

# Tickende Zeitbomben

Ein Supervulkan hat so viel Sprengkraft wie mehrere Atombomben. Zum Glück explodieren die Riesen extrem selten – so ist etwa der Toba auf Sumatra zuletzt vor 73 000 Jahren ausgebrochen. Auch in Europa schlummert einer dieser unheimlichen Kolosse.

Von Liesa Klotzbücher

**R**uhig liegt der See inmitten einer male-  
rischen Landschaft. Bananenpflanzen  
und Mangobäume wachsen am Ufer,  
farbenprächtige Tempel schmücken die  
zahlreichen Dörfer. Doch die Idylle trügt. Der  
Danau Toba (indonesisch für Tobasee) ist der  
größte Kratersee der Erde: 100 Kilometer lang und  
bis zu 35 Kilometer breit – größer als die ganze  
Fläche von Berlin. Das Gewässer auf der indone-  
sischen Insel Sumatra ist das Überbleibsel der  
vielleicht schlimmsten Naturkatastrophe in der  
Geschichte der Menschheit: Vor 73 000 Jahren  
brach der Supervulkan Toba aus. Er brachte Kälte  
und Hunger über die ganze Erde und löschte bei-  
nahe unsere Vorfahren aus. ▶





JULIA GREEN

Wenn ein Supervulkan ausbricht, schleudert er ein brodelndes Gemisch aus glutheißem Gestein, Asche und Gas kilometerhoch in die Atmosphäre. In den letzten zwei Millionen Jahren passierte das ungefähr zehnmal auf der Erde.



DPA / ISTITUTO DI VULCANOLOGIA

Die Phlegreischen Felder in Italien (links) sehen nicht aus wie ein typischer Vulkan – trotzdem verbirgt sich unter dieser eigenartigen Landschaft die Magmakammer eines riesigen Supervulkans. Deutsche Forscher bohren ihn derzeit an (unten).



MIT FROL. GEN. VON ALESSANDRO FEDELE

▶ Rund 2800 Kubikkilometer glutheißes Gestein und Asche schleuderte der Toba bei seiner Explosion in den Himmel. Mit dieser Menge könnte man den größten deutschen See, den Bodensee, 60-mal auffüllen. Für die Tiere und Pflanzen gab es kein Entkommen. Teile der Insel wurden unter einer bis zu 600 Meter dicken Schicht aus Asche und porösem Vulkangestein begraben. Riesige Mengen Schwefelsäure und Staub trieben in der Atmosphäre rund um den Globus und verwüsteten viele Regionen. Selbst tausende Kilometer entfernt, zum Beispiel in Indien, findet man noch heute zentimeterdicke Ablagerungen, die von dieser Katastrophe stammen. Auf der ganzen Erde war es monatelang um bis zu 15 Grad kälter als normalerweise: Ein weltweiter vulkanischer Winter brach herein, den offenbar nur wenige tausend Menschen, hauptsächlich in den Tropen Afrikas, überlebten – von ihnen stammen wir ab.

Der Ausbruch eines Supervulkans hat dieselbe Zerstörungskraft wie der Einschlag eines ein Kilometer großen Gesteinsbrockens, der aus dem Weltall angerast kommt – nur, dass wahrscheinlich zehn Supervulkane ausbrechen, bevor ein Asteroid wie der beim Nördlinger Ries auf die Erde trifft (mehr dazu im Kasten auf S. 86). Ein brodeln-

des Gemisch aus Gas, Lava und Asche schießt bei der Eruption (lateinisch für Ausbruch) mit Überschallgeschwindigkeit rund 50 Kilometer hoch in die Luft; das ist doppelt so hoch, wie ein Jumbojet bei einem Langstreckenflug fliegt. Gleichzeitig rasen bis zu 700 Grad Celsius heiße Glutwolken, so genannte pyroklastische Ströme, die Hänge des Vulkans hinab und versengen alles im Umkreis von dutzenden Kilometern. Auf eine Fläche, die größer ist als Baden-Württemberg und Bayern zusammen, dringt kein Sonnenstrahl mehr auf die Erde. Der Himmel ist selbst mittags dunkel, weil es die ganze Zeit graue Ascheflocken schneit. Aber auch der Rest der Erde spürt die Auswirkungen eines solchen Ausbruchs, denn er hüllt den Himmel weltweit in einen Grauschleier. Das vulkanische Gas Schwefeldioxid verbindet sich mit Sauerstoff und Wasser zu Schwefelsäure, die mit den Luftströmen um die Erde zieht. Die winzigen Tropfen werfen das Sonnenlicht wie ein Spiegel zurück ins All, anstatt die lebenswichtigen Strahlen auf die Erde zu lassen. Deshalb wird es überall kälter.

Etwa alle 500 000 Jahre ist mit einem Ausbruch wie dem des Toba zu rechnen, schätzen For-

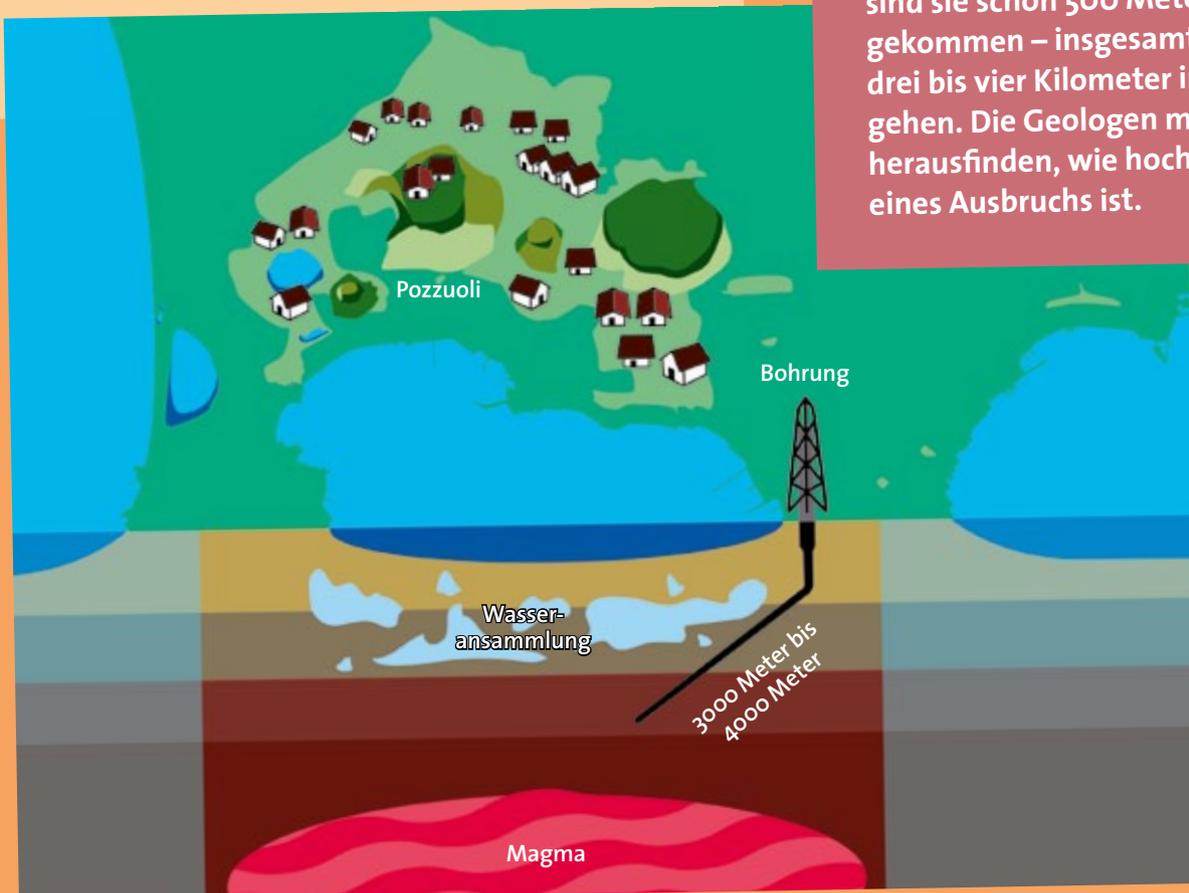
## Was ist ein Vulkan?

Vulkane sind Öffnungen in der Erdkruste, aus denen geschmolzenes Gestein, Hitze und Gase aus dem Erdinneren ausströmen. Solange das flüssige Gestein im Vulkan ruht, enthält es viele Gase und wird Magma genannt. Gelangt es bei einem Ausbruch an die Erdoberfläche, dann verliert es viele Gase und wird zu Lava. Der typische Vulkanberg bildet sich aus dem ausgeworfenen Material. Aber nicht alle Vulkane besitzen einen solchen Kegel, wie man an den Supervulkanen sehen kann.

sch. Seine Eruption war 1000-mal stärker als die des Eyjafjallajökull auf Island, wegen der 2010 mehrere Tage lang der komplette Flugverkehr in Europa eingestellt wurde. Forscher kennen zwölf Supervulkane auf unserem Planeten – einer davon ist der Yellowstone, unter dem bekannten Nationalpark in den USA.

Dabei ist ein Supervulkan von außen gar nicht als Feuerberg zu erkennen, denn er baut keinen charakteristischen Vulkankegel auf und liegt fast unscheinbar unter der Erde verborgen. So schlummert er lange. Doch während dieser Zeit sammeln sich in seiner riesigen, unterirdischen Magma-kammer gewaltige Mengen an Gesteinsschmelze an. Dadurch steigt der Druck. Die darüberliegende Erdkruste hebt und wölbt sich auf. Es bilden sich erste Spannungsrisse, aus denen Magma herausplatzen kann. Rasch vergrößern sie sich zu einem ringförmigen Spalt um die Kuppe, bis der gesamte Gesteinsdeckel von Rissen umgeben ist. Dann hält nichts mehr die Eruption auf: Die Decke kracht in die sich leerende Kammer und presst dabei noch mehr Magma heraus. Dadurch entstehen die riesigen Senken, die Wissenschaftler Calderen nennen. ▶

Die Grafik zeigt den Supervulkan unter der Stadt Pozzuoli. Ulrich Harms und sein Team bohren in der Nähe in den Vulkan. Bisher sind sie schon 500 Meter vorangekommen – insgesamt soll es drei bis vier Kilometer in die Tiefe gehen. Die Geologen möchten herausfinden, wie hoch die Gefahr eines Ausbruchs ist.



## Warum spuckt und qualmt es?

Weltweit sind zirka 1500 Vulkane aktiv, das heißt, sie sind in den letzten 10 000 Jahren mindestens einmal ausgebrochen. Sie verteilen sich aber nicht gleichmäßig über die Erdoberfläche: Während es in manchen Gebieten gar keine Vulkane gibt, reihen sie sich in anderen Regionen wie Perlen an einer Schnur aneinander.

Das liegt an der Plattentektonik: Die äußere Schale unserer Erde, die Erdkruste, ist in mehrere kleine und große Platten zerbrochen. Sie schwimmen auf dem zähflüssigen Erdmantel wie Eisschollen – allerdings extrem langsam. Neun von zehn Vulkanen befinden sich an diesen Bruchlinien der Erdkruste (das siehst du in der Grafik). Dort ist der Untergrund von Spalten und Klüften durchzogen; Magma kann aus dem Erdmantel aufsteigen und bei Vulkanausbrüchen als Lava austreten. Entfernen sich zwei Platten voneinander, so bricht die Erdkruste auf. Durch den Riss quillt

dann Lava hervor und drückt die Platten zusätzlich auseinander. Nach diesem Prinzip trennen sich Europa und Amerika in Zeitlupe am Mittelatlantischen Rücken, einem Gebirge am Meeresgrund.

Stoßen zwei gleich schwere kontinentale Platten aneinander, türmen sie sich meist zu Faltegebirgen auf. So entstand der Himalaja. Wenn dagegen eine ozeanische und eine kontinentale Platte kollidieren, taucht die schwerere ozeanische Platte unter den Kontinent in den Erdmantel ab. Der Erdmantel ist eine fast 3000 Kilometer dicke Schicht zwischen dem Erdinneren und der Erdkruste. Dort ist es bis zu 3500 Grad heiß. Kein Wunder also, dass die ozeanische Platte bei dieser Hitze schmilzt. Ein Teil des verflüssigten Meeresbodens steigt in einigen Kilometern Entfernung auf und bildet ganze Vulkanketten an der Küste. So entstanden zum Beispiel Teile der Anden in Südamerika.



Die meisten der rund 1500 aktiven Vulkane unserer Erde liegen an den Bruchlinien der Erdkruste – dort kann Magma leicht aufsteigen und als Lava ausgespuckt werden.

► Um auf einem Supervulkan zu stehen, muss man jedoch gar nicht bis an den Tobasee nach Asien oder in den amerikanischen Yellowstone-Nationalpark reisen. Auch in Europa schlummert einer dieser verborgenen Riesen. Am Rand der Stadt Neapel in Italien, nahe dem gefürchteten Vesuv, lauert eine weit größere, aber weniger bekannte Gefahr – die Phlegräischen Felder. Auf Griechisch bedeutet ihr Name »brennend«. Und das passt: Aus Felsspalten steigt hier vielerorts Gas auf, vereinzelt sind kleine Vulkankegel oder Krater zu sehen. Es blubbert aus Tümpeln, und der Geruch von fauligen Eiern liegt in der Luft. Verglichen mit dem imposanten Vulkanberg des Vesuvs sehen die »brennenden Felder«, die doppelt so groß sind wie der Chiemsee, geradezu harmlos aus. Doch der Schein trügt. Denn unter dieser eigenartigen Landschaft verbirgt sich eine aktive Magmakammer.

### Ein Stich in den Supervulkan

Für Vulkanforscher wie Ulrich Harms und seine Kollegen sind die Felder ein spannendes Gelände. Mit seinem Team bohrt der Potsdamer seit 2012 an der Westküste Italiens. »Der Boden hier hebt sich manchmal um zehn Zentimeter pro Jahr und sinkt dann wieder ab. Wir wollen wissen, was das bedeutet«, erklärt Harms. »Wird das schlafende Biest bald erwachen, oder stirbt es langsam? Hebt sich die Erde, weil sich die riesige Magmakammer des Vulkans füllt? Wir wissen es nicht.« Deswegen bohren sie, um besser zu verstehen, was in der Tiefe vor sich geht. Messungen an der Oberfläche, so Harms, seien zu ungenau. Mit seinem Stich in den Supervulkan will der Wissenschaftler herausfinden, wie hoch das Risiko ist, dass die Phlegräischen Felder ausbrechen und die dicht besiedelte Region um sie herum gefährden.

500 Meter tief in die Erde sind Harms und sein Team schon vorgerückt, haben Druck, Temperatur und die Zusammensetzung des Gesteins geprüft und Messgeräte installiert. Nächstes Jahr soll es noch drei bis vier Kilometer tiefer gehen. »Das hängt aber auch davon ab, wie heiß es da unten ist«, sagt Harms. Bisher sind es ungefähr 60 Grad – nicht mal so warm wie in einer Sauna. Wärmer als 250 Grad darf es nicht werden, sonst gehen die Messgeräte kaputt. »Wenn man in einen



ISTOCKPHOTO / JULIEN GRONIN

Vulkane sind faszinierend – aber auch höchst gefährlich. Deswegen ist es so wichtig, die Feuer speienden Riesen zu erforschen.

Supervulkan bohrt, dann muss man schon genau wissen, wohin und wie tief«, erläutert der Geologe.

Was passieren würde, wenn der italienische Supervulkan zum Leben erwacht, weiß niemand. »Glücklicherweise brechen Supervulkane nur sehr selten aus. Leider wissen wir deshalb aber auch sehr wenig über sie«, sagt Harms. Denn es gibt keine Überlieferung von Menschen, die einen so gewaltigen Ausbruch beobachtet hätten. Daher versuchen Geologen anhand des ausgeworfenen Gesteins zu verstehen, was sich bei solch gigantischen Eruptionen abspielt. »Über den letzten wirklich sehr großen Ausbruch der Phlegräischen Felder vor ungefähr 40 000 Jahren wissen wir recht gut Bescheid«, so Harms. »Es wurden sehr große Aschemengen ausgestoßen, die weite Regionen in Süd- und Osteuropa unter sich begruben. In Italien war die Aschedecke bis zu 30 Meter dick.« Bis in die Gegend der heutigen Länder Rumänien, Bulgarien, Albanien und Griechenland zog die Wolke und bedeckte große Landstriche. Der Supervulkan spuckte damals schätzungsweise 500 Kubikkilometer Magma aus. Im Vergleich: Als der Vesuv 79 n. Chr. die Städte Pompeji und

►

# Eifel und Co.: Vulkane in Deutschland

Zwar ruhen sie momentan, doch auch in Deutschland gibt es Vulkane! Sie prägen zum Beispiel die Landschaft im Erzgebirge, am Vogelsberg, im Westerwald, am Kaiserstuhl und in der Eifel. 250 von ihnen brachen bisher allein in der Eifel aus und formten mit ihren Kegeln und Maaren die größte Vulkanlandschaft in Mitteleuropa.

Der letzte gewaltige Ausbruch erschütterte die Region vor etwa 10 000 Jahren, das ist in geologischen Zeiträumen nur ein Wimpernschlag. Die Überbleibsel sieht man noch immer: Die Explosion riss ein 300 Meter langes und bis zu 90 Meter tiefes Loch in den Boden. Heute ist das Ulmener Maar mit Wasser gefüllt und

bei Anglern beliebt. Aber die Eifelvulkane sind nicht erloschen, sie schlafen nur. Unter der Erde brodeln es weiter, das kann man anhand von leichten Erdbeben und austretendem Kohlendioxid erkennen, wie am Geysir von Andernach. Er entstand unabsichtlich bei einer Bohrung und ist der höchste Kaltwassergeysir der Welt. Alle eineinhalb Stunden schleudert er minutenlang und mit hohem Druck eine bis zu 60 Meter hohe Wasserfontäne in die Luft.

Vor einem baldigen Vulkanausbruch müssen sich die Bewohner des rheinischen Schiefergebirges trotzdem nicht fürchten. Der wird, so vermuten die Forscher, noch ein paar geologische Wimpernschläge auf sich warten lassen.



Der Geologe Donald Dingwell forscht im Keller: Hier lässt er erkaltete Lava in einem Mini-vulkan erneut explodieren.

THORSTEN NAESER

- Herculaneum unter sich begrub, katapultierte er nur fünf Kubikkilometer Material in die Luft.

Einen erneuten Ausbruch und seine Folgen für Italien und ganz Europa will sich der Geologe gar nicht ausmalen. »Allein im Umfeld von Neapel leben mehrere Millionen Menschen«, sagt er. »Man muss davon ausgehen, dass alles Leben in einem Radius von dutzenden Kilometern um den Ausbruchsort ausgelöscht würde. Es wäre eine riesige Aufgabe, alles zu evakuieren.« 1984 ist das schon einmal geschehen: Damals räumten die Behörden vorübergehend die Stadt Pozzuoli, nachdem sie sich innerhalb von zwei Jahren um drei Meter gehoben hatte. Die Angst, dass der Vulkan unter der Stadt erwacht, war groß. Doch der Ausbruch kam zum Glück nicht, und die Erde senkte sich wieder.

Eine andere Möglichkeit, das Risiko besser einzuschätzen, verfolgen Donald Dingwell, Professor für experimentelle Vulkanologie, und seine Kollegen von der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Ihr Forschungsobjekt ist vier Meter hoch, silbrig glänzend und steht im Untergeschoss ihres Instituts: ein künstlicher Vulkan, zusammengesetzt aus einem Stahlzylinder und einem Ofen. Richtig heiß wird es, wenn der Kanadier die Tür des Ofens öffnet. Bis zu 1300 Grad

schlagen ihm dann entgegen, was ihn selbst im Schutzanzug zum Schwitzen bringt. Auch der Druck im Zylinder ist enorm hoch, 100-mal höher als der in einer Sektflasche. In diesem Minivulkan stellen die Geologen Bedingungen nach, wie sie im Inneren eines echten Feuerbergs herrschen – und lassen Gesteinsproben, die sie von aktiven Vulkanen rund um den Globus gesammelt haben, erneut explodieren.

Während der Explosion messen sie, mit welcher Geschwindigkeit die Partikel in die Luft geschleudert wurden und wie weit sie unter freiem Himmel geflogen wären. Außerdem untersuchen sie, woraus das flüssige Gestein besteht, wie zähflüssig es ist und wie leicht es bricht. Denn je nachdem, wie viele Kilometer die Lava bei einem tatsächlichen Ausbruch zurücklegt, bevor sie erkaltet, kann die Zerstörung furchtbar sein – oder aber weniger dramatisch.

Anhand ihres künstlichen Vulkans wollen die Wissenschaftler herausfinden, wie die realen Vorbilder funktionieren und wann und weshalb sie ausbrechen. Denn noch immer wissen die

Forscher nicht genau, warum aus zähflüssigem Magma plötzlich ein explosives Gemisch wird. »Mit den Experimenten betreiben wir Vulkanforschung im Zeitraffer«, sagt Dingwell.

Ulrich Harms hat bereits einen Vulkanausbruch aus nächster Nähe erlebt: »Ich hatte Glück, bei einem Ausbruch auf Hawaii dabei zu sein. Da strömte die glühende Lava gemächlich den Vulkanberg hinunter«, erzählt er. »Es war ein atemberaubendes Naturschauspiel.« Aber er hat auch schon fürchterliche Verwüstungen gesehen, als ein Vulkan in Japan ganze Dörfer wegfegte. »Da wird einem angst und bange.« Es sind wahrscheinlich die Gegensätze der Feuerberge, die ihn und andere Vulkanforscher so faszinieren: »Vulkane können eben vieles sein, von der wunderschönen Naturerscheinung bis zum lebensgefährlichen Biest.«

**Liesa Klotzbücher** ist freie Wissenschaftsjournalistin in Heidelberg. Den Vesuv hat sie schon erklimmt – als Nächstes möchte sie am liebsten auf dem Supervulkan der Phlegräischen Felder stehen.

**W I S** wissenschaft  
in die schulen!



Experten-Tipp:  
Spektrum **NEO**  
im Unterricht!

Wecken Sie mit **Spektrum NEO** das Interesse Ihrer Schülerinnen und Schüler an den Naturwissenschaften, Mathematik und Technik und bestellen Sie einen Klassensatz von **Spektrum NEO**.

Anmeldung und weitere Informationen finden Sie unter:

[www.wissenschaft-schulen.de/neo](http://www.wissenschaft-schulen.de/neo)