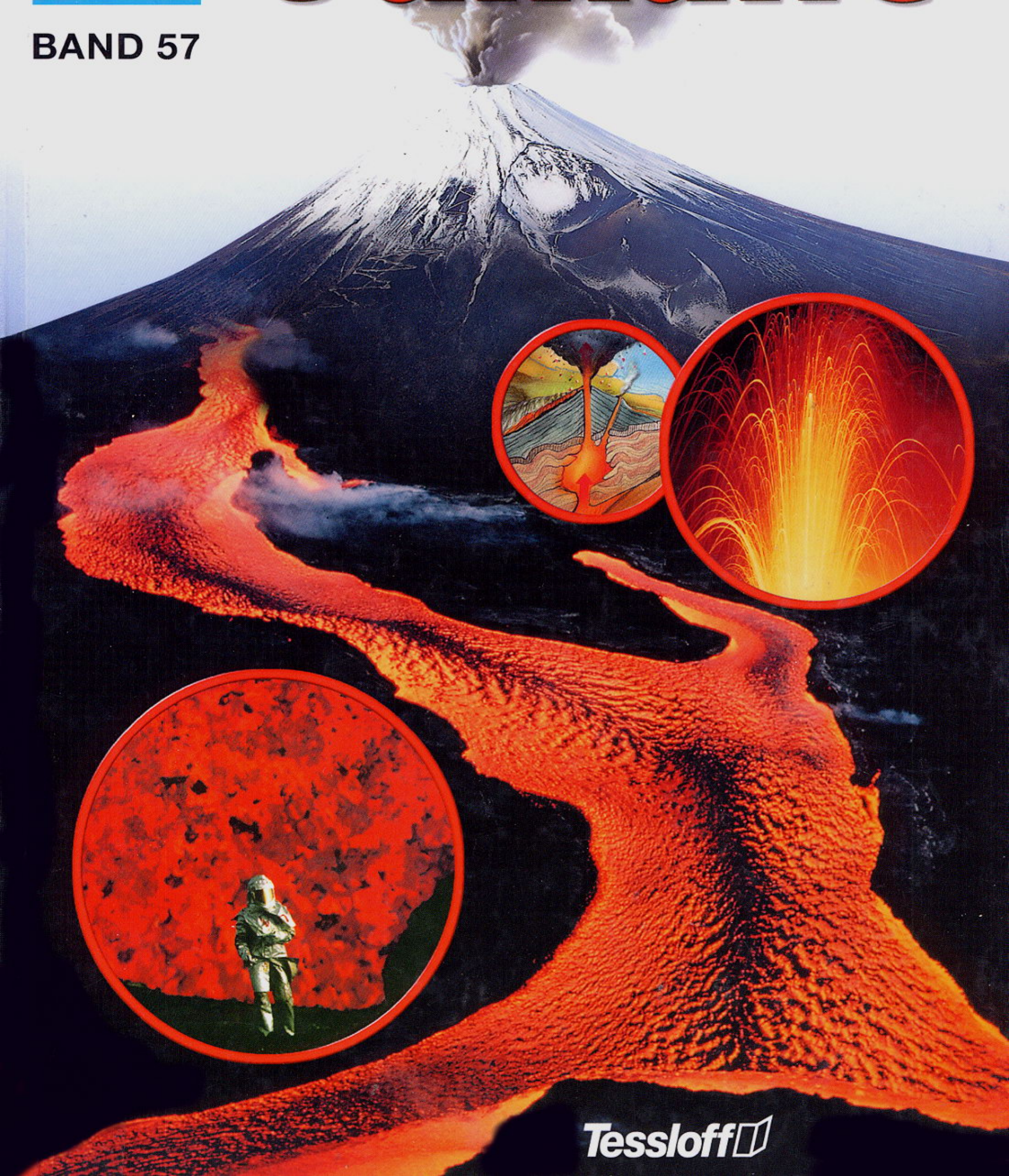




# Vulkane

BAND 57

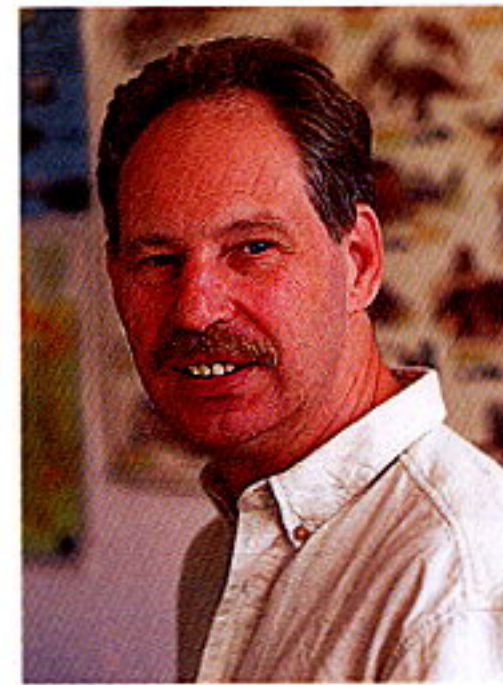


Tessloff



# WAS IST WAS

Berge, aus denen Rauch aufsteigt, die Funken und glühendes Gestein in die Luft schleudern und deren Lavaströme oft ungeheure Verwüstungen anrichten, schrecken und faszinieren uns zugleich. Unfassbar erscheinen die gewaltigen Kräfte im Innern der Erde.



Wie aber entsteht ein Vulkan? Warum leben Menschen trotz der Gefahr in der Nähe von Vulkanen? Gab es auch bei uns einmal Feuer speiende Berge? Können wir Vulkanausbrüche heute vorhersagen? Im vorliegenden WAS IST WAS-Band geht

**Dr. Rainer Köthe** diesen Fragen nach und erklärt spannend und sachkundig die vielfältigen Erscheinungen, die mit den Kräften aus der Tiefe der Erde zusammenhängen.



## In dieser Reihe sind bisher erschienen:

|         |                         |         |                         |         |   |          |                                   |          |                |
|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|---|----------|-----------------------------------|----------|----------------|
| Band 1  | Unsere Erde             | Band 30 | Insekten                | Band 56 | Ausgestorbene Tiere                     | Band 81  | Die Sieben Weltwunder             | Band 104 | Wölfe          |
| Band 2  | Der Mensch              | Band 31 | Bäume                   | Band 57 | Vulkane                                 | Band 82  | Gladiatoren                       | Band 105 | Weltreligionen |
| Band 3  | Atomenergie             | Band 32 | Meereskunde             | Band 58 | Die Wikinger                            | Band 83  | Höhlen                            | Band 106 | Burgen         |
| Band 4  | Chemie                  | Band 33 | Pilze, Moose und Farne  | Band 59 | Katzen                                  | Band 84  | Mumien                            | Band 107 | Pinguine       |
| Band 5  | Entdecker               | Band 34 | Wüsten                  | Band 60 | Die Kreuzzüge                           | Band 85  | Wale und Delphine                 |          |                |
| Band 6  | Die Sterne              | Band 35 | Erfindungen             | Band 61 | Pyramiden                               | Band 86  | Elefanten                         |          |                |
| Band 7  | Das Wetter              | Band 36 | Polargebiete            | Band 62 | Die Germanen                            | Band 87  | Türme                             |          |                |
| Band 8  | Das Mikroskop           | Band 37 | Computer und Roboter    | Band 64 | Die Alten Griechen                      | Band 88  | Ritter                            |          |                |
| Band 9  | Der Urmensch            | Band 38 | Säugetiere der Vorzeit  | Band 65 | Die Eiszeit                             | Band 89  | Menschenaffen                     |          |                |
| Band 10 | Fliegerei und Luftfahrt | Band 39 | Magnetismus             | Band 66 | Berühmte Ärzte                          | Band 90  | Der Regenwald                     |          |                |
| Band 11 | Hunde                   | Band 40 | Vögel                   | Band 67 | Die Völkerwanderung                     | Band 91  | Brücken                           |          |                |
| Band 12 | Mathematik              | Band 41 | Fische                  | Band 68 | Natur                                   | Band 92  | Papageien und Sittiche            |          |                |
| Band 13 | Wilde Tiere             | Band 42 | Indianer                | Band 69 | Fossilien                               | Band 93  | Olympia                           |          |                |
| Band 14 | Versunkene Städte       | Band 43 | Schmetterlinge          | Band 70 | Das Alte Ägypten                        | Band 94  | Samurai                           |          |                |
| Band 15 | Dinosaurier             | Band 44 | Das Alte Testament      | Band 71 | Seeräuber                               | Band 95  | Haie und Rochen                   |          |                |
| Band 16 | Planeten und Raumfahrt  | Band 45 | Mineralien und Gesteine | Band 72 | Heimtiere                               | Band 96  | Schatzsuche                       |          |                |
| Band 18 | Der Wilde Westen        | Band 46 | Mechanik                | Band 73 | Spinnen                                 | Band 97  | Hexen und Hexenwahn               |          |                |
| Band 19 | Bienen und Ameisen      | Band 47 | Elektronik              | Band 74 | Naturkatastrophen                       | Band 98  | Kriminalistik                     |          |                |
| Band 20 | Reptilien und Amphibien | Band 48 | Luft und Wasser         | Band 75 | Fahnen und Flaggen                      | Band 99  | Sternbilder und Sternzeichen      |          |                |
| Band 21 | Der Mond                | Band 50 | Unser Körper            | Band 76 | Die Sonne                               | Band 100 | Multimedia                        |          |                |
| Band 22 | Die Zeit                | Band 51 | Muscheln und Schnecken  | Band 77 | Tierwanderungen                         | Band 101 | Geklärte und ungeklärte Phänomene |          |                |
| Band 24 | Elektrizität            | Band 52 | Briefmarken             | Band 78 | Münzen und Geld                         | Band 102 | Unser Kosmos                      |          |                |
| Band 25 | Schiffe                 | Band 53 | Das Auto                | Band 79 | Moderne Physik                          | Band 103 | Demokratie                        |          |                |
| Band 26 | Wilde Blumen            | Band 54 | Die Eisenbahn           | Band 80 | Tiere – wie sie sehen, hören und fühlen |          |                                   |          |                |
| Band 27 | Pferde                  | Band 55 | Das Alte Rom            |         |   |          |                                   |          |                |



Ein **WAS  
IS  
WAS** Buch

# Vulkane

Von Dr. Rainer Köthe

Illustriert von Gerd Ohnesorge



**Tessloff**  **Verlag**



# Vorwort

Berge, aus denen Rauch aufsteigt, die Funken und glühende Felsbrocken in die Luft schleudern oder aus denen gar flüssige Lavaströme quellen, ziehen seit Jahrtausenden die Menschen in ihren Bann.

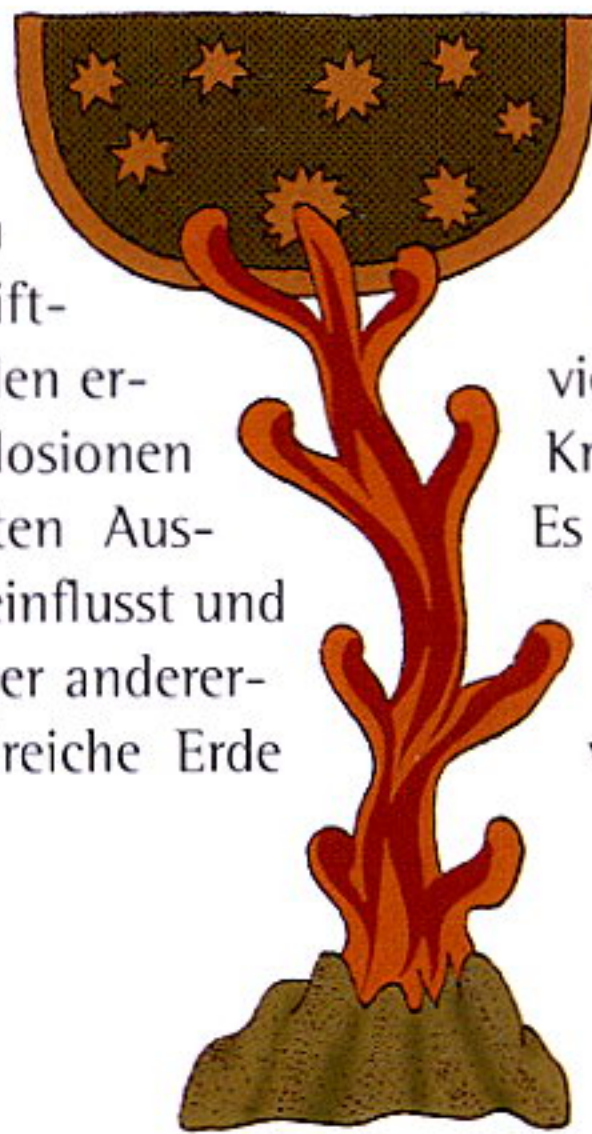
Menschen früherer Zeiten sahen in den Vulkanen die Wohnstätten von Göttern. Heute sind die Krater von Vesuv und Vulcano, die Ausbrüche von Ätna, Stromboli und dem Hawaii-Vulkan Kilauea Ziele zahlreicher Touristen.

Nirgends sonst zeigen sich die Gewalten aus der Tiefe der Erde so auffällig wie bei den Vulkanen. Dörfer und Städte mit Tausenden von Menschen haben sie unter ihrer ausgeworfenen Asche verschüttet, mit glutheißen Giftgaswolken verbrannt oder in Flutwellen ertränkt, die bei gewaltigen Vulkanexplosionen ausgelöst wurden. Und die stärksten Ausbrüche haben sogar das Erdklima beeinflusst und weltweit Hungersnöte verursacht. Aber andererseits bringt die fruchtbare, mineralreiche Erde

rund um Vulkane mehrere Ernten pro Jahr hervor. Wärme aus der Tiefe der Erde könnte vielleicht einen Teil unserer Energiesorgen beheben. Und möglicherweise ist sogar das Leben in warmen, schwefelhaltigen Quellen entstanden, also mit Hilfe der Wärme aus der Erdtiefe.

In den letzten Jahrzehnten haben die Vulkanforscher eine ganze Reihe neuer Erkenntnisse gewonnen. Moderne Überwachungstechniken, die mit Hilfe von empfindlichen Messgeräten, Computern und Satelliten arbeiten, erlauben sogar in bestimmten Fällen die Vorhersage eines bevorstehenden Vulkanausbruchs, und so konnten schon viele Menschenleben gerettet werden.

Dieses WAS IST WAS-Buch beschreibt die vielfältigen Erscheinungen, die mit den Kräften aus der Erdtiefe zusammenhängen. Es stellt die neuesten Theorien der Forscher vor, berichtet von besonders verheerenden Ausbrüchen, zeigt aber auch, was wir den Vulkanen alles verdanken.



*Diese aztekische Darstellung von 1609 zeigt den Ausbruch des Popocatepetl in Mexiko.*



**BAND 57**

■ Dieses Buch ist auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

#### BILDQUELLENNACHWEIS:

**FOTOS:** Archiv des Verlages: 2, 3l; Archiv für Kunst und Geschichte, Berlin: 3r, 6 (2), 7l, 28o; Archiv Klammet, Ohlstadt: 13l; Associated Press GmbH, Frankfurt/M.: 47r; Astrofoto, Leichlingen: 36r; Prof. Dr. Ernst Waldemar Bauer, Stuttgart: 37; Bavaria Bildagentur, Gauting: 11, 22l, 33l, 36l, 39o; Bildarchiv Preußischer Kulturbesitz, Berlin: 18r; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe/U. von Stackelberg, Hannover: 43; dpa, Frankfurt/M.: 8, 13r, 17, 20, 21 (2), 22r, 23, 28r, 31, 42r, 48r; Mary Evans Picture Library, London: 7r; FOCUS Bildagentur, Hamburg: 15 (2), 19, 44r, 45; Helga Lade Fotoagentur, Frankfurt/M.: 32/33u, 40o, 42u; Historic Royal Palaces Agency, Surrey: 41; IFA-Bilderteam, München: 15u, 16; Wolfgang Müller, Stuttgart: 18l, 24l; Okapia, Frankfurt/M.: 40r; ZEFA Bildagentur, Düsseldorf: 1, 10, 12, 14, 22o, 24r, 25 (2), 33r, 34, 35 (2), 38 (2), 39l, 40l, 42l, 44l, 47l.

**ILLUSTRATIONEN:** Gerd Ohnesorge, Halle/Saale

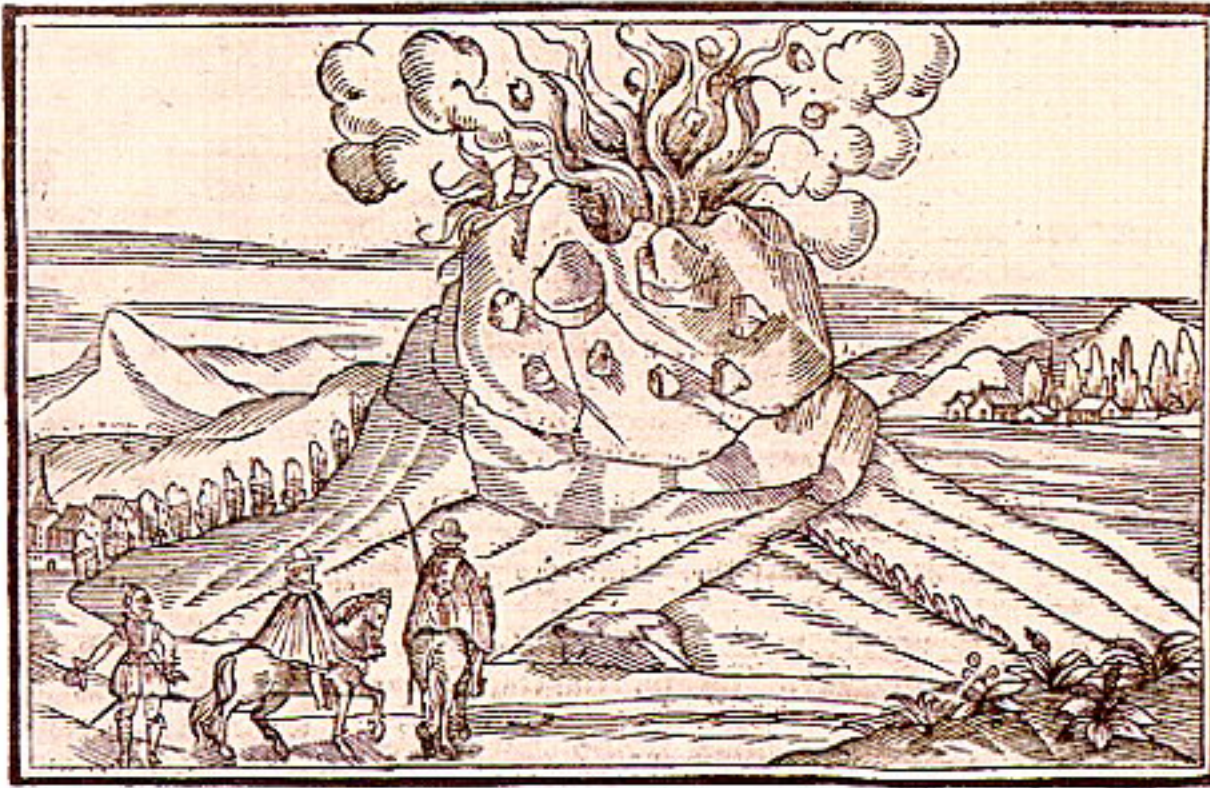
Copyright © 1999 Tessloff Verlag, Burgschmietstr. 2-4, 90419 Nürnberg; <http://www.tessloff.com>

Die Verbreitung dieses Buches oder von Teilen daraus durch Film, Funk oder Fernsehen, der Nachdruck, die fotomechanische Wiedergabe sowie die Einspeicherung in elektronischen Systemen sind nur mit Genehmigung des Tessloff Verlages gestattet.

ISBN 3-7886-0297-X



# Inhalt



*Feuer speiende Berge versetzen die Menschen seit alters in Angst und Schrecken, ...*

## Feuerwerke aus der Tiefe der Erde

- Welche Städte verschüttete der Vesuv? 4
- Wie erklärten die alten Griechen und Römer Vulkane? 7
- Woher stammt die Urgewalt der Feuer speienden Berge? 7
- Was geschieht bei einem Vulkanausbruch? 9

## Vulkankegel, Lavaströme und Steinhagel

- Welche Gestalt haben Vulkane? 10
- Entsteht durch Vulkanausbrüche neues Land? 13
- Was ist eine Caldera? 14
- Zu welchen Formen erstarrt Lava? 15
- Was sind Erstarrungsgesteine? 16

## Feuer speiende Berge und sprühende Fontänen

- Können Vulkane explodieren? 17
- Was geschah beim Ausbruch des Krakatau? 20
- Verändern Feuer speiende Berge das Erdklima? 20
- Wie entstehen heiße Quellen? 22
- Was sind Geysire? 23
- Wo tritt schwefelhaltiger Dampf aus der Erde? 24
- Was geschieht, wenn ein Vulkan erlischt? 25
- Warum starben am Nyos-See Menschen? 26

## Eine Kette aus Vulkanen

- Warum liegen so viele Vulkane an der Pazifikküste? 27
- Wie bewegen sich die Kontinentalplatten? 29
- Welche Vulkane sind besonders heimtückisch? 30
- Wann wurde der Gipfel des Mount St. Helens weggesprengt? 32
- Wie entstanden die Hawaii-Vulkane? 33
- Welche Vulkangebiete gibt es in Europa? 34
- Was ist ein Maar? 35
- Rauchen nur auf der Erde Vulkane? 36

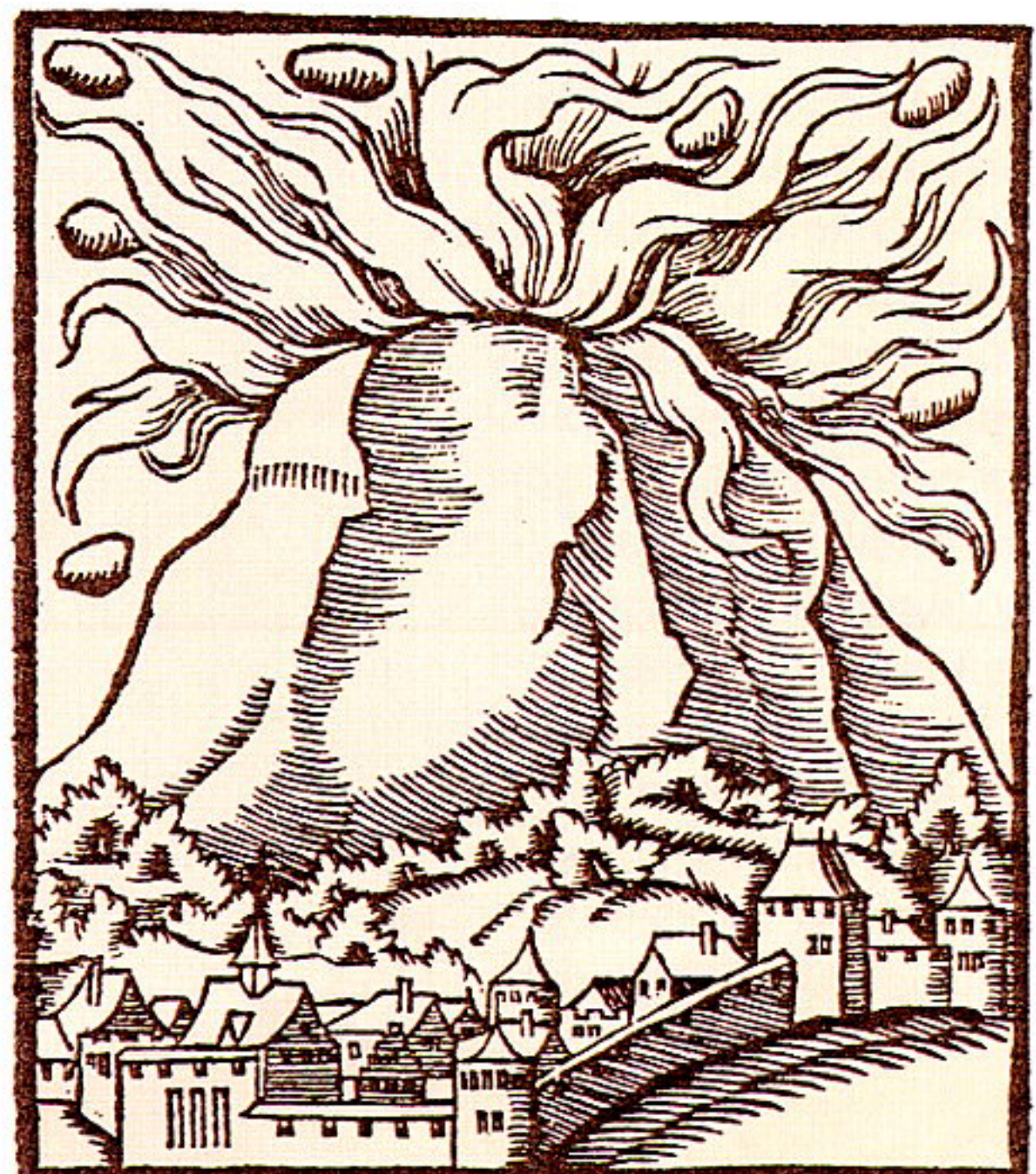
## Leben mit und von Vulkanen

- Warum siedeln Menschen an Vulkanen? 37
- Wo wird Vulkangestein abgebaut? 38
- Woher stammen Diamanten? 41
- Wie haben sich die Erzlagerstätten der Erde gebildet? 42
- Welche Zukunft haben Erdwärme-Kraftwerke? 43
- Können Forscher Vulkanausbrüche vorhersagen? 45

## Vulkane rund um den Erdball 46

## Register 48

*... faszinieren sie aber auch.*





# Feuerwerke aus der Tiefe der Erde

## Welche Städte verschüttete der Vesuv?

Der 24. Oktober 79 wurde für Tausende von Menschen am Golf von Neapel der letzte Tag ihres Lebens: Eine verheerende Katastrophe vernichtete damals die reiche römische Hafenstadt Pompeji und weitere 8 Städte.

Aber am Morgen jenes Tages ahnt noch keiner etwas vom heraufziehenden Verhängnis. Auf den Straßen herrscht reges Leben. Die Geschäfte und Bäder haben bereits geöffnet. Im Hafen beladen Sklaven die Schiffe mit Amphoren voll Olivenöl und Wein.

Auch die Arbeiter auf den Baustellen sind fleißig. Überall wird gebaut, denn 13 Jahre zuvor hatte ein schweres Erdbeben Teile der Stadt verwüstet und viele Häuser einstürzen lassen. Nun werden vor allem die Villen prachtvoller als zuvor wieder errichtet, da die Geldtruhen der Pompejaner wohlgefüllt sind. Der fruchtbare Boden der Umgebung und das milde Klima direkt am Mittelmeer bringen reiche Ernten an Obst, Gemüse und Wein. Was niemand weiß: Das Erdbeben war nur der Vorbote einer noch verhängnisvolleren Katastrophe. Nach jahrhundertelanger trügerischer Ruhe sind nämlich unter dem 1 800 Meter aufragenden, dicht bewaldeten Berg Vesuvius (dem heutigen Vesuv) nahe der Stadt zerstörerische Kräfte aus der Tiefe wieder erwacht.

Urplötzlich bricht das Unheil über die Menschen herein. Erneut erschüttert ein Beben den Boden, gefolgt von einem gewaltigen Donner Schlag. Der Gipfel des Berges wird in







*Glühend heiße Giftgase hüllten  
beim Ausbruch des Vesuv die Rö-  
merstadt Pompeji ein, Felsbrocken  
prasselten hernieder. Viele tausend  
Einwohner starben.*

einer ungeheuren Explosion auseinander gesprengt. Eine dunkle Säule aus Rauch und Feuer steigt 25 Kilometer auf. In großer Höhe breitet sich die tiefschwarze, von Blitzen durchzuckte Wolke gleich der Krone einer Pinie über den blauen Himmel aus und verdunkelt die Sonne. Ein Regen aus Unmengen erbsengroßer Steine (Lapilli), Bimssteinbrocken und dunklem, aschenähnlichem Sand geht auf die erschreckten Einwohner nieder, die in Panik zu fliehen oder ihre Habe zu retten versuchen. Stürme aus heißen, giftigen Schwefelgasen fegen über die Stadt. Viele Menschen verbrennen oder erstickten und werden in der meterhohen Ascheschicht begraben, die Straßen und Häuser, Felder und Weinberge zudeckt. Heftige Regengüsse stürzen herab und mischen sich mit der Asche zu gewaltigen Schlammströmen. Einer ergießt sich über den Nachbarort Herculaneum. Langsam schiebt sich

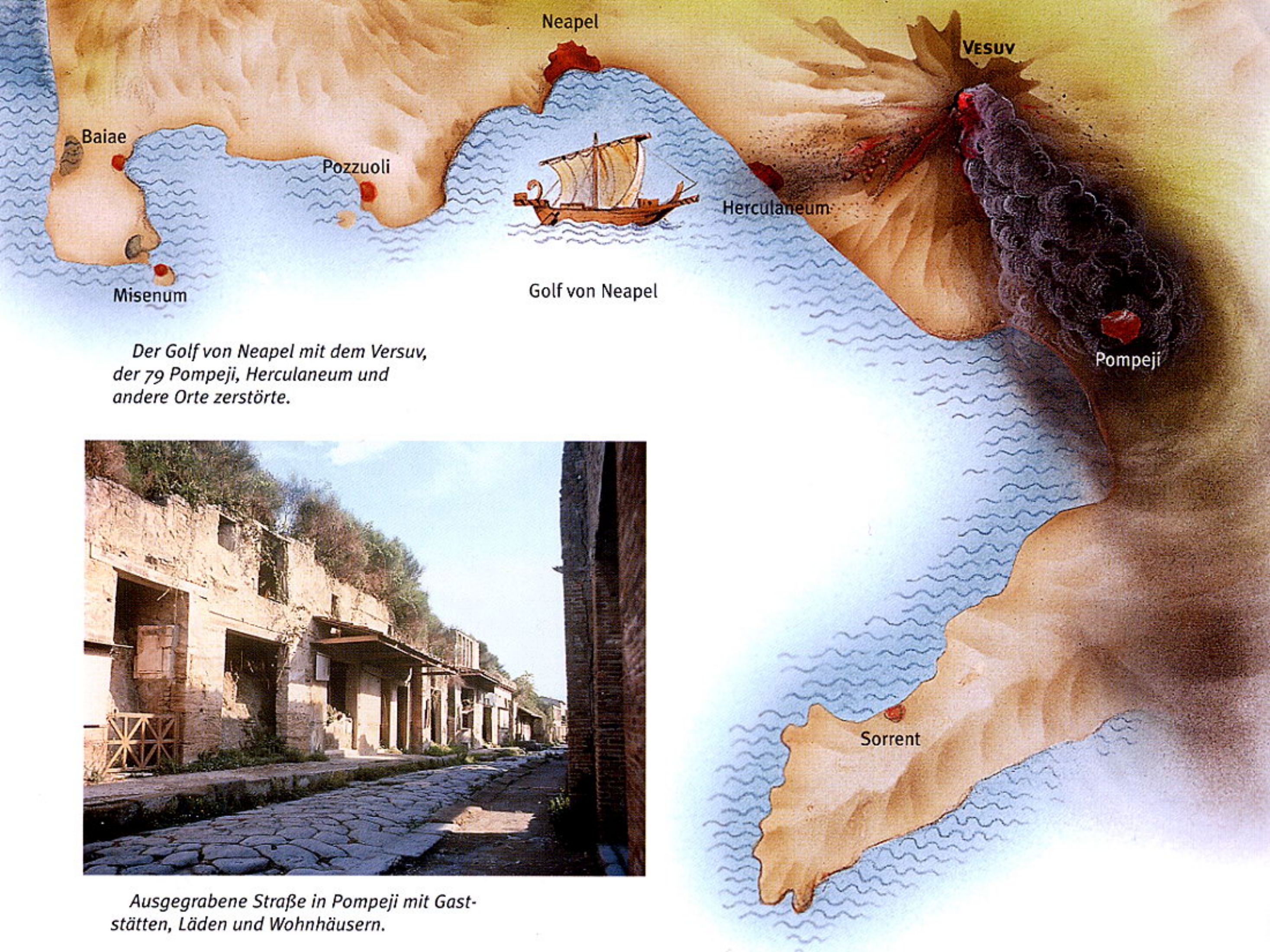
die graubraune Schlammwalze durch die Straßen, drückt Türen und Fenster ein, füllt alle Räume und begräbt die Stadt schließlich unter einer bis zu 15 Meter mächtigen, bald steinhart werdenden Schicht.

Mindestens 12 000 Menschen verlieren bei dieser Katastrophe ihr Leben, Dörfer und Städte im Umkreis von 20 Kilometern um den Vesuv sind verwüstet. Als sich die Wolken Tage später endlich verziehen und die Sonne wieder durchbricht, entdecken die Überlebenden, dass nur noch wenige Dächer und Säulen aus der Ascheschicht ragen.

Im Laufe der Jahrhunderte gerieten die einst blühenden Orte in Vergessenheit. Aber wir besitzen ein schriftliches Zeugnis vom Ablauf des Unglücks. Damals kam auch der Naturforscher und Admiral der römischen Flotte Plinius der Ältere ums Leben. Sein Neffe, Augenzeuge des Unglücks, schildert dem Geschichtsschreiber Tacitus den Tod seines Onkels. Die Aufzeichnungen von Tacitus blieben über die Zeiten erhalten. Auf die Ruinen stieß man dagegen erst vor etwa 250 Jahren durch Zufall und gräbt sie seither aus.

Vieles, was wir über das Leben der Römer wissen, haben die Altertumsforscher bei der Untersuchung der Überreste von Pompeji und Herculaneum herausgefunden. Die Asche- und Schlammsschicht schützte die Ruinen vor der Verwitterung und bewahrte auch Schmuck und Möbel, Schriftstücke, Statuen und Mosaiken, Werkzeuge, Wandmalereien und Alltagsgegenstände für die Nachwelt. Selbst verkohlte Brote im Ofen blieben erhalten. Und dank der Ausgrabungen kann man heute wieder durch die Gassen Pompejis und Herculaneums schlendern, vorbei an Theatern und Bädern, Kneipen und





Läden, Villen und kleinen Handwerksbetrieben.

Sogar einige der Einwohner hat die Ascheschicht bewahrt. Zwar sind die Körper verwest, aber sie hinterließen Hohlräume in der Asche. Die Altertumsforscher gossen sie mit Gips aus und erhielten so recht getreue Abbilder der einst Lebenden.

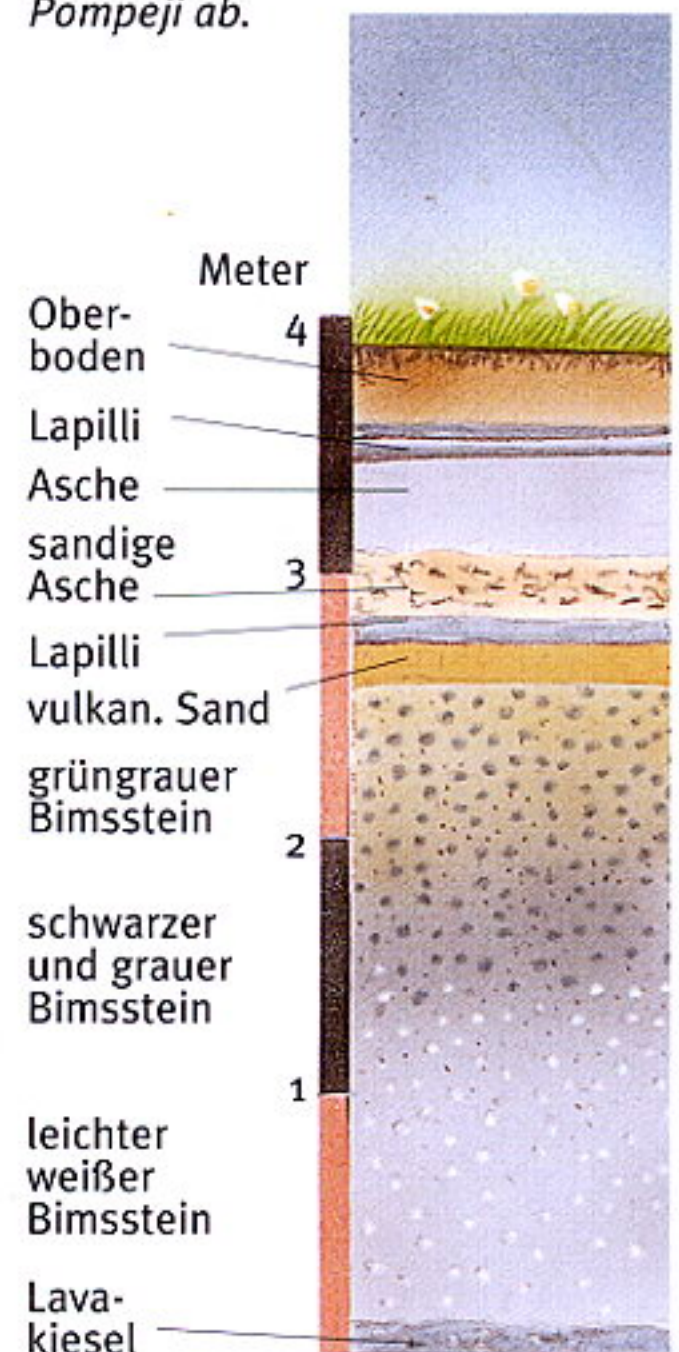
Der Vesuv ist im Laufe der Jahrhunderte noch mehrfach ausgebrochen, zuletzt 1944. Seit her herrscht Ruhe, aber sie ist trügerisch:

Die Kräfte im Inneren der Erde können jederzeit erneut erwachen und die rund 4 Millionen Menschen bedrohen, die heute am Golf von Neapel wohnen.

Im Haus eines vornehmen Römers in Herculaneum sind die Wandmosaiken noch zum Teil erhalten.



Vier Meter hoch lagerten sich Vulkangesteine und Asche auf Pompeji ab.





**HERCULANEUM** war einst ein luxuriöser Erholungsort am Meer. Hier bauten sich die reichen Römer prunkvolle Villen und schmückten sie mit Mosaiken und Plastiken aus. Die Archäologen glaubten zunächst, der Vulkanausbruch habe in Herculaneum wenige Todesopfer gefordert. 1980 entdeckte man jedoch unter den steinernen Bögen ehemaliger Bootshäuser einige hundert Skelette von Männern, Frauen und Kindern: Sie hatten sich hierher geflüchtet und waren dicht zusammengedrängt umgekommen.

### Wie erklärten die alten Griechen und Römer Vulkane?

Von jeher haben Feuer speiende

Berge die Menschen erschreckt und fasziniert. Die Angehörigen vieler Völker hielten sie für den

Sitz von Göttern, deren Zorn sich in feurigen Ausbrüchen äußerte; und man versuchte, sie durch Menschenopfer zu besänftigen. Noch heute opfern manche Einwohner der Vulkaninsel Hawaii im Pazifischen Ozean der Göttin Pele Blumen, Tabak und Früchte. Pele soll in großen feurigen Seen aus geschmolzenem Gestein am Kilauea-Vulkan wohnen.

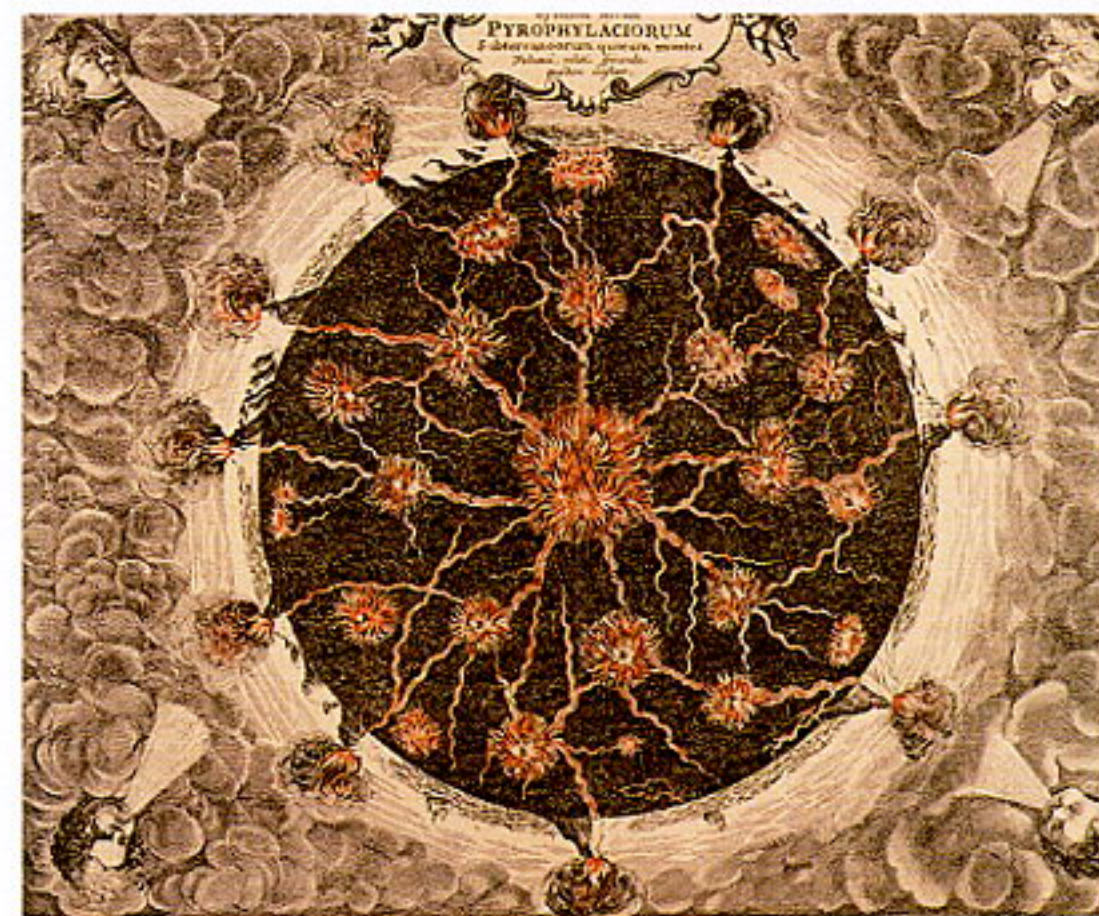
Die alten Griechen und Römer sahen ursprünglich in den Vulkanbergen Rauchabzüge der unterirdischen Feuerstelle des Gottes Hephaistos – die Römer nannten ihn Vulcanus –, der dort mit Hilfe einäugiger Riesen, der Zyklopen, Waffen und Rüstungen der Götter schmiedete. Manchmal, wenn Hephaistos zornig wurde,



Diese etwa 2 600 Jahre alte griechische Vase zeigt die Rückkehr des Hephaistos auf den Olymp.

schleuderte er glühende Steine und Feuer aus dem Schlot.

Die Gelehrten des Altertums versuchten dann, Feuer speiende Berge und Erdbeben ohne das Wirken von Göttern zu erklären. Sie glaubten, in



Im 17. Jahrhundert glaubte man, dass Feuerherde im Erdinnern die Vulkane speisen.

der Tiefe der Erde brenne ein gewaltiges Feuer, gespeist von brennbarem Material wie Schwefel. Noch vor wenigen Jahrhunderten nahmen einige Wissenschaftler an, es seien gewaltige brennende Kohlelager, die das Vulkanfeuer speisten. Wie wir heute wissen, ist die Wirklichkeit viel komplizierter, aber auch viel großartiger, als es sich die Gelehrten der Antike vorstellen konnten. Nur der Name Vulkan für einen Feuer speienden Berg erinnert noch an die alten Göttergeschichten.

Der Durchmesser der Erdkugel von

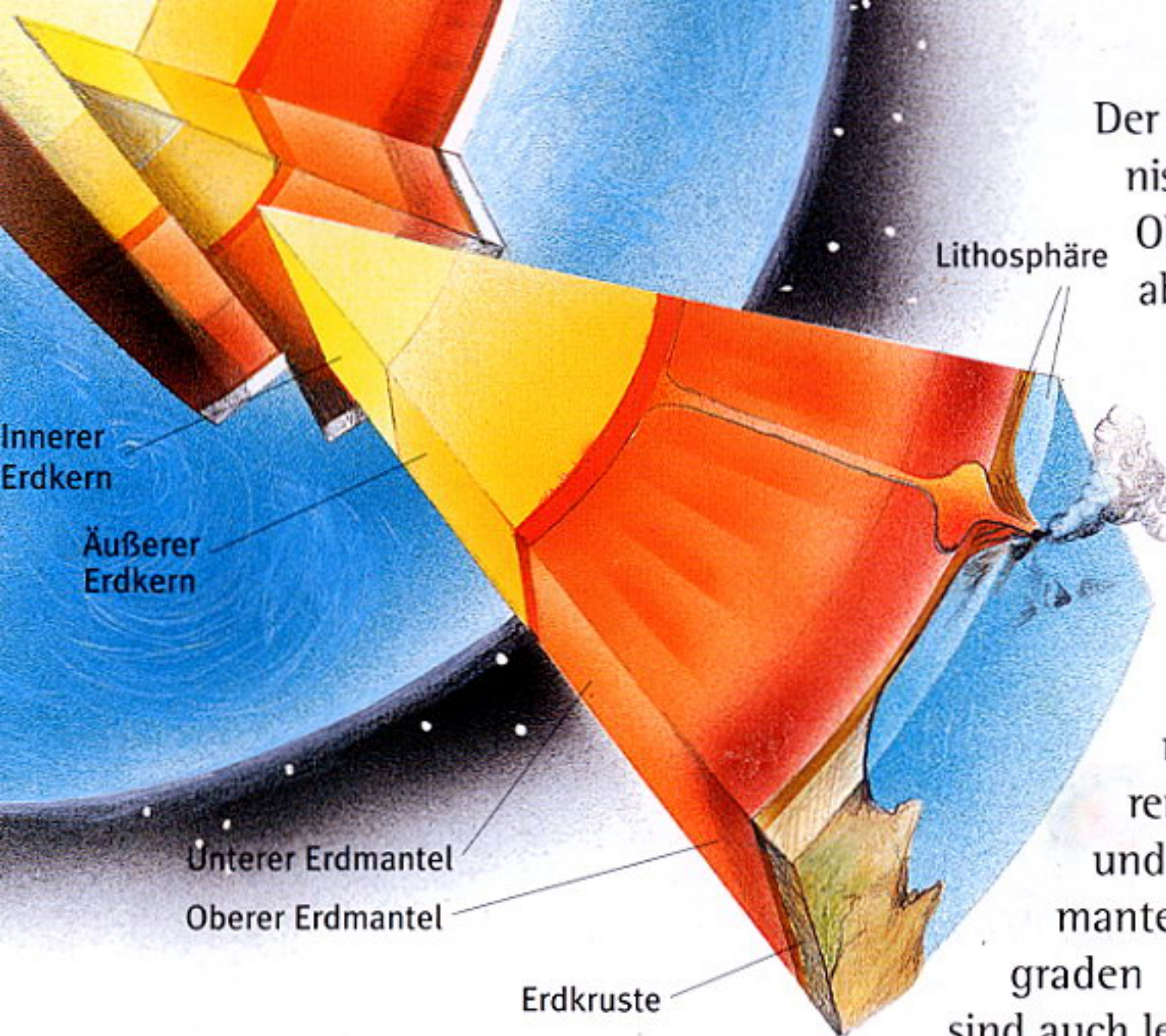
### Woher stammt die Urgewalt der Feuer speienden Berge?

Pol zu Pol beträgt 12 713 Kilometer. Ihre Oberfläche, auf der wir leben, ist nur die dünne

Kruste auf einem gewaltigen Ball aus glühend heißem Gestein. Die Wärme in der Tiefe stammt zum größten Teil von natürlichen radioaktiven Stoffen im Gestein. Wenn ihre Atome zerfallen, setzen sie wie in einem Kernkraftwerk Wärme frei. Normalerweise wird die Feuerglut des Erdinneren von der Kruste fest umschlossen.

Obwohl kein Mensch in die Erdtiefen vordringen kann, wissen wir





Der Schalenbau der Erde.

doch ungefähr über den Aufbau des Erdballs Bescheid. Der Kern der Erde besteht aus Metall, vor allem Eisen und Nickel. Er ist trotz seiner gewaltigen Temperatur von etwa 5 000 Grad Celsius fest, denn auf ihm lastet das Gewicht aller darüber liegenden Gesteinsschichten.

Den Inneren Erdkern umhüllt der Äußere Erdkern. Auch er besteht aus Eisen- und Nickelmetall, das aber bei einer Temperatur zwischen 3 700 und 4 600 Grad Celsius flüssig ist.

Den Erdkern umgibt der Erdmantel. Im Gegensatz zum metallischen Erdkern besteht er aus einem Gemisch verschiedener Gesteine und Minerale. Auch er ist aus zwei Schichten aufgebaut. Im Unteren Erdmantel ist das Gestein bei Temperaturen um 3 000 Grad Celsius durch den riesigen Druck fest. Ihn umhüllt der Obere Erdmantel. Seine Gesteine sind bei etwa 1 500 Grad Celsius zähflüssig. Der Obere Erdmantel ist etwa 300 Kilometer dick. Er wird von der vergleichsweise dünnen (weniger als 100 Kilometer), aber festen Erdkruste mit ihren Ozeanen und Kontinenten umgeben.

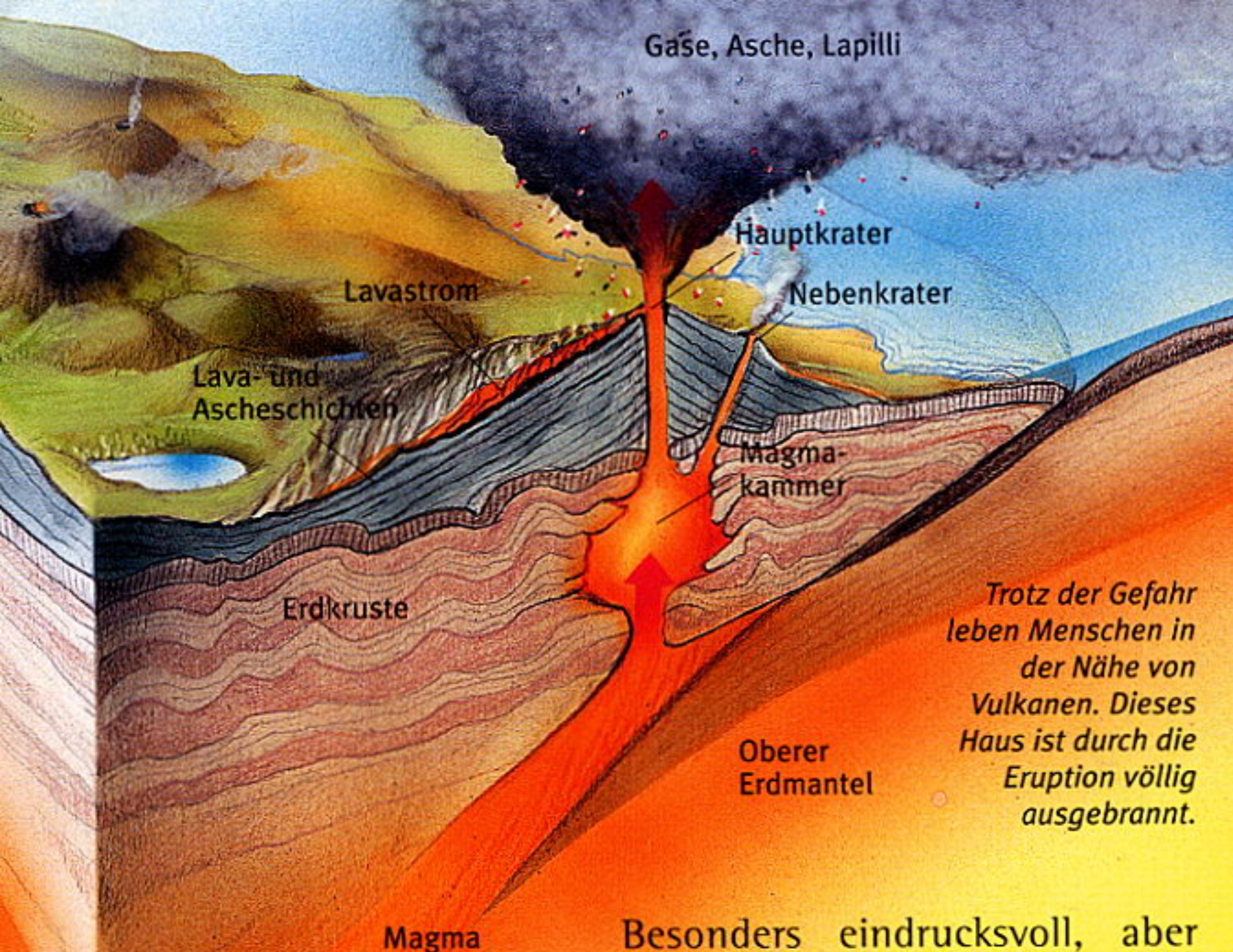
Der Ursprungsort der vulkanischen Energien liegt im Oberen Erdmantel. Es ist aber nicht das normale, zähflüssige Mantelgestein selbst, das in den Vulkanen hochsteigt. Vielmehr gibt es in diesem Gesteinsgemisch einige Bestandteile, die schon bei niedrigeren Temperaturen schmelzen als andere und daher bei den im Erdmantel herrschenden Wärme-graden dünnflüssig sind. Sie sind auch leichter als das umgebende zähflüssige Gestein und drängen daher als gewaltige Blasen von einigen Kilometern Durchmesser nach oben. Man nennt dieses zwischen 900 und 1 500 Grad Celsius heiße, geschmolzene Gestein Magma (geknetete Masse). Oft sammelt es sich zunächst in gewaltigen Magmakammern, die das umgebende Gestein auseinander drücken und teilweise schmelzen. Ist der Druck im Magma besonders groß oder hat die Erdkruste über der Magmakammer bereits Risse oder Spalten, kann das Magma bis zur Erdoberfläche vordringen: Ein Vulkan bricht aus.

**EINEN BLICK INS ERD-INNERE** kann man mit Hilfe der Erdbeben tun. Jedes Beben sendet eine Art Schallwellen durch den Erdball, die mit Hilfe von Seismometern an vielen Orten aufgefangen werden. Diese Wellen werden durch die Stoffe der Erdschalen auf bestimmte Weise verändert und an Schichtübergängen, etwa zwischen Oberem und Unterem Erdmantel, sogar abgelenkt – ähnlich wie Lichtwellen an Glas. Aus vielen Messungen konnten Wissenschaftler eine Art Röntgenbild der Erde errechnen.

*Beim Ausbruch des Ätna erleuchten sprühende Funken und glutflüssige Lava den Nachthimmel.*







*Trotz der Gefahr leben Menschen in der Nähe von Vulkanen. Dieses Haus ist durch die Eruption völlig ausgebrannt.*



### Was geschieht bei einem Vulkan-ausbruch?

Besonders eindrucksvoll, aber auch gefährlich sind Vulkane, bei denen das flüssige Gestein mit explosiver Kraft herausschießt.

Das Magma solcher Vulkane ist stets besonders reich an gelösten Gasen. Solange der Druck der darüber liegenden Gesteinsmassen darauf lastet, bleiben die Gase gelöst. Aber wenn das Magma einen Weg hinauf zur Erdoberfläche gefunden hat, kann es durch die Druckentlastung als rot- oder gelbglühende Feuersäule aus dem Vulkan jagen, mitunter kilometerhoch. Rund um den Ausbruchsort poltern glühende Gesteinstrümmer zu Boden. Ein Teil des Magmas zerspritzt durch die Wucht des Ausbruchs zu feinsten Tröpfchen. Sie erstarren beim Flug durch die Luft und rieseln als feinstes schwarzer oder rotbrauner Sand oder Staub herunter. Er wird wegen seiner Farbe üblicherweise als Vulkanasche bezeichnet – eine Erinnerung an die alte Vorstellung, in der Tiefe brenne ein Kohlenfeuer.

Häufig lässt nach dem ersten explosiven Schub der Druck aus der

Tiefe etwas nach. Er reicht aber meist noch aus, das Magma in mehr oder weniger gleichmäßigem Strom aus dem Vulkan zu schieben. Sobald Magma aus der Erde austritt, nennt man es Lava. Als glühend heißer Strom bahnt sich das flüssige Gestein, der Schwerkraft folgend, einen Weg bergab. Nach und nach kühlt die Lava ab und ändert ihre Farbe von Weißglut (über 1 200 Grad Celsius) über Gelb, Hell- und Dunkelrot bis Schwarz (unter 540 Grad Celsius). Wehe, wenn Bäume oder gar Häuser dem Lavastrom im Weg sind: Sie verbrennen durch die Gluthitze im Nu. Schließlich, mitunter mehrere Kilometer von der Austrittsöffnung entfernt, erstarrt die abgekühlte Lava zu braunschwarzem Gestein.

Kaum weniger gefährlich als herunterprasselnde Felsbrocken und Ströme glühenden Gesteins sind die Gase, die beim Ausbruch frei werden: große Mengen Wasserdampf und Kohlendioxid, dazu Gifte wie Chlorwasserstoff (Salzsäuregas), Fluorwasserstoff, Schwefeldioxid und der nach faulen Eiern riechende Schwefelwasserstoff. Meist schießen sie, vermischt mit Gesteinstrümmern, als Feuersäule in den Himmel.

**BEI MANCHEN VULKAN-AUSBRÜCHEN** steigen die Gase nicht als Feuersäule in den Himmel, sondern rasen als glutheiße Wolke, beladen mit Asche und Gesteinsteilchen, an den Hängen des Vulkans hinab. Die Wolke erreicht dabei eine Geschwindigkeit von über 500 Kilometern pro Stunde. Sie erstickt und verbrennt alles, was ihr in den Weg kommt. So 1902 auf der Insel Martinique: Eine Giftgaswolke aus dem Vulkan Mont Pelée verwandelte die Stadt St. Pierre in wenigen Minuten in ein rauchendes Trümmerfeld. 28 000 Menschen starben.





# Vulkankegel, Lavaströme und Steinhagel

## Welche Gestalt haben Vulkane?

Gelegentlich kann man beobachten, wie ein neuer Vulkan entsteht. Ein solches erschreckendes Ereignis sah am Nachmittag des 20. Februar 1943 der mexikanische Bauer Dionisio Pulido mit eigenen Augen. Er hatte wie üblich auf seinem Feld gearbeitet, als sich plötzlich ein langer Riss im Boden auftat. Unter Donnergrollen entwichen aus der Spalte Rauch und Dämpfe und schließlich sogar Funken, die Bäume in Brand setzten. Sofort rannte er zurück in sein Dorf Paricutin und alarmierte die übrigen Einwohner. Immer stärker tobten inzwischen die unterirdischen Kräfte in der Erdspalte. Höher und höher stieg eine

schwarze Rauchsäule auf, Funken sprühten, Blitze zuckten, und glühende Felsbrocken wurden hochgeschleudert. Am nächsten Tag befand sich ein 50 Meter hoher Kegel auf dem vorher ebenen Feld: Ein neuer Vulkan war geboren. Nach 2 Tagen traten Lavaströme aus, nach einer Woche hatte der Berg 150 Meter Höhe erreicht. Über 300 Kilometer entfernt konnte man den Donner des Ausbruchs hören, sanken Asche- teilchen herab. Im Jahr darauf verschütteten Lavaströme das Dorf Paricutin und einige Nachbardörfer. Erst 1952 gaben die vulkanischen Kräfte plötzlich Ruhe. In den 9 Jahren war der Vulkan Paricutin 457 Meter hoch geworden.

Auf solche Art bilden sich fast alle Vulkane. Deshalb haben sie auch

*Schnee bedeckt den Gipfel des Vulkans Fudschijama, des heiligen Berges der Japaner.*

**DER FUDSCHIJAMA**, der heilige Berg der Japaner, liegt in der Nähe der Hauptstadt Tokio. Er ist ein Vulkankegel von geradezu klassischer Form. 3 776 Meter ragt der Berg empor und trägt daher im Winter regelmäßig eine Kappe aus Schnee. Für die Japaner verkörpert der Fudschijama „Schönheit, Erhabenheit und Kraft der gesamten Natur“.



**DER HALEMAUMAU** ist ein gewaltiger, kreisrunder Einbruchkessel auf der Insel Hawaii. Lange Zeit erfüllten ihn glühende Lavaseen: In ihnen wohnte nach dem Glauben der Hawaiianer die Vulkan-göttin Pele. Seit etwa 60 Jahren ist die Lava verschwunden, aber von Zeit zu Zeit gibt es Explosionen mit kräftigem Ascheauswurf. Ursache ist Grundwasser, das zum heißen Magma vordringt und bei Kontakt damit schlagartig verdampft.

ähnliche Formen: Ein Vulkan ist meist ein kegelförmiger Berg, bestehend aus ausgeworfener Asche und erkalteter Lava. Der Gipfel läuft nicht, wie bei anderen Bergen, spitz zu, sondern weist eine Mulde auf, den Krater. Bei einem tätigen Vulkan führt von hier aus eine Röhre, der Magmakanal (oder Schlot), in die Tiefe. Manchmal bahnen sich auch weitere Magmakanäle ihren Weg durch den Untergrund und brechen an den Hängen des Vulkans aus.

Allerdings gibt es Vulkankegel mit steilen und solche mit sehr sanften Hängen – bedingt durch die Zusammensetzung des Magmas.

Am wichtigsten sind neben der Temperatur des Magmas sein Gehalt an Gasen und an Kieselsäure. Das ist derselbe Stoff, der als Quarz Hauptbestandteil von Sand und vielen Gesteinen ist. Der Gasgehalt bestimmt den Druck, mit dem das Magma aus dem Krater quillt oder schießt.

Kieselsäure hingegen bestimmt die Fließfähigkeit: Je mehr Kieselsäure Magma enthält, desto zähflüssiger ist es. Bei über 65 Prozent spricht man von saurem Magma. Es schmilzt erst bei über 1 200 Grad

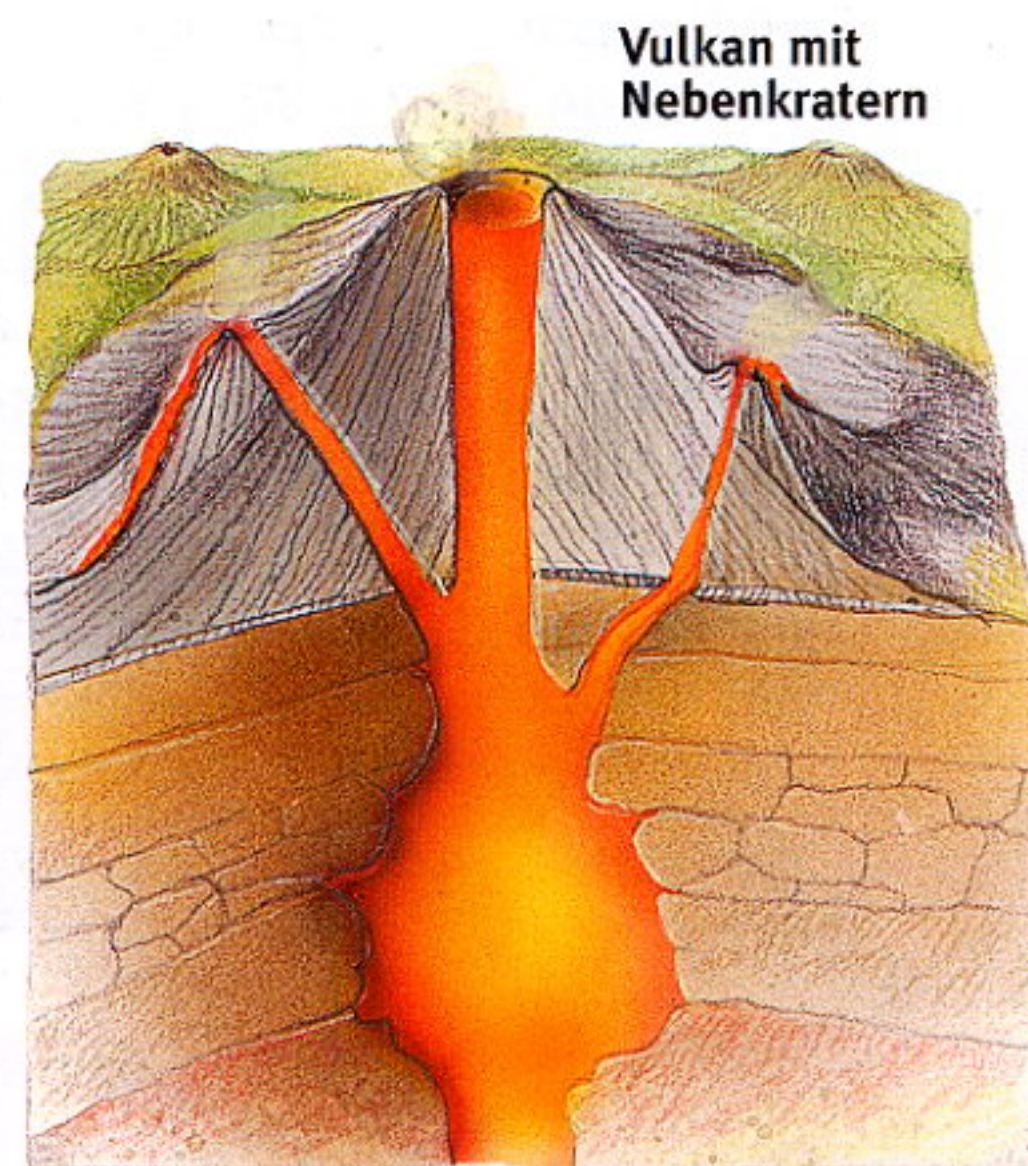
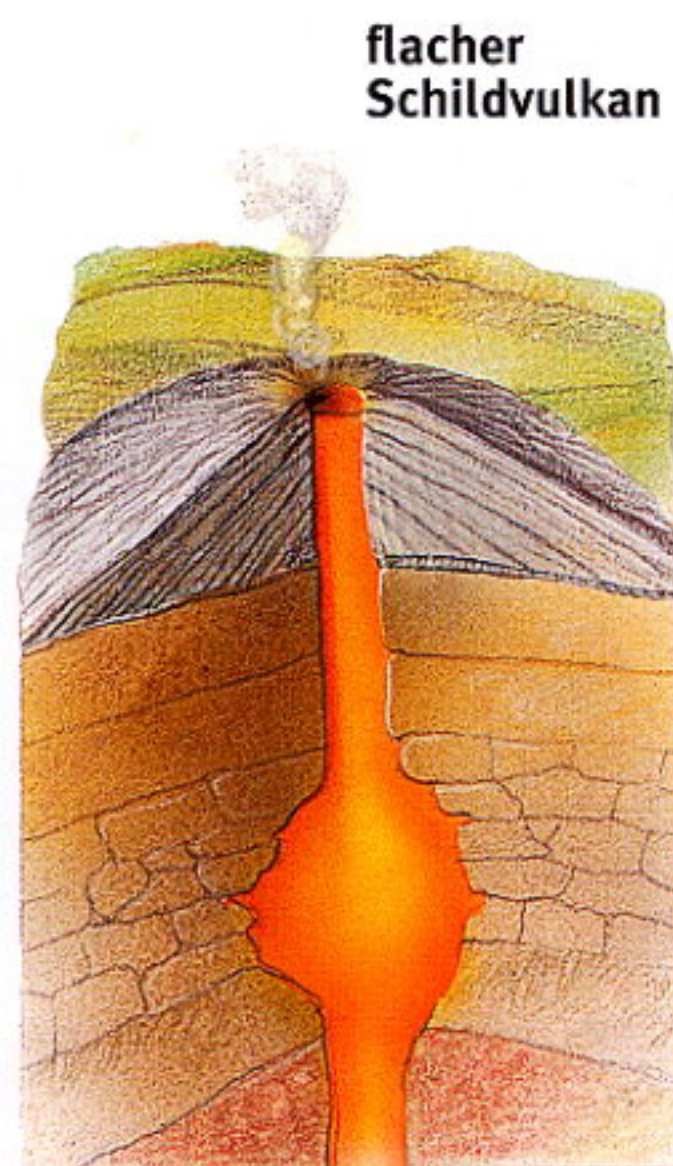
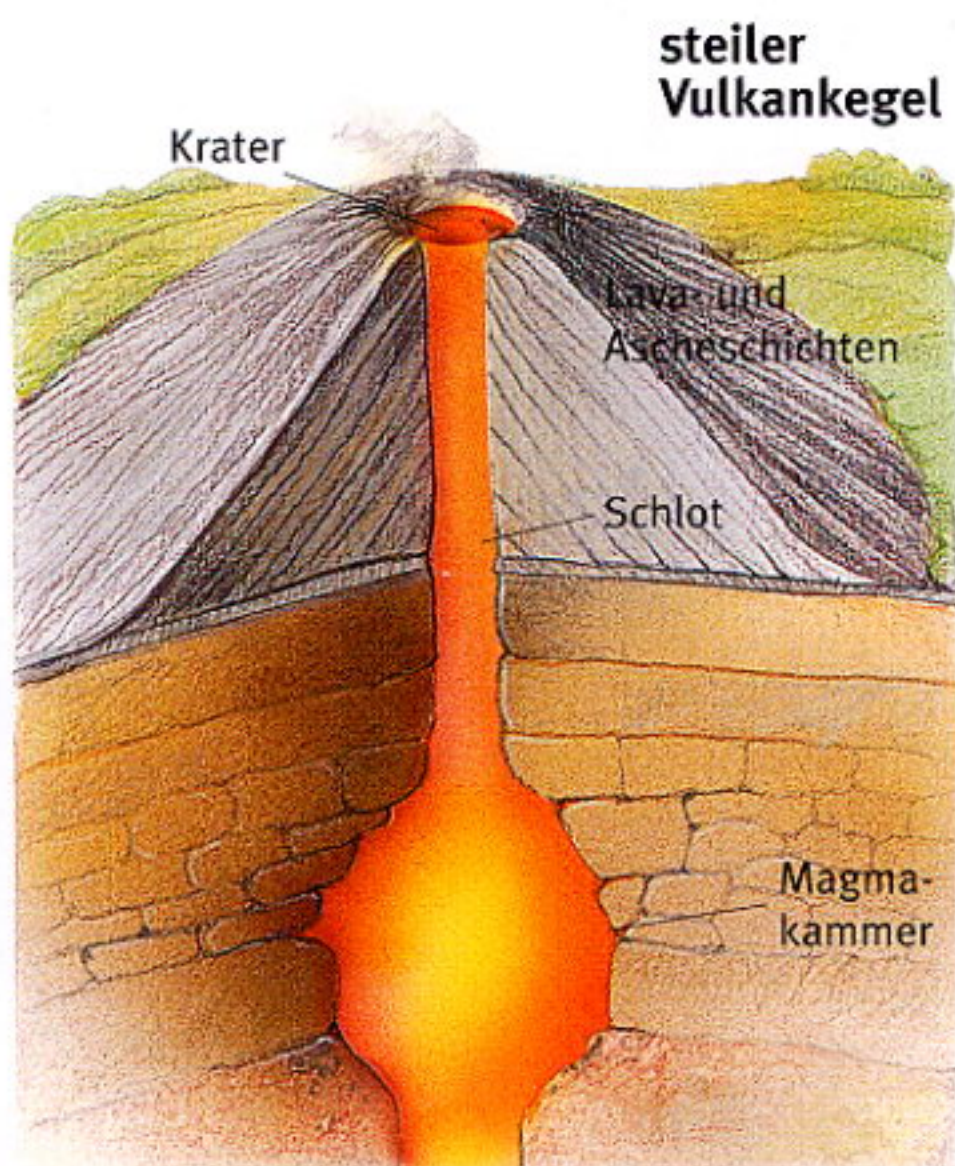


*Blick über die Kraterschüssel des Halemau-mau hinüber zum Schildvulkan Mauna Loa auf Hawaii.*

Celsius, fließt nur zäh wie Zahnpasta oder Fensterkitt und erstarrt an der Luft rasch.

Liegt der Kieselsäureanteil im Magma unter 50 Prozent, nennt man es basisch. Es schmilzt schon bei weniger als 1 000 Grad Celsius und ist recht dünnflüssig. Lavaströme stammen aus Vulkanen, die von basischem Magma gespeist werden. Ihre dünnflüssige Lava kann viele Kilometer weit fließen, bevor sie erstarrt. Nahe am Krater kann sie Geschwindigkeiten von einigen Dutzend Metern pro Minute erreichen. Der bisher schnellste Lavastrom schoss sogar mit rund 55 Kilometern pro Stunde, also etwa 900 Metern pro Minute, dahin.

*Je nach Zusammensetzung der Lava bilden sich unterschiedliche Kegelformen.*





Solche dünnflüssige Lava quillt normalerweise recht ruhig aus dem Schlot und breitet sich dann über weite Flächen aus. Mit der Zeit entsteht eine flache Kuppe, die an einen auf den Boden gelegten Kriegerschild erinnert und daher Schildvulkan genannt wird. Eine solche Form hat beispielsweise der Mauna Loa auf der Pazifikinsel Hawaii. Er ragt zwar „nur“ 4 169 Meter aus dem Pazifik heraus. Aber das ist nur der obere Teil eines gewaltigen Vulkanberges mit sehr flachen Hängen. Er setzt sich unter Wasser noch 5 000 Meter fort und hat am Fuß über 300 Kilometer Durchmesser. Insgesamt ist der Vulkan also höher als der Mount Everest im Himalaja-Gebirge, der mit seinen 8 872 Metern als höchster Berg der Erde gilt.

Vulkankegel mit steilen Hängen dagegen bilden sich, wenn das Magma reich an Gasen und Kieselsäure ist. Dann häufen sich um den Krater herum die ausgeworfenen Lockerstoffe auf, also Asche, kleine Steinchen und große Trümmer, und werden immer wieder überdeckt von Schichten erstarrter Lava. Die Vulkanforscher nennen diesen Typ Schichtvulkan. Die weitaus meisten bekannten Vulkane, etwa der Vesuv, der Ätna, der Stromboli oder der Fudschijama, gehören dazu.



Der Mount Ngauruhoe auf Neuseeland ist ein Schichtvulkan. An den Flanken sind dunkle alte Lavaströme erkennbar.

Schließlich gibt es noch Vulkane, die keine Berge sind. Mitunter quillt nämlich dünnflüssige, basische Lava aus kilometerlangen Erdspalten hervor – in solcher Menge, dass Täler und ganze Landschaften vom Gesteinsbrei überflutet werden. Den größten derartigen Ausbruch in historischer Zeit erlebten 1783 die Bewohner der Insel Island im Nordatlantik. Hier traten innerhalb von 3 Monaten aus einer 25 Kilometer langen Erdspalte, der Laki-Spalte, über 12 Kubikkilometer Lava aus und flossen über 60 Kilometer weit. Gleichzeitig entwichen Vulkangase, zogen weit übers Land, vergifteten das Gras und töteten das Vieh. Eine

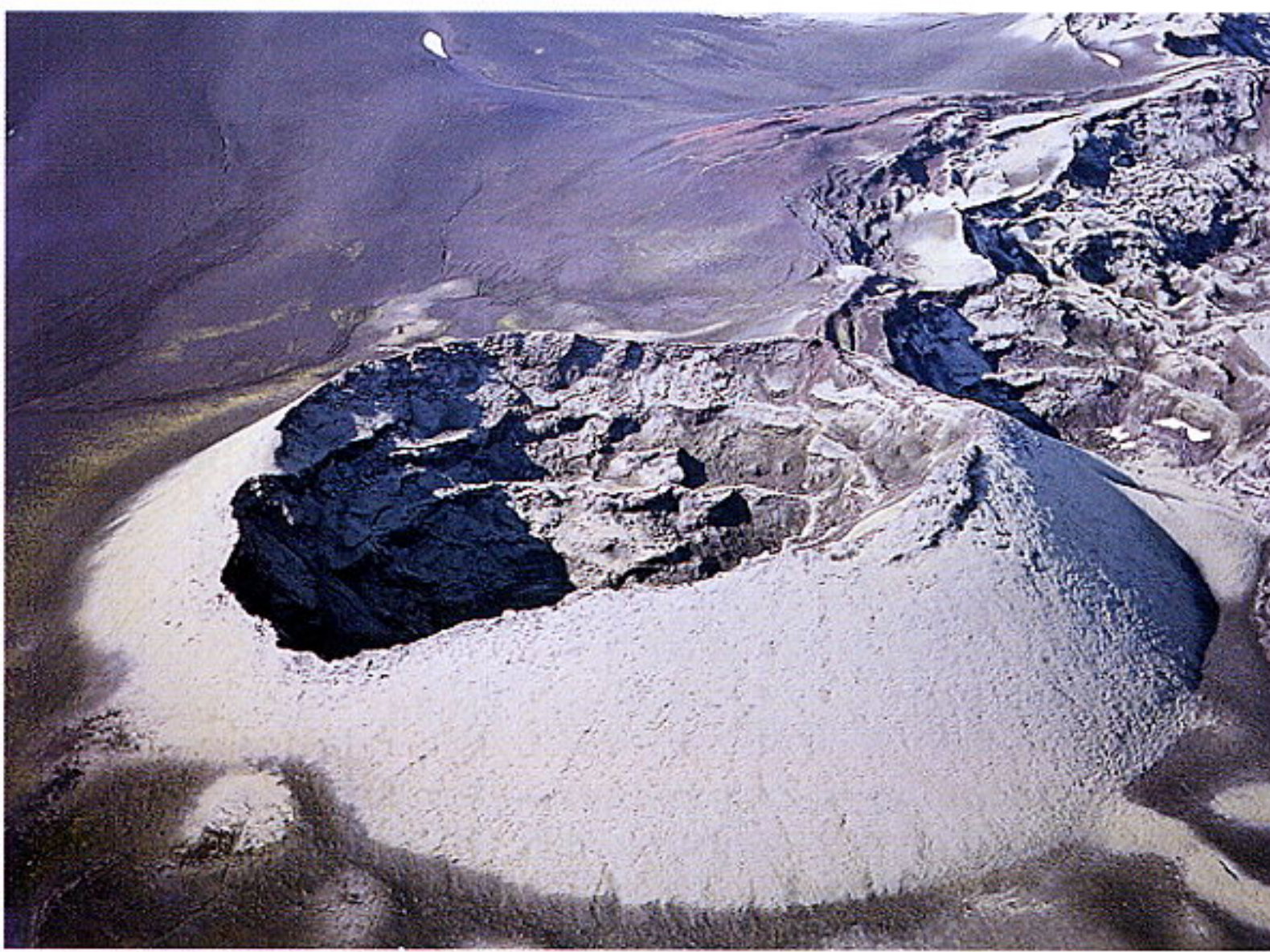
#### DER ISLÄNDISCHE VULKAN

Sneffelsjökull genießt bei Freunden des französischen Schriftstellers Jules Verne besonderes Ansehen. Denn in dem berühmten (und mehrfach verfilmten) Roman „Reise zum Mittelpunkt der Erde“, erschienen 1864, war sein Krater für eine mutige Expedition das Tor zum Erdinnern und zu aufregenden Abenteuern.

Durch abwechselndes Ausstoßen von Asche und Lava bildet sich ein Schichtvulkan. Riesige Mengen Wasserdampf, die ein Ausbruch freisetzt, führen zu heftigen Regenfällen.





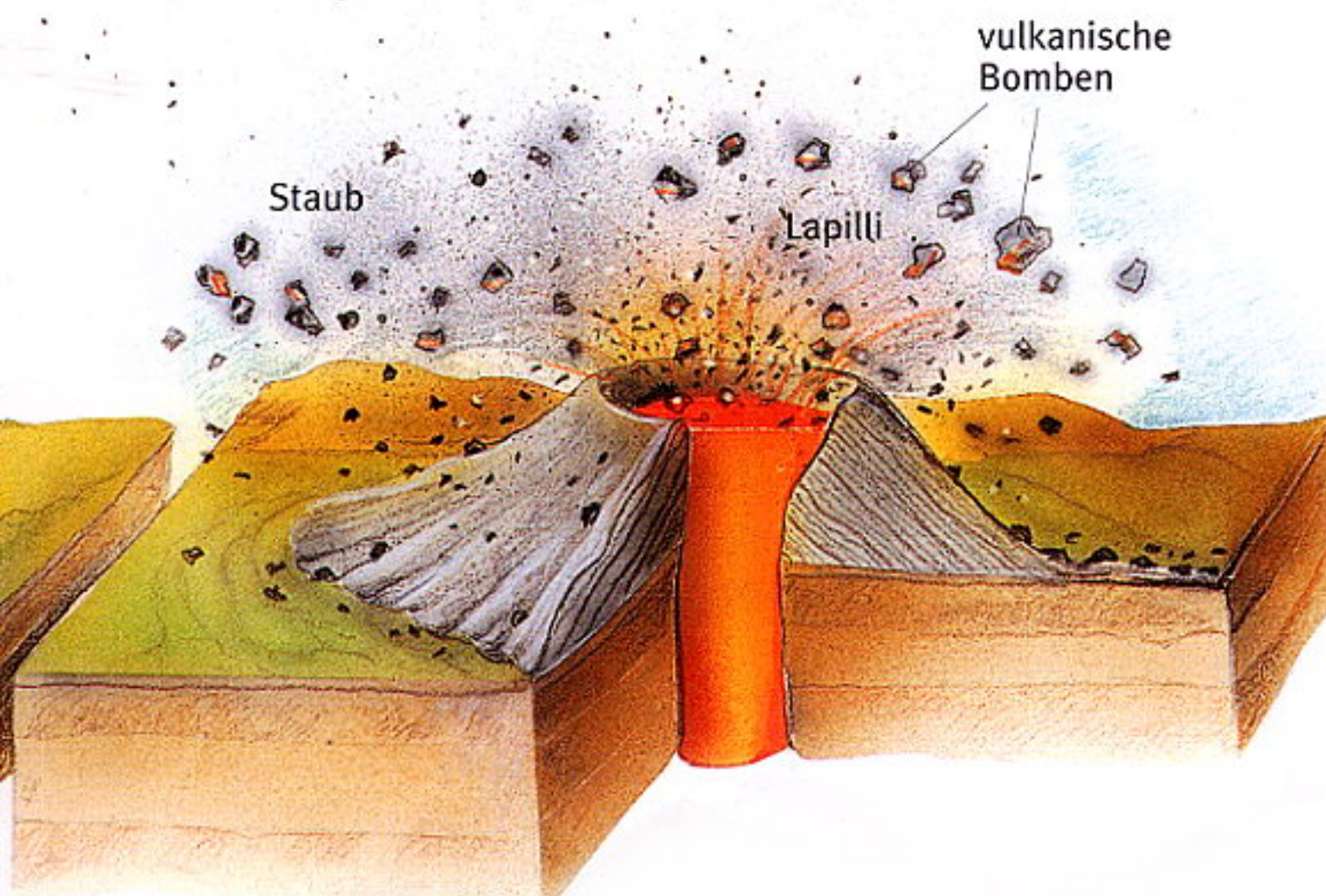


Ein flacher Vulkankegel der Laki-Spalte auf Island; 1783 traten hier riesige Lavamassen aus.

**DIE ISLÄNDER** sind mit ihren Vulkanen besonders eng verbunden. Es gibt auf der Insel mehr davon als sonst irgendwo auf der Erde. Immer wieder hat es auch schwere Ausbrüche gegeben, die weite Landstriche verwüsteten. Die ganze Insel besteht aus vulkanischen Gesteinen: Ohne seine über 100 Vulkane gäbe es Island gar nicht.

große Hungersnot war die Folge, bei der mehr als 10 000 Menschen, ein Fünftel der Inselbevölkerung, starben.

In früheren Epochen der Erdgeschichte hat es noch weit gewaltigere Lavaaustritte gegeben – so etwa im südamerikanischen Paraná-Becken, das Südbrasilien, Nordargentinien, Paraguay und Uruguay umfasst. Hier bedeckt erstarrte Lava ein Gebiet von rund einer Million Quadratkilometern Größe (etwa die dreifache Fläche von Deutschland) bis zu 600 Meter hoch.



### Entsteht durch Vulkan- ausbrüche neues Land?

Im Jahre 1963 entstand plötzlich südlich von Island eine neue Insel: Surtsey. Am Morgen des 14. November 1963 wunderte sich die Besatzung des Fischkutters Isleifur II über eine eigenartige Rauchwolke auf dem Meer. Sie steuerte darauf zu und sah vulkanische Asche und glühende Gesteins-trümmer emporsteigen. Innerhalb weniger Stunden war die Rauchsäule über 4 000 Meter hoch, und dichte Dampfwolken quollen aus dem



Erst 1963 stieg die neu gebildete Vulkaninsel Surtsey bei Island mit Feuer und Rauch aus dem Meer.

Wasser. Am nächsten Tag zeigte sich an dieser Stelle ein schon 10 Meter hohes schwarzes Inselchen. Es wuchs durch die heftigen Ausbrüche rasch an – einen Monat später ragte es schon 150 Meter aus dem Wasser.

Inzwischen ist die vulkanische Tätigkeit auf Surtsey zur Ruhe gekommen. Bewohnt ist die Insel nicht, aber sie wird regelmäßig von Biologen aufgesucht, denn sie ist ein hochinteressantes Laboratorium: Die Forscher beobachten hier, wie Pflanzen und Tiere nach und nach vom neuen Land Besitz ergreifen.



## Was ist eine Caldera?

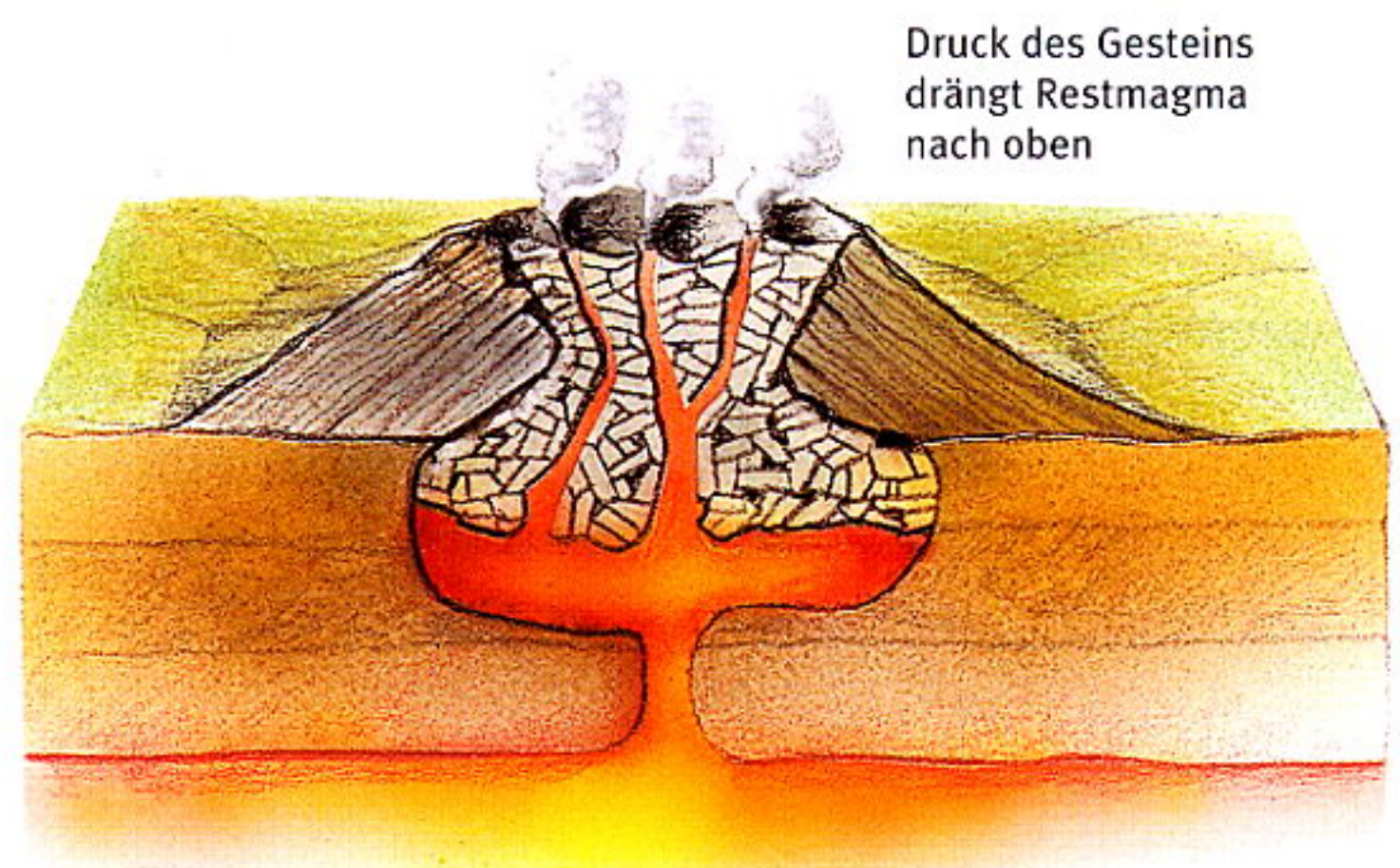
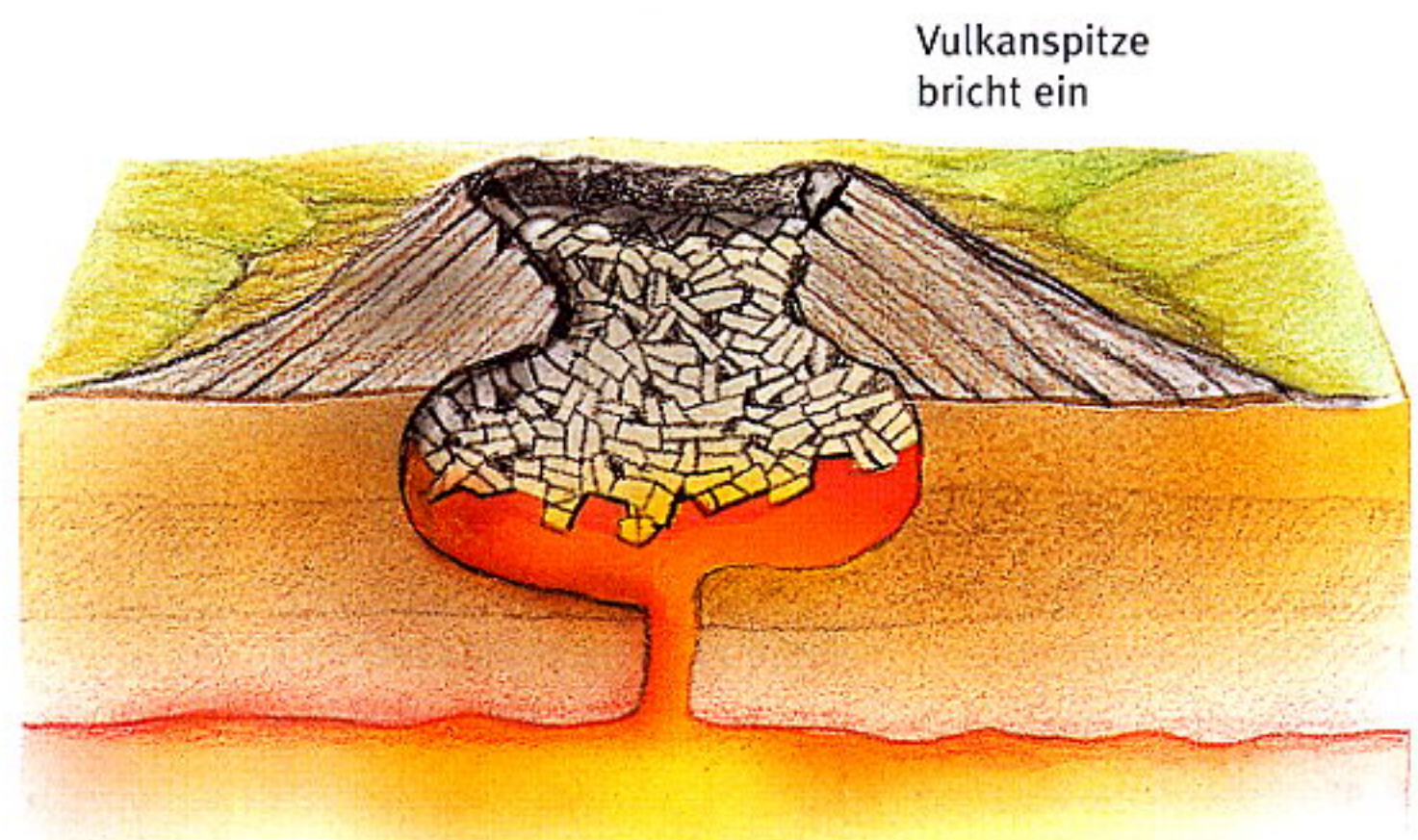
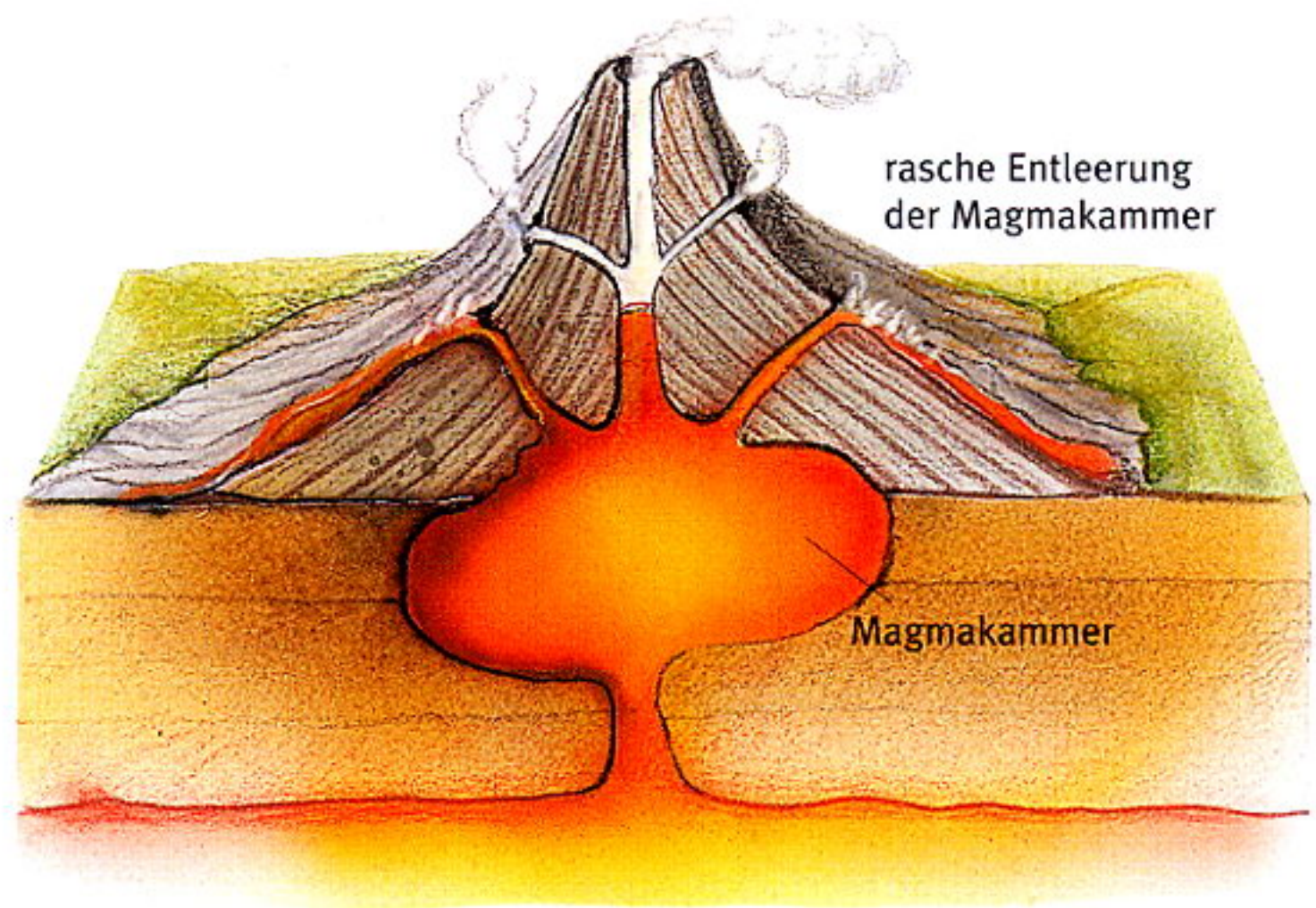
Wenn durch gewaltige Gasausbrüche die Magmakammer rasch entleert wird, kann die Spitze des Vulkankegels einbrechen. Man nennt solche stark erweiterten Vulkankessel, die einem großen Krater ähneln, Caldera (Kessel). So hat der Vesuv bei seinem Ausbruch im Jahr 79 n. Chr. seinen Gipfel verloren, dabei rund 2 000 Meter Höhe eingebüßt, und aus dem Gipfel wurde eine Caldera. Bei Vulkaninseln dringt das Meer dann in den entstandenen Kessel ein, und oft bleiben nur noch einige Landfetzen vom einstigen Vulkan übrig. Bei Festlandsvulkanen kann sich Regenwasser in der Caldera sammeln und einen See bilden. So entstand etwa der Crater Lake des Mount Mazama im US-



*Der Mount Mazama in Oregon: Ein erloschener Vulkan, in dessen Kraterkessel sich ein See gebildet hat.*

Bundesstaat Oregon. Der Berg ist vor 6 500 Jahren explodiert, und seine Caldera hat fast 10 Kilometer Durchmesser und 1 200 Meter Tiefe.

Meist ist die vulkanische Tätigkeit aber mit der Calderen-Bildung nicht beendet. Nach einigen Jahren türmt sich im Riesenkessel erneut ein Vul-



kan auf. So liegt mitten im Crater Lake ein junger Vulkankegel als kleine bewaldete Insel. Auch der heutige Vesuv ragt inmitten der Caldera auf, die beim Ausbruch im Jahr 79 entstanden war; der höchste Punkt ihres Randes ist der Monte Somma gleich neben dem Vesuvkegel.

*Nach einem Ausbruch bricht der Gipfel ein. Eine Caldera entsteht. Bald aber rauchen erneut Schlote.*





*Pahoehoe-Lava fließt oft zu Fladen und Falten zusammen, bevor sie vollständig erstarrt.*



*Die Oberfläche der Aa-Lava besteht aus rauhen, scharfkantigen Brocken.*

### **Zu welchen Formen erstarrt Lava?**

**VULKANTUFFE** nennt man die von Schichtvulkanen ausgeworfenen Lockerstoffe, wie Asche, Steinchen (Lapilli) und Staub, wenn sie mit der Zeit zusammenbacken und sich zu Gestein verfestigen. Sie sind als Baustoff begehrt, weil sie nicht so hart und daher leicht zu bearbeiten sind und zudem wärmeisolierend wirken.



*Rotbrauner Vulkantuff ist ein beehrtes Baumaterial.*

Auf der Pazifikinsel Hawaii kann man den Vulkanismus besonders gut beobachten. Aus den dortigen Vulkanen strömt sehr dünnflüssige Lava, die sich beinahe harmlos und ohne Explosionen ihren Weg sucht und schließlich erstarrt. So kann der Vulkanforscher (aber auch der Tourist) gefahrlos nahe an Krater, Lavaströme und Lavaseen herangehen. Für die Hawaiianer ist erstarrte Lava daher ein vertrauter Anblick. Sie prägten sogar Bezeichnungen für die unterschiedlichen Erstarrungsformen, und diese Wörter sind dann in die Fachsprache der Vulkanforscher übergegangen.

Der heiße Gesteinsbrei kann nämlich auf ganz unterschiedliche Art fest werden. Wenn Lava von hoher Temperatur und guter Fließfähigkeit langsam hervorquillt, bildet sich nach einigen Metern durch Abkühlung eine schwarze Haut auf der Oberfläche des Lavastroms. Manchmal bleibt sie auch hängen, dann entstehen Wülste, Fladen und Falten. Solche Lava nennt man Pahoehoe (sprich: pa-ho-ho), was in der polynesischen Sprache bedeutet: Lava, auf der man barfuß gehen kann.

Sie ist so glatt, dass sie nicht in die bloßen Füße schneidet. Im Deutschen heißt sie auch Fladen- oder Strick-Lava.

Die erstarrte Lavahaut ist ein guter Wärmeisolator, der die noch glühende Lava darunter wirksam vor dem Abkühlen schützt. Sie fließt jetzt wie Wasser in einer Röhre. Stockt jedoch der Lava-Nachschub, während der Gesteinsbrei am unteren Ende rasch abfließt, kann die Röhre leer laufen. Auf diese Weise entstehen gelegentlich kilometerlange Lavahöhlen, die einige Meter breit und hoch sein können.

Einer dieser Tunnel, die Thurston-Tube auf Hawaii, hat an der breitesten Stelle fast 5 Meter Durchmesser. Und auf der Kanarischen Insel Lanzarote im Atlantik hat man in eine solche Lavaröhre sogar ein Lokal hineingebaut.

Ganz andere Eigenschaften hat die Aa-Lava (sprich: ah-ah). Sie besteht aus scharfkantigen, schroffen, verdrehten Schlackeblöcken, die sich schmerzhaft in die bloßen Füße (und beim Hinfallen in die Hände) schneiden. Daher auch der Name: Er drückt den entsprechenden Schmerzensschrei aus. Selbst stabiles Schuhwerk wird durch diese scharfkantigen Brocken in kurzer Zeit zerfetzt.



Aa-Lava entsteht, wenn beim Austritt viel Gas entweicht, so dass sie schlackig erstarrt und sich kleine Fontänen bilden. Die Lava kann dann nicht mehr glatt fließen, sondern wälzt sich mühsam vorwärts und zerfällt dabei in viele feste Stücke, die vornüberfallen und vom weiterziehenden Strom überrannt werden. Ein Strom Aa-Lava sieht aus wie ein Haufen glühender Schlacke, der sich langsam vorwärts schiebt.

Eine dritte Lavaform, die Kissen-Lava, findet man in riesigen Mengen an Unterwasservulkanen. Sie entsteht, wenn Lava unter Wasser hervortritt. Die plötzliche Abkühlung erzeugt ein sackähnliches Gebilde mit einer festen Kruste. Der Druck der nachfolgenden Lava treibt es aus der Erdspalte heraus; es löst sich ab und erstarrt kissenförmig.

### Was sind Erstarrungsgesteine?

Vor 200 Jahren tobte unter den Erdforschern ein heftiger Streit. Es ging um die Frage, wie die Gesteine, die wir heute auf der Erde finden, entstanden sind. Die „Neptunisten“ (nach dem römischen Meeresgott Neptun) behaupteten, alles Gestein bilde sich im Meer, auch zum Beispiel der graue Basalt. Die „Plutonisten“ (nach Pluto, dem Gott der Unterwelt) hielten dagegen, die Gesteine stammten alle aus dem feuerflüssigen Erdinnern; sie seien aus den Vulkanen emporgequollen und dann erstarrt.

Heute wissen wir: Beide Gelehrten-Lager hatten bis zu einem gewissen Grad recht. Es gibt Gesteine, die im Meer entstanden, nämlich viele der Ablagerungsgesteine wie etwa Kalk oder Sandstein. Die Erstarrungsgesteine bilden sich dage-

gen durch Abkühlen und Erstarren von flüssiger Gesteinsschmelze – Magma.

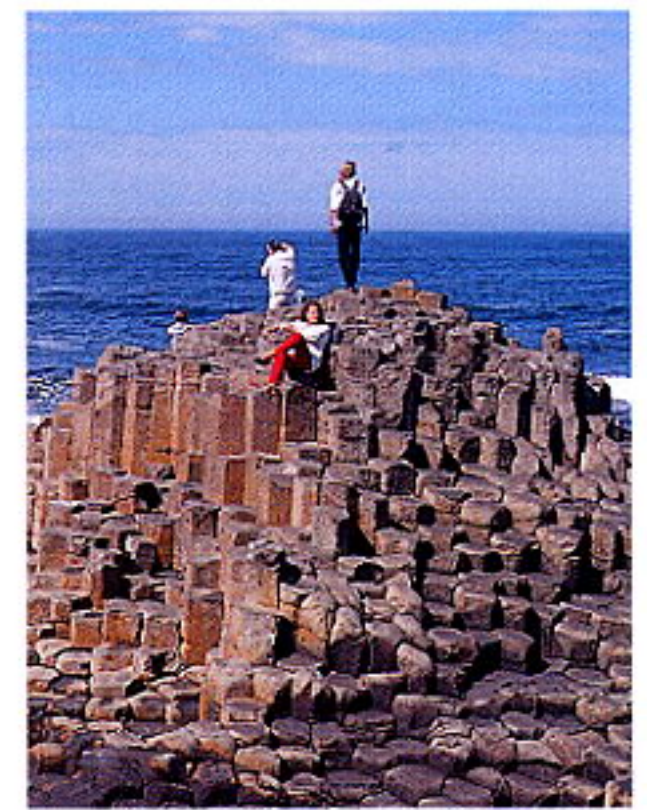
Das geschieht nicht unbedingt an der Erdoberfläche, und es bedarf dazu auch nicht immer eines Vulkans. Vielfach reichen nämlich Druck und Hitze des Magmas nicht aus, die Erdkruste zu durchbrechen. Lässt der Druck nach einiger Zeit wieder nach, erstarrt es in der Tiefe, manchmal in Gängen und Spalten. Dabei kühlt es, geschützt durch die darüber liegenden Gesteinsschichten, nur langsam ab. So können sich die verschiedenen Bestandteile der Gesteinsschmelze trennen und einzeln in Kristallen sammeln. Solche Tiefengesteine kann man dank dieser Kristalle an ihrem körnigen Aussehen erkennen.

Das bekannteste Tiefengestein ist der Granit, der wegen seiner Schönheit und Härte gern als Baumaterial für Gebäude und Gehwegplatten verwendet wird. Je nach Zusammensetzung kann er grau, rotbraun oder grünlich gefärbt sein. Auch Tiefengesteine können die Erdoberfläche erreichen: Nämlich dann, wenn im Laufe von Jahrmillionen die darüber liegenden Gesteinsschichten von Wind und Regen abgetragen werden.

Wenn dagegen Lava an der Erdoberfläche ziemlich rasch erstarrt, entstehen Ergussgesteine. Sie sind sehr feinkörnig und von einheitlicher Struktur, weil die Magma-Bestandteile keine Zeit finden, sich zu trennen.

Bei weitem häufigster Vertreter der Ergussgesteine ist der Basalt, ein hartes, graues, vielseitig nutzbares Gestein (s. S. 38). Tatsächlich entsteht viel Basalt im Meer, aber nicht so, wie die Neptunisten meinten: Er stammt von Lava, die aus Spalten im Meeresboden quillt und fest wird.

**BASALT** ist an einigen Stellen der Erde beim Abkühlen zu sechskantigen Säulen erstarrt, die wie Orgelpfeifen nebeneinander stehen. Die schönsten Basaltsäulen in Deutschland findet man bei der Burg Stolpen, 20 Kilometer östlich von Dresden. An der nordirischen Küste gibt es den „Damm der Riesen“ (Giant's Causeway), eine Strecke aus sechseckigen Basaltsäulen. Sie sind bis zu 6 Meter hoch und etwa 45 Zentimeter dick.



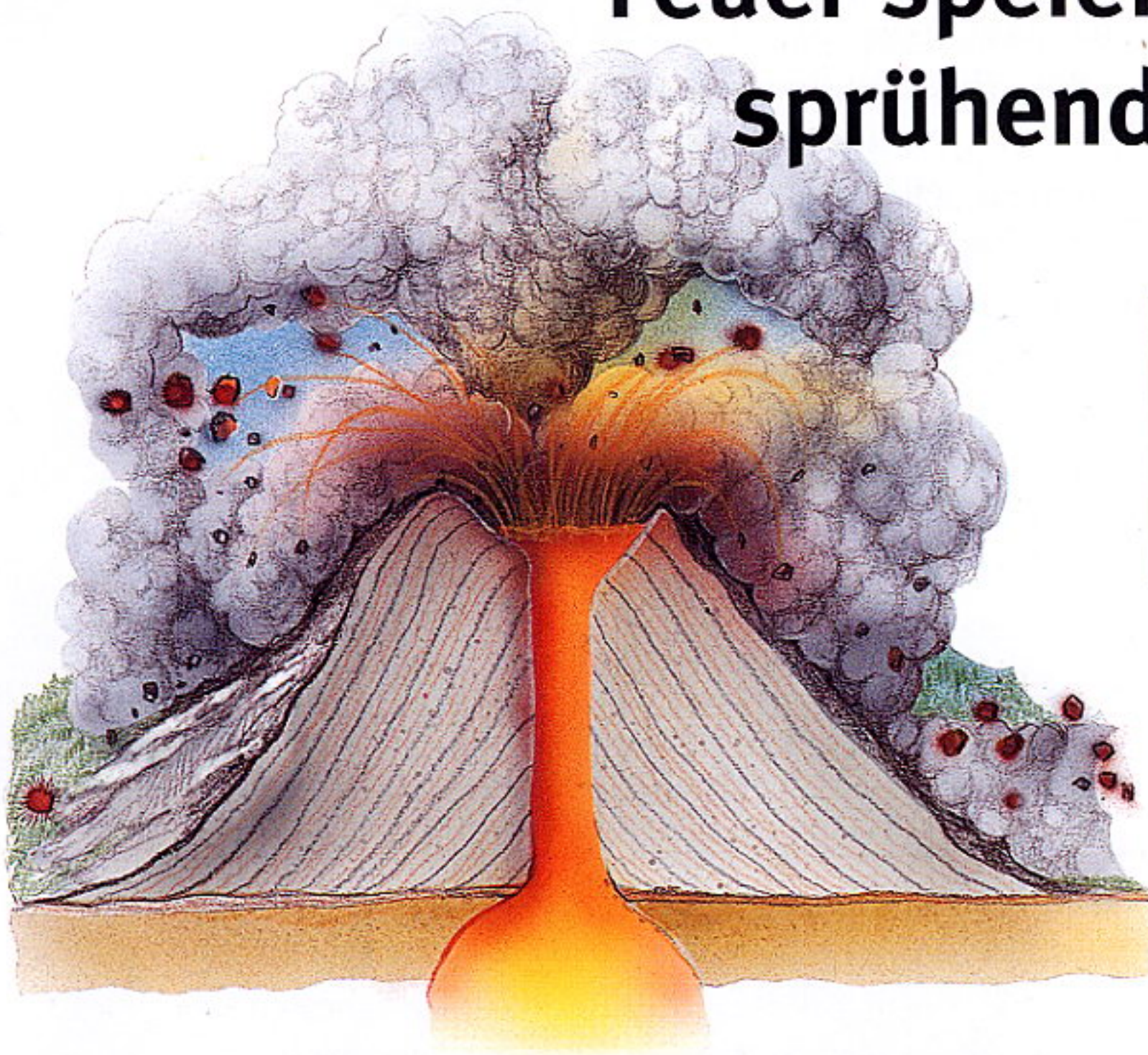
Der „Damm der Riesen“ (Giant's Causeway) an der nordirischen Küste reicht fast 200 Meter ins Meer hinein.

Der poröse **BIMSSTEIN** entsteht, wenn sehr gasreiches, zähflüssiges Magma beim Ausbruch plötzlich in die Luft geschleudert wird. Die darin enthaltenen Gase blähen den Gesteinsbrei zu einer Art Schaumstoff auf, der schnell fest wird (s. S. 40). Bimsstein ist so leicht, dass ein Stück davon sogar auf dem Wasser schwimmt.





## Feuer speiende Berge und sprühende Fontänen

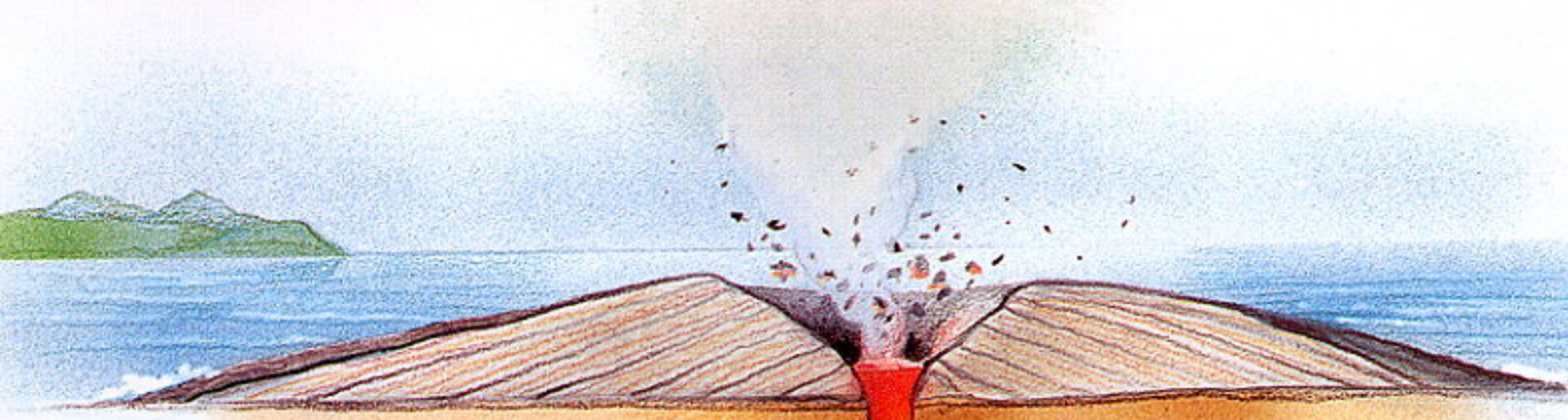


*Vulkane des Vesuv-Typs explodieren nach oft jahrhundertelanger Ruhe mit gewaltiger Wucht. Zu diesem Typ gehört auch der Mount St. Helens, der am 25. Mai 1980 mit einem Schlag Hunderte von Metern seines Gipfels absprengte.*

### Können Vulkane explodieren?

Jeder Vulkan verhält sich anders, und mitunter ändert er sein Verhalten auch im Laufe der Zeit. Einige Vulkane sind hochgefährlich und gelten als unberechenbar. Die Vulkanforscher unterscheiden fünf Grundtypen von Vulkanen. Sie hängen vor allem von Gasgehalt und Fließverhalten des Magmas ab. Am harmlosesten sind die Vulkane des Hawaii-Typs. Ihre dünnflüssige, gasarme Lava fließt zwar in meist großen Mengen, aber ruhig und ohne Getöse aus dem Krater ab und formt gewaltige Schildvulkane. Ist





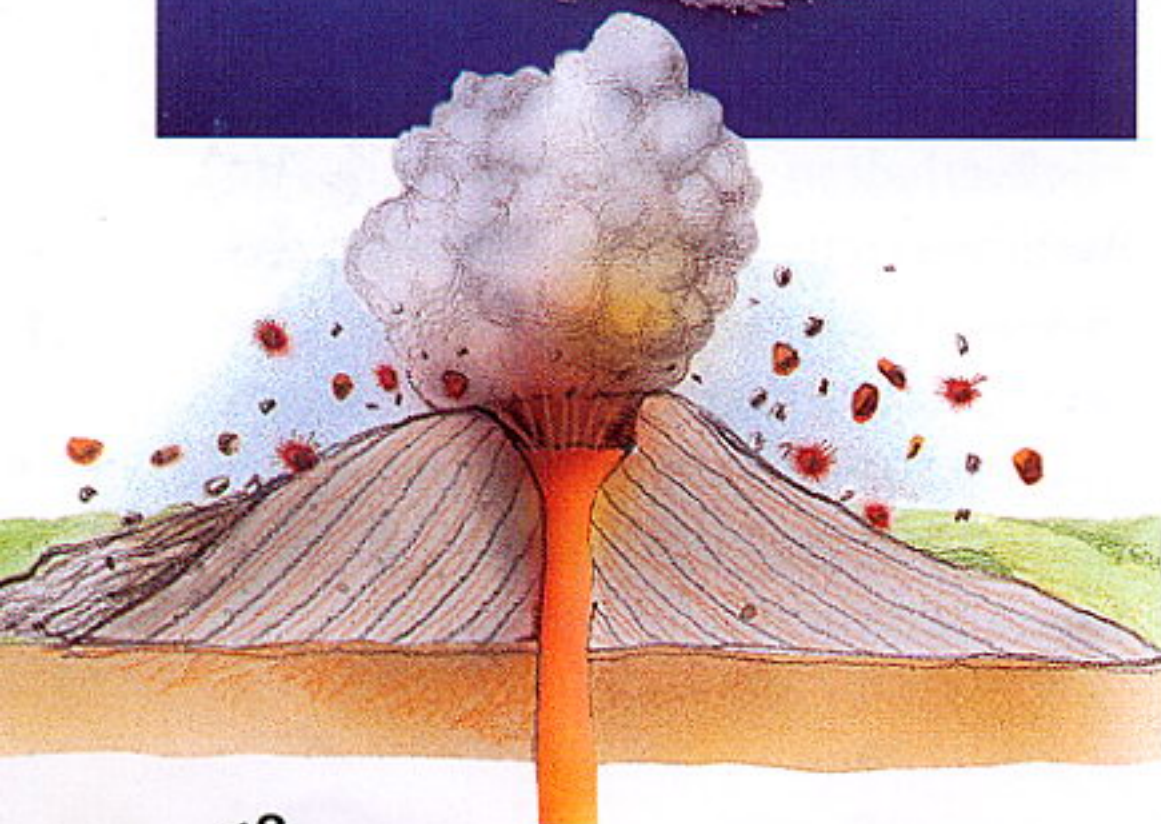
*Vulkan vom Hawaii-Typ.*

der Kieselsäuregehalt des Magmas und damit dessen Zähflüssigkeit höher, so erstarrt es leicht und verstopft den Schlot. Bei Vulkanen des Stromboli-Typs führt das zu häufigen, aber nicht sehr heftigen Explosionen: Immer, wenn sich unter der verfestigten Stelle genügend Gasdruck im Magma aufgebaut hat, sprengt er die dünne Kruste weg.

Der Stromboli-Vulkan, der eine Mittelmeerinsel nördlich von Sizilien aufbaut, bricht auf diese Weise etwa alle 20 bis 30 Minuten aus und wirft jeweils einige Sekunden lang Funken, Bomben, Lapilli und Asche einige Meter hoch in die Luft. Er ist vergleichsweise harmlos, wenn man nicht gar zu nahe herangeht.

Während Hawaii-Lava etwa wie Honig fließt, erinnert die Zähflüssig-

*Vulkan des Stromboli-Typs und der Namensgeber im Mittelmeer.*



keit des Magmas bei Vulkanen des Pelée-Typs eher an Teer. Ihr Namensgeber ist ein Berg auf der Karibikinsel Martinique, der 1902 die Stadt St. Pierre vernichtete. Sein zähes Magma erstarrt sehr leicht und bildet dann einen festen Pfropf im Schlot. Es kommt vor, dass der Gasdruck diesen Pfropf erstarrter Lava innerhalb einiger Tage Hunderte Meter in die Höhe schiebt, so dass er oben aus dem Krater herauswächst. Die Vulkanforscher nennen einen solchen ausgepressten Pfropf eine Staukuppe.

Bei Pelée-Vulkanen sitzt der Pfropf im Schlot allerdings oft so fest, dass selbst hoher Gasdruck im nachdrängenden Magma ihn nicht wieder lösen kann. Dann sucht sich

**DIE MENSCHEN VON ST. PIERRE** hätten nicht zu sterben brauchen. Tagelang hatte der Vulkan Warnzeichen ausgesandt: Beben, Aschewolken, Lava. Aber am 11. Mai sollten Wahlen stattfinden, und die Politiker wollten möglichst viele Wähler in der Stadt behalten. Sie spielten die drohende Gefahr herunter, statt die Einwohner zu evakuieren. Am 8. Mai brach der Pelée aus und tötete binnen Sekunden 28 000 Menschen.



*Die Ruinen der vom Pelée zerstörten Stadt St. Pierre.*

*Vulkan des Pelée-Typs.*







*Der Krater von Stromboli.  
Der Vulkan bricht alle 20 bis  
30 Minuten aus, aber die Erup-  
tionen sind relativ harmlos.  
Hier sieht man einen seltenen  
„Doppelschuss“.*

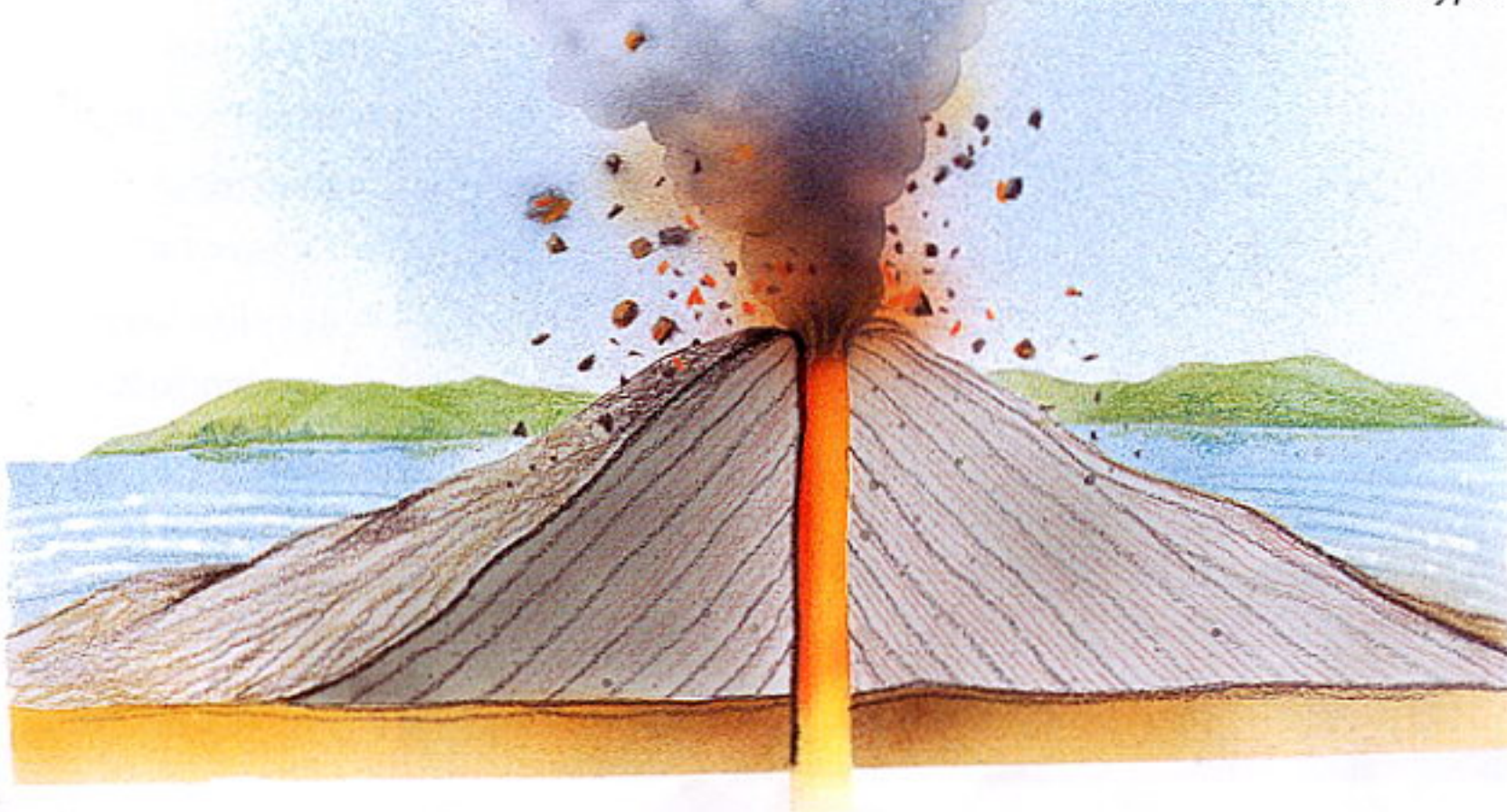
das Gas irgendwann einen Nebenweg an der Bergflanke nach außen – mit verheerenden Folgen: Eine glühend heiße Wolke aus Asche, Gesteinstrümmern und Rauch rast mit einer Geschwindigkeit von 500 Kilometern pro Stunde den Berg hinunter und breitet sich kilometerweit über das Land aus. Niemand weiß vorher, ob und wann solch eine Glutlawine entsteht und welche Bahn sie nehmen wird. Für eine

Flucht bleibt bei diesem Flugzeug-Tempo keine Zeit. Daher sind Vulkane des Pelée-Typs höchst unberechenbar und gefährlich.

Auch bei Vulkanen des Vesuv-Typs (s. S. 17) verstopft das Magma oft den Schlot, denn es ist sehr kiesel-säurereich und zähflüssig. Bei diesem Vulkantyp aber sprengt der steigende Gasdruck schließlich den Pfropf mit Gewalt in einer alles verwüstenden Explosion heraus. Nach dieser Anfangskatastrophe bricht der Berg noch tagelang mit großer Heftigkeit aus und fördert riesige Mengen Asche, Bomben und Lava zutage.

Zwischen solchen Ausbruchspere-oden aber können Jahrhunderte der Ruhe liegen. Gerade diese lange Zeitspanne macht Vulkane des Vesuv-Typs so gefährlich. Denn in der

*Vulkan des Krakatau-Typs.*



Zwischenzeit scheint der Berg erloschen: Die Hänge begrünen sich und werden manchmal landwirtschaftlich genutzt, Dörfer und Städte entstehen in seiner Umgebung. Aber irgendwann erwachen die Kräfte der Tiefe wieder. Diese Erfahrung machten 1980 die Bewohner des US-Bundesstaates Washington am Pazifik, als der Mount St. Helens nach über hundert Jahren Pause seinen Gipfel absprengte und noch 20 Kilometer entfernt die Landschaft verheerte.

Beim Vesuv sind die Ruhepausen sogar noch weit länger. Bevor er Pompeji und Herculaneum verschüttete, hatte er 800 Jahre lang Frieden gehalten. Vor einem schweren Ausbruch im Jahre 1631, bei dem er die Stadt Portici verwüstete, hatte er sich 600 Jahre nicht gerührt. Deshalb ließ damals der Vizekönig von Neapel in den Ruinen von Portici eine Warntafel für spätere Geschlechter mit folgendem Text aufstellen: Kinder und Kindeskind. Hört! Früher oder später wird dieser Berg Feuer fangen. Aber bevor das geschieht, hört Ihr Donnerrollen, Tosen und Erdbeben. Flammen, Rauch und Blitze speit er aus, die Luft zittert, rumpelt und heult. Flieht, solange Ihr noch könnt. Kümmert Euch nicht um Haus und Herd, sondern flieht, ohne zu zögern.

Aber so verheerend Vulkane des Vesuv-Typs sind – ihre Gefährlichkeit wird gelegentlich noch von den Vulkanen des Krakatau-Typs übertroffen. Wenn das Magma sehr zäh ist und der Druck in der Tiefe sehr hoch, kann der ganze Vulkan in die Luft fliegen. Der Donner ist oft Tausende von Kilometern entfernt noch zu hören, mitunter sind die Folgen sogar weltweit spürbar. Eine der schlimmsten Katastrophen dieser Art war die Explosion des Krakatau.

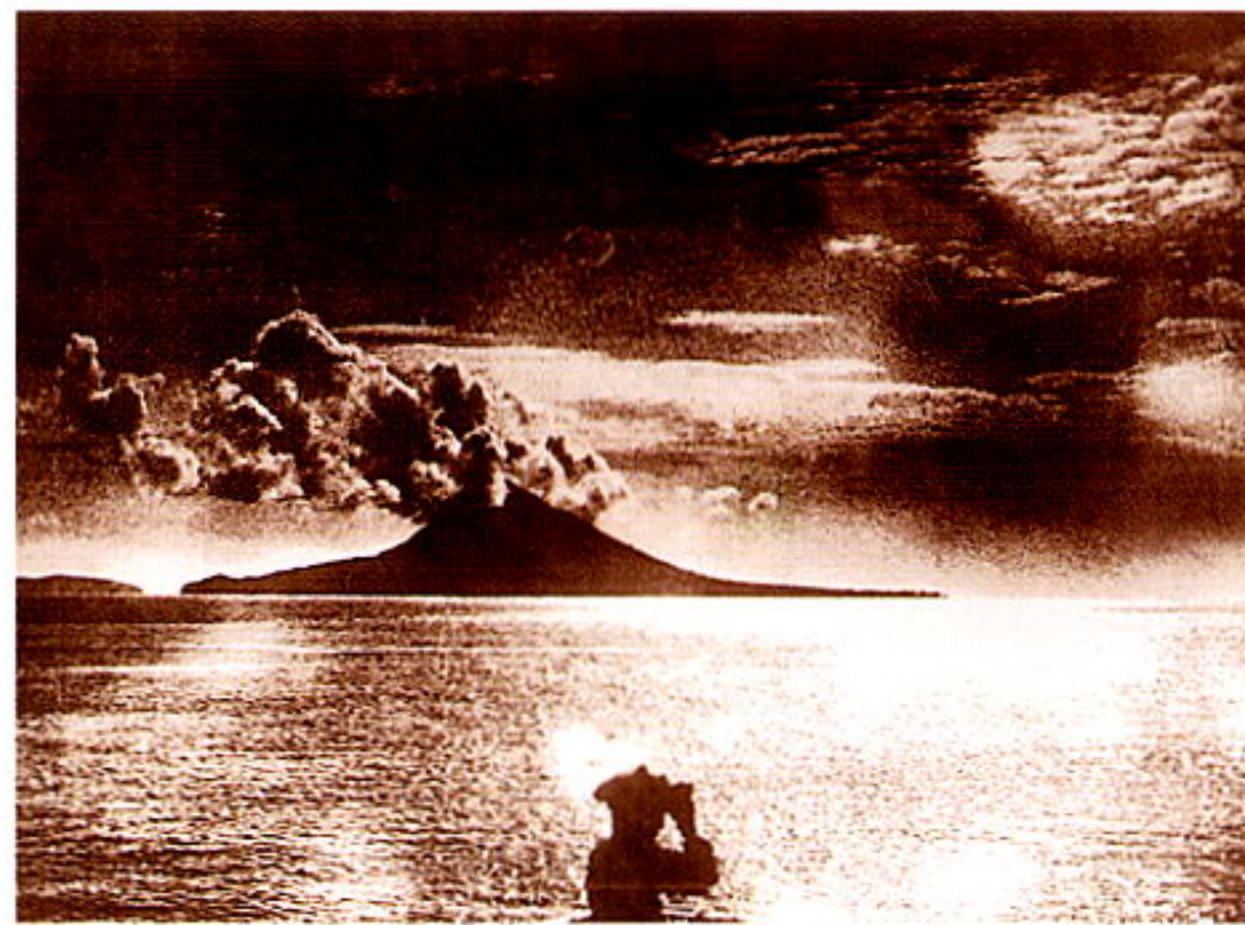


## Was geschah beim Ausbruch des Krakatau?

Der Krakatau ist eine Vulkaninsel in der Sundastraße zwischen Sumatra und Java in Südostasien. Nach über 200 Jahren Ruhe gab es 1883 mehrere heftige Ausbrüche. Sie waren aber nur das Vorspiel: Am 27. August explodierte er unvorstellbar heftig. Eine Säule aus Feuer und Asche schoss mindestens 50 Kilometer hoch – das ist fünfmal so hoch, wie Düsenflugzeuge fliegen. Noch Hunderte von Kilometern entfernt regneten Bimssteinbrocken herab. Der Donner der Explosion war 5 000 Kilometer weit zu hören, das entspricht etwa der Entfernung von London bis New York! „Die Hälfte meiner Mannschaft hatte geplatzte Trommelfelle“, berichtete später der Kapitän eines 40 Kilometer von der Insel entfernten Schiffes.

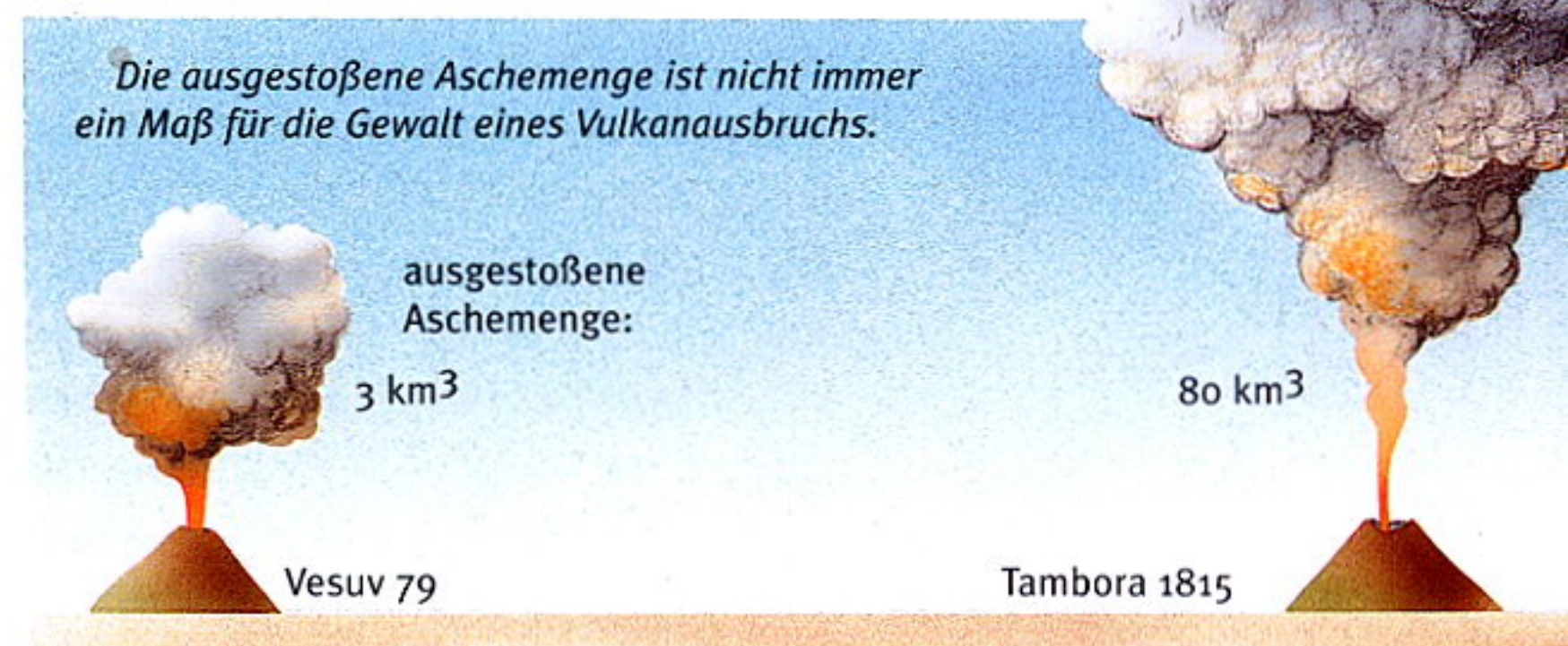
Die meisten Opfer aber forderte eine ungeheure Flutwelle, ausgelöst durch den Einsturz der Decke über der Magmakammer: Sie verwüstete die Küsten der umliegenden Inseln, zerstörte fast 300 Städte und Dörfer und tötete mehr als 36 000 Menschen. Selbst im Hafen von San Francisco, jenseits des Pazifischen Ozeans und mehr als einen halben Erdumfang entfernt, richtete sie noch Schäden an. Der Staub der Explosion zog mit dem Wind jahrelang um den Erdball und rief ungewöhnlich farbenprächtige Sonnenuntergänge hervor. Und eine meterdicke Schicht schwimmenden Bimssteins behinderte noch einige Jahre lang in der Sundastraße den Schiffsverkehr. Von der einstigen Insel blieben kahle Reste übrig, die sich nur langsam wieder begrünt.

Die vulkanischen Kräfte jedoch sind nicht erloschen. Nahe der ur-



Der Anak Krakatau um 1952 – 69 Jahre nach der verheerenden Krakatau-Explosion.

sprünglichen Kraterinsel tauchte 1927 ein neuer Vulkan aus dem Meer. Er wurde Anak Krakatau (Sohn des Krakatau) genannt und wächst seither bei immer neuen Ausbrüchen in die Breite und Höhe. Vielleicht ist es auch sein Schicksal, in einigen Jahrhunderten zu explodieren, wie auch der Krakatau selbst sich offenbar zwischen den Überresten eines Vulkans gebildet hatte, der Jahrtausende zuvor in die Luft geflogen war.



Das Jahr 1816 galt in weiten Teilen der Nordhalbkugel als das „Jahr ohne Sommer“. An der Ostküste der USA und in Europa stellten die Wetterforscher die tiefsten Sommertemperaturen seit mehr als 200 Jahren fest. Viele Pflanzen erfroren, KälteWellen brachten selbst im Juli Frost und Schnee.

## Verändern Feuer speiende Berge das Erdklima?

**SELBST DIE AUSBRÜCHE** von Krakatau und Tambora wirken harmlos im Vergleich zu den Katastrophen früherer Erdzeitalter. Im Yellowstone-Nationalpark in den USA liegt eine riesige Caldera von 70 Kilometer Breite. Sie entstand bei einem Vulkanausbruch vor etwa 600 000 Jahren.



**IN DER FRÜHZEIT** der Erde waren Vulkane noch weit häufiger und aktiver als heute. Sie haben vermutlich einen großen Teil des Wassers der Ozeane und der Gase der damaligen Lufthülle freigesetzt. Möglicherweise sind sogar die ersten Lebewesen vor rund 4 Milliarden Jahren in warmen schwefel- und mineralhaltigen Quellen auf vulkanischem Boden entstanden.

Hungersnöte waren die Folge, und viele Menschen verließen ihre Heimat.

Sie wussten nicht, dass die Ursache dieser Sommerkälte eine Vulkankatastrophe im fernen Indonesien war. Dort explodierte 1815 der Vulkan Tambora auf der Insel Sumbawa – in einer um vieles heftigeren Weise als 7 Jahrzehnte später der Krakatau. Der Ausbruch mit seinen Erdbeben, Orkanen und Flutwellen kostete über 90 000 Menschen das Leben. Der Berg verlor 1 500 Meter seiner Höhe, ein 6 000 Meter breiter Kessel tat sich auf. Im Umkreis von 1 600 Kilometern bebte damals der Boden, und noch 500 Kilometer entfernt, so berichteten Augenzeugen, verdunkelten Aschewolken die Sonne. Auf europäische Verhältnisse übertragen würde ein in München ausbrechender Vulkan

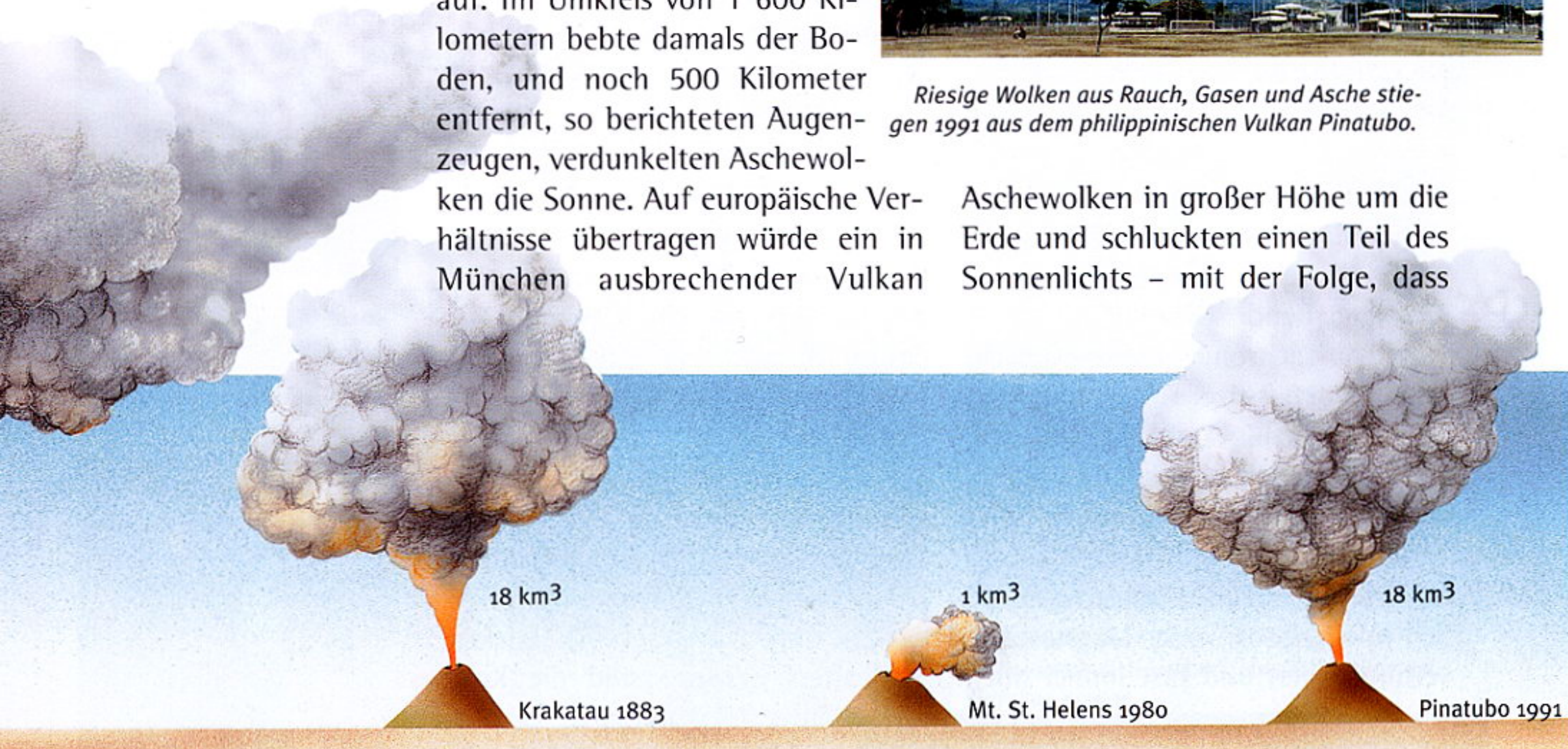
noch Hannover verfinstern und in Stockholm den Boden erschüttern.

Auch die beim Ausbruch ausgeschleuderte Aschemenge war unvorstellbar groß. Jahrelang zogen die



*Riesige Wolken aus Rauch, Gasen und Asche stiegen 1991 aus dem philippinischen Vulkan Pinatubo.*

Aschewolken in großer Höhe um die Erde und schluckten einen Teil des Sonnenlichts – mit der Folge, dass



*Zurzeit wirkt der El Chichon ruhig. Doch 1982 schickte er Schwefelgaswolken um die ganze Erde.*



weltweit die Temperaturen sanken. Noch stärker und vor allem länger anhaltend als Vulkanasche schirmen Schwefelsäurewolken die Sonne ab. Das fanden die Wissenschaftler heraus, als 1982 der mexikanische Vulkan El Chichon ausbrach und nur wenig Asche, dafür aber große Mengen Schwefelgase 25 Kilometer hoch in die Luft schleuderte. Durch chemische Umwandlung entstand daraus eine ziemlich dichte Wolke aus



feinsten Schwefelsäuretröpfchen. Sie verschlucken nicht nur das Sonnenlicht, sondern strahlen es auch ins Weltall zurück. Mit Hilfe spezieller Satelliten konnten die Wetterforscher verfolgen, wie sich die Wolke ausdehnte und langsam die gesamte Nordhalbkugel und einen Teil der Südhalbkugel einhüllte. Bloß weil der Ausbruch des El Chichon im Vergleich zu den Tambora- oder Krakatau-Explosionen schwach war, sank die Durchschnittstemperatur nur um erträgliche 0,3 Grad Celsius.



*Die prächtigen Sinterbildungen von Mammoth Hot Springs im Yellowstone-Nationalpark. Der letzte Vulkanausbruch liegt hier schon über 10 000 Jahre zurück.*

### Wie entstehen heiße Quellen?

Nicht überall, wo sich die Kräfte der Tiefe rühren, entsteht ein rauchender, Feuer speiender Berg. Häufig bleibt das Magma im Untergrund stecken und erkaltet dort langsam. Seine Wärme gibt es an das umgebende Gestein ab. Wenn Grundwasserströme dieses Gestein durchfließen, heizen sie sich auf und treten als heiße Quellen (Thermalquellen) wieder zutage. Oft löst das warme Wasser aus den durchflossenen Gesteinsschichten verschiedene Mineralien heraus: Kalk, Kochsalz, Schwefel-, Eisen- oder Magnesiumverbindungen und fast immer auch

Kohlensäure. Solches Mineralwasser ist oft gesund und heilkräftig. Es wird in Flaschen abgefüllt oder für Badeskuren verwendet – in Deutschland zum Beispiel in Bad Neuenahr, Gerolstein und Daun in der Eifel, Bad Pyrmont, Selters im Taunus, Baden-Baden und Bad Cannstatt bei Stuttgart.

Mitunter ist das Quellwasser stark kalkhaltig. Der Kalk setzt sich rund um die Quelle als Kalksinter ab. Dadurch entstehen wunderschöne, strahlend weiße oder durch Beimengungen von Mineralien gefärbte Terrassen und wassergefüllte Becken. Seit alters bekannt sind die Kalksinter im türkischen Ort Pamukkale, in dessen heilkräftigem Wasser schon die Römer gerne badeten. Noch größere Sinterbecken gibt es in Mammoth Hot Springs im nordamerikanischen Yellowstone-Nationalpark. Bakterien und Algen färben die Ränder der vielen heißen Quellen leuchtend gelb, orange und rot, denn jede Algenart besiedelt nur eine bestimmte Wassertemperaturzone.



*Brodelnder, schwefelhaltiger Schlamm, erhitzt durch vulkanische Kräfte, bei Beppu in Japan.*



*Die heißen Quellen von Pamukkale in der Türkei haben märchenhafte Tropfsteine geschaffen.*



## ALS VATER DER GEYSIRE

gilt der „Große Geysir“ vom Geysirfeld Haukaladur auf Island. Er gab allen Springquellen auf der Erde ihren Namen. Seit vielen Jahren ist er aber nicht mehr tätig – er schläft. Niemand weiß, warum und wie lange; seine Nachbarn sind jedenfalls weiterhin aktiv.

*Schnitt durch einen Geysir. In regelmäßigen Abständen treibt der heiße Dampf das Wasser hinaus.*

## Was sind Geysire?

Zu den überraschendsten Schauspielen im Yellowstone-Nationalpark zählen die Geysire. Das sind Quellen, die in unregelmäßigem

Abstand – mitunter aber auch verblüffend pünktlich – heißes Wasser in gewaltigem Strahl viele Dutzend Meter plötzlich emporjagen. Solch einen Geysir zu erleben ist ein unvergessliches Erlebnis. Erst brodelnd die Quelle nur, einzelne Dampfblasen steigen empor. Dann wölbt sich das Wasser zu einer Kuppel auf, aus der dann unter mächtigem Zischen und Rauschen die meterhohe, strah-

lende weiße Dampf- und Wassersäule emporschießt. Solche Springquellen gibt es an mehreren Stellen der Erde, außer in Nordamerika auch auf Neuseeland und auf der Vulkaninsel Island. Von hier stammt auch ihr Name: Geysir heißt auf isländisch „wildes Strömen“. Erst vor 150 Jahren hat man herausgefunden, wie ein Geysir funktioniert. Es hängt da-

Wasserdampf

Druck der Wassersäule

Grundwasser

Wasserdampfblasen

heißes Gestein



*Heißes Wasser und Dampf schießen im Yellowstone-Nationalpark aus Dutzenden von Geysiren empor.*

mit zusammen, dass Wasser normalerweise bei 100 Grad Celsius siedet, also verdampft. Unter hohem Druck aber siedet es erst bei höheren Temperaturen. Bei Geysiren führt immer eine Röhre in die Tiefe. Durch Spalten und Risse läuft Grundwasser hinein und füllt sie. Es heizt sich am heißen Gestein auf, und zwar auf mehr als 100 Grad Celsius, weil ja der Druck der darüber stehenden Wassersäule auf ihm lastet. Schließlich aber bilden sich doch Dampfbla-





*Dichte Dampfschwaden erzeugt der Rauch von brennendem Papier im Solfatara-Krater bei Neapel.*



*Schwefelhaltiger Heißdampf, erhitzt von vulkanischen Kräften, strömt ständig aus dieser Quelle.*

sen und treiben das heiße Wasser nach oben. Hier aber ist der Druck geringer. Daher verdampft das Wasser nun schlagartig, und der Dampf reißt noch mehr Wasser nach oben. Und so zischt schließlich ein Strahl aus heißem Wasser und Dampf bis zu 50 Meter hoch empor. Nach und nach füllt sich die Quelle erneut mit kühlerem Wasser. Es heizt sich langsam auf, und dann beginnt das Spiel von neuem.

### Wo tritt schwefelhaltiger Dampf aus der Erde?

Besonders auffallend sind im Yellowstone-Nationalpark die vielen Wasserdampfsäulen, die aus Spalten im Boden fauchen. Meist enthält der Dampf Schwefelverbindungen und kleidet deshalb die Öffnung mit hellgelben feinen Schwefelkristallen aus. Liegt die Temperatur des Dampfes bei über 200 Grad Celsius, nennt man einen solchen Austritt Fumarole oder Solfatara (nach dem italienischen Wort *zolfo* = Schwefel). Hineinfassen sollte man in keinem Fall, denn der Dampf würde sofort die Hände ver-

brühen, er kann außerdem ätzende oder giftige Stoffe enthalten.

Welche riesige Menge an Wasserdampf aus solchen Solfataren austritt, fällt normalerweise gar nicht auf. Wasserdampf ist an sich unsichtbar. Nur wenn er sich an der kühlen Luft zu feinen Wassertröpfchen verdichtet, entsteht sichtbarer Nebel.

Darauf beruht das eigenartige Solfatara-Phänomen. Wenn man nämlich (wie es in vielen Vulkangebieten den Touristen vorgeführt wird) mit angezündetem Zeitungspapier vor den schwach dampfenden Solfataren hin und her wedelt, entwickeln sich sofort riesige dichte Nebelschwaden. Lange Zeit ein Rätsel, ist es heute leicht zu erklären: Der überhitzte, unsichtbare Wasserdampf kühlt an der Luft zwar ab, kann sich aber nur dann zu sichtbarem Nebel verdichten, wenn er „Anknüpfungspunkte“ dafür findet, so genannte Kondensationskeime. Das können zum Beispiel feine Staub- oder Rauchteilchen sein. Qualmendes Papier erzeugt große Mengen davon: Nun erst erkennt der erstaunte Besucher, wie viel Dampf hier ständig aus dem Boden aufsteigt.

### ERKALTETE VULKANE

haben den Kräften der Abtragung wenig entgegen zu setzen. Asche und Steinchen werden davongespült. Schichten erstarrter Lava leisten längeren Widerstand. Schließlich bleibt das harte, im Schlot erkaltete Magma als frei stehende steile Felsnadel übrig. Der Kaiserstuhl im Oberrheinischen Tiefland, der Vogelsberg in Hessen und der Hohentwiel bei Singen sind Reste ehemaliger Vulkane – letzte Zeugen einer Zeit, in der auch bei uns Berge rauchten.



**Was geschieht,  
wenn ein  
Vulkan  
erlöscht?**

Nach dem Erkalten wird ein Vulkan von Regen und Wind abgetragen. Vulkaninseln sinken oft unter ihrem Gewicht in den Meeresboden. Vor allem in der Südsee gibt es viele versunkene Vulkane, die noch heute sichtbar sind. Grund dafür ist die Tätigkeit winziger Meerestiere, der Korallen. Sie scheiden

ständig Kalk aus, und daraus bilden sich mächtige Korallenriffe.

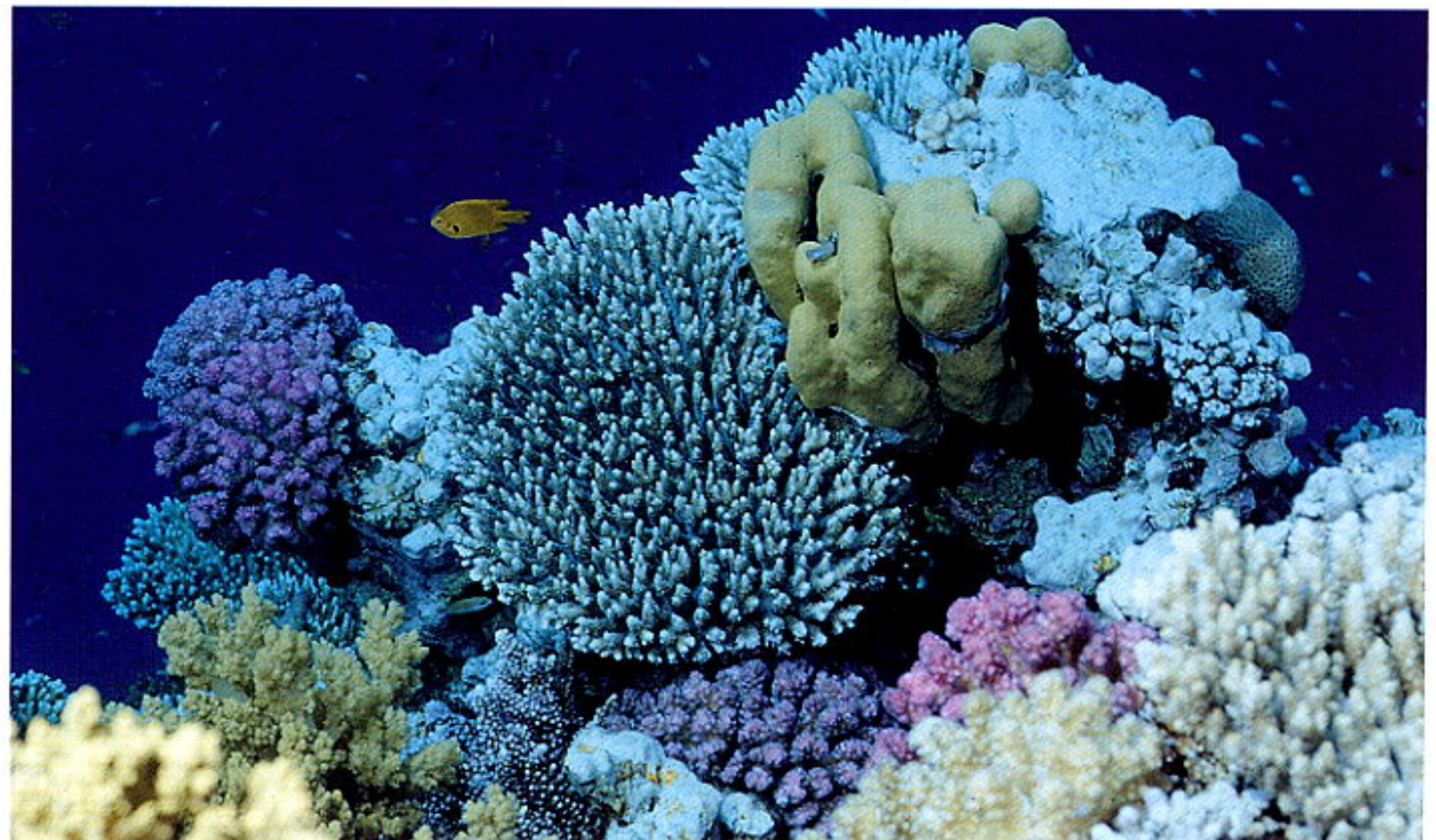
Korallen lieben erloschene Vulkane, denn hier wäscht das Meer Nährstoffe aus dem Gestein. So siedeln sie rings um den Kegel im flachen Wasser. Während der ehemalige Vulkan immer mehr absinkt, wächst das Riff entsprechend in die Höhe. Schließlich ist nur noch ein mehr oder weniger ringförmiger Kranz aus Korallen, ein Atoll, sichtbar. An einigen Stellen ragt es vielleicht aus dem Wasser, Sand lagert sich an, und einige Kokospalmen gedeihen.

Das letzte Anzeichen erlöschender Vulkantätigkeit sind Austritte von Kohlendioxid – demselben Gas, das als Kohlensäure in unserem Sprudelwasser perlt. Kohlendioxid ist nicht giftig, aber in großen Mengen verdrängt es den Luftsauerstoff – man kann ersticken. Die Hundsgrotte in der Nähe von Neapel zum Beispiel können Erwachsene gefahrlos betreten, aber Kleinkinder und Hunde würden darin sterben. Ständig sickert hier Kohlendioxidgas aus den Felsspalten. Es ist schwerer als Luft und lagert daher als etwa ein Meter hohe Schicht unsichtbar über dem Boden der Grotte.



*Der 425 Meter hohe Ship Rock in der Wüste von New Mexico ist ein erstarrter und dann freigewitterter Vulkan-schlot.*

*Millionen winziger Korallentierchen bauen aus Kalk farbi-ge, seltsam geformte Gebilde. Im Laufe der Zeit können so ge-waltige Korallenriffe entstehen.*



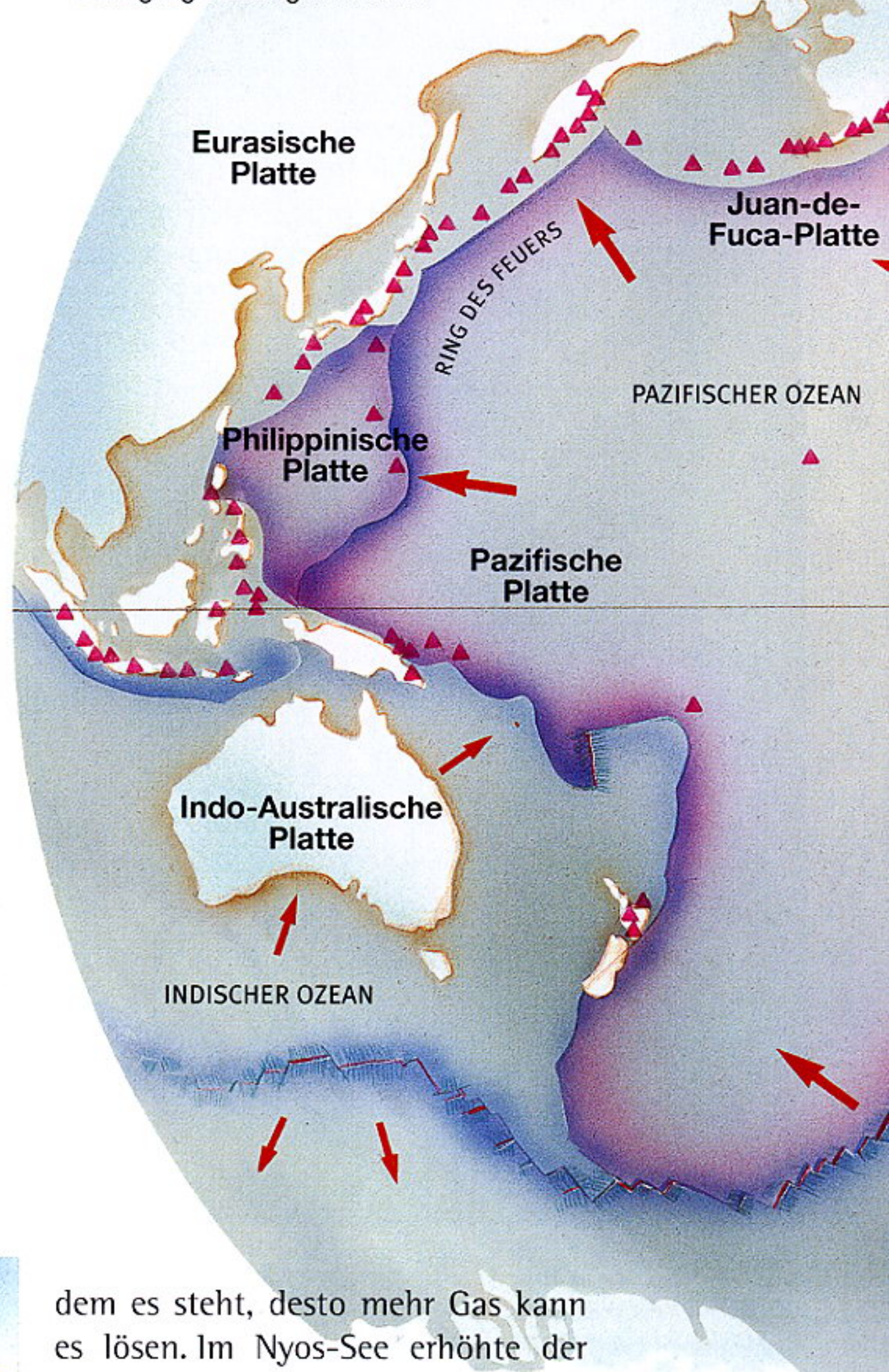
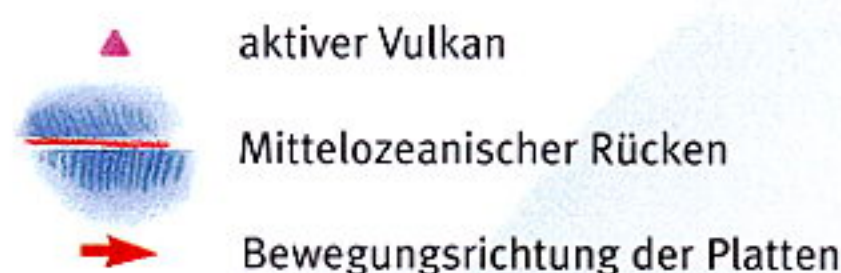
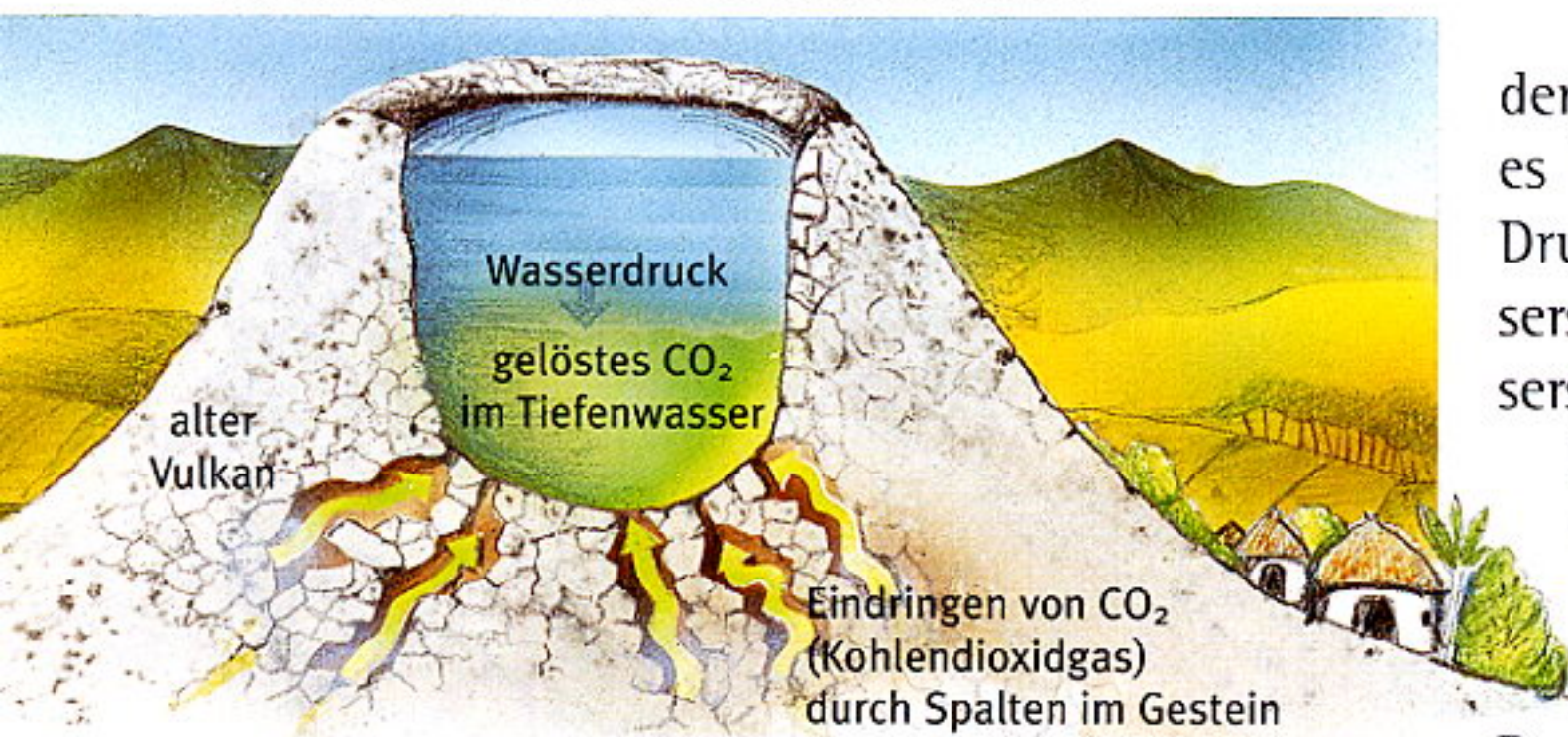


## Warum starben am Nyos-See Menschen?

Sogar das im Vergleich zu einem Vulkanausbruch harmlose Kohlendioxidgas kann noch Katastrophen verursachen. Das zeigen die „Mörderseen“ im westafrikanischen Staat Kamerun. Es sind stille Kraterseen in einer hügeligen, längst wieder begrüntem ehemaligen Vulkanlandschaft, aber in ihnen lauert der Tod. Am Abend des 21. August 1986 stieg unter Zischen und Brodeln eine riesige Dampf- und Wassersäule aus einem dieser Seen, dem Nyos-See, auf und ergoss sich den Hügel hinunter in die umliegenden Täler. Innerhalb weniger Minuten starben fast 2 000 Menschen und Tausende von Haustieren: Sie erstickten an dem unsichtbaren Kohlendioxidgas, das die Wolke enthielt. Was war geschehen?

Aus feinsten Rissen im Gestein drang ständig Kohlendioxid von unten her ins Seewasser ein. Nach und nach lösten sich im Tiefenwasser große Gasmengen. Je kälter Wasser ist und je höher der Druck, unter

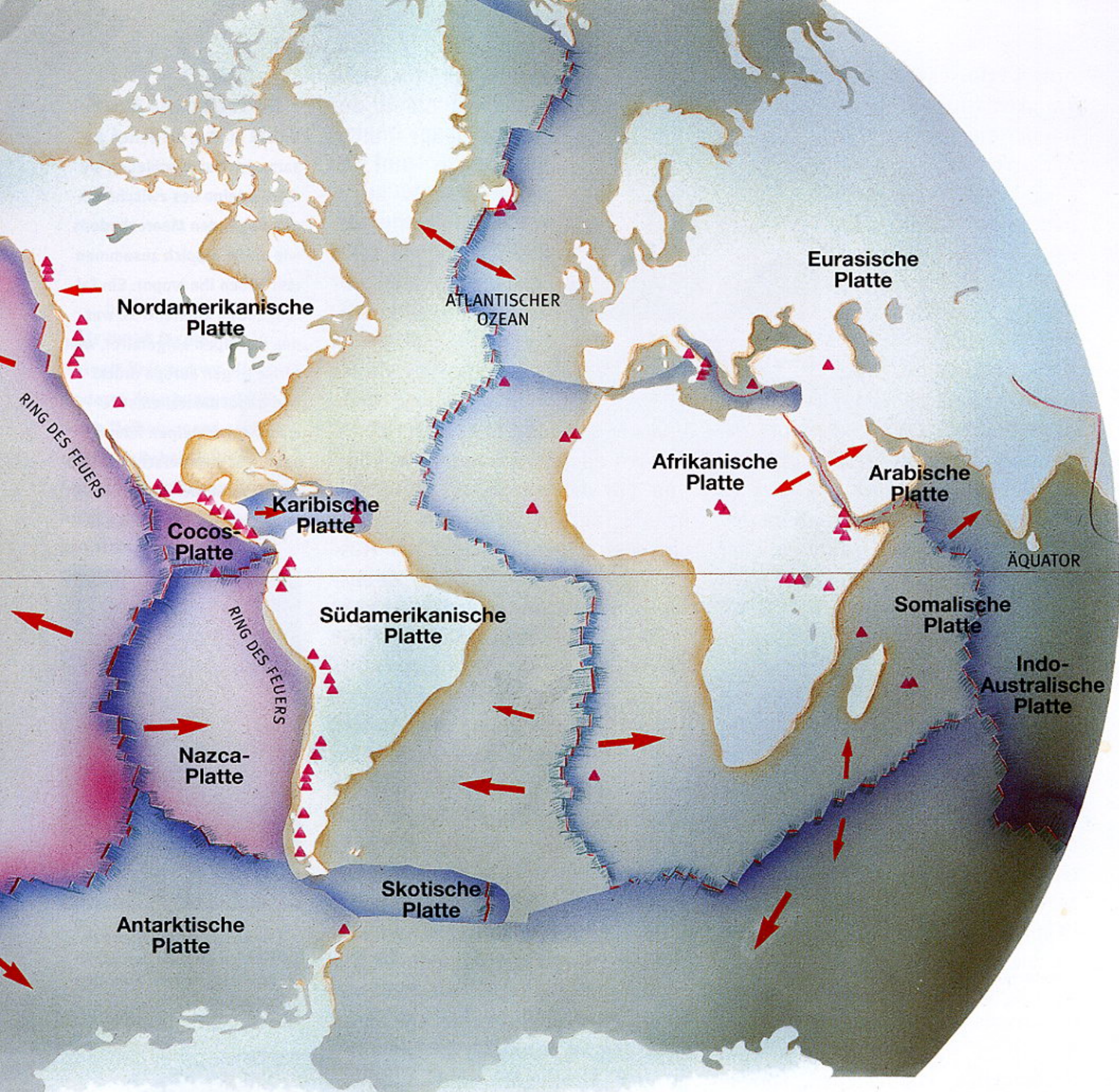
*Gelöstes Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) im Tiefenwasser machte aus dem Nyos-See einen „Mördersee“.*



dem es steht, desto mehr Gas kann es lösen. Im Nyos-See erhöhte der Druck der darüber liegenden Wassersäule die Lösefähigkeit des Wassers für Kohlendioxid.

Das kohlensäurereiche Tiefenwasser war kälter und daher schwerer als das Oberflächenwasser. So blieb es unten liegen. Durch ein leichtes Erdbeben stürzte jedoch ein Teil der Uferböschung ins Wasser und wühlte den See auf. Kohlensäuregesättigtes Tiefenwasser perlte das Kohlendioxid aus. Es ergoss sich als breiter, unsichtbarer Gasstrom über das Land ...





Die wichtigsten Platten der Erdkruste und die aktiven Vulkane (s. S. 46 bis 48). Die Vulkankette um den Pazifik herum nennt man den „Ring des Feuers“.

## Eine Kette aus Vulkanen

### Warum liegen so viele Vulkane an der Pazifikküste?

Vulkane rauchen auf jedem Kontinent, sogar in der eisbedeckten Antarktis. Amerikanische Geologen haben in sorgfältiger Arbeit alle bekannten Vulkane aufgelistet, die während der letzten 10 000 Jahre aktiv waren oder es noch sind.

Ihr Katalog verzeichnet 1 511 Einzelvulkane und 7 886 nachweisbare Ausbrüche, darunter 86 von solcher Wucht, dass sich anschließend ein Einsturzkessel, eine Caldera, bildete. Etwa 500 Vulkane sind derzeit tätig. Europa zählt mit 77 Vulkanen, davon die Hälfte auf Island, zu den Schlusslichtern der Liste. Dafür sind die Mittelmeer-Vulkane besonders



gut erforscht; ihre Tätigkeit wird seit Jahrhunderten beobachtet. Allein vom Ätna auf Sizilien kennt man die genauen Daten von 232 einzelnen Ausbrüchen.

Die weitaus meisten Vulkane aber liegen entlang der Küsten des Pazifischen Ozeans. Wie Perlen einer Kette reihen

sich hier über 1 000 Feuerschlote aneinander. Als „Ring des Feuers“ bilden sie ein gewaltiges Hufeisen. Es beginnt auf Neuseeland, zieht sich durch die Inselwelt der Südsee, über Indonesien und die Philippinen nach Japan bis hinauf zur russischen Halbinsel Kamtschatka, überquert als Aleuten-Kette die Beringstraße und setzt sich dann über Alaska, die Westküsten von Kanada und den USA fort nach Mittel- und Südamerika bis hinunter nach Feuerland. Berühmte Vulkane finden sich entlang dieser Kette. Manche töteten Tausende von Menschen: etwa Mayon und Pinatubo auf den Philippinen, Krakatau und Tambora in Indonesien und der Fudschijama, der heilige Berg der Japaner. Und an der Ostküste des Pazifiks der Mount St. Helens im Kaskadengebirge in Nordamerika, Popocatepetl, Paricutin und El Chichon in Mittelamerika, Nevado del Ruiz, Cotopaxi und Villarica in den Anden Südamerikas.

Es war lange Zeit eines der großen Rätsel der Geologie, warum sich die Feuerschlote nicht gleichmäßig über die Erde verteilen, sondern an bestimmten Stellen so auffällig aneinander reihen. Die Vulkankette an den Pazifikküsten ist nicht die einzige, auch in einigen anderen Weltgegenden findet man Reihen von Vulkanen, etwa in der



Der deutsche Forscher Alfred Wegener entdeckte die Drift der Kontinente.

Karibik mit dem Mont Pelée, auf Island, auf Hawaii, längs durchs Mittelmeer und in Ostafrika. Als erster Forscher kam der deutsche Geophysiker, Meteorologe und Polarforscher Alfred Wegener (1880 bis 1930) der Lösung dieses Rätsels auf die Spur.

Vulkane spielten bei seinen Überlegungen allerdings kaum eine Rolle. Ihm gab vielmehr die an sich altbekannte Tatsache zu denken, dass die einander gegenüberliegenden Küsten von Afrika und Südamerika aussehen wie die voneinander gelösten Teile eines Puzzles. Obwohl sie durch Tausende von Kilometern Atlantik getrennt sind, scheinen sie einst zusammengehangen zu haben.

Wegener zog daraus den Schluss, dass die Kontinente langsam auf der Erdoberfläche treiben, vergleichbar den Tafeleisbergen auf dem Meer.

Als Wegener 1912 seine Theorie der Kontinentalverschiebung veröffentlichte, erregte sie sofort weltweites Aufsehen, traf aber dennoch auf heftige Ablehnung bei fast allen Geologen. Damals herrschte die feste Überzeugung, dass sich die Lage der Kontinente und Ozeane seit Urzeiten kaum verändert hatte. Vor allem konnte Wegener nicht erklären, welche Kraft in der Lage war, die gewaltigen Kontinente über die Erdoberfläche zu schieben. Erst in den letzten 40 Jahren machten die Geo-

**DIE TREIBENDEN KONTINENTE** stoßen bisweilen zusammen. Dabei schieben sie die Gesteine des zwischen ihnen liegenden Meeresbodens wie einen Teppich zusammen und heben ihn empor: Ein Faltengebirge entsteht. So wurden die Alpen aufgefaltet, weil Afrika gegen Europa drückt und dabei die italienische Halbinsel wie einen Rammsporn vor sich herschiebt. Und Indien türmt bei der Kollision mit Asien den Himalaya auf.



Die San-Andreas-Spalte in Kalifornien liegt an der Nahtstelle zwischen zwei Kontinentalplatten.



Vor 290 Millionen Jahren hingen alle Kontinente zusammen.



**BEWEISE** für die Platten-  
tektonik lieferten vor allem  
moderne Forschungsschiffe  
durch Tiefbohrungen am Mee-  
resgrund. Dabei stellten sie  
fest, dass der Ozeanboden un-  
terhalb der Meeresablagerun-  
gen stets aus relativ jungem  
Basalt besteht. Dieser Basalt  
entsteht am Mittelozeanischen  
Rücken, wo die Platten ausei-  
nander driften, ständig neu.

logen vor allem am Grunde  
der Ozeane eine Fülle von  
Entdeckungen, die Wege-  
ners Vorstellung stützen.

Heute nennt man  
die Theorie von der  
Kontinentalver-  
schiebung  
„Plattentekto-  
nik“ (von grie-  
chisch: tekto-  
nikos = zum  
Bauen gehörig).  
Bei der Untersu-  
chung des Meeresbo-  
dens mit modernen  
Messgeräten ent-  
deckten die Geolo-  
gen, dass die Erdkruste  
in ein Mosaik von  
7 großen und über 20 klei-  
nen, bis zu 100 Kilometer  
dicken Platten zerbrochen ist.  
Die Platten wiederum tragen  
die Ozeanböden – die Pazifi-  
sche Platte zum Beispiel den  
Pazifischen Ozean – und einige  
außerdem die Kontinente. Die  
Kontinente sind nichts anderes als  
erhöhte Teile dieser Platten, die über  
den Meeresspiegel hinausragen. Sie  
bestehen aus leichterem Gestein als  
die tieferen Teile der Platten und  
bleiben daher stets an der Erdober-  
fläche.

### Wie bewegen sich die Kontinental- platten?

Alle Platten und mit ihnen die  
Kontinente trei-  
ben mit Ge-  
schwindigkeiten  
von einigen Zen-  
timetern pro Jahr  
in verschiedene  
Richtungen dahin – ähnlich wie Eis-  
schollen auf dem Wasser. Dem Was-  
ser entspricht hier das zähflüssige  
Gestein des Oberen Erdmantels. An-  
triebskraft sind Fließbewegungen im

glutflüssigen Erdinneren, langsam  
aufsteigende und wieder absinkende  
Ströme zähflüssigen Gesteins, die  
von der Erdwärme in Gang gehalten  
werden.

An manchen Stellen ziehen die  
unterirdischen Kräfte zwei Platten  
auseinander. In dem Spalt, der sich  
dann zwischen den Rändern auftut,  
steigt glutflüssiges Magma aus dem  
Erdmantel empor und erstarrt zu  
Basaltgestein. So entsteht an diesen

*Der Mittelatlantische Rücken (Nordatlanti-  
scher/Südatlantischer R.) zieht sich durch den  
Atlantik. Island ist ein Teil dieser gewaltigen  
Vulkanzone, an der ständig Magma austritt.*



Spreizzonen ständig neues Plattenmaterial. Die riesigen Basaltmengen haben das längste Gebirge der Erde geschaffen – aber auch das unbekannteste, denn es liegt fast vollständig unter dem Meeresspiegel. Der gewaltige Gebirgszug, der sich mitten durch alle Ozeane zieht, heißt Mittelozeanischer Rücken. Er ist über 70 000 Kilometer lang (das ist gut eineinhalbmals der Erdumfang am Äquator), rund 1 500 Kilometer breit und bis zu 3 000 Meter hoch. An einigen Stellen durchstößt er die Wasseroberfläche. Die Vulkaninsel Island ist zum Beispiel ein Teil des Nordatlantischen Rückens, das ist ein Teilstück des Mittelozeanischen Rückens. Ihre Vulkane, Spalten und heißen Quellen weisen darauf hin, dass sich Europa und Amerika hier pro Jahr etwa 2 Zentimeter voneinander entfernen.

Im Grunde zieht sich durch die Ozeane also die längste Vulkankette der Erde. Der Mittelozeanische Rücken ist ja nichts anderes als eine 70 000 Kilometer lange Spalte, aus der ständig, wenn auch meist harmlos, dünnflüssiges basaltisches Magma quillt.

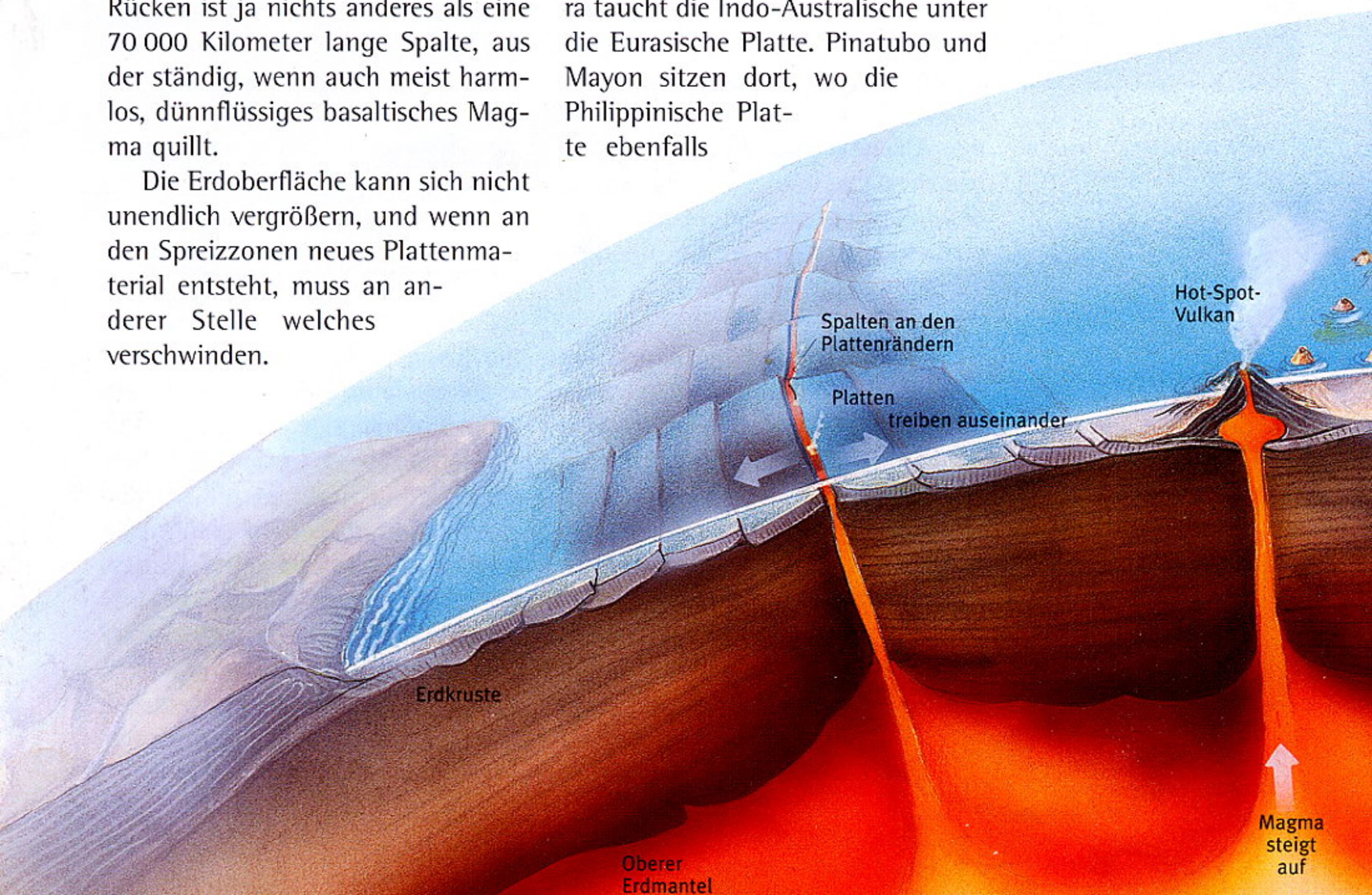
Die Erdoberfläche kann sich nicht unendlich vergrößern, und wenn an den Spreizzonen neues Plattenmaterial entsteht, muss an anderer Stelle welches verschwinden.

Tatsächlich gibt es Zonen, wo sich eine Platte unter eine andere schiebt. Sie wird dann im Winkel von etwa 45 Grad hinunter in den heißen Erdmantel gedrückt und schmilzt schließlich auf. Man nennt diese Gebiete Subduktionszonen. Hier sind die Kräfte der Tiefe besonders deutlich zu merken. Nicht selten erschüttern heftige Erdbeben den Boden. Grund dafür ist die Bewegung der Platten; sie gleiten nicht gleichmäßig untereinander, sondern ruckartig – jedes Rucken lässt die Erde beben. Und an diesen Subduktionszonen bilden sich auch besonders viele Vulkane.

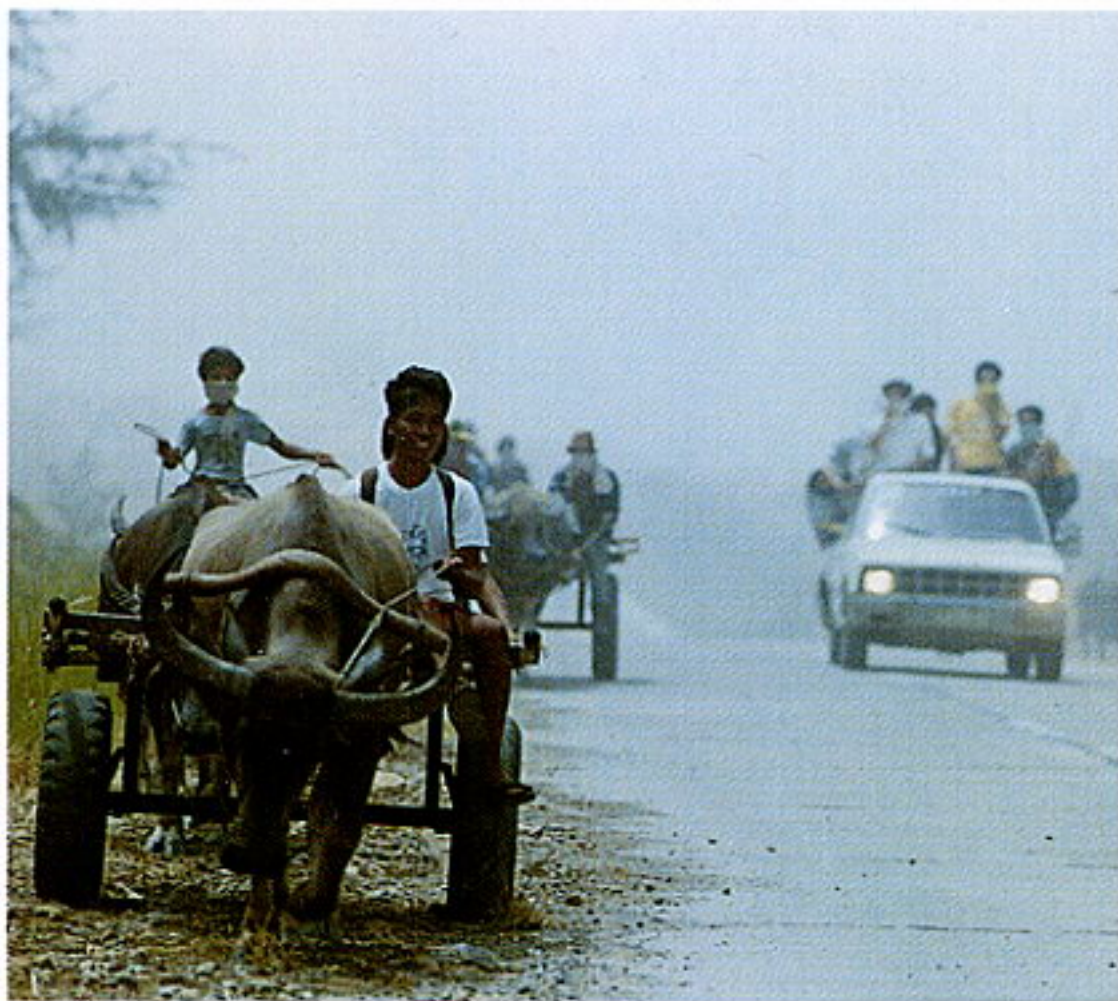
Subduktionsvulkane sind nicht selten lauernde Zeitbomben. Praktisch alle berühmten Vulkane liegen auf solchen Zonen. Unter Krakatau und Tambora taucht die Indo-Australische unter die Eurasische Platte. Pinatubo und Mayon sitzen dort, wo die Philippinische Platte ebenfalls

**Welche Vulkane sind besonders heimtückisch?**

**DIE ANDEN** an der Westküste Südamerikas sind entstanden, weil dort eine Platte in den Erdmantel hinuntergedrückt wird und dabei Meeresboden auf den südamerikanischen Kontinent geschoben hat. Das Gestein der abtauchenden Platte schmilzt in der Erdtiefe auf, wobei die leichteren Bestandteile der Schmelze nach oben streben. Das führt zu Erdbeben und zu intensiver vulkanischer Tätigkeit: Im Bereich der Zentral-Anden liegen Tausende von Metern dicke Gesteinsschichten aus früheren Ausbrüchen.







*Menschen fliehen beim Ausbruch des Pinatubo (1991). Feine Asche behindert die Sicht und das Atmen.*

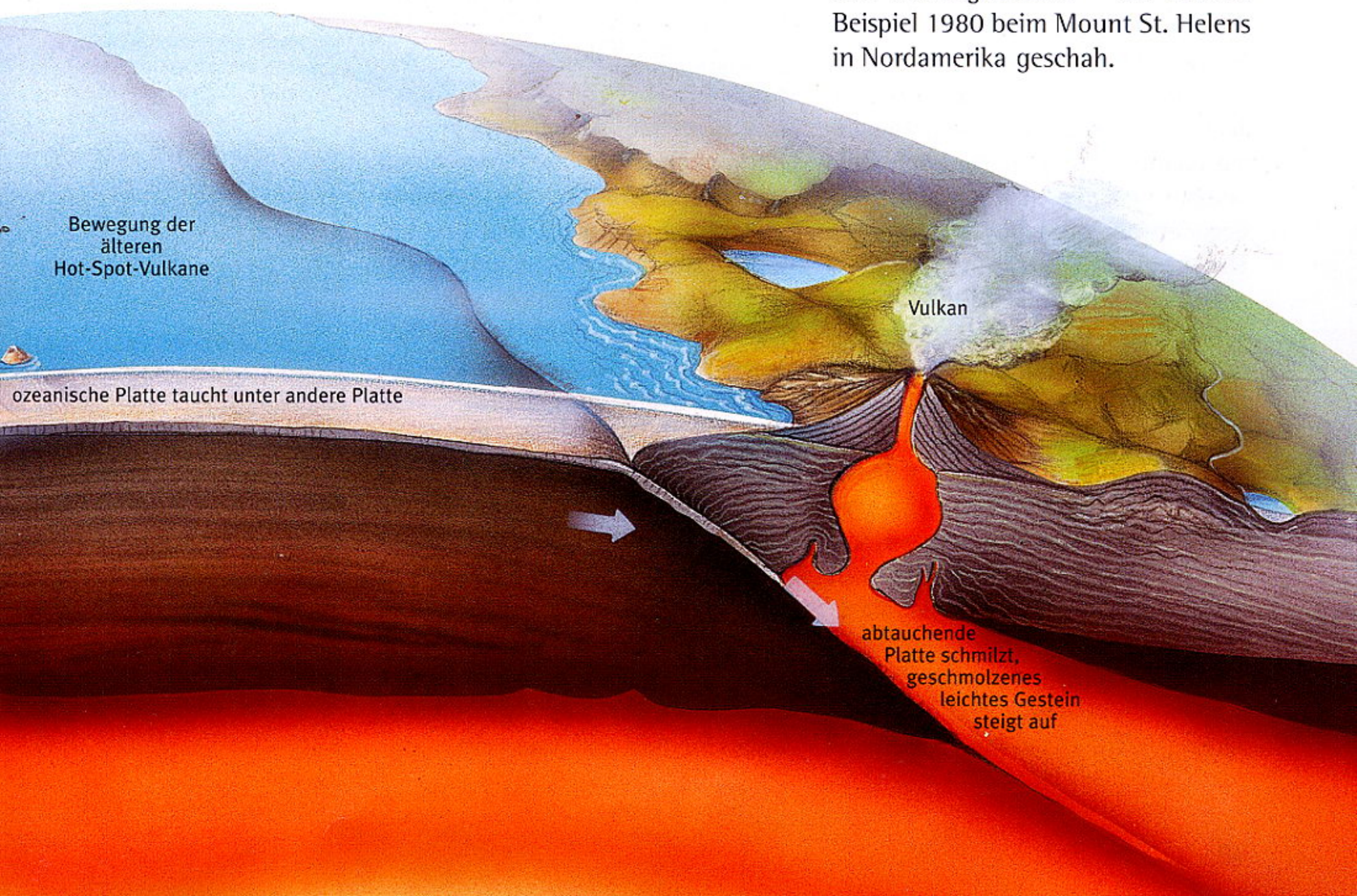
unter der Eurasischen Platte verschwindet. Der Ausbruch des Pinatubo 1991 gilt denn auch von der Menge an ausgeworfener Asche her als der heftigste in diesem Jahrhundert: Sie begrub 80 000 Hektar Ackerland und über 20 Städte unter sich.

Die Ursache für die Gefährlichkeit dieser Vulkane liegt in der Zusammensetzung ihres Magmas: Es ist reich an Gasen und an Kieselsäure. Solches Magma findet sich besonders dort, wo die abtauchende Platte sich unter eine Platte schiebt, die einen Kontinent trägt – wie es vor der Westküste Amerikas der Fall ist.

Die Geologen nehmen an, dass die abtauchende Platte große Mengen Ozeanboden mitnimmt und damit wasserhaltiges Gestein. In etwa 100 Kilometern Tiefe, schon unterhalb der anderen Platte, beginnt sie zu schmelzen. Es entsteht heißes Magma, das reich an Gasen ist, darunter auch gelöster Wasserdampf. Sie stammen vor allem aus den mitgeschleppten Gesteinen und dem Ozeanboden. Dieses Magma sucht sich einen Weg nach oben. Dabei durchwandert es die kontinentalen Gesteine. Im Gegensatz zu den ozeanischen Platten enthalten die Gesteine der Kontinente viel Kieselsäure. Das emporquellende Magma löst einen Teil davon heraus und reichert sich damit an.

Die Kieselsäure aber macht das Magma zähflüssig. Daher verstopft es immer wieder den Schlot. Steigt dann der Druck der Gase, wird der Pfropf in einer verheerenden Explosion herausgetrieben – wie es zum Beispiel 1980 beim Mount St. Helens in Nordamerika geschah.

*Schnitt durch den Ozeanboden mit den wichtigsten Plattenbewegungen. Links eine Spreizzone, in der Mitte schiebt sich eine Platte über einen Hot Spot, und rechts taucht eine Platte unter eine andere.*





**Wann wurde  
der Gipfel des  
Mount St.  
Helens weg-  
gesprengt?**

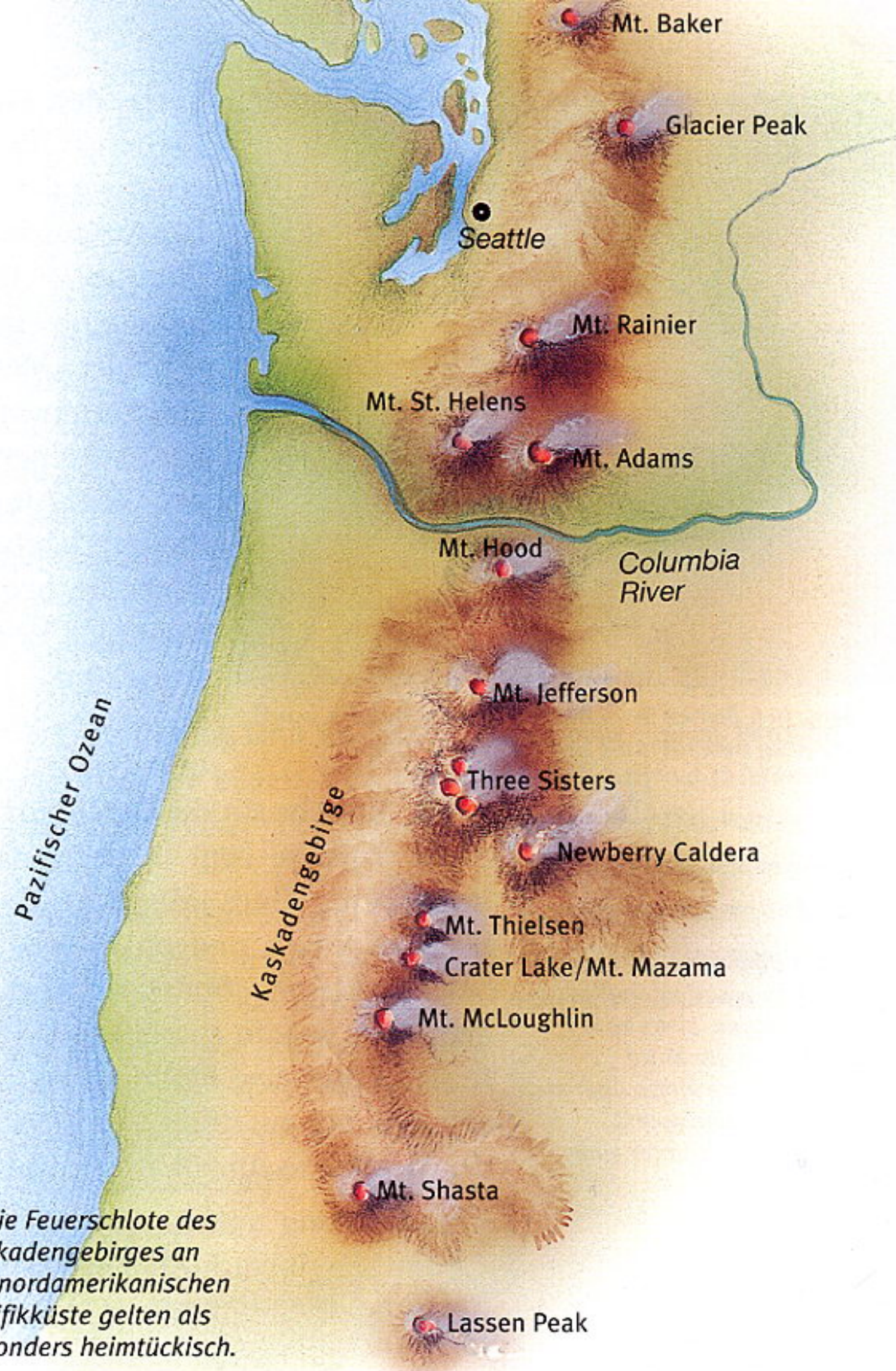
Wo die kleine Juan-de-Fuca-Platte unter die Nordamerikanische Platte gedrückt wird, hat sich entlang der Pazifikküste der USA das Kaskadengebirge aufgefaltet. Gewaltige Magmakammern sitzen hier unter der Oberfläche, die eine Kette von 15 Vulkanen speisen. Zu ihnen gehören der ständig dampfende Mount Rainier, der nach Schwefel stinkende Mount Hood, der Mount Mazama mit dem Crater Lake in der gewaltigen Caldera und der derzeit bekannteste, der Mount St. Helens.

Die Explosion des Mount St. Helens am 18. Mai 1980 ist eine der bestuntersuchten überhaupt. Die Vulkanforscher wussten natürlich, wie gefährlich gerade die Feuerschlote im Kaskadengebirge sind. Deshalb hatten sie in diesem Gebiet zahlreiche Messgeräte aufgestellt, die ständig automatisch ihre Daten in die kanadische Stadt Vancouver meldeten. Schließlich zeigte der Mount St. Helens seine beginnende Unruhe mit einer Reihe von Erderschütterungen, die zwar kaum Schaden anrichteten, aber von den Forschern richtig als Vorwarnung verstanden wurden. Die Behörden sperrten das Gebiet weiträumig ab, daher waren die weiten Wälder um den Vulkan fast menschenleer, als der Ausbruch einsetzte.

Er begann mit einem Bergrutsch. Schon Wochen zuvor hatte das emporquellende Magma die Nordflanke des Berges hochgedrückt. Nun rutschte sie ab und riss gewaltige Mengen Gestein und Eis vom Gipfel mit sich. Damit aber verminderte sich plötzlich der Druck auf die Magmakammer, so dass die einge-

*Die Feuerschlote des Kaskadengebirges an der nordamerikanischen Pazifikküste gelten als besonders heimtückisch.*

schlossenen Gase sich ausdehnen und den Gipfel sprengen konnten. Gewaltige schwarze Wolken aus Rauch, Gasen und Asche schossen seitlich und nach oben aus dem Berg, gefolgt von Bimsstein und riesigen Mengen Asche. Die größten Zerstörungen richtete der Seitenausbruch an: Heftiger als ein Orkan fegte die 260 Grad Celsius heiße Glutwolke über die Wälder, walzte sie auf einer Fläche von 600 Quadratkilometern (etwa die Größe des Bundeslandes Hamburg) nieder und steckte sie in Brand. Kurz darauf folgte eine Schuttlawine aus etwa 3 Milliarden Kubikmetern Schlamm, Asche, Eis und Baumstämmen, füll-







*Diese Bilder zeigen den Mount St. Helens vor und nach der Explosion. Wo einst eine schneebedeckte Kuppe war, gähnt jetzt ein gewaltiger Krater.*

*Die Explosion des Mount St. Helens (1980) knickte und zersetzte Millionen von Bäumen wie Streichhölzer.*



te die Täler und Seen mit bis zu 180 Meter mächtigen Ablagerungen und hinterließ eine weite, leblose Wüste.

Dennoch kamen beim Ausbruch des Mount St. Helens „nur“ 57 Menschen ums Leben, vor allem dank der Umsicht der Behörden. Wie wichtig es ist, Warnungen ernst zu nehmen, zeigte 1985 der Nevado del Ruiz in Kolumbien. Hier schiebt sich die Nazca-Platte unter die Südamerikanische Platte. Wissenschaftler hatten den bevorstehenden Ausbruch angekündigt, aber niemand reagierte. Am 13. November war es dann so weit. Zwar spie der Berg nur eine kleine Menge Asche aus. Aber die Hitze ließ einen Teil der Eisfelder auf dem 5 389 Meter hohen Gipfel schmelzen. So schossen gewaltige Schlammströme (Lahare) an den Flanken herab, füllten als haushohe graue Flut die Täler, rasten mit unwiderstehlicher Gewalt im Bett des Flusses Lagunillas talabwärts und begruben schließlich 2 Stunden später die 50 Kilometer entfernte Stadt Armero unter einer meterhohen Schlammsschicht. 25 000 Menschen starben. Einfache Warnvorrichtungen hätten ihr Leben retten können.



### **Wie entstanden die Hawaii-Vulkane?**

Nicht alle Vulkane liegen an Plattenrändern. Etwa jeder zehnte hat sich mitten in einer Platte gebildet. Dazu gehören beispielsweise auch die Hawaii-Inseln, die sich weitab von jedem Plattenrand als vulkanische Inselkette mitten im Pazifik auf der Pazifischen Platte befinden.

Ihre Entstehung erklären Vulkanologen durch eine heiße Stelle, auf Englisch Hot Spot genannt. Offenbar steigen an solchen Hot Spots ständig Magmablasen aus größeren Tiefen auf. Das flüssige Gestein schmilzt infolge seiner hohen Temperatur die dünne Kruste unter dem Ozean und bildet einen Vulkan. Etwa so, wie die Flamme einer Kerze einen braunen Brandfleck auf einem in einiger Entfernung darüber gehaltenen Blatt Papier erzeugt. Nun bewegt sich aber die Platte, auf der der Vulkan entstanden ist, mit einem Tempo von einigen Zentimetern pro Jahr. Die Folge: Der Vulkan wird nach und nach von seiner Magma-Zufuhr abgeschnitten und er-



löscht. Dafür entsteht wenige Kilometer entfernt ein neuer Vulkan – ähnlich wie sich bei unserem Vergleich mit der brennenden Kerze bei langsamem Bewegen des Papiers eine Reihe von Brandflecken bilden würde. Der Hot Spot liegt also immer unter dem gerade aktiven Vulkan, an den sich in der Bewegungsrichtung der Platte eine Kette erloschener Vulkane anschließt.

Die Kette der Hawaii-Inseln zeigt das ganz deutlich. Die Pazifische Platte bewegt sich in Richtung Westnordwest. Der Hot Spot sitzt heute unter dem Vulkan Kilauea. Der sich nach Nordwesten anschließende Mauna Kea ruht bereits. Und mit Sicherheit erloschen sind die Vulkane der weiteren Hawaii-Inseln. Ihre ungeheure Masse hat diese Basaltkegel, als der Nachschub ausblieb, langsam wieder in den Ozeanboden einsinken lassen; zudem nagte die Brandung an ihnen. Tatsächlich setzt sich die Hawaii-Vulkankette unter Wasser noch weiter nach Nordwesten fort, nur ragen die Reste der einstigen Vulkane nicht mehr über den Meeresspiegel.



Die dünnflüssige Lava der Hawaii-Vulkane tritt ohne viel Getöse zutage und fließt ruhig ab.

**HOT SPOTS** sind natürlich nicht nur unter den Ozeanen anzutreffen. Der Ätna auf Sizilien wird vielleicht von einem Hot Spot gespeist, und auch unter dem Yellowstone-Gebiet quillt heißes Magma empor. Hot-Spot-Vulkane fördern basische, gut fließfähige Lava und sind daher in der Regel recht harmlos.

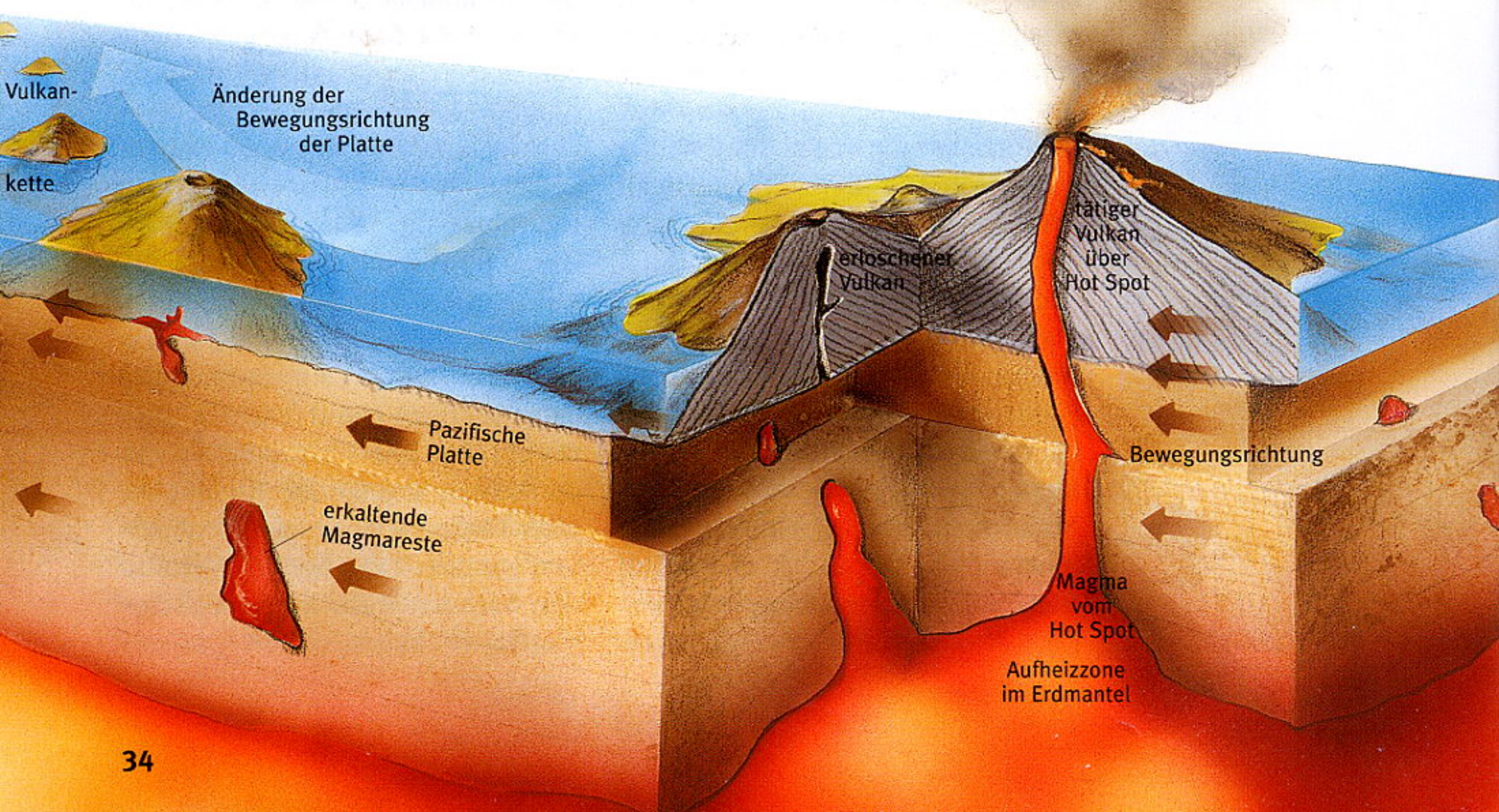
Gegenwärtig gibt es in Europa nur

### Welche Vulkangebiete gibt es in Europa?

noch an wenigen Stellen aktive Vulkane: auf Island und im Mittelmeerraum. Aber

wenn auch heute bei uns kein Vulkanschlott mehr raucht, deutet doch eine Fülle von Zeugnissen auf frühere Vulkantätigkeit hin. So bestehen einige Kuppen des Hegau aus Basalt, und der Hohentwiel bei Sin-

Wenn sich eine Platte über einen Hot Spot bewegt, entsteht eine Inselkette aus erloschenen Vulkanen.





## QUER DURCH EUROPA

zieht sich in nordnordöstlicher Richtung eine Bruchspalte, eine Schwächezone der Erdkruste. Sie beginnt im Mittelmeerraum und endet bei Oslo. Der Oberrheingraben und der Verlauf des Unterrheins zeigen diese Spalte an. Hier gab es früher Vulkane (davon zeugen etwa Kaiserstuhl und Siebengebirge) und heute noch bisweilen Erdbeben.

gen aus Phonolith-Gestein: Es sind die stehen gebliebenen Schlote längst verwitterter Vulkane, die vor etwa 6 Millionen Jahren tätig waren. Auch in der Eifel, im Westerwald, der Rhön, im Siebengebirge, Hahnbachtswald, Knüll und in der Schwäbischen Alb rauchten vor einigen Millionen Jahren die Feuerberge. Der Kaiserstuhl bei Freiburg ist der stark verwitterte Rest eines 16 Millionen Jahre alten Vulkanschlotes. Und der riesige Basaltkegel des Vogelsbergs in Hessen gilt sogar als Mitteleuropas größter, aber seit mehreren Millionen Jahren erloschener Vulkan.



*Der Laacher See in der Eifel bildete sich nach einem Vulkanausbruch vor nur 13 000 Jahren.*

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass in der Eifel die Kräfte der Tiefe wieder aufleben. Immerhin ist der jüngste Ausbruch erst etwa 13 000 Jahre her. Damals, während eines Spätsommers, brach in der Osteifel der Laacher-See-Vulkan aus – mit einer ungeheuren Wucht, die die Vesuv-Katastrophe von 79 noch weit übertraf. Innerhalb weniger Tage schossen 5 Milliarden Kubikmeter Asche und Bimsstein aus dem Boden – pro Sekunde 100 000 Kubikmeter

*Das Schalkenmehrener Maar entstand durch eine unterirdische Dampf-Explosion.*

(das entspricht dem Laderaum von über 1 000 Güterwagen!). Bis nach Südschweden und in die französischen Alpen blies der Wind den feinen Staub dieser gigantischen Explosion. Zu jener Zeit lebten in dem Gebiet bereits Menschen: Man fand die Spuren ihrer Lager unter den zum Teil 4 Meter mächtigen Ascheschichten. Anschließend sackte die Decke über der Magmakammer ein und bildete eine Caldera – in der der heutige Laacher See liegt.

### Was ist ein Maar?

In der Westeifel gibt es einige auffallend kreisrunde Seen, die Maare. Es sind stille, einsame Wasserflächen ohne jeden Zu- oder Abfluss. Der größte Maarkessel ist der, in dem das Meerfelder Maar liegt; er hat rund 1 500 Meter Durchmesser. Obwohl sie nicht auf einem Berg, sondern in die Landschaft eingesenkt liegen, wurden die Maare für ehemalige Vulkankrater gehalten, ähnlich wie der Laacher See.

Inzwischen haben die Vulkanologen herausgefunden, dass Maare auf andere Weise entstanden sind – aber ebenfalls durch vulkanische Kräfte: Gewaltige Wasserdampfexplosionen haben diese Vertiefungen aus-





gesprengt. Das geschah, als das heiße, in Spalten emporquellende Magma mit Grundwasser in Kontakt kam. Blitzartig verdampfte das Wasser. Die Wucht der Explosionen sprengte kreisrunde Kessel in den Fels und schleuderte tonnenschwere Felsblöcke kilometerweit davon. Im Laufe der letzten Jahrzehntausende hat es hier immer wieder solche Wasserdampfexplosionen gegeben. Zuletzt bildete sich vor 10 000 Jahren das Ulmener Maar.

Von den über 50 Maarkesseln der Eifel sind nur 8 mit Wasser gefüllt, die meisten werden von feuchten Wiesen und Mooren bedeckt.

Es gibt Hinweise darauf, dass die unterirdischen Kräfte in der Eifel noch nicht zur Ruhe gekommen sind. Heute wären die Folgen eines auch nur mäßigen Ausbruchs in der dicht besiedelten Eifel natürlich weit verhängnisvoller und schwerwiegender als je zuvor.

### Rauchen nur auf der Erde Vulkane?

Die Bilder der Raumsonde Mariner 9, die 1971 den Mars umkreiste, erwiesen sich als Sensation: Sie zeigen eine Gruppe gewaltiger Vulkankegel, weit mächtiger als alle Feuerberge auf der Erde. Der größte wurde Olympus Mons (Olymp-Berg) getauft. Mit seinen

gut 600 Kilometern Durchmesser am Fuß ist er rund fünfmal größer als der mächtigste irdische Vulkan, der Mauna Loa auf Hawaii. Und er ist mehr als doppelt so hoch: Während der Mauna Loa etwa 10 000 Meter vom Fuß bis zum Gipfel misst (davon ragen allerdings nur 4 169 Meter aus dem Meer), bringt es der Olympus Mons auf über 26 000 Meter. Allein seine Gipfelcaldera ist mit 70 Kilometern Durchmesser größer als die der meisten irdischen Vulkane.

Der Olympus Mons ist, wie seine flachen Hänge zeigen, ein Schildvulkan. Und das ist vermutlich auch die

### DER JUPITERMOND IO

ist sicher der seltsamste Mond in unserem Sonnensystem.

Statt einer kraterzernarbten Oberfläche zeigt er eine rötlich braune Landschaft mit weiß leuchtenden, zerlappten Feldern und tiefdunklen Flecken. Und an manchen Stellen stoßen Vulkane ihre schwefelhaltigen Auswurfmassen hoch empor.

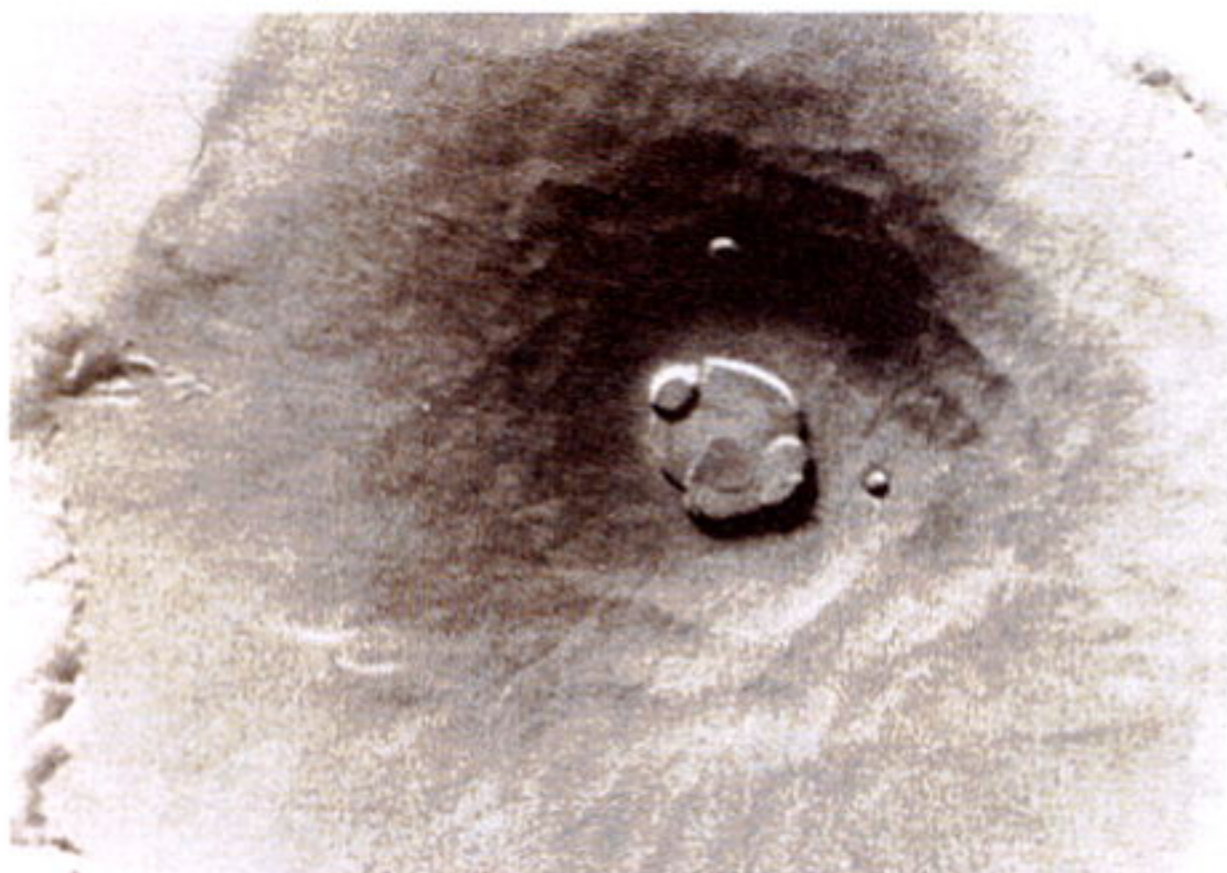


Ursache für seine Größe: Rund 200 Millionen Jahre lang förderte er Lava, blieb aber dabei stets an der gleichen Stelle, denn auf dem Mars gibt es keine wandernden Platten. Heute scheint er erloschen zu sein.

*Vulkanausbruch auf dem Jupitermond Io. Die Oberfläche des Monds ist von farbigen Schwefelverbindungen bedeckt.*

Aktive Vulkane scheint es im ganzen Sonnensystem nur noch auf drei Himmelskörpern zu geben: auf der Erde, auf der Venus, deren Atmosphäre riesige Schwefelsäurewolken enthält, und auf dem schwefelbedeckten Jupitermond Io.

*Der 26 Kilometer hohe Olympus Mons auf dem Mars, der größte Vulkan des Sonnensystems.*







*Ein Bauer verteilt auf der Kanareninsel Lanzarote schwarze Vulkanschlacke – sie wird dort Picon genannt – auf seinem Feld. Sie speichert nachts den Tau und tagsüber Sonnenwärme und gibt zudem mineralische Nährstoffe ab.*

## Leben mit und von Vulkanen

### Warum siedeln Menschen an Vulkanen?

Man könnte angesichts der verheerenden Vulkankatastrophen mit Tausenden von Toten meinen, Vulkane seien für den Menschen besonders gefährlich. Aber verglichen mit der Zahl der Opfer, die bei anderen Naturereignissen wie Erdbeben und Wirbelstürmen, im Straßenverkehr oder durch Raucherkrankheiten umkommen, ist die Anzahl der Todesopfer durch Vulkane gering. Obwohl natürlich fast jeder Vulkanausbruch entsetzliches Leid

verursacht. Schon in früheren Zeiten hielt sich die Furcht vor den Feuer speienden Bergen in Grenzen. Selbst an den Hängen des Ätna auf Sizilien, mit 3 340 Metern der höchste tätige Vulkan Europas, gründeten die Bauern ihre Dörfer und legten Felder und Weinberge an. Zwar flüchteten die Menschen, wenn ein Ausbruch drohte. Aber sie kamen zu ihren mit Asche und Lava bedeckten Feldern zurück, sobald wieder Ruhe eingekehrt war.

Der Hauptgrund dafür ist die hohe Fruchtbarkeit vulkanischer Böden. Die ausgeworfene Asche ent-



hält wichtige Pflanzennährstoffe wie Phosphor, Kalium und Calcium. Darauf war man früher besonders angewiesen, da man noch keinen künstlichen Dünger kannte und daher die Ernteerträge oft so gering waren, dass die Menschen hungerten. Schon nach kurzer Zeit verwandelt sich Vulkanasche in fruchtbaren Boden, der im milden Klima zwei bis vier Ernten pro Jahr ermöglicht. Hinzu kommt, dass hohe Berge Wasser aus den Wolken sammeln und daher von Quellen gesäumt sind. So wachsen zum Beispiel am Fuße des Ätna Zitronen, Orangen und Mandarinen. In 700 Metern Höhe findet man Weinstöcke, außerdem Feigen-, Oliven- und Mandelbäume. Bei 1 000 Metern erstrecken sich Weizenfelder, darüber Plantagen mit Kirsch-, Apfel- und Birnbäumen sowie Esskastanien.



*Weinstöcke wachsen auf Lanzarote in umfriedeten, mit schwarzer Vulkanasche bedeckten Feldstücken.*

Die Einwohner der Vulkaninsel Lanzarote, einer der Kanarischen Inseln im Atlantik, nutzen noch eine vorteilhafte Eigenschaft der Vulkanasche – sie kann Feuchtigkeit speichern. Auf Lanzarote gibt es keinen hohen Berg, an dem die Wolken abregnen, die Vulkankegel ragen nur

einige hundert Meter empor. Wasser ist also knapp. Daher bedecken die Bauern die fruchtbare Humuserde ihrer Felder mit einer dünnen Schicht schwarzer Vulkanasche. In der Nacht nimmt die Asche den Tau auf und gibt das Wasser zusammen mit Nährstoffen an den Humus weiter, tagsüber speichert sie Sonnenwärme. Für jede Pflanze heben die Bauern eine flache Grube aus. Sie schützt die Pflanze vor dem austrocknenden warmen Wind.

### Wo wird Vulkangestein abgebaut?

So zerstörerisch Vulkanausbrüche sind – selbst aus diesen Kräften zieht der Mensch seinen Nutzen. Bausteine wie Basalt und Porphyr, das natürliche Glas Obsidian, Erze, bestimmte Chemierohstoffe wie Schwefel und die Quecksilberverbindung Zinnob, ja selbst manche Edelsteine verdanken wir den Feuerschlotten.

Den harten Basalt brach man zu Pflastersteinen; früher mussten Sträflinge diese mühselige Arbeit verrichten. Heute wird er maschinell gemahlen und dient mit Teer vermischt als widerstandsfähiger Belag für Straßen. Außerdem lässt sich Basalt bei Temperaturen über 1 200 Grad Celsius schmelzen und zu dünnen Fasern verarbeiten. Solche Basaltwolle wird von Wasser oder Säuren nicht angegriffen und hält Temperaturen bis 900 Grad Celsius aus. Sie ist ein Schall- und Wärmedämmstoff in der Bautechnik. In Mitteleuropa wird Basalt unter anderem in der Eifel, in der Rhön, im Westerwald und am Vogelsberg abgebaut. Aus der porösen Basaltlava

**LANZAROTE** ist heute ein beliebtes Touristenziel. Ab 1730 verschütteten mehrere Vulkane den fruchtbarsten Teil der Insel. Noch heute sind diese Feuerberge fast kahl und leuchten in schwarzen, braunen und roten Farbtönen. Das Gebiet steht jetzt unter Naturschutz, aber man kann mit speziellen Bussen und auf Dromedaren hinein. An einer Stelle wirft der Fremdenführer ein Stück Papier in ein Loch – durch die Hitze im Untergrund geht es binnen Sekunden in Flammen auf.



*Der außerordentlich harte Basalt eignet sich gut als Material für Pflastersteine.*

**SCHWEFEL** ist ein wichtiger Rohstoff für die chemische Industrie. Früher wurde er in primitiven Öfen aus schwefelhaltigen Vulkangesteinen ausgeschmolzen; er schmilzt ab 110 Grad. Heute kennt man an vielen Stellen riesige unterirdische Lager relativ reinen Schwefels und baut sie im Tagebau ab. Oder man leitet überhitzten Wasserdampf hinein, so dass der Schwefel schmilzt, und pumpt ihn dann einfach empor.





von Mayen und Mendig in der Osteifel wurden schon in der Römerzeit Mühlsteine gefertigt.

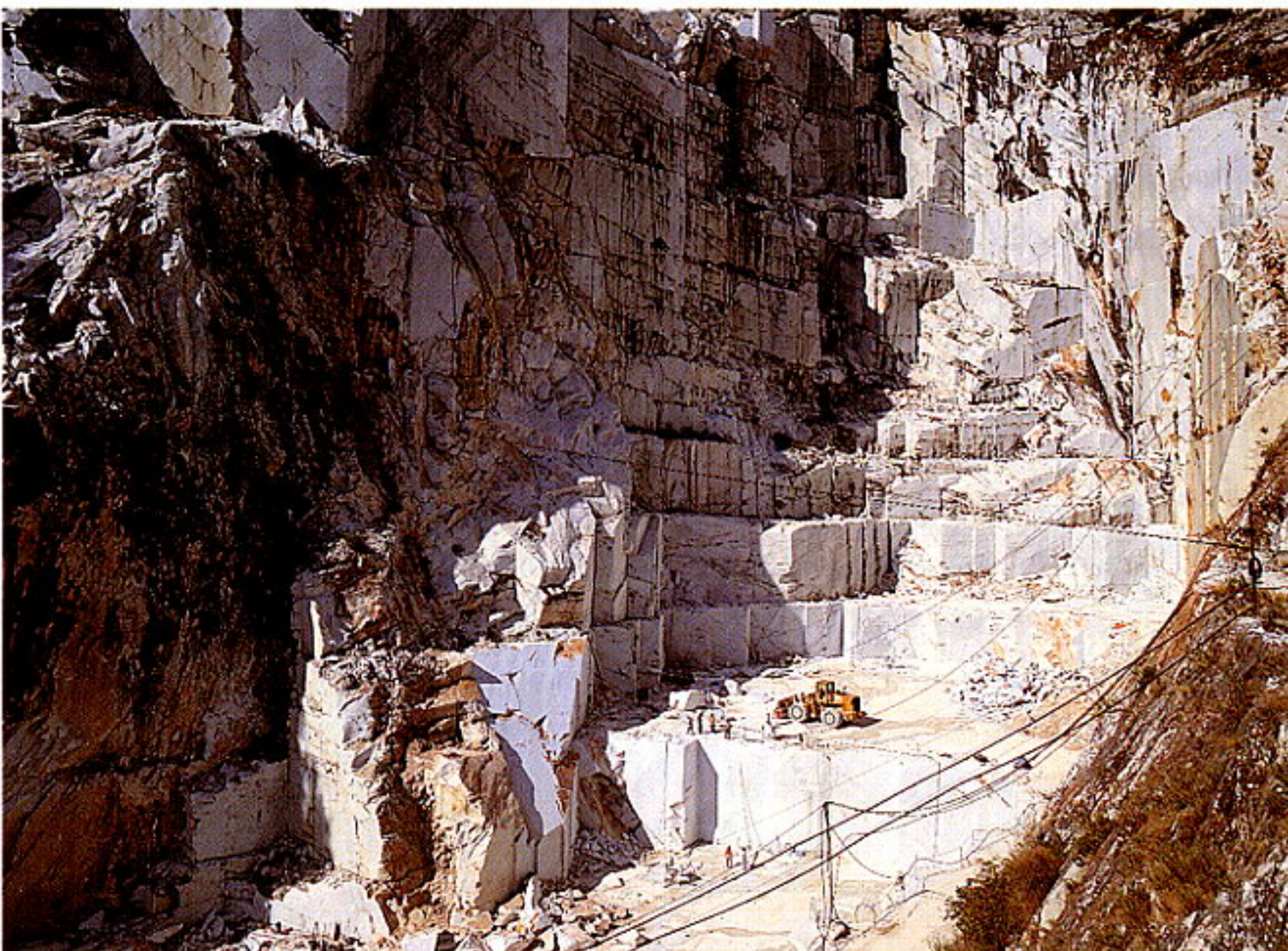
Auch andere Vulkangesteine werden gewonnen. Porphyr findet sich in Bozen (Südtirol), im Nahegebiet und bei Halle/Saale, er wird zu Mauerverkleidungen, Treppenstufen und Pflaster verarbeitet. Aus dem zähen, schlagfesten Diabas fertigt man Grabsteine, Pflaster und nutzt ihn als Straßenschotter oder Betonzuschlag. Platten aus Phono-

*Der blasige, leichte Bimsstein wird in riesigen Mengen in den Bimssteinbrüchen der Insel Lipari bei Sizilien abgebaut.*

lith (Klingstein) erzeugen beim Anschlagen einen hellen Klang; daher bauten die alten Griechen aus diesem Gestein Glockenspiele, bei denen verschieden lange Gesteinsstäbe angeschlagen wurden. Aus dem hellgrauen bis rötlichen Trachyt des Drachenfels im Siebengebirge wurde der Kölner Dom gebaut.

Längst bevor der Mensch selbst Glas schmelzen konnte, verwendete er das natürliche Glas Obsidian. Das ist ein meist tiefschwarzes, glänzendes, sehr sprödes und hartes Gestein, das sich mitunter bei schnellem Abkühlen aus Lava bildet. Schlägt man mit einem anderen Stein auf ein Stück

*Die berühmten Brüche von Carrara in Italien liefern weißen Marmor, der gerne für Statuen benutzt wird.*





Obsidian, so zersplittert es; die Bruchstücke haben ähnlich wie Glasscherben messerscharfe Kanten. Schon in der Steinzeit vor über 50 000 Jahren wurden solche Stücke als Messer verwendet und zu Werkzeugen, Pfeil- oder Speerspitzen verarbeitet. Heute fertigt man aus tiefschwarzem oder weiß gesprenkeltem Obsidian Schmuckstücke an. Die bedeutendsten europäischen Vorkommen findet man auf den Vulkaninseln Lipari und Vulcano nördlich von Sizilien.

Längst nicht alle vulkanischen Produkte allerdings sind besonders hart. So häufen sich rund um Vulkane, die zu explosiven Ausbrüchen neigen, große Mengen ausgestoßener Lockerstoffe auf. Im Laufe der Zeit verbacken und verfestigen sich diese Vulkanaschen und Lapilli zu Vulkantuffen. Diese Gesteine sind verhältnismäßig weich und daher mit Meißeln und Sägen leicht zu bearbeiten. Man baut damit Häuser.

Ein besonders wertvolles vulkanisches Produkt ist der Bimsstein. Er



*Das große Loch der Kimberley-Mine in Südafrika. Die Mine lieferte insgesamt rund 3 000 Kilogramm Diamanten.*

schnell, dass die eingeschlossenen Gase darin gelöst bleiben. Im Bimsstein dagegen werden sie nach dem explosiven Ausbruch beim Flug durch die Luft frei, dehnen sich zu Gasblasen aus und verleihen dem erstarrten Gestein eine schwammartige Struktur mit vielen kleinen Hohlräumen. Als Baumaterial ist der Bimsstein deshalb sehr begehrt – aufgrund seiner Schwammstruktur ist er ein vorzüglicher Wärmeisolator. Man nutzt ihn auch als Scheuerstein: Vermischt mit Seife, lässt sich damit hartnäckiger Schmutz von der Haut reiben.

Die bedeutendsten Vorkommen von Bimsstein gibt es auf Lipari. Hier ist vor 1 400 Jahren der Vulkan Monte Pelato ausgebrochen und hat rund ein Fünftel der Insel damit bedeckt. Heute wird der Stein in riesigen Steinbrüchen abgebaut, gemahlen und auf Schiffe verladen. Auch der Laacher-See-Vulkan in der Eifel hat Bimsstein erzeugt, der einst meterdick das Neuwieder Becken bedeckte, dann aber abgebaut wurde.



*Obsidian ist ein extrem harter Stein. Bruchstücke haben messerscharfe Kanten. In der Steinzeit wurde er deshalb für Speerspitzen und Messer verwendet.*



*Wenn sie poliert worden sind, funkeln Edelsteine verführerisch im Licht. Das Zuschneiden und Polieren der Facetten ist mühevoller Arbeit.*

ist weißgrau und lässt sich schon mit dem Fingernagel ritzen. Außerdem ist er sehr leicht, er schwimmt sogar. Bimsstein entsteht wie Obsidian aus Lava. Der Obsidian erstarrt jedoch so



## Woher stammen Diamanten?

Ein vulkanischer Stein, wenn man es ihm auch nicht ansieht, ist der Diamant, das härteste Mineral überhaupt. Diamanten brechen

das Licht besonders stark. Wasserklare Diamanten schleift man daher zu Schmucksteinen, die im Licht in allen Regenbogenfarben funkeln und glitzern. Am seltensten sind Diamanten, die völlig farblos sind und auch unter der Lupe keine Verunreinigung zeigen. Sie sind daher auch die wertvollsten. Als ebenfalls sehr kostbar gelten rote, grüne, blaue oder gelbe Diamanten. Weil sie so wertvoll sind, werden Schmuckdiamanten nicht grammweise verkauft, sondern nach Karat; ein Karat entspricht einem Fünftel Gramm.

Die meisten Diamanten jedoch sind schmutzig gelb, braun, grau, grünlich oder schwarz gefärbt. Sie eignen sich dann immer noch als Industriediamanten, wo allein ihre Härte zählt – als Besatz von Bohrern, Steinsägen oder Glasschneidern, als Düsen zum Ziehen dünner Fasern oder Drähte oder als Schleif- und Poliermittel.

Diamanten bestehen aus reinem Kohlenstoff, demselben Element, das auch den grauen Graphit und den schwarzen Ruß bildet. Im Diamanten aber hängen die Kohlenstoffatome auf besondere Art zusammen, das verleiht ihm seine außergewöhnlichen Eigenschaften.

*Der 530,2 Karat schwere „Stern von Afrika“ im britischen Zepter gilt als größter geschliffener Diamant.*

Manchen besonders großen und schönen Diamanten hat man sogar Namen gegeben, zum Beispiel „Stern von Afrika“, „Tiffany“ oder „Hope-Diamant“. Der größte bisher gefundene ist der „Cullinan“. Als er 1905 ans Licht kam, wog er 3 106 Karat (621 Gramm) – viel zu viel für ein Schmuckstück. Er wurde daher beim Schleifen in insgesamt 106 einzelne Stücke zerlegt.

Der heute teuerste Diamant, pro Karat gerechnet, ist ein nur 0,95 Karat schwerer Stein in der seltenen blutroten Farbe, er wurde 1987 für etwa 1,7 Millionen Mark verkauft!

Die berühmtesten Diamantenfundstellen liegen in Südafrika. Dort entdeckte man vor 130 Jahren in einem kleinen Hügel bei dem Ort Kimberley fehlerlose Diamanten und begann mit dem Abbau dieses Schatzes. Heute ist der Hügel längst abgetragen, stattdessen gähnt hier das größte vom Menschen ausgeschaufelte Loch: das Big Hole der Kimberley-Mine. Es ist 400 Meter tief und hat einen Durchmesser von rund 450 Metern. Einst war es ein Vulkanschlott. In seinem Trümmergestein, Kimberlit oder unverwittert Blueground genannt, liegen die Edelsteine. Rund 3 000 Kilogramm Diamanten hat allein dieses Big Hole im Laufe der Zeit erbracht.

Die Diamantensuche ist ein mühsames Geschäft: Etwa 10 000 Kilogramm Kimberlit muss man durchwühlen, um 1 Gramm Diamant zu finden. Und längst nicht jeder Stein ist so rein und fehlerfrei, dass sich der Schliff zu einem Schmuckstein lohnt. Der Rest geht in die Industrie.

Niemand weiß bisher genau, wie Diamanten entstanden sind. Auf jeden Fall haben sie sich in großer Tiefe bei hohem Druck und großer Hitze aus Kohlenstoff gebildet. Erst







Die bolivianische Stadt Potosi mit dem Cerro Rico, dessen Silberminen heute erschöpft sind.

später sind sie durch Vulkanausbrüche nach oben gebracht worden. Seit einigen Jahrzehnten kann man Diamanten auch künstlich herstellen – aus Graphit, den man etwa 3 000 Grad Celsius Hitze und enormen Drücken aussetzt. Dabei entstehen aber nur Industriediamanten. Die wertvollen Schmuckdiamanten kommen nur in der Natur vor – außer in Südafrika auch in Namibia, Liberia und Angola, Australien, Russland und Südamerika.

### Wie haben sich die Erzlagerstätten der Erde gebildet?

Die meisten bekannten Lagerstätten von Kupfer, Zink, Kobalt, Nickel, Gold, Silber, Zinn, Uran, Wolfram, Blei und anderen Metallen entstanden dank magmatischer Kräfte: Wasser löste diese Stoffe in großer Tiefe aus dem durchflossenen heißen Gestein heraus, stieg nach oben und schied sie dann im Laufe der Zeit in feinen Spalten und Gängen als Erzader wieder aus. Gebirge mit vielen Vulkanen sind daher auch besonders reich an Erzen. So liegt zum Beispiel in den Anden in Südamerika die bo-

livianische Stadt Potosi. Im 17. Jahrhundert war sie die größte und reichste Gemeinde in ganz Amerika. Grund dafür ist der Cerro Rico (Reicher Berg). Er besteht aus Vulkangestein, in dem beim Abkühlen aus heißen Lösungen unter anderem Silber ausgeschieden wurde. Dieses Silber haben die Spanier jahrhundertlang abgebaut und mit ihrer „Silberflotte“ einmal im

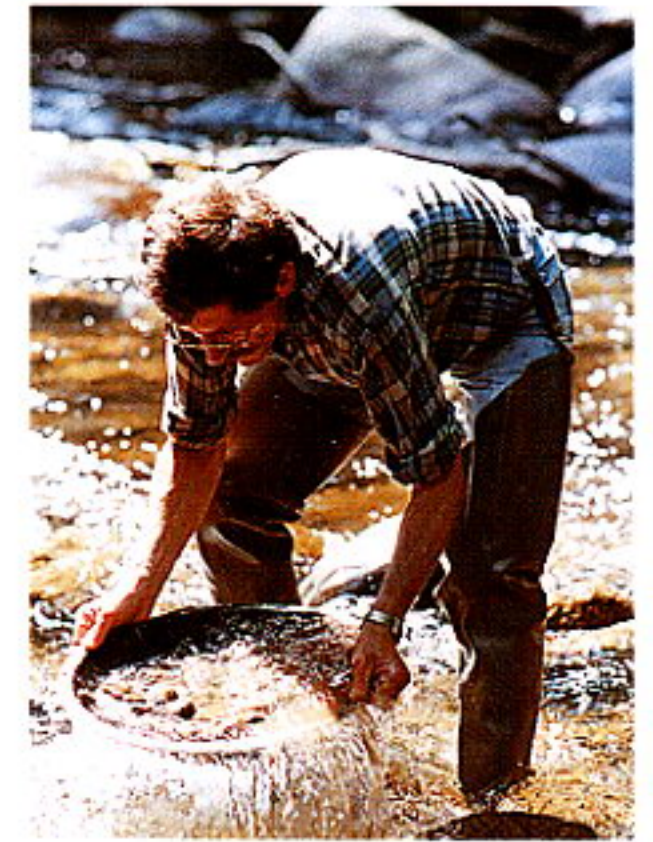
Jahr nach Europa gebracht. Inzwischen ist der Silberschatz erschöpft.

Auch heute entstehen in vulkanisch aktiven Gebieten am Meeresgrund neue Erzlagerstätten. An vielen Stellen dringt Wasser in Risse und Spalten des Meeresbodens ein und tritt an den vulkanischen Zonen aus untermeerischen Quellen wieder aus. Beim Weg durch die Tiefe heizt es sich am heißen Gestein auf über 350 Grad Celsius auf – wegen des hohen Wasserdrucks in über 2 000 Metern Meerestiefe siedet es nicht. Zudem reichert es sich mit Säuren an, die aus den Vulkangasen stammen. Sie erhöhen die Lösungskraft

Mit Tiefseetauchbooten wurden in Vulkanzonen heiße, mineralreiche Quellen am Meeresgrund entdeckt.

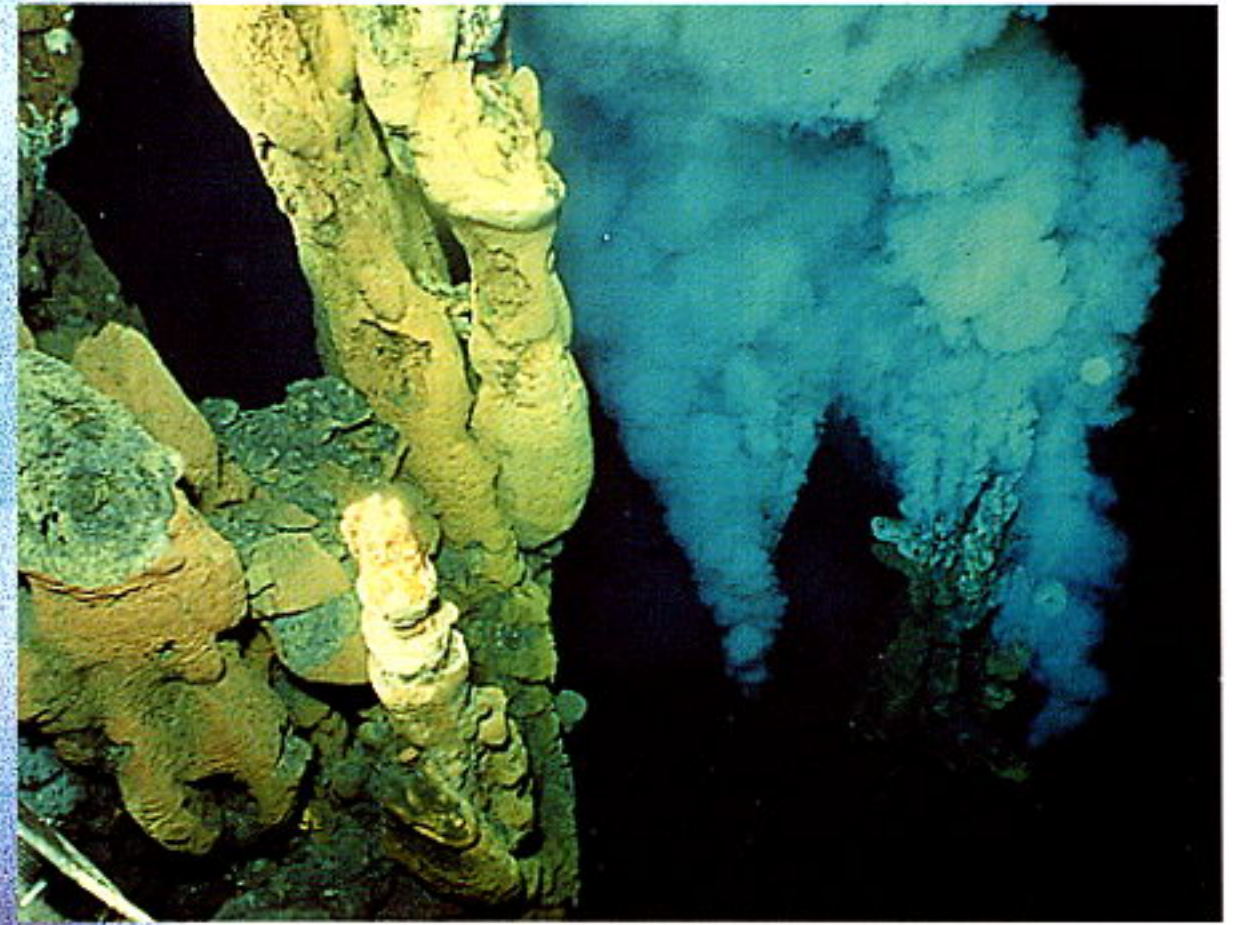
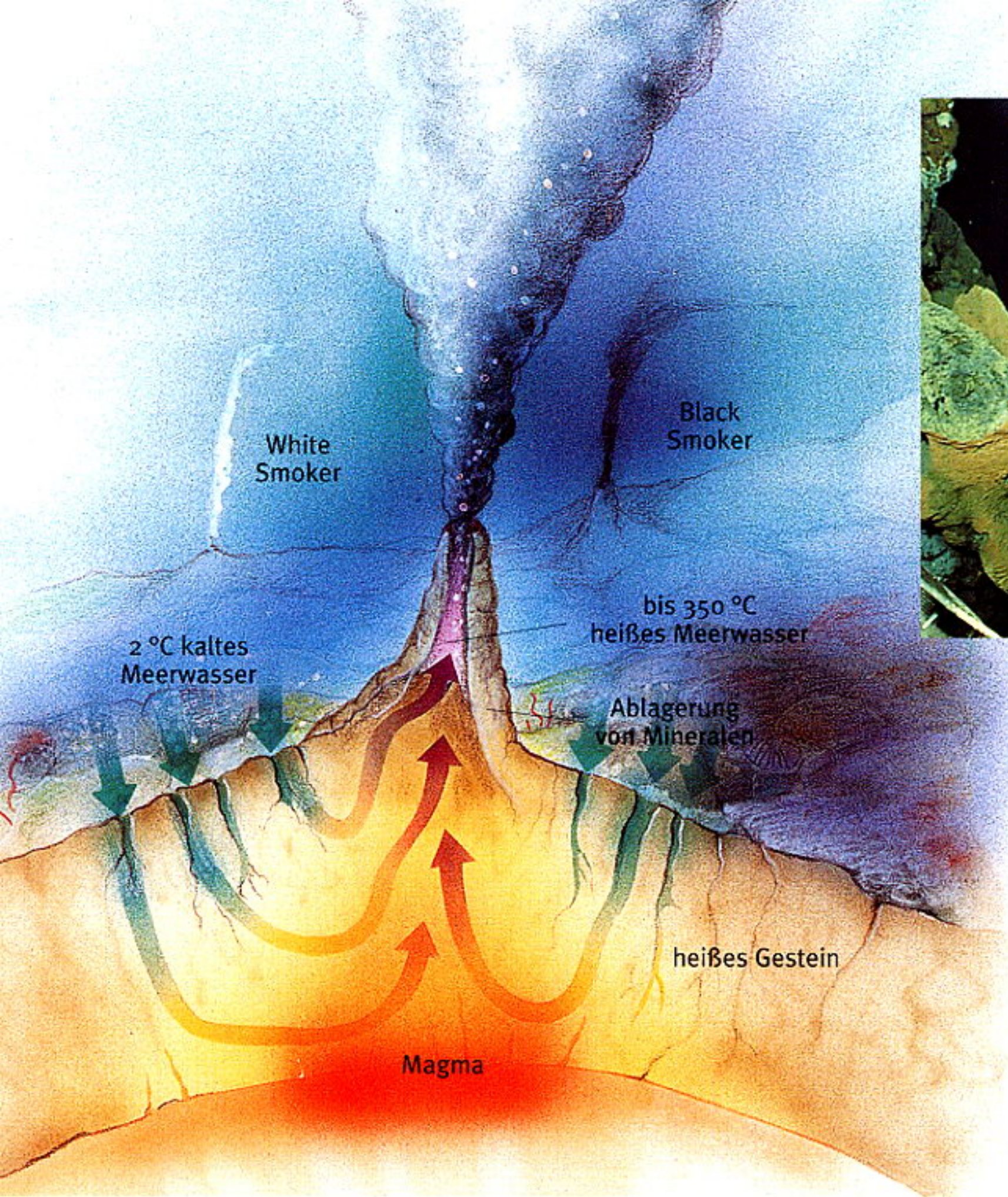


**ERZADERN** können zentimeter- oder mehrere Meter dick und manchmal mehrere Kilometer lang sein. Manche Erze sind über die ganze Länge der Ader zu finden, andere wie Gold oder Silber nur in einem



bestimmten Bereich. Wenn goldhaltige Erzadern durch Abtragung an die Oberfläche gelangen, wäscht der Regen das Metall davon und spült es in die Flüsse. An strömungsarmen Stellen lagern sich die schweren Metallteilchen ab – solche Stellen sind Anziehungspunkte für Goldwäscher.





Smoker heißen die Stellen, wo durch Minerale gefärbtes Heißwasser aus dem Meeresboden strömt.

In der isländischen Hauptstadt Reykjavik mit ihren 90 000 Einwohnern gibt es kaum einen Schornstein – und das,

**Welche Zukunft haben Erdwärme-Kraftwerke?**

obwohl Island direkt am Nördlichen Polarkreis liegt. Seit Jahrzehnten nutzen die Isländer aus der Erde quellendes heißes Wasser und Dampf zum Heizen. Der Dampf treibt Turbinen zur Erzeugung von elektrischem Strom an, während mit dem Heißwasser Wohnungen geheizt werden – und Treibhäuser: Dank der Vulkanwärme aus der Tiefe blühen im hohen Norden Blumen, ernten die Insulaner jederzeit frisches Gemüse und Früchte, nicht nur für den Eigenbedarf, sondern auch für den Export.

Das erste Geothermal-Kraftwerk zur Nutzung der Erdwärme entstand bereits 1904 in Larderello in der Toskana südlich von Florenz, es liefert noch heute elektrischen Strom. Auch in anderen Ländern wird heißer Dampf zur Energiegewinnung genutzt. Neuseeland etwa bezieht 7 Prozent seiner Elektrizität aus Erdwärme. Das bisher leistungsstärkste

**DIE HEISSEN QUELLEN** am Meeresgrund boten Forschern eine aufregende Entdeckung: Sie wimmeln von Lebewesen. Obwohl nie ein Sonnenstrahl zu ihnen hinunterdringt, gibt es hier 3 Meter lange, hellrote Röhrenwürmer, weiße Krabben und Muscheln. Nahrungsgrundlage sind bestimmte Bakterien, die von Schwefelverbindungen im Wasser leben können.

des Wassers. Daher laugt es beim Durchsickern des Basalts dessen Mineralbestandteile aus, vor allem Verbindungen von Mangan, Eisen, Zink, Kupfer und Kobalt, aber auch Silber und Gold. Strömt das mineralreiche heiße Wasser aus Spalten am Meeresgrund und trifft auf kühles Meerwasser, scheiden sich die Metallverbindungen aus und lagern sich als meist schwarze, manchmal aber auch weiße, gelbe oder braune Metall-Schwefel-Verbindungen rund um die Quelle am Meeresboden ab: rund 100 Kilogramm Metalle pro Tag! Mit der Zeit entstehen so mächtige erzreiche Schlämme. Manche Quellen, die Black Smokers (Schwarze Raucher), blasen einen tiefschwarzen Wasserstrom aus, andere sind milchig trüb und heißen White Smokers (Weiße Raucher).



Geothermal-Kraftwerk, „The Geysers“, steht in Kalifornien nördlich von San Francisco. Mehr als 300 Bohrlöcher, die bis in 600 Meter Tiefe führen, liefern Dampf für 3 000 Megawatt Strom – das reicht zur Versorgung einer Zweimillionenstadt. Viele Forscher sehen in der Erdwärme einen guten Ersatz für die Brennstoffe Öl und Kohle, die immer knapper werden und bald verbraucht sind. Das Magma in der Tiefe könnte Hunderttausende von Jahren unseren Bedarf decken.

Ganz problemlos ist die Gewinnung von Erdwärme aber auch nicht. So enthält der Dampf aus der Tiefe meist Chemikalien, die mit der Zeit die Rohrleitungen verstopfen oder zerfressen. Manche kann die chemische Industrie als wertvolle Rohstoffe nutzen. Die meisten aber sind in großen Mengen giftig; sie umweltfreundlich zu entsorgen ist teuer.

Vor allem aber tritt heißer Dampf nur in wenigen Gebieten der Erde von selbst zutage, nämlich dort, wo Grundwasser in das heiße Tiefengestein vordringt. Seit Jahren gibt es daher Versuche, auch die in trockene-

*Erdwärme-Kraftwerk auf Island. Der Dampf aus der Tiefe liefert elektrischen Strom und Fernwärme.*



*Hier nimmt ein Vulkanforscher direkt am Schlot des Vulkans Lava- und Gasproben. Zu seinem Schutz trägt er einen Spezialanzug.*

nem heißem Gestein vorhandene Wärme zu nutzen. Immerhin ist die Energiemenge, die in solchen Gesteinen steckt, etwa 6 000-mal so groß wie der Energiegehalt der gesamten heute bekannten Ölreserven.

Die heute vielversprechendste Methode ist das Hot-Dry-Rock-Verfahren. In gewissem Abstand bohrt man zwei Löcher in den Fels und erzeugt zwischen ihnen durch Sprengungen künstliche Risse. Dann wird in das eine Loch kaltes Wasser gepumpt. Es sickert durchs heiße Gestein, nimmt dabei dessen Wärme auf und steigt dann im zweiten Bohrloch als Dampf oder heißes Wasser wieder empor. Allerdings ist noch keineswegs sicher, ob dieses Verfahren wirklich funktioniert: Es könnte sein, dass das Wasser das heiße Tiefengestein in der Umgebung der Bohrlöcher rasch abkühlt und die Wärme aus dem umliegenden Gestein zu langsam nachfließt.

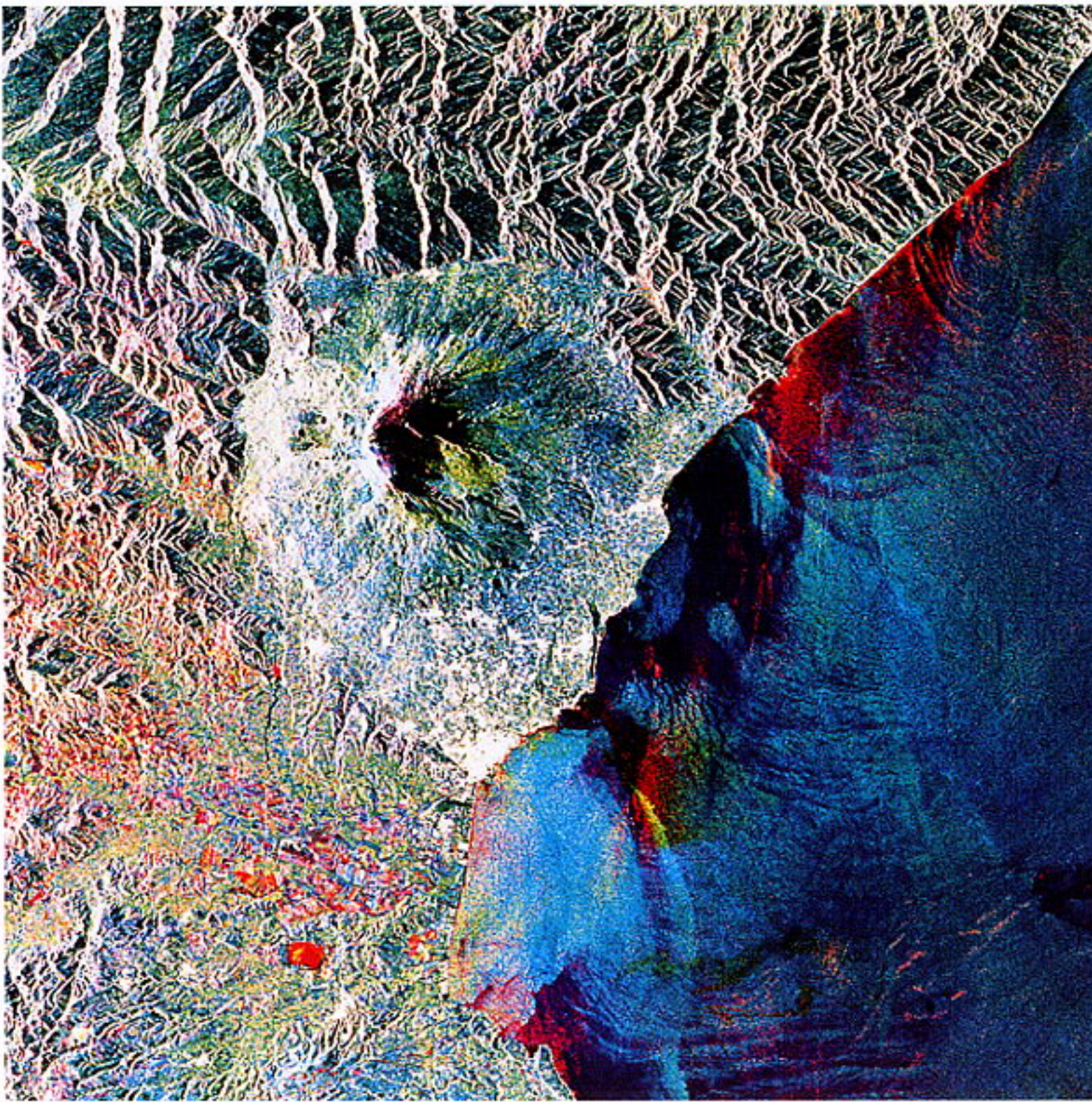
#### **AUSBRUCH-VORHERSAGEN**

Mitunter können die Vulkanologen mit ihren Überwachungstechniken Erfolge verzeichnen. So war zum Beispiel kurz vor dem Ausbruch des Mount St. Helens 1980 die Anzahl und Heftigkeit der Mikrobeben stark angestiegen. Mit der gewaltigen Stärke des Ausbruchs rechnete allerdings niemand. Und längst nicht immer sind die Warnzeichen zuverlässig. 1984 hätte man wegen vieler Mikrobeben und einer Bodenhebung um 63 Zentimeter fast die Hafenstadt Rabaul auf Papua-Neuguinea geräumt. Doch plötzlich beruhigten sich die Tiefenkräfte wieder.



**Können Forscher Vulkan-  
ausbrüche  
vorhersagen?**

Mitten im Solfatara-Krater bei Pozzuoli am Golf von Neapel stehen zwei große Metallgebilde im weißen Sand. Es sind Radarreflektoren: Von Satelliten aus kann man mit ihnen kleinste Hebungen und Senkungen des Bodens messen. Unter dem dicht besiedelten Landstrich liegt eine riesige Magmakammer. Steigt der Druck darin, treibt sie den



*Satellitenbilder aus dem Weltall – hier vom Ätna – sollen helfen, Vulkanausbrüche vorherzusagen.*

Boden empor. Lässt er nach, sinkt das Land wieder. Die Geologen verfolgen jede Hebung argwöhnisch. Steigt der Druck in der Tiefe zu sehr an, könnte ein Ausbruch bevorstehen. Zuletzt geschah das 1538, als hier der Monte Nuovo entstand.

Trotz aller technischen Hilfsmittel sind wir von einer verlässlichen Vorhersage von Vulkanausbrüchen noch weit entfernt. Immerhin gibt es auf manchen Vulkanen spezielle Observatorien – das erste entstand bereits

1811 auf dem Vesuv. Hier arbeiten die Vulkanforscher, sammeln über Jahre alle Daten über „ihren“ Vulkan, registrieren Beben des Untergrunds, vermessen ihn, um Hebungen und Senkungen festzustellen, untersuchen Änderungen der Temperatur und chemischen Zusammensetzung austretender Vulkangase, beobachten etwaige Vorgänge im Kraterbereich und an den Vulkanhängen. Manche Veränderungen können tatsächlich auf einen bevorstehenden Ausbruch hinweisen. So verzeichnen Seismometer (Erdbebenmessgeräte) bei vielen Vulkanen schon einige Monate vorher verstärkte Unruhe in der Tiefe. Die Zahl der für uns nicht spürbaren Mikrobeben steigt vor einem Ausbruch von einigen pro Monat auf einige hundert pro Tag. Vermutlich öffnet der Druck des aufsteigenden Magmas Spalten im Fels; auch Gasexplosionen im glutflüssigen Gesteinsbrei mögen bei der Entstehung dieser Erschütterungen eine Rolle spielen. Wenn Magma aufsteigt, drückt es den Vulkan und seine Umgebung um einige Dezimeter empor. Daher hat man an den Hängen einiger Vulkane hoch empfindliche Neigungsmesser aufgebaut, die auch noch Änderungen im Millimeter-Bereich nachweisen können.

Emporquellendes Magma bringt auch Hitze aus der Tiefe mit. Der Vulkan wird etwas wärmer. Empfindliche Messgeräte für Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung) an Bord von Satelliten registrieren die zunehmende Temperatur.

Heute wäre es dank der Computertechnik möglich, alle ausbruchsgefährdeten Vulkane ständig durch automatische Messgeräte zu kontrollieren – nur scheiterten solche Vorhaben bisher am fehlenden Geld.





# Vulkane rund um den Erdball

## EUROPA

### Ätna (1)

Er liegt auf der italienischen Insel Sizilien und ist mit 3 340 Metern der höchste aktive Vulkan Europas. Sein erster von Menschen geschilderter Ausbruch ereignete sich 1500 v. Chr., der Vulkan ist aber schon viel älter. Seitdem gab es immer wieder kleine explosive Ausbrüche. Der verheerendste kostete 1669 über 20 000 Menschen das Leben. Bei einem Ausbruch 1979 starben 9 Menschen. Der Vulkan wird dennoch von Touristen besucht, die per Seilbahn und Auto hinauffahren und von geschulten Führern ungefährdet an interessante Aussichtspunkte geleitet werden.

### Beerenberg (2)

Der nördlichste Vulkan der Erde liegt auf der zu Norwegen gehörenden Insel Jan Mayen nördlich von Island. Seit 1633 ist der 2 276 Meter hohe Vulkan 5-mal ausgebrochen, zuletzt 1984.

### Hekla (3)

Dieser Vulkan auf Island wurde im Mittelalter als „Tor zur Hölle“ betrachtet. Seit 900 ist er etwa 20-mal ausgebrochen und hat große Lava- und Schlammströme ausgesandt, aber wegen der geringen Besiedlung des Landes kaum Opfer gefordert. Er ist 1 477 Meter hoch. Der letzte Ausbruch war 1981.

### Laki-Spalte (4)

Das ist eine 25 Kilometer lange Erdspalte auf Island. Sie brachte 1783 bei einem gewaltigen explosiven Ausbruch die Rekordmenge von über 12 Kubikkilometern Lava hervor, füllte zwei Flusstäler und bedeckte rund 500 Quadratkilometer Land (fast die Fläche von Hamburg). Fast alles Vieh auf Island starb durch Giftgase, die das Gras absterben ließen. Daraufhin verhungerten 10 000 Menschen, ein Fünftel der Einwohner (siehe Seite 13).

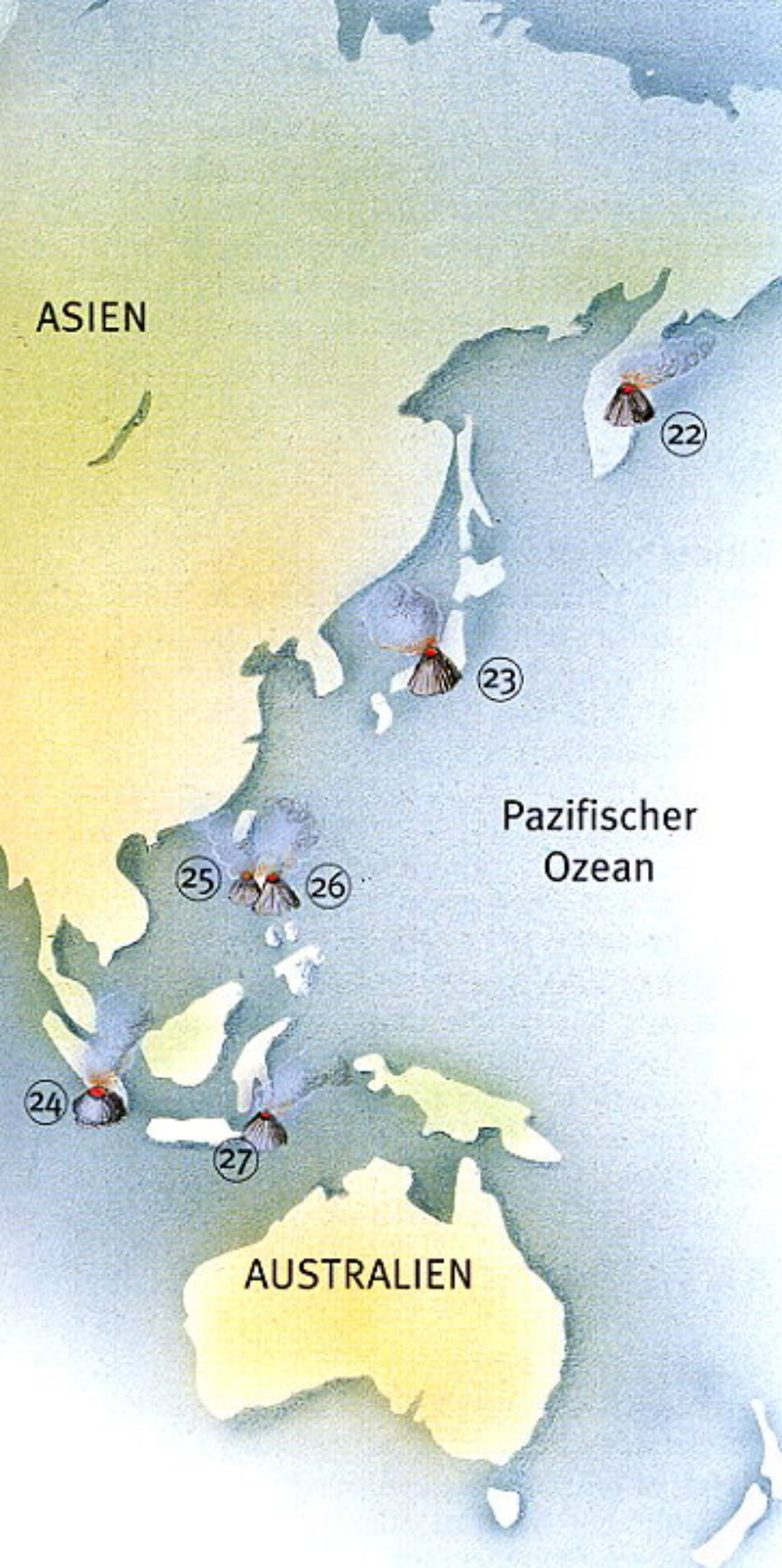
### Pic von Teneriffa (5)

Auf der Insel Teneriffa befindet sich dieser Vulkan. Er heißt auf Spanisch auch Pico de Teide. Der Berg ist 3 713 Meter hoch und gilt als ruhig. Er hat sich inmitten der gewaltigen, über 2 000 Meter hohen Caldera eines viel älteren Vulkans gebildet; dieses zerklüftete, höchst sehenswerte Gebiet heißt „cañadas“. Vom Gipfel, auf den heute eine Seilbahn führt, kann man im gelbbraunen Gestein der cañadas die tief-schwarzen Bänder zerklüfteter Lava von früheren Ausbrüchen erkennen. Auch auf Lanzarote und La Palma gibt es Spuren von Vulkanausbrüchen.

### Santorin – auch Thera genannt (6)

In dieser griechischen Inselgruppe nördlich von Kreta explodierte 1645 v. Chr. eine Vulkaninsel mit ungeheurer Gewalt. Anschließend brach der Boden ein, eine unterseeische Caldera bildete sich. Die





Vesubius) gebildet; der höchste Punkt des Caldèra-Randes heißt Monte Somma. Der Vesuv neigt zu explosiven Ausbruchsserien mit jahrhundertlangen Ruhepausen. Der letzte Ausbruch war 1944, seitdem ist er ruhig. Sein Kraterand wird gern von Touristen besucht.

#### **Vulcano (9)**

Der Namensgeber aller Vulkane liegt auf einer kleinen Insel nördlich von Sizilien. Die Römer hielten den heute etwa 500 Meter hohen Berg für die Schmiede des Feuerergottes Vulcanus. So gab die Insel den Feuerbergen ihren Namen.

## **AMERIKA**

#### **Cotopaxi (10)**

Der 5 900 Meter hohe Vulkan im südamerikanischen Staat Ecuador brach zuletzt 1942 aus. Aber er ist recht aktiv: Seit 1532 gab es über 50 Ausbrüche. Gelegentlich bildete geschmolzenes Eis Schlammströme, die in Flusstälern über 100 Kilometer weit rasten.

#### **El Chichon (11)**

Durch seinen explosiven Ausbruch von 1982, dem größten des Jahrhunderts, wurde dieser Vulkan in Südamerika bekannt. Zuvor war er jahrhundertlang eher ruhig gewesen. Aber dann blies der 2 225 Meter hohe Berg riesige Mengen Staub und Schwefelsäure in die Luft, 2 500 Menschen starben.

#### **Fernandina (12)**

Der aktivste Vulkan der Galápagos-Inseln vor der Pazifikküste Ecuadors ist ein Schildvulkan mit Gipfelcaldera, der sich vermutlich über einem Hot Spot gebildet hat.

#### **Kilauea (13)**

Dieser Nebenkrater des Mauna Loa auf der Hauptinsel von Hawaii im Pazifik ist fast ständig aktiv. Die derzeitige Höhe beträgt 1 243 Meter. Weil er dünnflüssige basische Lava fördert, kann man nahe herangehen und seine Lavaströme und Lavaseen beobachten.

#### **Mauna Loa (14)**

Der größte (nicht höchste!) aktive Vulkan der Erde liegt auf der Hauptinsel von Hawaii; er ragt 4 169 Meter über den Meeresspiegel. Vom Meeresboden aus gerechnet ist der gewaltige Schildvulkan sogar fast 10 000 Meter hoch. Seit 1832 flossen etwa 4 Kubikkilometer Lava aus Krater und Spalten, richteten aber kaum Schaden an.

#### **Mont Pelée (15)**

Ein Vulkan auf der Karibikinsel Martinique. Er stieß 1902 eine Glutlawine aus heißen, giftigen Vulkangasen und glühender Asche aus. Sie fegte den Berg hinab und vernichtete die Inselhauptstadt St. Pierre. 28 000 Menschen starben. Seither gab es noch weitere explosive Ausbrüche, der letzte war 1932.

#### **Mount St. Helens (16)**

Der Vulkan im Kaskadengebirge im US-Staat Washington an der Pazifikküste brach 1980 mit großer Heftigkeit aus, wobei die Nordflanke des Gipfels weggesprengt wurde und der Berg 400 Meter Höhe verlor. 57 Menschen starben, 600 Quadratkilometer Wald wurden zerstört, ein 25 Kilometer langes Tal mit Schlamm gefüllt. Der bisher letzte Ausbruch war 1986. Heute ist der Berg noch 2 450 Meter hoch.

#### **Nevado del Ruiz (17)**

Im Jahre 1985 machte dieser Vulkan in Kolumbien Schlagzeilen, als durch einen heftigen Ausbruch das Gipfeis des 5 389 Meter hohen Berges schmolz. Die dabei gebildeten Schlammströme rasten zu Tal und überdeckten mehrere Orte, darunter die Stadt Armero. 25 000 Menschen kamen ums Leben.

#### **Ojos del Salado (18)**

Der höchste tätige Vulkan der Erde liegt an der Grenze von Chile und Argentinien und ist 6 887 Meter hoch.

#### **Poás (19)**

Zwei Kraterseen besitzt dieser Vulkan in Costa Rica (Mittelamerika). Er ist seit 1834 mehr als 20-mal heftig ausgebrochen. Dabei wurde 1910 eine Wasserfontäne 4 Kilometer hoch geschleudert.

#### **Popocatepetl (20)**



Gewaltig und schneebedeckt ragt dieser Vulkan südlich der mexikanischen Hauptstadt Mexico City auf. Seit seinem letzten großen Ausbruch von 1720 gab es mehrere kleine. Im Mai 1997 brach er erneut heftig aus.

#### **Villarica (21)**

In unregelmäßigen Abständen bricht dieser Vulkan in Zentralchile explosiv aus. In den Schlammströmen durch geschmolzenes Gipfeis starben 1971 15 Menschen.

## **ASIEN**

#### **Besymiannij (22)**

Die russische Halbinsel Kamtschatka gehört zum „Ring des Feuers“ um den Pazifik. Auf ihr liegt dieser aus mehreren Gipfeln gebaute Vulkan. Bei einem gewaltigen Ausbruch 1956 stieg eine pilzförmige Aschewolke 35 Kilometer hoch, Felsbrocken flogen 25 Kilometer weit. Eine 2 Kilometer große Caldera entstand. Weil



heutigen Inseln sind nur Reste des einstigen Landes. Die Aschewolken zogen damals bis Ägypten, Flutwellen verwüsteten die umliegenden Inseln, etwa Kreta, und die Stadt Akrotiri auf Thera; sie wird jetzt ausgegraben. Die vulkanischen Kräfte sind bis heute nicht erloschen.

#### **Stromboli (7)**

Dieser Vulkan auf einer Insel nördlich von Sizilien ist heute 925 Meter hoch und hat den Beinamen „Leuchtturm des Mittelmeers“, weil er seit 2 000 Jahren fast ständig ausbricht – etwa alle halbe Stunde.

#### **Vesuv (8)**

Der wohl berühmteste Vulkan der Welt liegt bei Neapel. Er ist heute 1 280 Meter hoch. Die verheerendsten Ausbrüche ereigneten sich 79 (12 000 Tote) und 1631 (4 000 Tote). Beim Ausbruch 79 wurden neben anderen die römischen Städte Pompeji und Herculaneum verschüttet. Der heutige Vesuv hat sich in der ausgesprengten Caldera eines Vorläufer-Vulkans (Mons



die Umgebung praktisch unbewohnt ist, forderte der Ausbruch keine Todesopfer. Die glutheiße Asche lagerte sich in einem benachbarten Tal ab und erhitze das Grundwasser; seither kennen es die Vulkanologen als „Tal der zehntausend Dämpfe von Kamtschatka“. Ein ähnliches Tal gibt es am Vulkan Katmai in Alaska.

#### **Fudschijama (23)**

Der heilige Berg der Japaner liegt auf der japanischen Insel Honshu; er ist mit 3776 Metern der höchste Berg Japans. Sein Krater ist 150 Meter tief und hat 600 Meter Durchmesser. Der letzte Ausbruch fand 1707 statt.

#### **Krakatau (24)**

Durch die wohl größte Explosion in historischer Zeit wurde dieser Vulkan in der Sundastraße zwischen Sumatra und Java (Indonesien) bekannt. Dabei explodierte am 27. August 1883 die ganze Vulkaninsel. Der Donner war noch 5 000 Kilometer weit zu hören. Wäre dieses Ereignis in Deutschland geschehen, hätte man den Donner in ganz Europa vernommen! Die meisten der über 36 000 Opfer ertranken in der gewaltigen Flutwelle, die durch die Explosion entstand und noch Tausende von Kilometern entfernt Zerstörungen anrichtete.

#### **Pinatubo (25)**

Als dieser Vulkan auf den Philippinen 1991 ausbrach, forderte er über 750 Opfer und verursachte durch heiße Asche und Schlammströme Schäden von rund

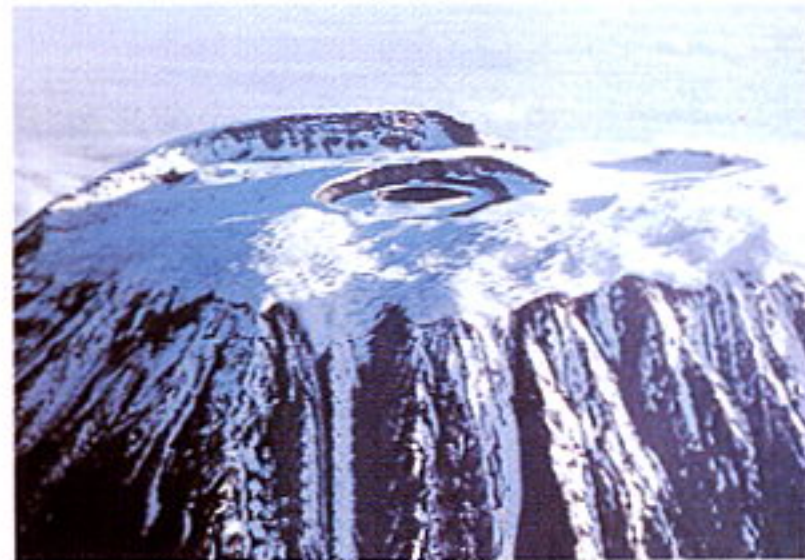
1,3 Milliarden Mark. Etwa 1,2 Millionen Menschen (das entspricht fast der Einwohnerzahl Münchens!) mussten ihre Häuser verlassen. Die 20 Kilometer hoch ausgestoßene Aschewolke wanderte um die Erde und veränderte vorübergehend das Klima.

#### **Taal (26)**

Heute ist das eine Vulkaninsel in einem riesigen Kratersee auf den Philippinen. Der Vulkan ist seit 1572 mindestens 30-mal ausgebrochen, oft begleitet von heftigen Explosionen und Flutwellen, und hat zahlreiche Opfer gefordert. Wenn das Wasser aus dem See in den Schlot läuft, gibt es gewaltige Explosionen.

#### **Tambora (27)**

Dieser Vulkan auf Sumbawa, einer Insel von Indonesien, stieß 1815 etwa 80 Kubikmeter Magma aus. Die von diesem gewaltigsten Vulkanausbruch in der Geschichte erzeugten Flutwellen töteten etwa



*Kilimandscharo*

10 000 Menschen an den Küsten der umliegenden Inseln. Die ausgeschleuderten Aschewolken verdunkelten die Sonne und führten 1816 (als „Jahr ohne Sommer“ bekannt) zu Missernten auf der Nordhalbkugel der Erde, durch die weitere 80 000 Menschen starben.

## **AFRIKA**

#### **Kilimandscharo (28)**

Aus drei Vulkanen ist dieser Berg in Tansania zusammengewachsen und hat drei Gipfel. Der höchste ist die Kibo-Spitze mit 5 895 Metern. Der heute ruhige Vulkan ist der höchste Berg Afrikas.

#### **Nyiragongo (29)**

Dieser Schichtvulkan im östlichen Teil von Zaire ist seit 1884 etwa 15-mal ausgebrochen. Im Jahre 1977 öffnete sich an seiner Südflanke eine Spalte und ließ einen See glühender Lava auslaufen. Das glutflüssige Gestein überflutete mit einer Fließgeschwindigkeit von bis zu 70 Kilometern pro Stunde weite Flächen und tötete 300 Menschen.

## **ANTARKTIKA**

#### **Mount Erebus (30)**

Der südlichste tätige Vulkan der Erde liegt auf der Ross-Insel. Sein 3 795 Meter hoher Gipfel ist ständig schneebedeckt, aber darin glüht ein See aus flüssiger Lava von 100 Metern Durchmesser.

# **Register**

Vulkane sind nur aufgeführt, soweit sie im Text ausführlicher beschrieben oder abgebildet sind.

#### **Aa-Lava 15, 16**

**Ätna 8, 12, 28, 34, 37, 38, 45, 46**

**Ausbruch-Vorhersage 44, 45**

**Basalt 16, 29, 30, 34, 35, 38, 43**

**Basaltwolle 38**

**Bimsstein 5, 6, 16, 20, 39, 40**

**Caldera 14, 20, 35, 36, 46, 47**

**Diabas 39**

**Diamant 40-42**

**El Chichon 21, 22, 28, 47**

**Erdinneres 7, 8**

**Erdwärme-Kraftwerk 43, 44**

**Erstarrungsgesteine 16**

**Erzlager 42**

**Fudschijama 10, 12, 28, 48**

**Fumarole 24**

**Geysir 23**

**Granit 16**

**Halemaumau 11**

**Hawaii-Vulkane 33, 34**

**Hephaistos 7**

**Herculaneum 5, 6, 7, 19, 47**

**Hot Spot 30, 31, 33, 34, 47**

**Hot-Dry-Rock-Verfahren 44**

**Io 36**

**Island 12, 13, 23, 27-30, 34, 43, 44, 46**

**Kalksinter 22**

**Kaskadengebirge 28, 32, 47**

**Kieselsäure 11, 12, 18, 19, 31**

**Kissen-Lava 16**

**Kohlendioxid 9, 25, 26**

**Kontinentalplatten 26-31**

**Kontinentalverschiebung 28, 29**

**Korallenriff 25**

**Krakatau 19, 20, 21, 28, 30, 48**

**Laacher-See-Vulkan 35, 40**

**Laki-Spalte 12, 13, 46**

**Lanzarote 15, 37, 38**

**Lapilli 5, 6, 9, 13, 15, 18, 40**

**Lava**

Formen 15, 16

Name 9

**Lavahöhle 15**

**Maar 35, 36**

**Magma**

Name 8

Zusammensetzung 11, 12, 31

**Marmor 39**

**Mauna Loa 11, 12, 36, 47**

**Mineralwasser 22**

**Mittelozeanischer Rücken 26, 29, 30**

**Mont Pelée 9, 18, 28, 47**

**Mount Ngauruhoe 12**

**Mount St. Helens 17, 19, 21, 28, 31-33, 44, 47**

**Nevado del Ruiz 28, 33, 47**

**Nyos-See 26**

**Obsidian 38-40**

**Olympus Mons 36**

**Pahoehoe-Lava 15**

**Pamukkale 22**

**Paricutin 10, 28**

**Pele 7, 11**

**Phonolith 35, 39**

**Pinatubo 21, 28, 30, 31, 48**

**Plattentektonik 29**

**Pompeji 4-6, 19, 47**

**Porphyry 38, 39**

**Quellen, untermeerische 42, 43**

**Ring des Feuers 26, 28, 47**

**Schichtvulkan 12, 15, 48**

**Schildvulkan 11, 12, 17, 36, 47**

**Schwefel 5, 7, 9, 21, 22, 24, 36, 38, 39, 43**

**Solfatara 24**

**Smoker 43**

**Stromboli 12, 18, 19, 47**

**Subduktionsvulkane 30**

**Surtsey 13**

**Tambora 20-22, 28, 30, 48**

**Thermalquellen 22**

**Tiefengesteine 16**

**Trachyt 39**

**Vesuv 4-6, 12, 14, 19, 20, 45, 47**

**Vulcanus 7, 47**

**Vulkanasche 9, 21, 38, 40**

**Vulkanformen 11, 12**

**Vulkantuff 15, 40**

**Vulkantypen 17-19**

**Wegener, Alfred 28, 29**