westküste Südamerikas liegen zum Beispiel in solchen Subduktionszonen entlang den Nahtstellen der Kontinente. Die schweren Erdbeben in Japan, zum Beispiel in Kobe 1995, und die Beben in Südamerika, so auch das schwerste bisher gemessene Erdbeben in Chile von 1960, sind Beispiele für Beben in Subduktionszonen.

■ Konservative Plattengrenzen

Es gibt aber auch Plattengrenzen, an denen kein Gesteinsmaterial neu entsteht und auch keines vernichtet wird. Entlang solcher Grenzen schieben sich zwei Kontinentalplatten horizontal aneinander vorbei. Dabei entstehen starke Spannungen im Gestein, die sich in Form von Erdbeben abbauen. Der St. Andreas-Graben in

Kalifornien und die nordanatolische Verwerfung in der Türkei sind die bekanntesten Beispiele für solche Plattengrenzen und gleichzeitig die am besten erforschten Erdbebengebiete der Erde.

Die vertraute Lage der Kontinente auf dem Globus ist also nur eine Momentaufnahme: Die Bewegung der Platten geht unaufhörlich weiter. In ferner Zukunft kollidiert Afrika mit Europa. Dabei verschwindet das Mittelmeer und die Alpen werden weiter in die Höhe schießen. Australien stößt mit der Ostküste Asiens zusammen und die Antarktis verlässt den Südpol. In 250 Millionen Jahren sind dann fast alle Kontinente wieder zu einem gigantischen Superkontinent vereinigt.



Ein Seismometer zeichnet ein Seismogramm auf



Charles Francis Richter

Was sagt die Richterskala?

Die Wahrheit über die Erdbebenstärke

Machen Sie den Test und fragen Sie Ihre Nachbarn, Kollegen oder Freunde: „Was misst eigentlich die Richterskala und bis wohin geht sie maximal?“ Die Antwort wird sehr wahrscheinlich lauten: „Mit der Richterskala misst man die Stärke eines Erdbebens und sie ist nach oben offen.“ Fragt man dann etwas genauer nach, merkt man: Die wenigsten wissen genau, was es mit der Stärke von Erdbeben und ihrer Messung auf sich hat.

Ein Blick zurück auf die Anfänge der Erdbebenmessung macht einiges klarer: Anfang der 1930er-Jahre suchte der Seismologe Charles Francis Richter nach einem einfachen System, mit dem man die Stärke von Erdbeben messen kann. Richter arbeitete am *California Institute of Technology* im kalifornischen Pasadena. In Kalifornien sind Erdbeben nichts Ungewöhnliches. Und so suchte Richter nach einer universell einsetzbaren Skala, mit der er einerseits die vielen sehr schwachen Erdbeben aus-sortieren konnte; diese waren für die Forschung nicht interessant. Andererseits wollte Richter aber auch die Stärke von Erdbeben erfassen, die nicht in unmittelbarer Nähe einer Erdbebenstation statt-

fanden. Denn lange Zeit wurden Erdbeben immer nur an ihren Auswirkungen gemessen – ob etwa Häuser Risse bekommen, einstürzen oder Ähnliches. Außerdem sollte die Stärke möglichst einfach zu bestimmen sein, denn damals wurden Seismogramme noch von Hand ausgewertet.

Seismogramm

Ein Seismogramm ist die Kurve, die ein Seismometer bei einem Erdbeben erfasst. Das Seismogramm bildet die Bodenbewegung eines Erdbebens in Abhängigkeit zur Zeit ab.

Mehrere müssen messen

Die Grundidee für eine neue Skala lieferte ihm ein Kollege aus Japan: Wenn mehrere Erdbebenstationen dasselbe Erdbeben registrieren, kann man mit diesen Daten bestimmen, wo genau das Erdbeben stattfand (das so genannte Epizentrum) und wie stark das Erdbeben im Epizentrum war.

Auf dieser Grundlage hat Richter eine genaue Messvorschrift entwickelt: „Die Magnitude eines Erdbebens ist definiert als der Logarith-

Was sagt die Richterskala?

mus der größten Auslenkung, gemessen in Mikrometern, mit der ein Standard-Seismometer das Erdbeben aus 100 Kilometer Entfernung registrieren würde.“

Magnitude

Die Magnitude ist ein Maß, mit dem die Stärke von Erdbeben angegeben werden. Wissenschaftler haben verschiedene Magnitudenskalen entwickelt. Allen gemeinsam ist ihr logarithmischer Aufbau: Ein Beben mit der Stärke 5 ist 10 mal stärker als eines mit der Stärke 4 – und 100 mal stärker als eines mit der Stärke 3.

Um einen Magnitudenwert interpretieren zu können, muss man wissen, für welche der verschiedenen Erdbebenskalen er berechnet wurde: Man unterscheidet Raumwellenmagnitude, Oberflächenwellenmagnitude, Nahbebenmagnitude und Momentmagnitude.

Vorteil der Richterskala: Sie ist einfach

Diese Rechenvorschrift hatte einen bestechenden Vorteil: sie ist einfach und man konnte den Magnitudenwert schnell bestimmen: eine Auslenkung

von 1 Millimeter entspricht 1.000 Mikrometern – der Logarithmus von 1000 ist 3 (weil $1000 = 10$ hoch drei ist). Und somit ist der Wert auf der Richterskala 3, sofern das Beben in 100 km Entfernung stattfand.

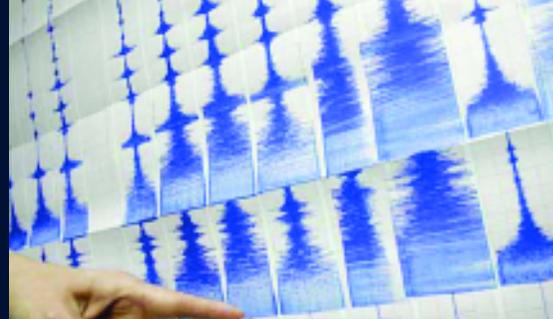
Richter hat dann eine einfache Tabelle aufgestellt: in der konnte man für jede Entfernung einen Wert ablesen, den man dann nur noch von dem Logarithmus der gemessenen Auslenkung im Seismogramm abziehen musste. Fertig.

Die Nachteile der Richterskala

Seit 1935, als Richter seine Erkenntnisse veröffentlichte, ist einige Zeit vergangen. Seismogramme werden nicht mehr mit dem Lineal ausgewertet, sondern mit dem Computer und Erdbebenforschung ist ein weltweites Geschäft: Wenn in Asien die Erde bebt, dann registrieren das auch die Erdbebenstationen in Europa und Amerika. Für solche Entfernungen ist die Richterskala aber völlig ungeeignet. Richter selbst hat in seiner Tabelle als weiteste Entfernung 600 km angegeben. Weiter darf eine Messstation also

dpa, 26.12.2004, 5.56 Uhr:

... Nach Angaben der US- Erdbebenwarte hatte das Beben eine Stärke von 8,5 auf der Richterskala ...



Was sagt die Richterskala?

nicht vom Epizentrum entfernt sein, wenn man einen Wert auf der Richterskala bestimmen möchte. Zudem gilt die Richterskala streng genommen nur in Kalifornien, denn dort hat Richter gearbeitet und der entfernungsabhängige Korrekturfaktor bezieht sich auf die Bodenverhältnisse in Kalifornien. Wendet man die Richterskala in Deutschland an, muss man dem anderen Untergrund Rechnung tragen und die Korrekturwerte anpassen.

■ Kein Beben über 6,5

Und dann gibt es noch ein Problem: zwar heißt es häufig, die Richterskala sei nach oben offen. Aber genau das Gegenteil ist der Fall. Man kann mit den von Richter ausgewählten Messgeräten gar keine starken Beben messen. Das erklärt der Leiter der Erdbebenstation Bensberg, Dr. Klaus G. Hinzen: „Das liegt daran, dass die Messgeräte, mit denen Richter die Skala entwickelt hat, nur einen bestimmten Teil der Bodenbewegungen bei einem

Erdbeben erfassen können. Und da passiert Folgendes: Die Beben werden stärker und die Zahlenwerte steigen an – aber nur bis etwa 6,5. Darüber hinaus sehen die Seismometer den Rest der Bodenbewegungen nicht mehr und deswegen werden die Zahlenwerte nicht mehr größer.“ Zusammengefasst: Die Richterskala hört bei 6,5 auf. Nur in den Medien gibt es sie mit größeren Zahlenwerten.

■ Neuere Erdbebenskalen können mehr

Aber wie kommen Journalisten dann auf Werte, die es gar nicht geben kann? Eins ist klar: auch wenn die Deutsche Presse-Agentur (dpa) eine „Stärke von 8,5 auf der Richterskala“ meldet (vgl. das Bild oben) – die dort zitierte US-Erdbebenwarte würde so etwas niemals verbreiten, denn diesen Wert gibt es nicht. Doch neben der Richterskala haben Wissenschaftler weitere Skalen entwickelt. Sie liefern ebenfalls so genannte Magnitudenwerte – aber auf einer anderen Skala. Und damit sind auch

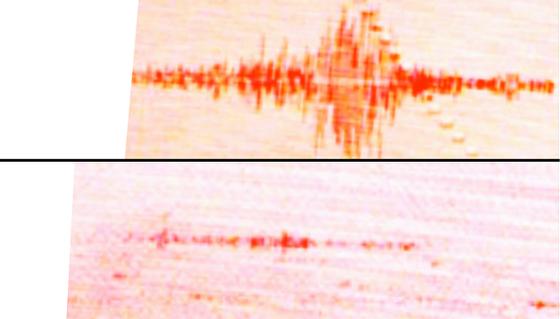
Werte möglich, die größer als 6,5 sind. Doch die Richterskala ist so bekannt, dass die Medien sie auch dann verwenden, wenn die Wissenschaftler eine ganz andere Erdbebenskala genutzt haben.

■ Bei 10,6 bricht die Erdkruste auseinander

Eine der modernen Skalen ist die so genannte Momentmagnitude. Sie erfasst alle Wellentypen – sowohl kurze wie mittlere als auch lange Wellen. Um starke Erdbeben korrekt messen zu können, sind allerdings Messgeräte nötig, mit denen man die komplette Bandbreite der Bodenbewegungen bei einem Erdbeben erfassen kann. Aber auch die Momentmagnitude ist nur in der Theorie nach oben offen. In der Praxis wird es auf der Erde niemals Werte über 10,6 geben. Ein Erdbeben mit der Stärke 10,6 wäre nämlich so stark, dass die gesamte Erdkruste aufbricht. Und weil nicht mehr als die gesamte Erdkruste aufbrechen kann, kann es auf der Erde auch keine Erdbeben geben, deren Momentmagnitude stärker als 10,6 ist.

■ Nach unten offen

Was nun die Richterskala angeht, so ist sie zwar nach oben tatsächlich nicht offen – wohl aber nach unten: den Nullpunkt hat Richter mehr oder weniger willkürlich festgelegt. Zu seiner Zeit waren Beben mit der Stärke 0 die schwächsten Erschütterungen, die man mit den damaligen Messgeräten erfassen konnte. Moderne Seismometer können Bodenbewegungen noch im Nanometerbereich erfassen. Es sind also Werte möglich, die niedriger als Null sind.



Vergleich zweier Seismogramme. Das Erdbeben, das oben aufgezeichnet wurde, hatte eine Stärke von 4,5. Unten sieht man ein Seismogramm eines Erdbebens mit der Stärke 3,5. Beide Erdbeben fanden in einer Entfernung von etwa 400 Kilometern statt und sind daher direkt miteinander vergleichbar



Verrät ihre Nase den Schweinen, ob ein Beben naht? Seit Jahrhunderten gibt es Berichte, dass die verschiedensten Tiere vor Erdbeben verrückt spielen

Was sagt die Richterskala?

Gespür für Gefahr: Sinne bei Tieren

Berechnung der Richterskala

Man misst auf dem Seismogramm eine Auslenkung von 1 Millimeter. Der Logarithmus von 1 (1 Millimeter Auslenkung) ist 0. Der Korrekturwert bei 100 km Entfernung ist -3. Somit ergibt sich für den Magnitudenwert: $0 - (-3) = 0 + 3 = 3$.

Stünde das Seismometer nicht in 100 km Entfernung, sondern in knapp 300 km Entfernung, wäre der Korrekturwert -4 und ein Erdbeben hätte – bei gleicher Auslenkung im Seismogramm von 1 Millimeter – eine Stärke von 4 gehabt (da $0 - (-4) = 4$ ist).

Ebenfalls Stärke 4 erhält man, wenn der größte Ausschlag im Seismogramm 10 Millimeter gewesen wäre – bei einer Entfernung des Erdbebens von 100 km: $1 - (-3) = 4$. Hieran erkennt man: Ein Punkt mehr auf der Richterskala bedeutet eine zehnfach stärkere Bewegung der Erde, die im Seismogramm sichtbar wird.



Ein sechster Sinn für Erdbeben

Alles scheint normal und friedlich, aber die Tiere spielen plötzlich verrückt: Hunde bellen, Ratten rennen aus den Häusern und Schlangen kriechen aus ihren Erdhöhlen. Dann, wenige Stunden später: ein Erdbeben. Menschen aus verschiedenen Epochen und Kulturen erzählen von diesem Phänomen, einem seltsamen Verhalten der Tiere vor einem Erdbeben. Aber können Tiere ein nahendes Beben wirklich fühlen, riechen oder vielleicht sehen? Haben sie möglicherweise einen sechsten Sinn, der sie warnt? Und sollte man solchen Berichten überhaupt glauben?

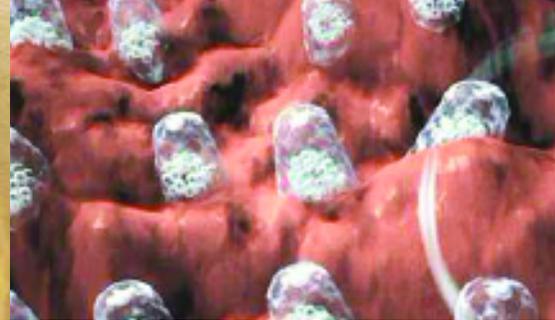
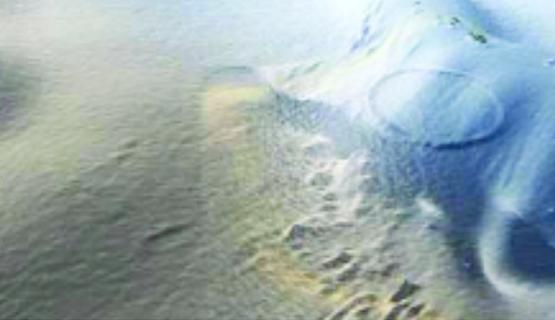
Wissenschaftler sind skeptisch

Viele Tiere haben Sinne, die den Menschen fehlen – Fledermäuse orientieren sich mit Hilfe von Ultraschall, und einigen Schlangen verrät ein spezielles Infrarot-Organ, wo sich Beutetiere verstecken. Andere Sinne sind bei vielen Tieren besser entwickelt als beim Menschen, zum Bei-

spiel der Geruchssinn bei Hunden. Doch welcher Sinn den Tieren ein nahendes Erdbeben verraten soll, ist schwierig herauszufinden. Forscher wissen bis heute wenig darüber, was sich Tage oder Wochen vor einem Beben im Boden abspielt – jedes Beben scheint anders zu verlaufen. Große Testreihen zu einem möglichen Erdbebensinn von Tieren lassen sich kaum durchführen, da schwere Beben zu selten sind. Auch die Berichte von Laien über ungewöhnliches Tierverhalten liefern den Wissenschaftlern keine sicheren Daten. Wie welche Tiere wann reagiert haben, oder ob den Beobachter nur seine Erinnerung täuscht, lässt sich daraus kaum entnehmen.

Die Flucht vor der Riesenwelle

Manchmal können Wissenschaftler einen angeblichen sechsten Sinn der Tiere aber auch erklären. Zum Beispiel beim Seebeben vor Sumatra im Dezember 2004. Damals sind viele Tiere der riesigen Flutwelle – dem Tsunami – entkommen. Das berichten zum Beispiel Natur-



Links:
Nach einem Seebeben breiten sich die Erdbebenwellen im Boden (gelb) wesentlich schneller aus als die Wasserwelle

Mitte:
Bei einem Erdbeben breiten sich verschiedene Arten von Wellen aus. Die schnellen Wellen (gelb) richten noch keinen großen Schaden an

Rechts:
Mit Hilfe ihrer Ampullenorgane können Welse elektrische Felder wahrnehmen

Gespür für Gefahr...

schutzbehörden aus Sri Lanka. Um den Tsunami vorauszu sehen, brauchten die Tiere aber keine geheimnisvollen Fähigkeiten, sondern nur einen feinen Sinn für Erschütterungen. Bei einem Seebeben breiten sich die Erschütterungen im Boden viel schneller aus als im Wasser. In Sri Lanka kam schon zwei Stunden vor der Wasserwelle eine Bodenwelle an. Viele Tiere sind für solche Erschütterungen sehr empfindlich, zum Beispiel bodenlebende Reptilien oder auch Elefanten. Deshalb konnten sie möglicherweise schon vor der Ankunft des Tsunamis das Beben wahrnehmen und sich in Sicherheit bringen.

Ein paar Sekunden bis zum Beben

Bei Beben an Land bleibt den Tieren nicht so viel Zeit zur Flucht. Denn wenn die Erde rumort, bewegen sich verschiedene Arten von Wellen unterschiedlich schnell vom Zentrum des Bebens weg. Die schnellsten Wellen haben noch wenig Zerstörungskraft. Die eigentliche Katastrophe lösen Beben aus, die langsamer sind

und den ersten Wellen folgen. Sie sind es, die Höhlen, Häuser und Brücken einstürzen lassen. Je nach Entfernung vom Erdbebenzentrum kommen die leichten Wellen wenige Sekunden bis einige Minuten vor dem schweren Beben an. Wer dann empfindlich genug ist und weiß, was zu tun ist, ist im Vorteil – wie die Kängururatte, die im von Erdbeben geplagten Kalifornien lebt. Dieser Nager hat einen feinen Sinn für Erschütterungen. Der kann dem Tier helfen, innerhalb weniger Sekunden nach den ersten Vorzeichen aus seinem Bau ins Freie zu flüchten.

► Kängururatte

Es könnte sogar sein, dass das Fliehen vor Erdbeben bei den Kängururatten schon genetisch verankert ist. Denn diese kleinen Ratten pflanzen sich eifrig fort und leben nicht sehr lang. Entsprechend schnell vererben sich also auch Veränderungen in den Genen. Wissenschaftler haben berechnet, dass bei den häufigen Erdbeben in Kalifornien eine genetische Anpassung durch Mutation erfolgt sein könnte.

■ Haben Fische und Tauben ein Frühwarnsystem?

Warum Tiere schon Tage oder Wochen vor einem Erdbeben unruhig werden sollen, bleibt noch rätselhaft. Warum springen zum Beispiel Fische wie Welse lange vor einem Beben an der Wasseroberfläche herum, wie viele Menschen berichten? Forscher stellen darüber einige Vermutungen an, die mit den elektrischen Feldern im Erdinneren zusammenhängen. Die verändern sich bisweilen vor einem Erdbeben, und Welse könnten das bemerken. Sie haben so genannte Ampullenorgane in der Haut, mit denen sie elektrische Felder wahrnehmen können. Normalerweise helfen ihnen diese Organe, Beute zu fangen oder sich zu orientieren. Auch Tauben drängen Tage vor einem Erdbeben aus dem Schlag ins Freie. Das könnte an einem Sinn liegen, der ihnen normalerweise hilft, sich zu orientieren: Sie haben einen inneren Kompass, mit dem sie das Magnetfeld der Erde wahrnehmen – und auch das kann sich vor einem Beben verändern. Besonders häufig ist in Augenzeugenberichten aber von Hunden oder Schweinen

die Rede, die lange vor einem Beben in Panik geraten und versuchen auszubrechen. Dabei haben sie weder elektrische noch magnetische Sinne. Aber eine feine Nase. Auch die könnte Hinweise auf Erdbeben geben, denn man hat einige Male beobachtet, dass vor Beben verschiedene Gase frei werden und ins Grundwasser und in die Luft gelangen.

► Tauben

Der Magnetsinn von Tauben funktioniert unter anderem durch Nervenenden, die die metallische Verbindung Magnetit enthalten. Sie liegen im Schnabel.



Schon eine Person bringt die Erde zum Wackeln



Mehr als 5 Tonnen bringen die 47 Spieler der Cologne Centurions auf die Waage, genug für ein Erdbeben?

Erdbeben durch Hüpfen?

Erdbeben durch Hüpfen?

Wenn alle 1,3 Milliarden Chinesen gleichzeitig in die Luft springen, lösen sie dann tatsächlich ein Erdbeben aus? Quarks & Co macht dazu ein spektakuläres Experiment und arbeitet mit Experten der *Task Force Erdbeben* des Geoforschungszentrums Potsdam zusammen.

Wir lassen den Turner Thomas Seitel Saltos springen, 5 Tonnen Lebendgewicht der Football-Mannschaft Cologne Centurions auf die Erde stampfen, und schließlich bis zu 50.000 Fans bei *Rock am Ring* zur Musik von *Wir sind Helden* hüpfen.

Denn wenn Füße beim Springen auf den Boden auftreffen, wird die Erde darunter ein kleines Stück zusammengedrückt und kann sich anschließend wieder entspannen. Insgesamt nicht viel – aber ausreichend, dass sich entsprechende Erdwellen ausbreiten. So ähnlich wie Wellen auf einer Wasseroberfläche. Der Unterschied ist, dass sich die Wellen in der Erde nicht nur an der Oberfläche ausbreiten, sondern in alle Richtun-

gen, auch nach unten. *Quarks & Co* macht den Dreifach-Test und untersucht: Wie weit sind die Erschütterungen noch zu spüren und kommt es tatsächlich zu einem Erdbeben?

■ Die Erde reagiert auf jeden Sprung

Thomas Seitel macht Flic-Flacs und springt Salti rückwärts – wenige Meter von dem Seismometer entfernt auf einer Wiese.

Zu spüren ist von seiner Landung nichts, aber das empfindliche Messgerät zeigt einen deutlichen Ausschlag. Ein kleines Stück der Wiese hat sich als Folge des Sprungs innerhalb einer Sekunde rund einen Millimeter gehoben und wieder gesenkt.

Als nächstes wollen wir wissen, in welchem Umkreis ein Sprung die Erde in Schwingungen versetzt. Dazu muss Thomas Seitel eine ganze Serie an Salti und Flic-Flacs absolvieren. Dabei

entfernt er sich jeweils 10 Meter weiter von dem Messgerät. Überraschend, sogar in 50 Metern Entfernung kommen die Erdwellen noch am Seismometer an. Erst ab 70 Metern gehen sie im allgemeinen Rauschen unter.

Fazit der Erdbeben-Experten: Die maximale Auslenkung ist zwar in unmittelbarer Umgebung mit rund einem Millimeter recht hoch, doch insgesamt reicht die Energie eines Springers nicht aus, um die Erde – wie bei einem Erdbeben – zu erschüttern.

■ Auf den richtigen Takt kommt es an

Nach ihrem täglichen Training bekommen die 47 Football-Spieler der Cologne Centurions von uns eine ungewöhnliche Aufgabe. Hüpfen für die Wissenschaft. Und tatsächlich können wir bei den Centurions schon ganz ohne Messgerät spüren, dass die Erde zittert. Immerhin bringen die Jungs zusammen auch mehr als 5 Tonnen auf die Waage.

Um ein sauberes Signal zu bekommen, müssen die 5 Tonnen Lebendgewicht gleichzeitig auf der Erde aufkommen. Am besten klappt es mit Musikbegleitung: Bei *We will rock you* von Queen springen und landen die Centurions nahezu synchron.

Ein Blick auf das Seismometer und die damit gemessene maximale Auslenkung bestätigt, dass die Erdbebenwellen deutlich stärker geworden sind. Auch die Reichweite hat sich erhöht. Ein zweites Messgerät, mehr als 100 Meter entfernt zeigt ebenfalls deutlich die einzelnen Ausschläge im Takt der Musik.

Fazit der Erdbeben-Experten: Die Sprung-Energie muss zum exakt gleichen Zeitpunkt an die Erde abgegeben werden. So lässt sich die Amplitude – also der Ausschlag – der Erdbebenwellen maximieren. Doch über ein lokales Zittern der Erde kommt man auch mit den Centurions nicht hinaus. Von Beben keine Spur.



Erdbebenforschung zum Anfassen und Mitmachen. Nahezu 50 Tausend Musikfans versuchten, ein Erdbeben auszulösen

Erdbeben durch Hüpfen?

■ Rock am Ring lässt die Erde erzittern

Auf dem Musik-Festival *Rock am Ring* sind mehrere Zehntausend Menschen, plus zwei Erdbeben-Experten und das Team von *Quarks & Co.* Jetzt müssen nur noch möglichst viele im gleichen Takt hüpfen. Dafür sorgt die Gruppe *Wir sind Helden*. Sie sind sofort bereit zur Aktion *science meets pop*. Der Schlagzeuger Pola Roy und Bassist Mark Tavassol wetten sogar, wie weit die Erschütterungen kommen. Pola glaubt, mindestens bis zur einen Kilometer entfernten Nürburg, Mark bezweifelt das.

Um 1:15 Uhr in der Nacht ist es dann soweit. Die Helden hüpfen auf der Bühne und mit ihnen rund 50.000 Fans. Nur wir hüpfen nicht mit und schauen gebannt auf die Anzeige des Messgerätes. Überraschenderweise sieht man zuerst hauptsächlich die Bässe der Musik. Doch dann werden die Schwingungen durch das Hüpfen immer deutlicher. Als sich die Fans eingesprungen haben, kommt das Signal auch deutlich auf

der ein Kilometer entfernten Nürburg an. Daraus berechnen die Experten: Sogar in drei Kilometern Entfernung müssten die Erschütterungen noch nachweisbar sein. Damit hat Pola eindeutig die Wette gewonnen.

Insgesamt entsprechen die Erschütterungen durch das Hüpfen der 50.000 Menschen einem Beben der Stärke 0,2 auf der Richter-Skala. Das ist weniger als die Experten vorab berechnet haben. Theoretisch müssten die Fans auf eine Stärke von 1,7 kommen.

Der Unterschied hat zwei Ursachen. Erstens hüpfen trotz Musik nicht alle Fans hundertprozentig im Takt. Zweitens landen sie auf einer großen Fläche verteilt. Um die Energie vollständig zu bündeln, müssten sie dagegen alle zum exakt gleichen Moment auf einem Punkt landen. Tatsächlich ist deswegen das ausgelöste Erdbeben von hüpfenden Menschen immer viel kleiner als es theoretisch sein könnte.

Fazit der Experten:

Erstens

Überraschenderweise erzeugt das Hüpfen von so vielen Menschen eine sehr charakteristische Schwingung, die sich relativ weit in die Umgebung ausbreitet.

Zweitens

Das Beben ist mit einer Stärke von 0,2 kleiner als theoretisch möglich, weil nicht alle Menschen exakt gleichzeitig und auf dem selben Punkt landen.

Drittens

Rechnet man die Ergebnisse auf 1,3 Milliarden Chinesen hoch, kommt man auf ein Beben der Stärke 3. Das könnte man – in China – gerade so ohne Messgerät wahrnehmen. In Deutschland käme davon aber nichts mehr an. Auch die

Chinesen liegen damit unter der theoretischen Stärke von 4,5. Denn auch sie würden auf einer riesigen Fläche verteilt hüpfen. Und es wäre noch schwieriger ihre Sprünge zu synchronisieren.

Menschen können durch Sprünge Erschütterungen auslösen, ein richtiges Erdbeben ist das aber noch lange nicht.

