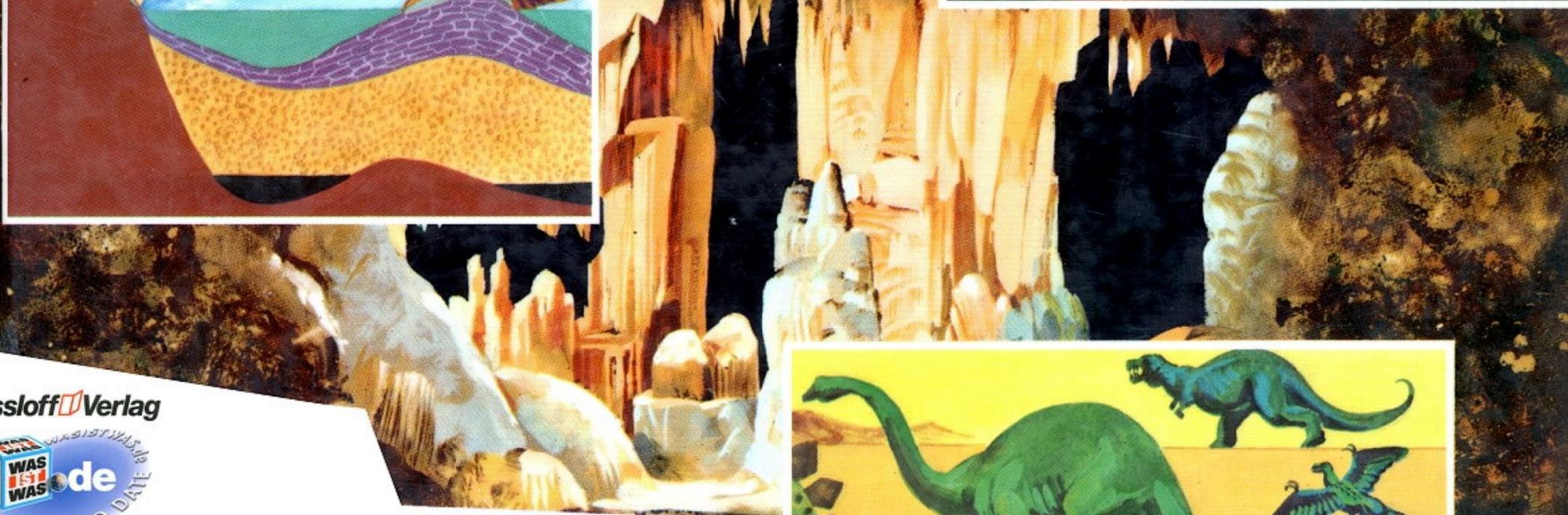
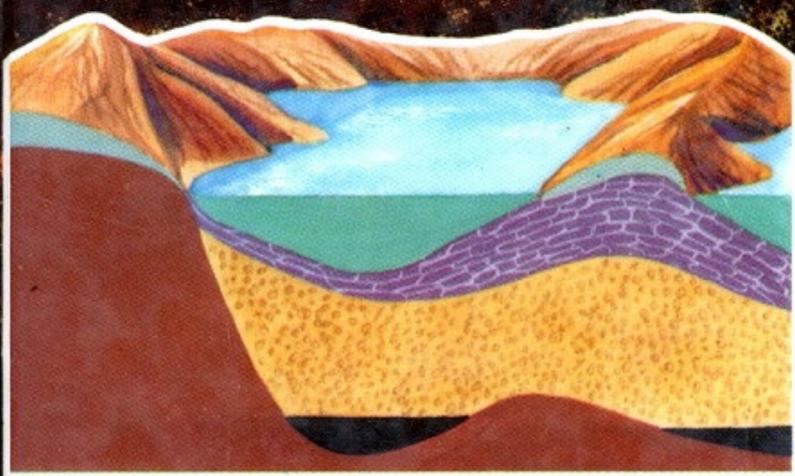
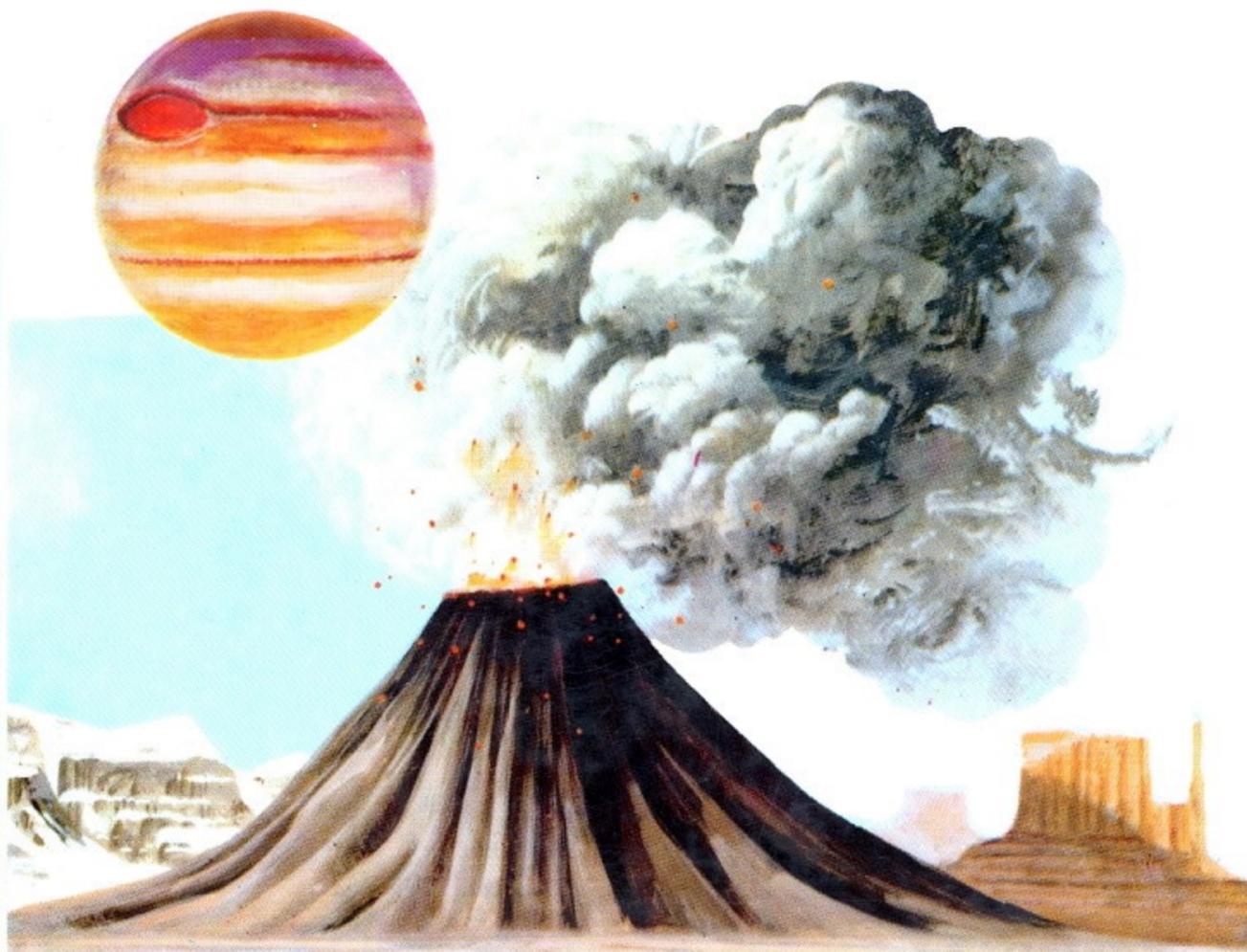
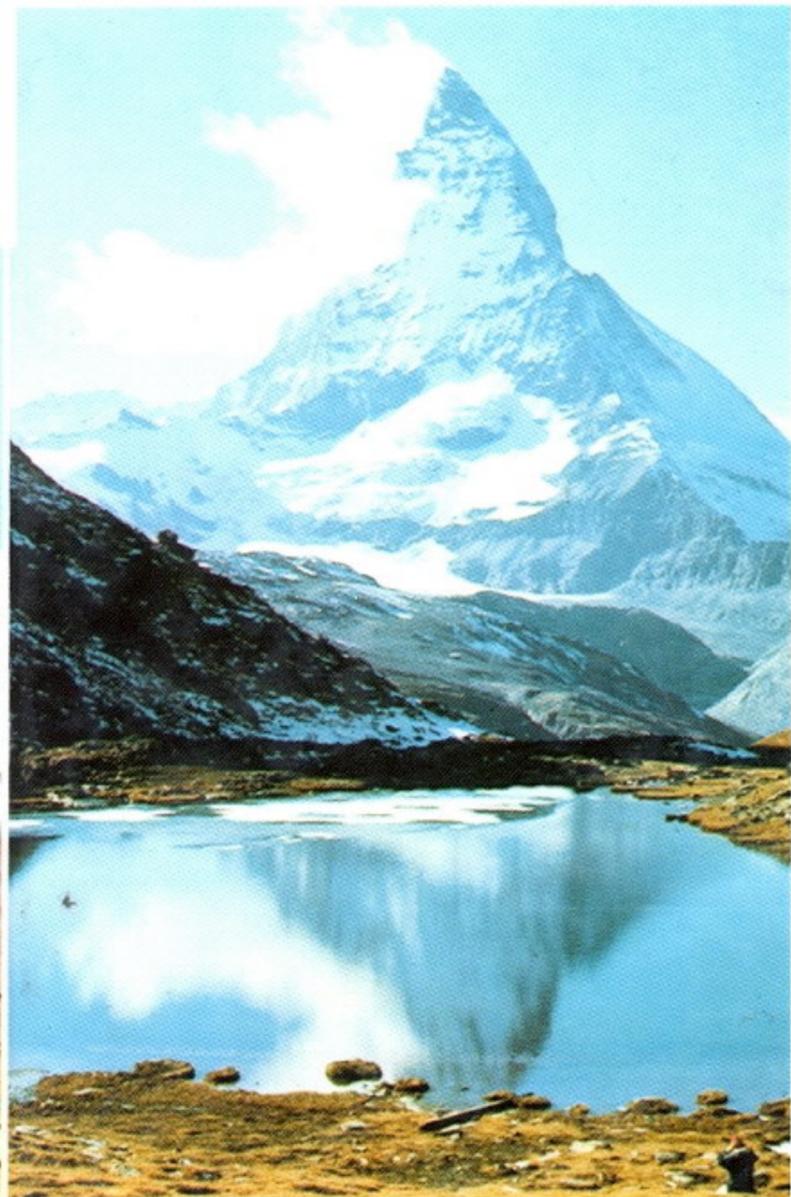


**WAS
IST
WAS**

Unsere Erde

BAND 1



Tessloff Verlag

**WAS
IST
WAS**
de
WISSEN UP TO DATE



In dieser Reihe sind bisher erschienen:

- | | | |
|--|--|--|
| Band 1 Unsere Erde | Band 32 Meereskunde | Band 66 Berühmte Ärzte |
| Band 2 Der Mensch | Band 33 Pilze, Moose und Farne | Band 67 Die Völkerwanderung |
| Band 3 Atomenergie | Band 34 Wüsten | Band 68 Natur |
| Band 4 Chemie | Band 35 Erfindungen | Band 69 Fossilien |
| Band 5 Entdecker | Band 36 Polargebiete | Band 70 Das Alte Ägypten |
| Band 6 Die Sterne | Band 37 Computer und Roboter | Band 71 Seeräuber |
| Band 7 Das Wetter | Band 38 Prähistorische Säugetiere | Band 72 Heimtiere |
| Band 8 Das Mikroskop | Band 39 Magnetismus | Band 73 Spinnen |
| Band 9 Der Urmensch | Band 40 Vögel | Band 74 Naturkatastrophen |
| Band 10 Fliegerei und Luftfahrt | Band 41 Fische | Band 75 Fahnen und Flaggen |
| Band 11 Hunde | Band 42 Indianer | Band 76 Die Sonne |
| Band 12 Mathematik | Band 43 Schmetterlinge | Band 77 Tierwanderungen |
| Band 13 Wilde Tiere | Band 44 Das Alte Testament | Band 78 Münzen und Geld |
| Band 14 Versunkene Städte | Band 45 Mineralien und Gesteine | Band 79 Moderne Physik |
| Band 15 Dinosaurier | Band 46 Mechanik | Band 80 Tiere - wie sie sehen,
hören und fühlen |
| Band 16 Planeten und Raumfahrt | Band 47 Elektronik | Band 81 Die Sieben Weltwunder |
| Band 17 Licht und Farbe | Band 48 Luft und Wasser | Band 82 Gladiatoren |
| Band 18 Der Wilde Westen | Band 49 Leichtathletik | Band 83 Höhlen |
| Band 19 Bienen und Ameisen | Band 50 Unser Körper | Band 84 Mumien |
| Band 20 Reptilien und Amphibien | Band 51 Muscheln und Schnecken | Band 85 Wale und Delphine |
| Band 21 Der Mond | Band 52 Briefmarken | Band 86 Elefanten |
| Band 22 Die Zeit | Band 53 Das Auto | Band 87 Türme |
| Band 23 Von der Höhle bis
zum Wolkenkratzer | Band 54 Die Eisenbahn | Band 88 Ritter |
| Band 24 Elektrizität | Band 55 Das Alte Rom | Band 89 Menschenaffen |
| Band 25 Vom Einbaum zum
Atomschiff | Band 56 Ausgestorbene Tiere | Band 90 Der Regenwald |
| Band 26 Wilde Blumen | Band 57 Vulkane | Band 91 Brücken |
| Band 27 Pferde | Band 58 Die Wikinger | Band 92 Papageien und Sittiche |
| Band 28 Die Welt des Schalls | Band 59 Katzen | Band 93 Olympia |
| Band 29 Berühmte Wissenschaftler | Band 60 Die Kreuzzüge | Band 94 Samurai |
| Band 30 Insekten | Band 61 Pyramiden | Band 95 Haie und Rochen |
| Band 31 Bäume | Band 62 Die Germanen | Band 96 Schatzsuche |
| | Band 63 Foto und Film | Band 97 Hexen und Hexenwahn |
| | Band 64 Die Alten Griechen | |
| | Band 65 Die Eiszeit | |

Tessloff  Verlag

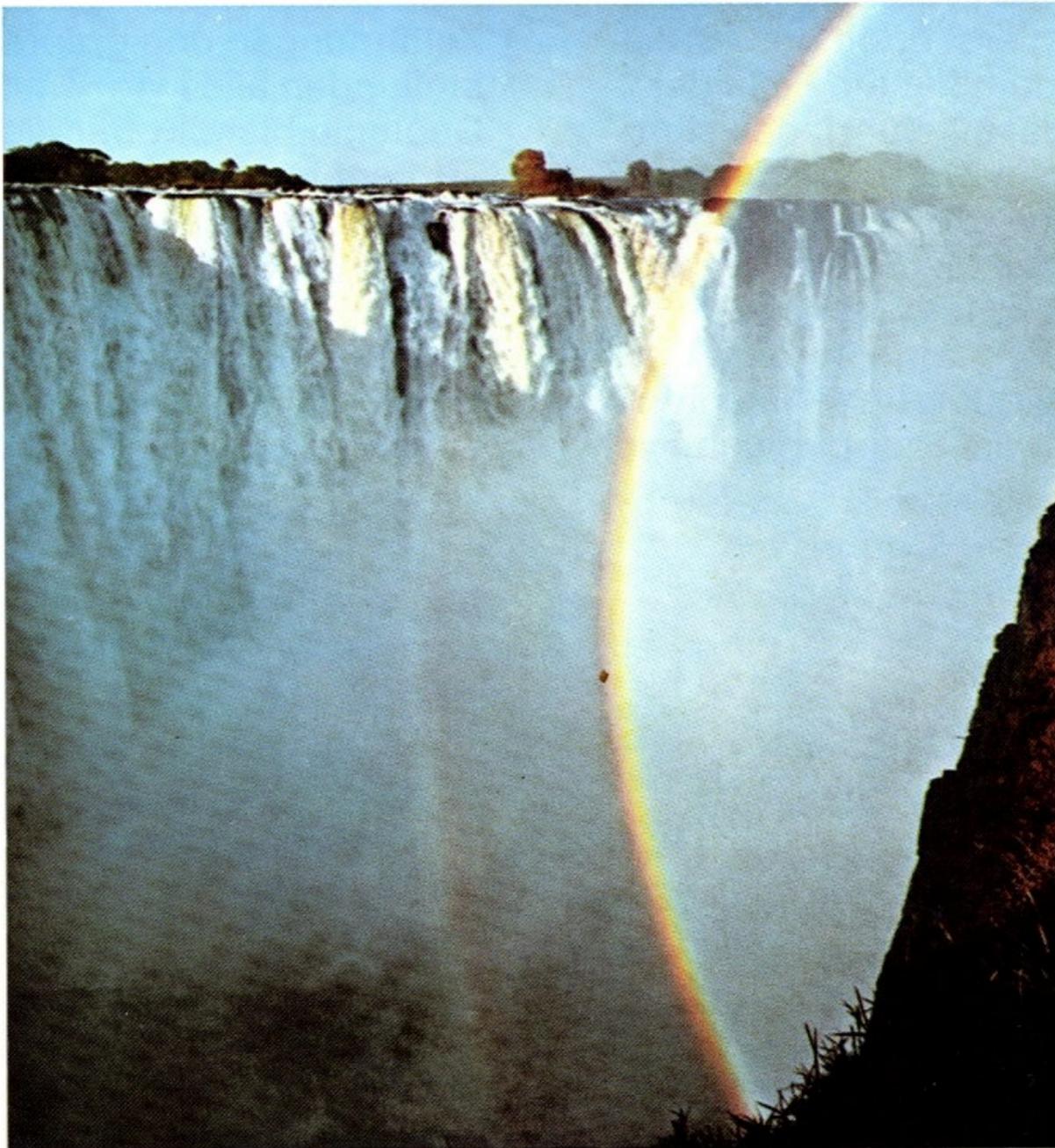
Ein **WAS
IST
WAS** Buch

Unsere Erde

Von Felix Sutton

Illustrationen von Reiner Zieger und Gerd Werner

Wissenschaftliche Überwachung durch
Dr. Ilse Möller, Universität Hamburg



Die Victoriafälle in Afrika: Hier stürzt der 1700 m breite Sambesi 110 m in die Tiefe — eines der schönsten Naturschauspiele der Welt.

Tessloff  **Verlag**

Vorwort

Geologie ist die Wissenschaft, die sich mit unserer Erde befaßt – mit der Geschichte ihres Werdens; mit der Materie, aus der sie besteht; mit ihrem inneren Aufbau und der Gestaltung ihrer Schichten; mit der Art der Gesteine; mit den Kräften, die seit Milliarden Jahren gewaltige Verwandlungen ihrer Oberfläche bewirkten.

Geologie ist eine noch verhältnismäßig junge Wissenschaft. Wenn auch schon die Gelehrten des Altertums über die Beschaffenheit der Erde diskutierten – die systematische Erforschung begann erst Ende des 18. Jahrhunderts. Seitdem hat die Fülle der Erkenntnisse dazu geführt, daß sich die Geologie in mehrere Forschungsgebiete gliederte. So beschäftigen sich zum Beispiel die Paläontologen speziell mit der Entstehungsgeschichte der Tiere und Pflanzen, deren Fossilien zugleich darüber Aufschluß geben, wie sich die Erdoberfläche veränderte.

Die Erde ist die Heimat der Menschen. Mag es auch interessant sein, sich Gedanken über die Lebensmöglichkeiten auf anderen Planeten oder gar in anderen Sonnensystemen zu machen – wir verbringen unser Leben auf der Erde, und auch kurze Aufenthalte weniger Menschen auf dem Mond werden daran nichts ändern. Der Mond ist ein toter, kalter Himmelskörper; die Erde aber ist voller Leben, und sie verändert sich Tag für Tag!

Dies WAS IST WAS-Buch „Unsere Erde“ berichtet mit zahlreichen Fotos, Zeichnungen und graphischen Darstellungen alles Wesentliche, was die Geologie bisher über die Erde erforscht hat. Es enthält auch neueste Erkenntnisse, zum Beispiel über die Kontinentalverschiebung und über die Erzfunde in Australien. Eine Fülle interessanter Wissens wird geboten – mögen sich junge Leser davon zu eigenen Forschungen anregen lassen.

WAS IST WAS, Band 1

■ Dieses Buch ist auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

Copyright © 1981 Neufassung Tessloff Verlag · Nürnberg

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

ISBN 3-7886-0241-4

Inhalt

Die Entstehung der Erde

Wann entstand unser Sonnensystem?	4
Wie sieht die Erde im Innern aus?	4
Woher wissen wir, wie das Erdinnere aussieht?	6
Warum zeigt die Kompaßnadel nach Norden?	7
Wie entsteht das Magnetfeld der Erde?	7
<i>Experiment: Wir bauen einen Kompaß</i>	7
Haben Nord- und Südpol ihre Lage verändert?	8

Bewegungen der Erdkruste

Wie entstehen Erdbeben?	8
Wie entstanden die Gebirge?	9
Wie entstehen Vulkane?	11
<i>Berühmte Vulkane</i>	11
Was ist ein Geiser?	12
Wie entstanden die Meere?	13
Warum ist Meerwasser salzig?	14
Was verursacht die Gezeiten?	15
<i>Geologische Zeittafel</i>	16

Andenken an die Vergangenheit

Was sind Fossilien?	17
Was läßt sich aus Fossilien erkennen?	17
Wie sah die Erde früher aus?	18
Wie entstand der Atlantische Ozean?	19
Wie entsteht ein Gletscher?	19
Was war die Eiszeit?	20

Wasser, überall Wasser

Wie entstehen Flüsse?	21
Was geschieht bei Überschwemmungen?	21
Was ist ein Delta?	22
Wie entstehen Süß- und Salzwasserseen?	23
Warum verlanden Seen?	23

Was ist Grundwasser?	24
Was ist ein artesischer Brunnen?	26
Was ist „ursprüngliches Wasser“?	27

Die Erdoberfläche

Was ist eine Wüste?	28
Wie können Wind und Regen Felsen formen?	29
Wie haben die Menschen die Erdoberfläche verändert?	30
Wie macht man Wüsten fruchtbar?	30
Aus welchen Gesteinen besteht die Erdkruste?	31
Was sind Mineralien?	33
<i>Experiment: Wir machen Kristalle</i>	34

Schätze unter der Erde

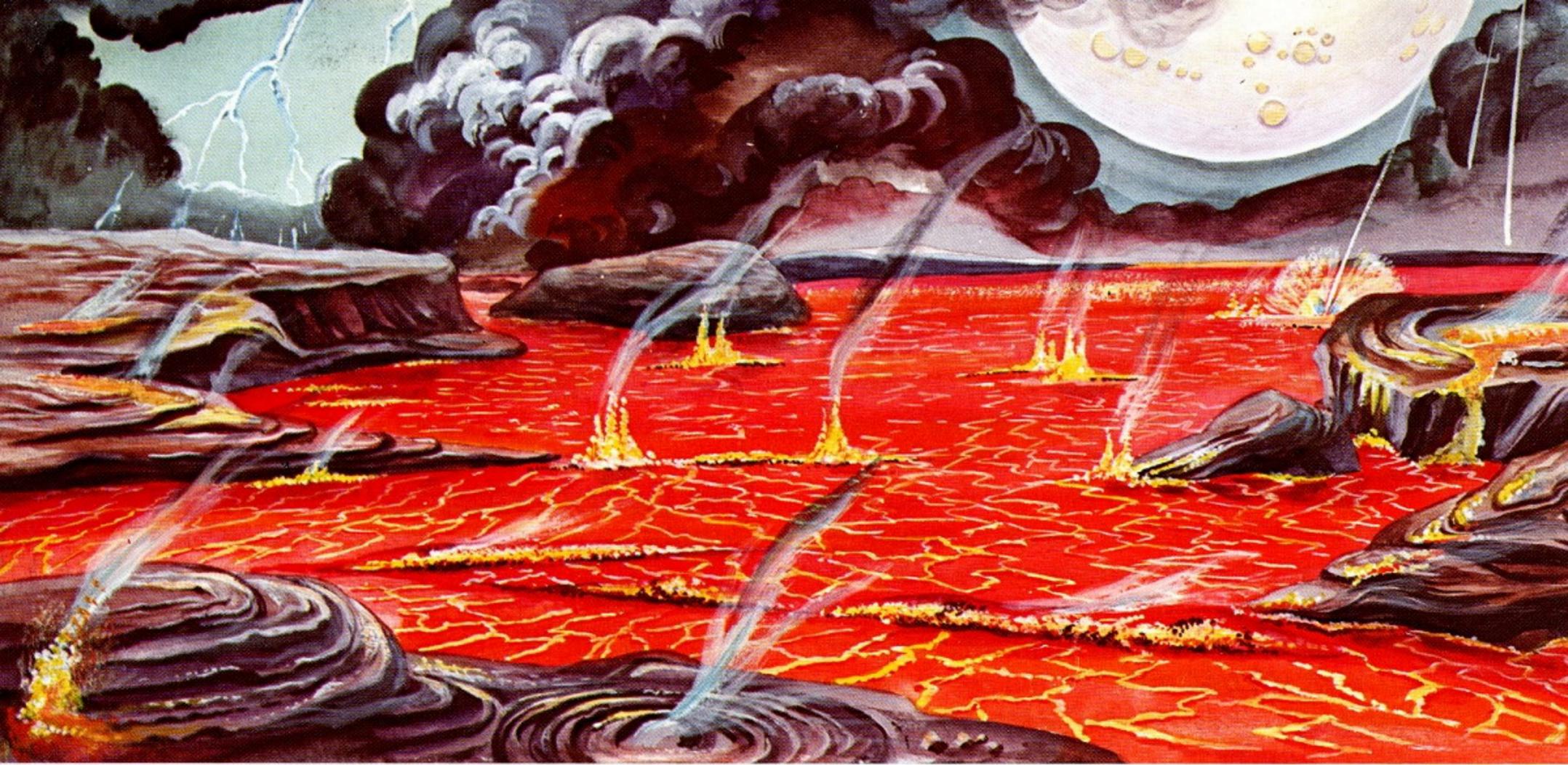
Wie entstand das Erdöl?	35
Wie entstand die Kohle?	37
Warum ist Eisen so wichtig?	37
Wozu brauchen wir andere Metalle?	38
Was sind Edelsteine?	41
Was sind Halbedelsteine?	41
Woraus besteht der Boden?	42
Aus wie vielen Schichten besteht der Boden?	42

Unterirdische Höhlen

Wie entstanden Tropfsteinhöhlen?	43
Was sind Stalaktiten und Stalagmiten?	44
Was sind Felshöhlen?	44
Wie entstanden Eishöhlen?	45
Was sind Unterwasserhöhlen?	46

Die ersten Menschen

Wie lebten die frühen Menschen?	46
Woher wissen wir etwas über die Höhlenmenschen?	47
Wer malte die Höhlenbilder?	48



So etwa stellen sich Wissenschaftler die Erde bei ihrer Geburt vor rund 4^{1/2} Milliarden Jahren vor: Während der Mond den jungen Planeten in nur 15 000 km umkreist, ist dieser von einem Meer aus glutflüssigem Gestein bedeckt, das sich an einzelnen Stellen schon zu Granit verfestigt hat. Unter einem Bombardement von kleinen und großen Meteoriten entstand so allmählich das Festland. Später begann ein ungeheurer Dauerregen, die Erde kühlte sich ab, und es entstanden die Ozeane, wahrscheinlich der Ursprung jeglichen Lebens.

Die Entstehung der Erde

Niemand weiß genau, wie die Erde und unser ganzes Sonnensystem entstanden sind. Die meisten Wissenschaftler nehmen heute an, daß die Sonne, die Erde und alle anderen Planeten unseres Sonnensystems vor ungefähr zehn Milliarden Jahren aus nichts anderem bestanden als aus einer riesigen Wolke von dünnen Gasen und kalten Staubteilchen, die durch den Weltraum wirbelte. Durch die Anziehungskraft, die jeder Körper ausübt, bildete sich allmählich aus den Teilchen eine gewaltige, sich drehende Scheibe. Während sie sich drehte, teilte sich die Scheibe in verschiedene Ringe. Der mittlere Teil der Scheibe wurde die Sonne, und die Teilchen in den Ringen

Wann entstand unser Sonnensystem?

entstanden sind. Die meisten Wissenschaftler nehmen heute an, daß die

vereinigten sich zu großen Bällen. Sie begannen sich zusammenzuziehen und sich zu verdichten, wobei sie sich bis zur Weißglut erhitzen. Das geschah vor etwa fünf Milliarden Jahren. Dann begannen sie sich abzukühlen, und aus diesen ehemaligen Glutbällen entstanden Erde, Mars, Venus und die anderen Sonnenplaneten.

Wenn auch noch niemand tief im Erdinnern gewesen ist, wissen wir doch ungefähr, wie die Erde im Innern beschaffen ist. Sie besteht aus schalenförmigen Schichten, die einen festen inneren Kern umschließen. Die oberste Gesteinsdecke der Erde ist die *Kruste*. Sie ist im Verhältnis zur

Wie sieht die Erde im Innern aus?

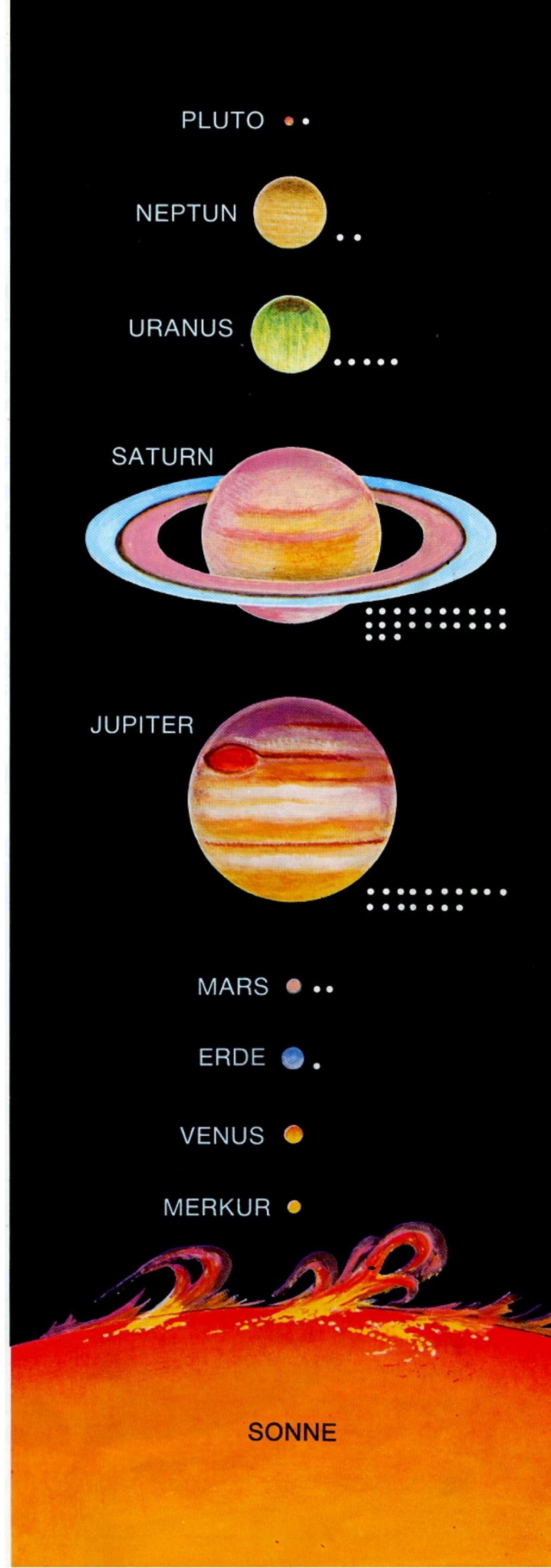
innern gewesen ist, wissen wir doch ungefähr, wie die Erde im Innern beschaffen ist. Sie besteht

Größe der Erde nicht dicker als eine Eierschale. Im Festlandsbereich ist sie etwa 30 bis 50 km mächtig, und unter den Ozeanen ist sie sogar nur etwa 5 km dick.

Unter der Kruste befindet sich eine sehr dicke Schicht aus anderen Gesteinen: der *Erdmantel*. Die Gesteine des Erdmantels sind fest, aber etwa in der Art, wie Asphalt fest ist: Wenn man versucht, ihn einzudrücken, ist er sehr hart, trotzdem läuft er langsam auseinander, wenn man ein Stück davon auf den Boden legt. Der Erdmantel reicht bis in eine Tiefe von 2900 km.

Der Mantel umgibt den *Kern* der Erde. Beim Erdkern unterscheidet man den *äußeren* und den *inneren Kern*. Beide bestehen vermutlich vor allem aus Nickel und Eisen, außerdem wohl noch aus anderen schweren Elementen. Aber der äußere Kern, der noch durch eine Zwischenschicht vom inneren getrennt ist, ist flüssig; der innere Kern ist fest. Im Erdkern herrscht wahrscheinlich eine Temperatur von 2000 bis 20000° C, das entspricht etwa der Temperatur auf der Oberfläche der Sonne. Der Druck im Erdinnern beträgt 1,5 bis 3,5 Mill. atm. Unter solchen Verhältnissen bedeutet „fest“ oder „flüssig“ etwas ganz anderes als unter normalen Umständen. Die Materie ist bei solchen Druckverhältnissen nicht wirklich flüssig, sondern sehr fest; sie hat aber bestimmte Eigenschaften, die wir sonst nur bei Flüssigkeiten feststellen können. Im ganzen gesehen ist die Erde fester als Stahl! Wenn die Erde im Innern in der Art flüssig wäre, wie wir uns gewöhnlich Flüssigsein vorstellen, müßte sie infolge ihrer Drehung an den Polen viel stärker abgeplattet sein. Sie ist aber nur sehr wenig abgeplattet: Die Strecke vom Pol zum Erdmittelpunkt ist nur 21 Kilometer kürzer als die vom Äquator

Das Bild rechts zeigt die Größe der Planeten im Verhältnis zur Sonne. Die weißen Punkte geben die Anzahl der Monde an.



zum Erdmittelpunkt. (Die Entfernung vom Äquator zum Erdmittelpunkt beträgt etwa 6378 km.)

Kein wissenschaftliches Instrument ist

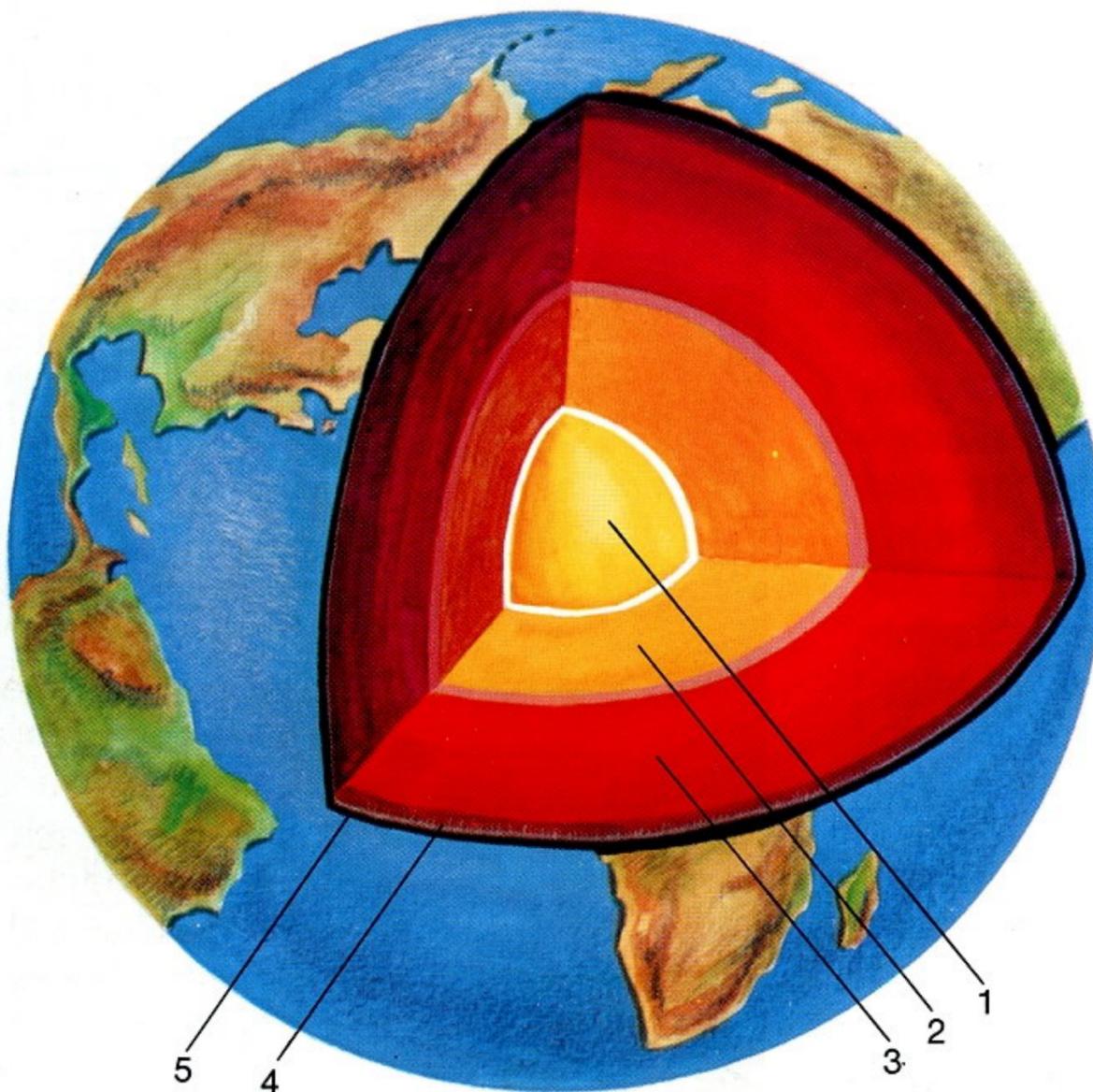
Woher wissen wir, wie das Erdinnere aussieht?

bisher tiefer als 8000 m in die Erde eingedrungen. Dennoch wissen wir sehr viel darüber, wie das Erdinnere beschaffen ist. Vieles verraten uns die *Erdbeben*. Jährlich ereignen sich weit mehr als 100 000 Erdbeben. Die meisten sind nur leicht und richten keinen Schaden an; aber alle senden Wellen aus, welche die ganze Erde durchdringen, auch ihr tiefstes Innere. Die Erdbebenwellen bestehen im wesentlichen aus zwei Arten: *P-(Primär-)Wellen* und *S-(Sekundär-)Wellen*. Die P-Wellen pflanzen sich schneller fort als die S-Wellen. Die P-Wellen können durch Flüssigkeiten dringen, die S-Wellen können das nicht.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit

der P- und S-Wellen verändert sich nach der Gesteinsart, die sie durchdringen. Je dichter die Gesteine, desto rascher die Erdbebenwellen. Da die Dichte der Gesteine mit der Tiefe zunimmt, beschleunigt sich auch die Fortpflanzung der Erdbebenwellen.

Die Erdbebenwellen, die in die Tiefe dringen, werden innerhalb der Kruste an den Grenzflächen, wo die Gesteinsbeschaffenheit sich ändert, und außerdem an den Übergängen von der Kruste zum Mantel oder vom Mantel zum Kern zurückgeworfen – also reflektiert. Die dann zur Erdoberfläche zurückkehrenden Wellen werden von empfindlichen Instrumenten, den *Seismographen*, aufgezeichnet. Die Geschwindigkeit und das Verhalten der P- und S-Wellen, die Entfernung vom Ort ihres Entstehens, die Tiefe, aus der sie reflektiert wurden, und die Zeit, die sie für die Strecke brauchten – alles dies wird gemessen und gibt den Wissenschaftlern die Möglichkeit, sich vom Innern der Erde ein Bild zu machen.



Die Schnittzeichnung zeigt den inneren Aufbau der Erde, wie man ihn sich auf Grund von Messungen von Erdbebenwellen vorstellt. Der feste innere Kern (1) besteht wahrscheinlich aus Eisen, hier sind Druck und Hitze am stärksten. Der ihn umgebende äußere Kern (2) wird vermutlich aus Eisen und Nickel gebildet. Äußerer und innerer Kern sind durch eine Zwischenschicht voneinander getrennt. Weiter nach außen folgen innerer Mantel (3) und äußerer Mantel (4), die ebenfalls durch eine Zwischenschicht getrennt sind. Über dem Mantel liegt die Kruste (5), auf der wir leben. Sie ist fünf bis 50 km dick.

Die Erde ist ein riesiger Magnet. Man

Warum zeigt die Kompaßnadel nach Norden?

wußte schon vor einigen Jahrhunderten, daß eine Nadel, die man mit einem *Magnet-eisenstein* (ein Mineral,

das von Natur aus magnetisch ist) bestreicht, sich stets auf Nord-Süd-Richtung einstellt. Früher glaubte man, die Nadel werde vom Polarstern angezogen. Heute wissen wir, daß die Nadel von den Magnetpolen im Norden und Süden der Erde angezogen wird.

Wir wissen heute auch, daß die magnetischen Pole mehr als 1000 km von den

**Experiment:
Wir bauen einen Kompaß**

Man nimmt eine Nähnadel und streicht mit einem kleinen Magneten etliche Male darüber hin, aber immer in der gleichen Richtung. Von einem Flaschenkorken schneidet man eine Scheibe ab und läßt sie in einer Schüssel mit Wasser schwimmen. Wenn man nun die bestrichene Nadel auf die Korkscheibe legt, wird sich der Kork drehen, bis die Nadel nach Norden und Süden weist.

geographischen Polen entfernt sind. Sie verändern langsam ihre Lage, doch die Abstände zwischen den magnetischen Polen einerseits und den geographischen Polen andererseits bleiben annähernd gleich.

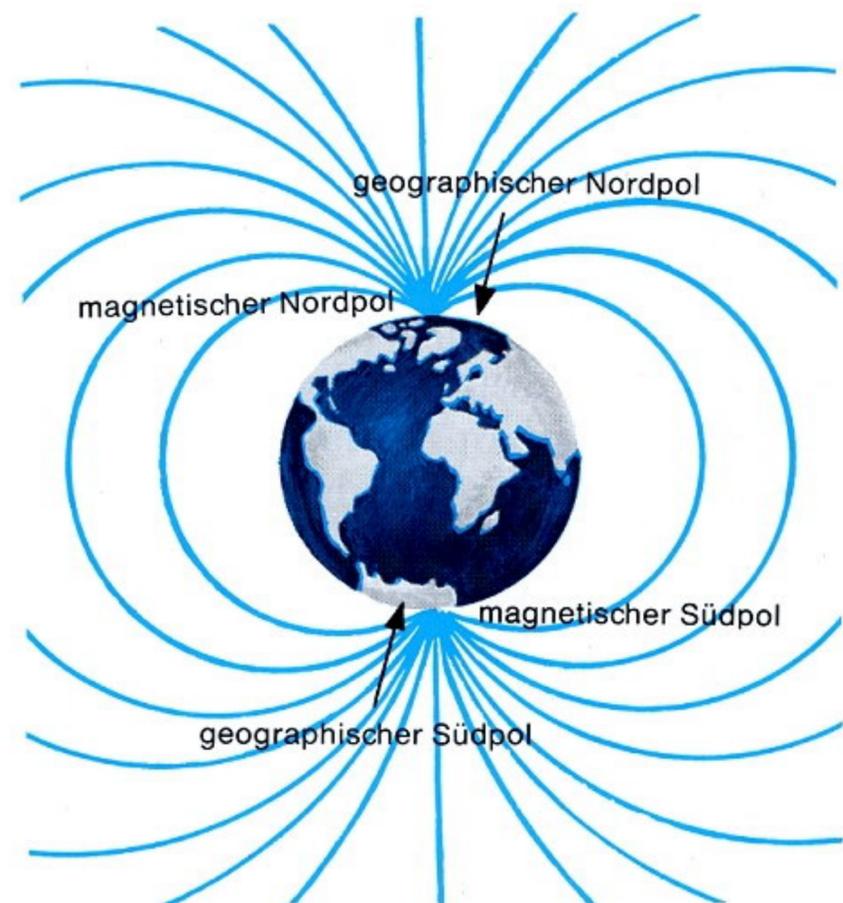
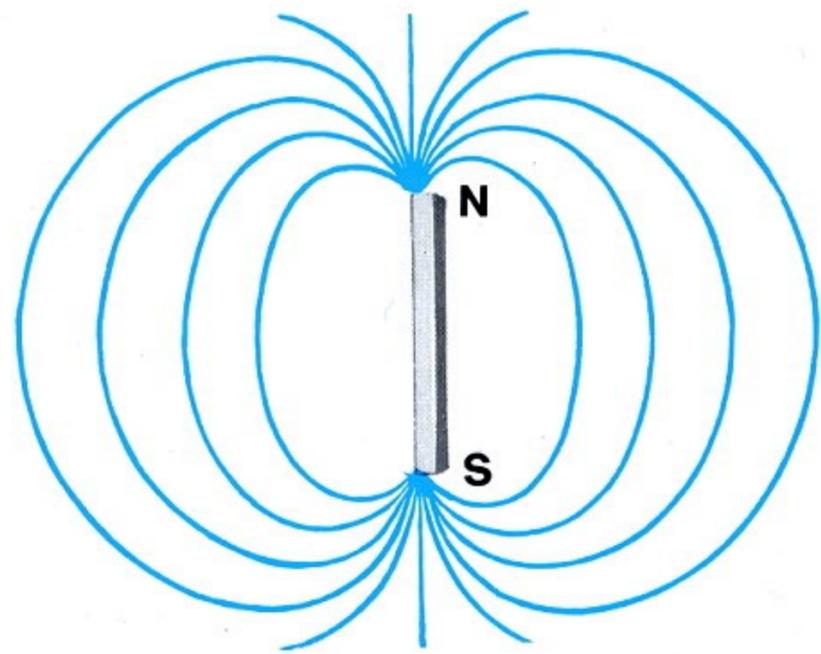
Der Erdmagnetismus gibt den Wissen-

Wie entsteht das Magnetfeld der Erde?

schaftlern noch manches Rätsel auf. Man nimmt jedoch allgemein an, daß das erdmagnetische Feld

durch elektrische Ströme im Innern des Erdkerns zustande kommt.

Diese Ströme entstehen, wenn Mineralien von verschiedener Temperatur und



Nicht zufällig ähneln sich das Magnetfeld eines Stabmagneten und das der Erde: Unser Planet ist ein riesiger Magnet. Die magnetischen und die geographischen Pole der Erde liegen jedoch nicht an denselben Stellen.

mit verschiedenen elektrischen Eigenschaften zusammenkommen. Man kann das Erdinnere als einen riesigen natürlichen Generator (Stromerzeuger) betrachten, der fortwährend mechanische Energie (Erddrehung und Bewegung des plastischen Kerns) in elektrische Energie umwandelt. Alle magnetischen Felder entstehen durch elektrische Ströme und alle elektrischen Ströme sind von magnetischen Feldern umgeben.

Nach langjährigen Forschungen haben

Haben Nord- und Südpol ihre Lage verändert?

die Geologen festgestellt, daß manche der heute tropischen Gebiete einst mit einer gewaltigen Eis-

schicht bedeckt waren. Sie wissen auch, daß die heutigen Polargebiete vor langen Zeiten ein viel wärmeres Klima gekannt haben.

Wissenschaftler können den sehr schwachen Magnetismus vieler alter Gesteine messen. Er ist der Rest jenes ursprünglichen Magnetismus, den die Gesteine erhielten, als sie entstanden. Dieser ursprüngliche Magnetismus weist in eine andere Richtung als der heutige Erdmagnetismus; das ist der Beweis dafür, daß sich auch die magnetischen Pole im Lauf der Erdgeschichte verschoben haben.

Vor 500 Millionen Jahren lag der magnetische Nordpol beim Äquator im östlichen Teil des Pazifischen Ozeans; vor 170 Millionen Jahren lag er in Sibirien. Da die Pole in der Vergangenheit ihre



Vor 15 Millionen Jahren wanderte der magnetische Nordpol mehrfach hin und her. Schwarzer Punkt: seine heutige Lage.

Lage verändert haben, werden sie das wahrscheinlich auch in Zukunft tun. In einigen hundert Millionen Jahren liegt die Eiskappe des Nordpols vielleicht im Mittelmeer, und Grönland hat tropisches Klima.

Bewegungen der Erdkruste

Wir halten es für selbstverständlich,

Wie entstehen Erdbeben?

daß die Erde unter unseren Füßen sich still verhält. In manchen Gebieten aber kommt es häufig vor, daß

die Erde zittert und bebt, Gesteinsmassen werden von den Bergen losgerüttelt, in der Erdoberfläche erscheinen Risse und Spalten, Gebäude stürzen ein. Wie kommt das?

Die dünne Erdkruste besteht aus ungleichmäßig mächtigen Schichten verschiedener Gesteinsarten. Diese Ge-

steine stehen unter ständigem Druck, nicht allein durch die Schichten, die darüberliegen, sondern auch durch Kräfte aus dem Erdinnern. Diese Kräfte biegen die Gesteinsschichten und verändern deren Lage. Manchmal zerbrechen dadurch riesige Schichten. Bei dem plötzlichen Zerbrechen verlagern sich die Gesteinsmassen. Es entstehen Erschütterungen und Druckwellen, die die Menschen als Erdbeben spüren. Häufig zeigen sich derartige Bewegungen an alten Spalten der Erdkruste.

Eine solche Spalte ist die „St.-Andreas-Verwerfung“ in Kalifornien. Sie ist fast



Über 200 Tote forderte ein Erdbeben, das 1968 die Stadt Gibellina (Sizilien) verwüstete.

1000 Kilometer lang. Die Stadt San Francisco, die an dieser Verwerfung liegt, wurde 1906 durch ein schweres Erdbeben fast vollständig zerstört. Hier verschieben sich die Gesteinsmassen horizontal; die westliche Seite der Spalte bewegt sich nach Norden. Erdbeben sind dort sehr häufig; die meisten sind aber sehr schwach und richten kaum Schäden an.



Diese Karte zeigt die hauptsächlichsten Erdbeben- und vulkanischen Gebiete der Erde. In diesen Zonen (grau) liegen alle heute noch tätigen Vulkane, auch die jüngeren Gebirge entstanden hier.

In Europa bebt die Erde am häufigsten in Griechenland und in der Türkei. Aber auch in Deutschland gibt es Stellen, wo leichte Beben vorkommen, zum Beispiel im Oberrheintal zwischen Basel und Karlsruhe und auf der Schwäbischen Alb bei der Burg Hohenzollern.

Könnten wir einen senkrechten Schnitt

Wie entstanden die Gebirge?

durch die Alpen, die Anden, die Rocky Mountains oder durch einen anderen Gebirgszug machen, würden wir erkennen, wie die Gesteinschichten gefaltet, gebrochen und übereinandergeschoben sind. Wir könnten auch feststellen, daß viele Gesteinsschichten, die sich heute einige tausend Meter über dem Meeresspiegel befinden, früher einmal Meeresboden gewesen sind. Wir wissen das, weil versteinerte Überreste von Meerestieren im Gestein auch der höchsten Berge gefunden werden.

Gebirge entstanden also aus Gesteinen



Das Matterhorn in den Walliser Alpen sah ursprünglich wahrscheinlich aus wie die meisten anderen Berge auch. Die Jahrtausende währende Verwitterung bewirkte jedoch, daß schließlich nur noch der pyramidenförmige Gipfel übrig blieb. — Die Alpen sind eines der mächtigsten Faltengebirge der Welt. Sie falteten sich im Tertiär zu der heutigen Höhe auf.

früherer Meeresböden, aber auch aus anderen Gesteinen. Starke Kräfte im Innern der Erde haben diese ehemals waagrecht und tief gelegenen Gesteinsschichten gefaltet, gebrochen und in ihre jetzige Lage emporgehoben. Als die Gebirgszüge langsam aufstiegen, begannen sofort andere Kräfte auf sie einzuwirken. Durch den Wechsel von Erwärmung und Abkühlung wurden Gesteine gesprengt. Auch Wasser, das in Spalten gefror, konnte Fel-

sen zersprengen. Man nennt diese Vorgänge *Verwitterung*. Die verwitterten Gesteine wurden dann durch andere Kräfte forttransportiert, manchmal nur durch die Schwerkraft, durch die der Geröllschutt zu Tal ging. Meistens aber transportierten Bäche und Flüsse das Lockermaterial. Diese Abtragung nennt man *Erosion*. Auf solche Weise verändert sich die Erdoberfläche noch heute fortwährend und wird sich noch Jahrtausenden lang weiter verändern.

In der Erdkruste und auch im oberen

Wie entstehen Vulkane?

Erdmantel befinden sich an manchen Stellen Gesteinsmassen in schmelzflüssigem Zustand. Warum

das so ist, weiß man noch nicht genau. Meistens sind es wohl Materiemassen, die aus größerer Tiefe der Erde heraufgedrungen und darum so heiß sind. Diese geschmolzenen Gesteinsmassen nennt man *Magma* (griech. = das Geknetete).

An bestimmten Stellen in der Kruste sammelt sich das Magma und bildet sogenannte *Magmaherde*. Während es aus den tieferen Schichten aufsteigt, wird seine Hitze geringer. Dabei werden im Magma Gase frei, die sich unter ständig wachsendem Druck ansammeln. Geschieht dies an einer Stelle, wo die Erdkruste schwach ist oder wo ein früheres Erdbeben die Gesteinsdecke zerbrochen hat, können durch den enorm hohen Druck der Gase die über dem Magmaherd liegenden

Schichten durchstoßen werden. Es entsteht ein Vulkan. Beim Vulkanausbruch werden mit den Gasen große Mengen zersprühten Magmas als Asche ausgeblasen; die glutflüssige Magmamasse fließt als *Lava* aus dem Vulkan.

Ausgeflossene Lava kühlt sich ab, erstarrt und wird zu festem Gestein. Um die Ausbruchsstelle bildet sich mit der Zeit ein immer höherer Kegel, bis schließlich ein großer Vulkanberg entstanden ist.

Manchmal stößt ein Vulkan jahrelang



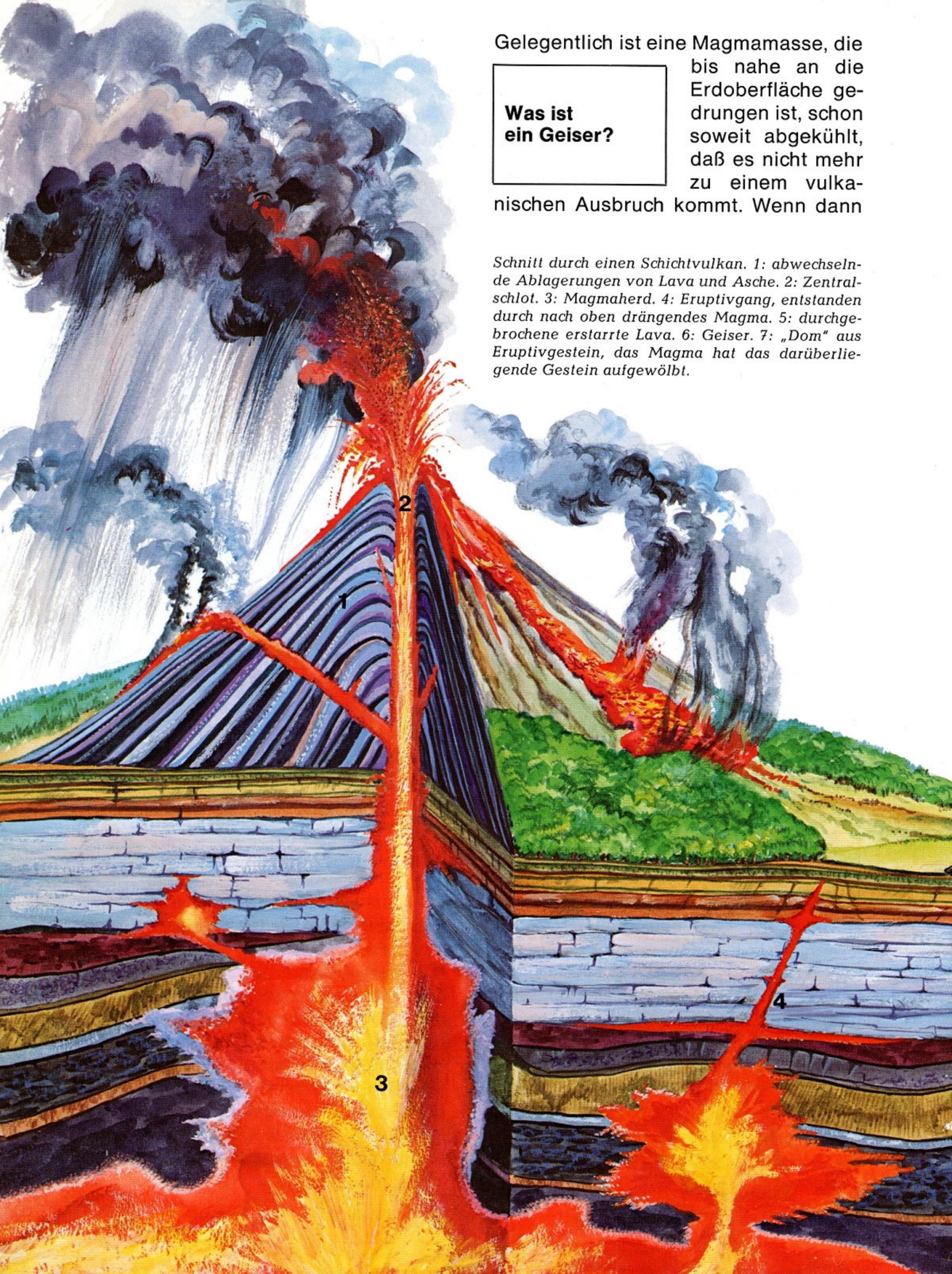
Der Stromboli auf der gleichnamigen Mittelmeerinsel bei Sizilien ist der einzige noch tätige Vulkan Europas. Wegen seiner hell leuchtenden Ausbrüche wird er auch „Leuchtturm des Mittelmeers“ genannt.

Berühmte Vulkane

	m ü. d. M.
Aconcagua, Argentinien	6957 m
Cotopaxi, Ecuador	5897 m
Popocatepetl, Mexiko	5451 m
Maunaloa, Hawaii	4170 m
Erebus, Antarktis	3794 m
Ätna, Sizilien	3340 m
Hekla, Island	1500 m
Pele, Martinique	1397 m
Vesuv, Italien	1277 m
Krakatau, Sundastraße	813 m

Insgesamt sind auf der Erde heute 455 tätige Vulkane bekannt; hinzu kommen weitere 80 auf dem Meeresgrund. Der größte Vulkan der Erde ist der Maunaloa auf Hawaii: Vom Boden des Pazifischen Ozeans gemessen beträgt seine Höhe fast 10 000 m; seine Basis hat einen Durchmesser von etwa 110 km. Der Vulkan Aso in Japan hat den größten Krater: Er ist zwischen 16 und 20 km breit und hat einen Umfang von 114 km.

große Wolken von Rauch und Asche aus, oder es ergießt sich ständig Lava aus dem Krater. Wenn genügend Gase aus dem Innern entwichen sind, verringert sich der unterirdische Gasdruck und der Vulkanausbruch endet. Die Lava im Innern des Kegels kühlt sich dann ab und verstopft den Schlot des Vulkans. Oft nimmt viele Jahre später der Gasdruck wieder zu und bläst den Pfropfen aus fester Lava heraus – der Vulkan bricht abermals aus.



Gelegentlich ist eine Magmamasse, die bis nahe an die Erdoberfläche gedrungen ist, schon soweit abgekühlt, daß es nicht mehr zu einem vulkanischen Ausbruch kommt. Wenn dann

Was ist ein Geiser?

Schnitt durch einen Schichtvulkan. 1: abwechselnde Ablagerungen von Lava und Asche. 2: Zentralschlot. 3: Magmaherd. 4: Eruptivgang, entstanden durch nach oben drängendes Magma. 5: durchgebrochene erstarre Lava. 6: Geiser. 7: „Dom“ aus Eruptivgestein, das Magma hat das darüberliegende Gestein aufgewölbt.

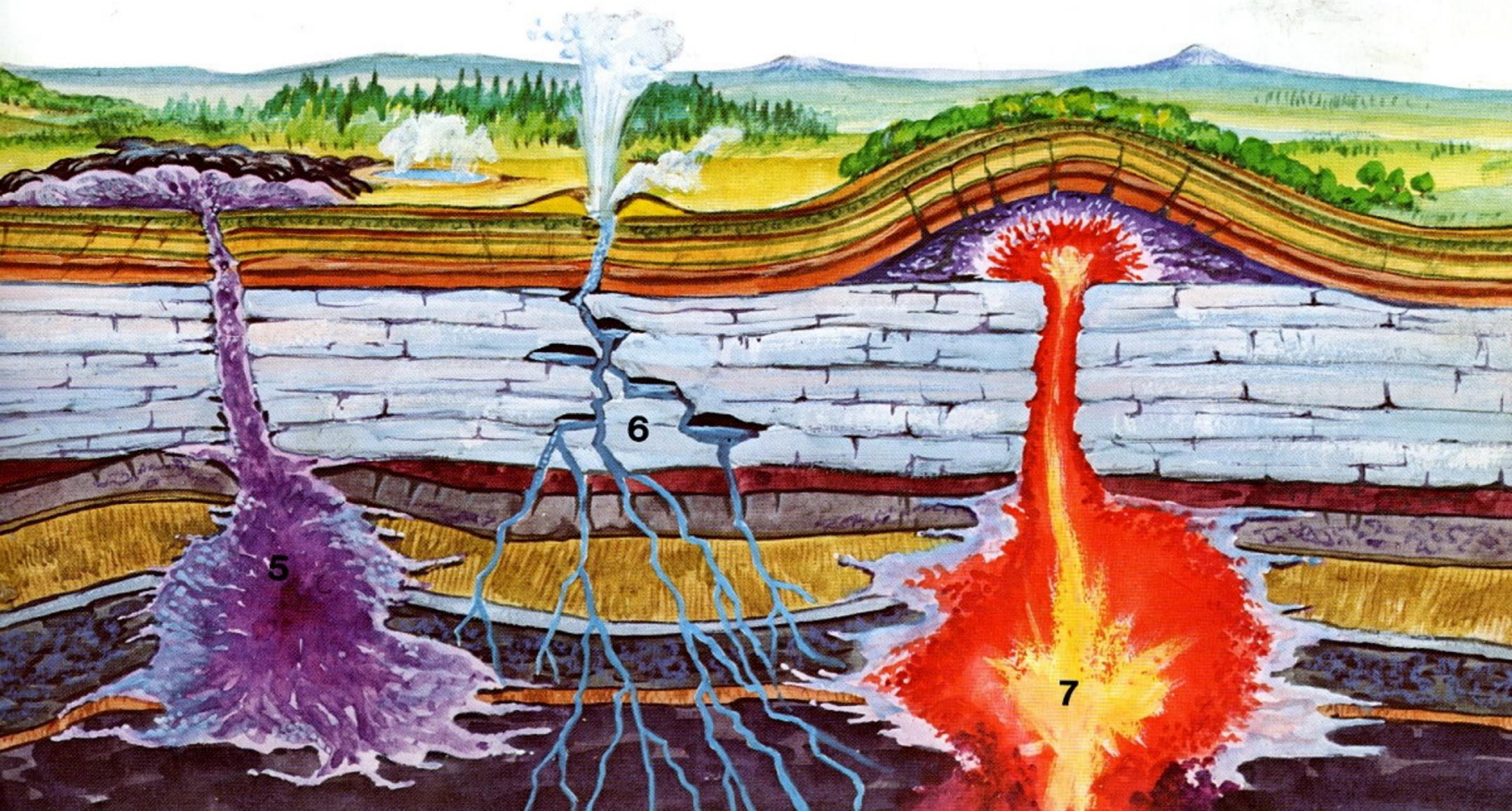
Regen oder Grundwasser durch lange, senkrechte Spalten in die Erde eindringt, wird es von der Gesteinsmasse des ehemaligen Magmaherdes erhitzt, die trotz der Abkühlung immer noch sehr heiß ist. Die Hitze bringt das Wasser in der Tiefe zum Kochen. Dabei entsteht Wasserdampf, der sich ausdehnt und nach oben entweichen will. Er schiebt das kühlere Wasser im oberen Bereich der Spalte springbrunnenartig vor sich her ins Freie und bildet so die prächtigen heißen Fontänen, die man *Geiser* oder *Geysire* (altisländisch = wild strömen) nennt. Nach jedem Ausbruch des Geisers beginnt der ganze Vorgang von neuem. Geiser gibt es in Island, in Neuseeland und im Yellowstone-Nationalpark (USA).

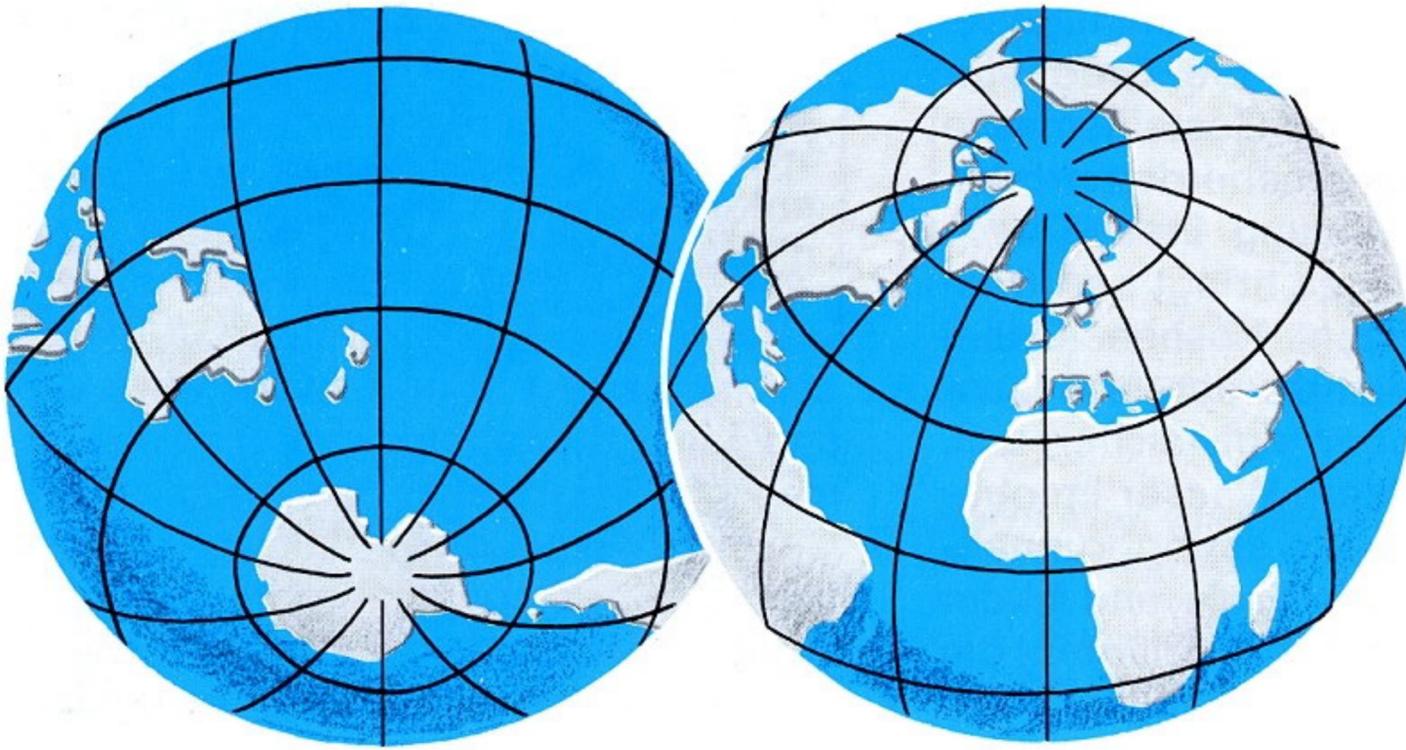
Nicht überall, wo noch heiße Magma-massen in der Tiefe lagern, bilden sich Geiser, es können dort auch nur heiße Quellen vorkommen. So werden auf Island mit dem heißen Wasser aus der Erde Wohnhäuser, Treibhäuser und Badeanstalten beheizt. In Norditalien hat man durch Bohrungen heißen Dampf an die Oberfläche gebracht, mit dem elektrischer Strom erzeugt und Gebäude beheizt werden.

Als die noch junge Erde sich abzukühlen und fest zu werden begann, entwichen enorme Mengen von Gasen aus den glutflüssigen Gesteinsmassen. Überall loderten feuer-speiende Berge, aus denen die Gas-massen herausströmten. Aus diesen Gasen bildete sich die Atmosphäre der Erde. Sie bestand zum großen Teil aus Wasserdampf und bildete eine dichte Wolkendecke um die Erdkugel. (Eine ähnliche Wolkendecke umhüllt heute noch den Planeten Venus.)

Als die unteren Wolkenmassen genügend abgekühlt waren, begann es zu regnen. Aber die Erdoberfläche war noch immer rotglühend; die fallenden Regentropfen verdampften, bevor sie die Erdoberfläche erreichten, und kehrten als Dampf in die Wolken zurück. Wahrscheinlich war die Erde Jahrmillionen lang von einer schweren, viele Kilometer dicken Wolkendecke umgeben, die sich immer wieder verdichtete, kondensierte und zu Regen wurde, der zur Erde fiel und als Dampf wieder aufstieg.

Wie entstanden die Meere?





Mehr als zwei Drittel der Erdoberfläche ist von Wasser bedeckt. Astronauten erscheint die Erde daher als „blauer Planet“.

Langsam kühlte die Erdkruste ab und begann fest zu werden. Am Ende waren die Gesteine an der Erdoberfläche erkaltet. Der Regen fiel immer noch in endlosen Strömen aus der dicken Wolkenschicht herab, aber er verdampfte nicht mehr. Hunderte oder Tausende von Jahren lang strömte der Regen in einem unablässigen Wolkenbruch. Als die Regenflut schließlich nachließ, waren alle tiefliegenden Gebiete der Erd-

kruste mit Wasser angefüllt. Das waren die ersten Meere.

Die Flüsse befördern jährlich Millionen

Warum ist Meerwasser salzig?

Tonnen von feinem Sand und aufgelösten Stoffen in die Meere. Die gelösten Stoffe enthalten nahezu

alle Mineralien, die in der Erdkruste vorkommen, vor allem sehr große Mengen an Salz.

Die Wärme der Sonne läßt einen Teil des Wassers an der Oberfläche der Meere verdunsten und als Wasserdampf in die Luft gelangen. Dort kondensiert der Wasserdampf und fällt von neuem als Regen oder Schnee auf die Erde zurück. Das ist der Kreislauf des Wassers.

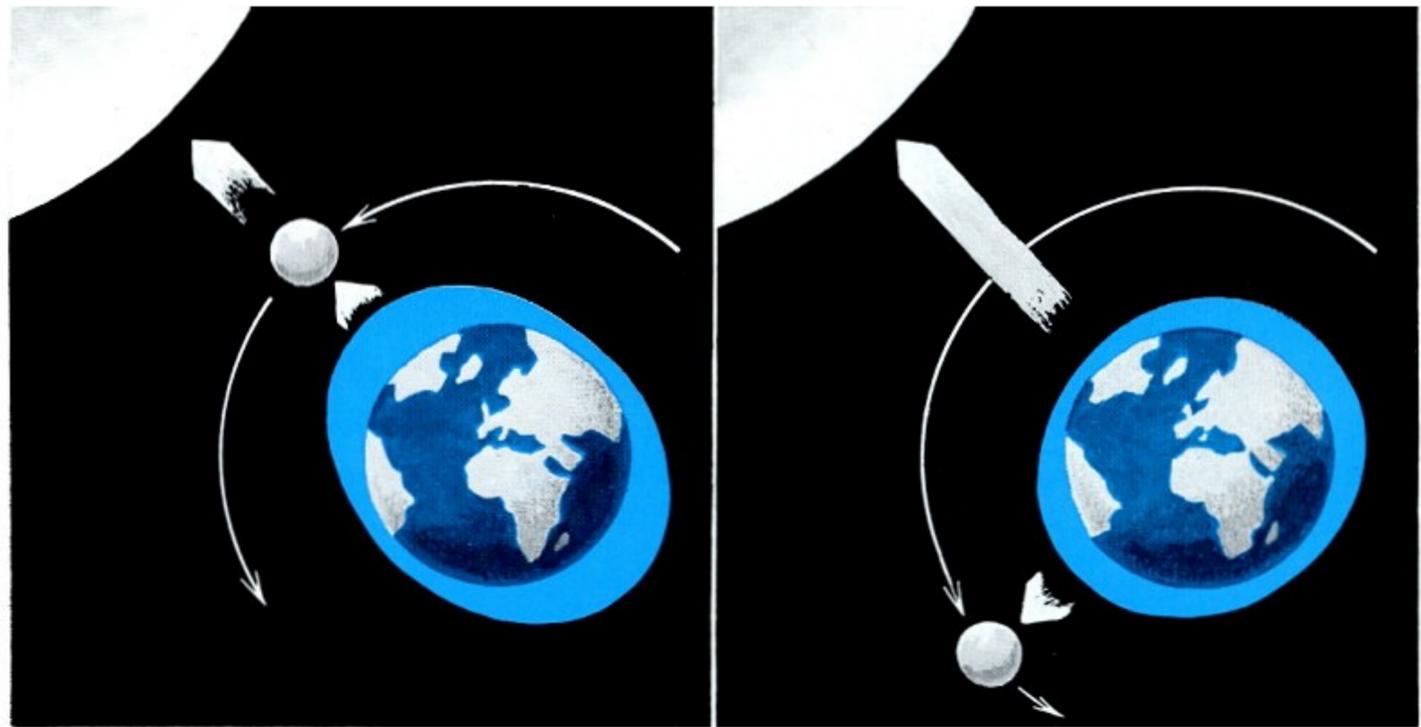
Bei diesem Verdunstungsvorgang bleiben jedoch die Mineralien in den Meeren zurück. Einige davon, wie Eisen und Kalzium, werden von Pflanzen und Tieren des Meeres aufgenommen. Das Salz wird aber weder von den Pflanzen noch von den Tieren verbraucht und sammelt sich so im Meer in immer größeren Mengen.

Der Salzgehalt des Meerwassers beträgt im Durchschnitt 3,5 Prozent. Obgleich die Flüsse ständig gelöste Mineralstoffe ins Meer schwemmen, hat



Der berühmteste Geiser im Yellowstone-Park in den Rocky Mountains (USA) ist der „Old Faithful“ (Alter Getreuer). Er bricht alle Stunde einmal aus. Der Yellowstone-Park hat insgesamt 84 Geiser und 400 heiße Quellen.

Rechts: Bei Springfluten, das sind besonders hohe Fluten, wirken die Anziehungskräfte von Sonne und Mond zusammen. Ganz rechts: Bei Nippfluten hebt die Anziehungskraft der Sonne einen Teil der des Mondes auf.



sich der Salzgehalt im Laufe von Jahr-millionen kaum verändert. Woran liegt das? Vermutlich daran, daß sich die Wassermenge auf der Erdoberfläche im Laufe der Zeit dadurch vergrößert hat, daß bei Vulkanausbrüchen immer große Mengen Wasserdampf aus dem Erdinnern herauskommen. Andererseits findet man an manchen Stellen der Erde mächtige Salzsichten. Hier sind einmal flache Meere ausgetrocknet. So gibt es in der Erde Norddeutschlands bis 600 m mächtige Salzsichten, die vor etwa 200 Millionen Jahren entstanden sind. Heute findet man sie bis zu Tiefen von mehr als 4000 Metern.

Wer schon an der Meeresküste gewesen ist, hat dort Ebbe und Flut beobachtet. Zu bestimmten Zeiten des Tages steigt das Wasser, dann aber zieht es sich wieder zurück und legt im Laufe einiger Stunden weite Strecken des Strandes frei. Dies Steigen und Fallen des Wassers – die Gezeiten – wird durch die Anziehungskraft des Mondes verursacht; einen geringeren Einfluß hat auch die Sonne.

Überall, wo sich Meere befinden, läuft der Flutberg mit dem Mond um die

Was verursacht die Gezeiten?

Erde. Auf der anderen Seite der Erde, die dem Mond abgekehrt ist, bildet sich jedoch ebenfalls ein Flutberg. Wie ist das zu erklären?

Während der Mond um die Erde kreist, zieht er mit seiner Schwerkraft die Erde immer ein wenig aus ihrer Umlaufbahn um die Sonne. Dadurch vollführt die Erde im Verlauf eines Monats eine exzentrische Bewegung, die eine Fliehkraft erzeugt. Diese Fliehkraft läßt den Flutberg auf der dem Mond abgewandten Seite entstehen.

Bei Neumond und Vollmond stehen Sonne, Erde und Mond in einer Linie. Dann wirken Sonne und Mond zusammen, und es entstehen besonders hohe Fluten, sogenannte *Springfluten*.

Der Halbmond steht im rechten Winkel zur Sonne. Die Anziehungskraft der Sonne hebt dann einen Teil der Anziehungskraft des Mondes auf, daher wird der Gezeitenunterschied geringer. Das ist die Zeit der *Nippfluten*.

Der Unterschied zwischen Ebbe und Flut ist nicht überall gleich. Neben Sonne und Mond wirken sich auch örtliche Einflüsse der Erdoberfläche wie Winde, Wassertiefe usw. aus. An der deutschen Nordseeküste beträgt der Unterschied zwischen Hoch- und Niedrigwasser nur wenige Meter; in der Bucht von St. Malo an der französischen Atlantikküste aber beträgt er bis zu 12 m.

Beginn vor
Mill. Jahren

**ERDNEUZEIT
(KÄNOZOIKUM)**

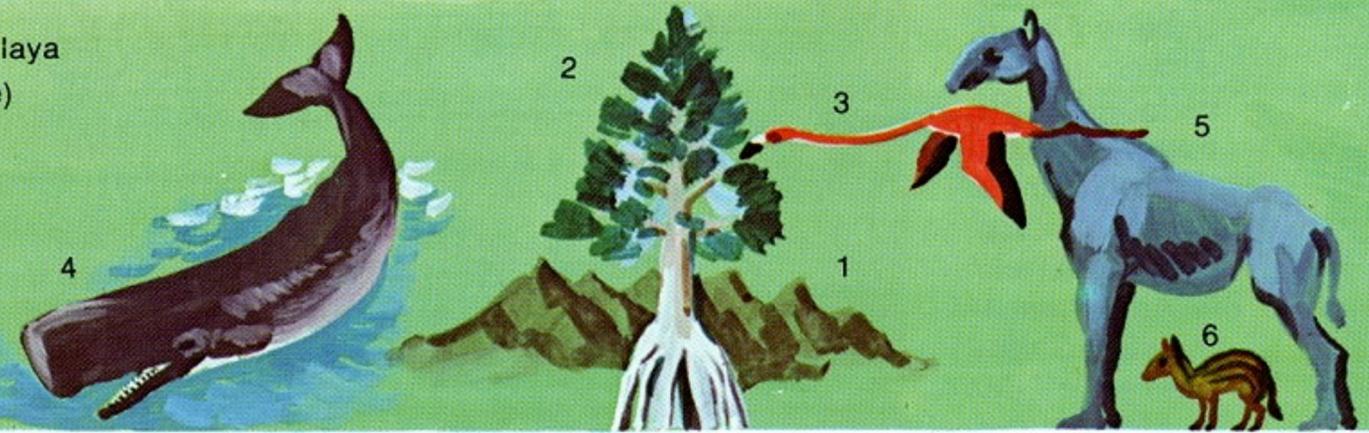
- 1 Vergletscherung der Erde (Eiszeit)
- 2 Delphin
- 3 Mammut
- 4 Mensch

Quartär



- 1 Entstehung der Alpen, Himalaya
- 2 Sumpfyzypresse (Braunkohle)
- 3 Urflamingo
- 4 Pottwal
- 5 Riesennashorn
- 6 Urpferdchen

Tertiär



**ERDMITTELALTER
(MESOZOIKUM)**

- 1 Entstehung der Anden
- 2 Tyrannosaurus

Kreide

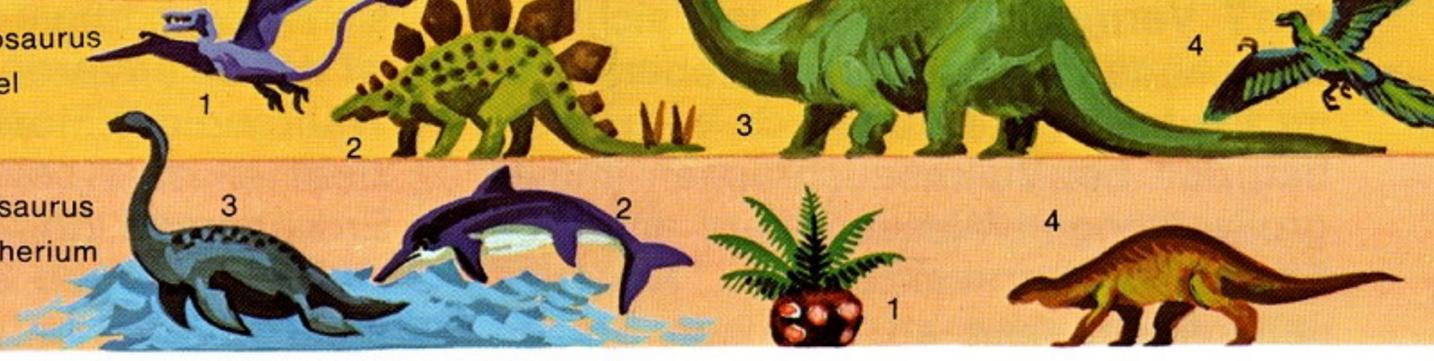


- 1 Flugsaurier
- 2 Stegosaurus
- 3 Brontosaurus
- 4 Urvogel

Jura

- 1 Nacktsamer
- 2 Ichthyosaurus
- 3 Plesiosaurus
- 4 Chirotherium

Trias



Blütenpflanzen

Vögel

Säuger

275

- 1 Entstehung des Ural
- 2 Mesosaurus
- 3 Edaphosaurus

Perm



- 1 Siegel- u. Schuppenbaum (Steinkohle)
- 2 Urinsekt
- 3 Ichthyostega (1. Landwirbeltier)

Karbon



- 1 Nacktpflanze
- 2 Schachtelhalm
- 3 Bärlapp
- 4 Kopffüßler
- 5 Urfisch

Devon



- 1 Kettenkoralle
- 2 Seelilie
- 3 Arthropode

Silur



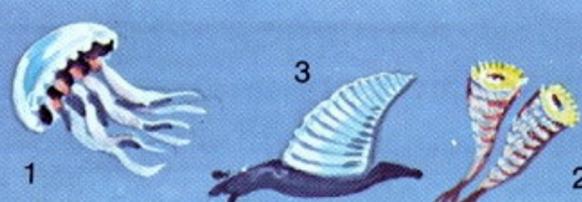
- 1 Einzelkoralle
- 2 Kopffüßler

Ordovizium



- 1 Meduse
- 2 Kieselschwämme
- 3 Kopffüßler

Kambrium



Nadelbäume

Reptilien

Insekten und Amphibien

Landpflanzen

Wirbeltiere

Wirbellose und Schalentiere

**ERDFRÜHZEIT
(PRÄKAMBRIUM)**



Strahlentierchen (Radiolarie)

4.5 Mrd.

Lebewesen

Andenken an die Vergangenheit

In Kiesgruben oder Steinbrüchen kann

Was sind Fossilien?

man gelegentlich versteinerte Gebilde von Pflanzen oder merkwürdigen Tieren finden. Wie sind sie da

hineingekommen? Die Tiere lebten vor Jahrmillionen im Meer. Als sie starben, sanken sie in den Sand und Schlamm des Meeresbodens und wurden mit immer mehr Schlamm bedeckt. Im Laufe vieler Jahrtausende wurde der Boden des Meeres hart und zu festem Gestein. Die Körper der Tiere waren verwest, aber die Schalen und Panzer versteinerten und blieben im Gestein erhalten.

Diese Überreste vorzeitlicher Lebewesen nennt man *Fossilien*. Aber nicht nur Meerestiere, auch Landtiere und Pflanzen wurden zu Fossilien. Steinkohle zum Beispiel besteht aus den Überresten von Pflanzen, die vor etwa 250 Millionen Jahren in großen Sümpfen wuchsen. Heute noch kann man gelegentlich in Schichten der Steinkohle Abdrücke von Blättern solcher Pflanzen entdecken.

An manchen Stellen der Erde wurden

Was läßt sich aus Fossilien erkennen?

Gesteinsschichten, die sich aus Meeresablagerungen gebildet hatten, durch innere Kräfte der Erde all-

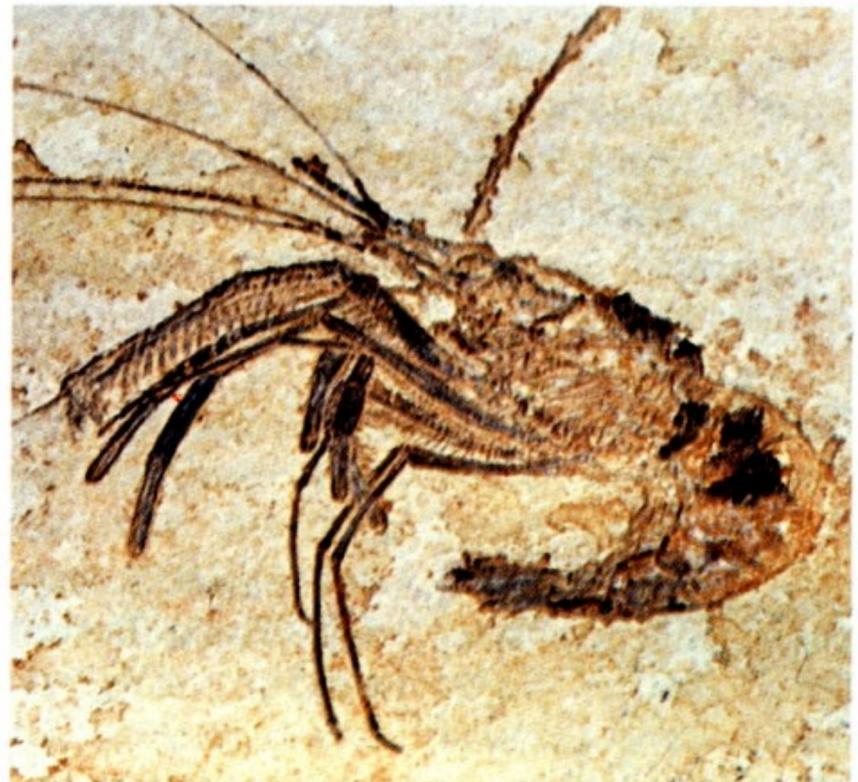
mählich gefaltet und emporgedrückt – es entstanden Gebirge. Wir brauchen

Geologische Zeittafel

Das nebenstehende Schaubild zeigt die zu Erdzeitaltern zusammengefaßten geologischen Formationen (z. B. Trias + Jura + Kreide = Mesozoikum) sowie die Pflanzen und Tiere, die in den einzelnen Formationen existiert haben. Die Erdgeschichte beginnt geologisch mit der Bildung der festen Erdrinde.

uns also nicht zu wundern, wenn wir auf Berggipfeln Überreste von Tieren finden, die einst im Meer gelebt haben. Aber nicht nur in den Bergen findet man solche Fossilien. Weil der Meeresboden oft nicht zu Gebirgen aufgefaltet, sondern nur gehoben und verschoben wurde, sind auch in den Gesteinen der Tiefebenen Fossilien vorhanden; wir finden sie in Steinbrüchen, Schiefer- und Tongruben.

Durch das Studium fossiler Pflanzen und Tiere erfahren wir etwas über die Lebensformen, die auf unserer Erde



Im Plattenkalk der Fränkischen Alp bei Solnhofen (Bayern) wurde das Fossil dieses Langschwanzkrebse gefunden. Das Tier hat vor etwa 180 Millionen Jahren gelebt. In der gleichen Gegend fand man auch Versteinerungen des Flugsauriers *Pterodactylus* sowie von Haarsternen und Ganoïdfischen.

vorkamen, als sie noch sehr jung war. Wir wissen heute, daß das erste Leben wahrscheinlich vor etwa 1,5 Milliarden Jahren auf der Erde begann, und zwar in Form von Algen – einzelligen Pflanzen, ähnlich jener grünen Schicht, die im Sommer oft auf der Oberfläche von Teichen zu sehen ist. Viel später erst, vor sieben- oder achthundert Millionen Jahren, erschienen die ersten primiti-

ven Formen tierischen Lebens, Würmer und Quallen. Ihnen folgten höher entwickelte Tiere, schließlich die Fische, die ersten Tiere mit einem Rückgrat. Und dann wateten vor etwa 400 Millionen Jahren die ersten Amphibien aus dem Meer aufs feste Land, entwickelten Beine und Lungen und wurden so die ersten Tiere, die Luft einatmen konnten.

Bevor die Tiere das Land erobern konnten, mußte es dort Nahrung für sie geben. Es muß also schon vorher Landpflanzen gegeben haben, und man glaubt, daß diese sich vor 450 Millionen Jahren entwickelt haben.

Die Entwicklung des Lebens ging weiter – über die Reptilien, zu denen die riesigen Dinosaurier gehörten, bis zu den Säugetieren und zu den Menschen. Und diese ganze Entwicklungsgeschichte des Lebens ist in den fossilhaltigen Gesteinsschichten wie in einem Bilderbuch zu erkennen.

Die Oberfläche unserer Erde verändert

Wie sah die Erde früher aus?

sich jeden Tag. Sie hat sich seit der Entstehung der Erde immer wieder verändert. Wir brauchen uns

nur etwas genauer umzusehen: Nach einem starken Regenfall ist das Wasser eines Flusses schlammig. Das bedeutet, der Regen hat irgendwo festen Boden abgespült, den der Fluß nun befördert. Langsam, aber stetig werden die Berge und Hänge, an denen dieser Fluß entlangfließt, abgetragen und eingeebnet.

Die sich überschlagenden Wellen der Meere spülen ständig Sand und Steine von den Küsten und verändern die Gestalt der Ufer.

Auch die Geschichte der sich verändernden Kontinente können die Geologen im „Bilderbuch“ der Gesteine lesen. Fossilien von Tieren, die einst



Vor etwa 400 Millionen Jahren war fast die gesamte Landmasse der Erde zu einem einzigen Superkontinent, „Pangäa“, zusammengeschlossen. Dann begannen einzelne Teile auseinanderzudriften. Mitte: Die Erde vor 100 Millionen Jahren; unten: die Erde heute mit den fünf Erdteilen.

auf dem Land gelebt haben, sind auf dem Meeresboden gefunden worden. Das beweist, daß Teile des Ozeanbodens einstmals Festland gewesen sind. So konnten Wissenschaftler nach sorgfältigen Studien ein Bild von den verschiedenen Perioden der Erdgeschichte gewinnen. Sie sind der Ansicht, daß fast alles Festland ursprünglich einen einzigen Urkontinent gebildet hat. Im Laufe der Erdgeschichte teilte er sich, die einzelnen Teile entfernten sich voneinander. Diese Theorie der *Kontinentalverschiebung* wurde bereits im Jahre 1912 von dem deutschen Geophysiker Alfred Wegener aufgestellt; sie ist heute fast allgemein anerkannt. Vor kurzem hat man auch festgestellt, daß der ganze amerikanische Kontinent sich jährlich um zwei bis zehn Zentimeter nach Westen verschiebt.

Südamerika, Afrika, Indien, Australien

**Wie entstand
der Atlantische
Ozean?**

und Antarktika bildeten bis vor etwa 250 Millionen Jahren eine einzige große Landmasse. Das wird unter anderem auch daraus geschlossen, daß gleiche Arten von Landpflanzen als Fossilien in all diesen Gebieten gefunden wurden; in getrennten Kontinenten hätten sich jedoch nicht die gleichen Pflanzengemeinschaften entwickeln können.

Vor 200 Millionen Jahren lag der größte Teil Nordamerikas unter Wasser. Als dann im Osten und Westen langgestreckte Gebirge emporstiegen, blieb das Gebiet, das man heute als den Mittleren Westen bezeichnet, von einem gewaltigen Binnenmeer bedeckt. Den Rest dieses alten Meeres bildet der Große Salzsee in Utah.

Vor etwa 100 Millionen Jahren trennte sich der amerikanische Doppelkontinent vom europäisch-asiatischen und afrikanischen Block – es entstand der

Atlantische Ozean. Viel später, während der ersten Eiszeit, die vor etwa 600 000 Jahren begann, waren die Britischen Inseln und die Südspitze von Schweden mit dem europäischen Kontinent verbunden. Eine ausgedehnte sumpfige Ebene erstreckte sich dort, wo sich heute Nordsee und Ärmelkanal befinden. Der Rhein und die Themse flossen zusammen und bildeten einen mächtigen Strom, der nordwärts durch das Gebiet der heutigen Nordsee floß. Etwa um die gleiche Zeit waren auch Sibirien und Alaska durch eine Landbrücke im Gebiet der Beringstraße miteinander verbunden. Man nimmt an, daß vorgeschichtliche Menschen über diese Landverbindung von Asien nach Amerika gewandert sind – die Vorfahren der Indianer. Mammuts, eine ausgestorbene Art der Elefanten, haben den gleichen Weg genommen, denn man hat Knochen von ihnen auch in Amerika gefunden.

Ein *Gletscher* ist gleichsam ein Fluß

**Wie entsteht
ein Gletscher?**

aus Eis, der langsam an einem Bergabhang herabfließt. Wie jeder Fluß gräbt sich auch ein Gletscher ein Bett und befördert dann große Mengen Felsgestein und Geröll von den Bergen und Hängen ins Tal hinunter.

Gletscher entstehen in flachen Mulden im Hochgebirge und in Polarländern, wo der Schnee auch im Sommer liegenbleibt, wo also mehr fester Niederschlag fällt als abschmilzt. Der frisch gefallene Schnee stapelt sich über dem, der in früheren Wintern gefallen ist. Die Schneemasse wird allmählich so dick und schwer, daß die unteren Schichten zu einer festen Eisschicht zusammengepreßt werden. Wenn diese gewaltige Masse von Schnee und Eis eine bestimmte Dicke erreicht hat,



Der Gornergletscher im Monte-Rosa-Massiv, dem nach dem Mont Blanc höchsten Gebirgsstock der Alpen.

wird das Eis unter dem hohen Druck plastisch, das heißt, es beginnt wie zäher Kuchenteig zu „fließen“ und den Berghang hinabzugleiten. Durch den immer wieder fallenden Schnee im Firngebiet – so nennt man den Bezirk, in dem sich der Gletscher bildet – fließt der Gletscher langsam, aber unablässig zu Tal. In den Alpen bewegen sich die Gletscher etwa 40 bis 200 m im Jahr bergabwärts, in Grönland aber gibt es Gletscher, die am Tag bis zu 20 m zurücklegen. In tieferen Gebirgslagen oder an Meeresküsten sind die Temperaturen im Sommer meistens so hoch, daß das Eis schmilzt. Der vordere Gletscherrand wird zu Wasser und bildet Gletscherseen oder -flüsse. Wenn das Ende eines Gletschers sich ins offene Meer schiebt, werden die vorderen Eismassen vom Meerwasser gehoben; ge-

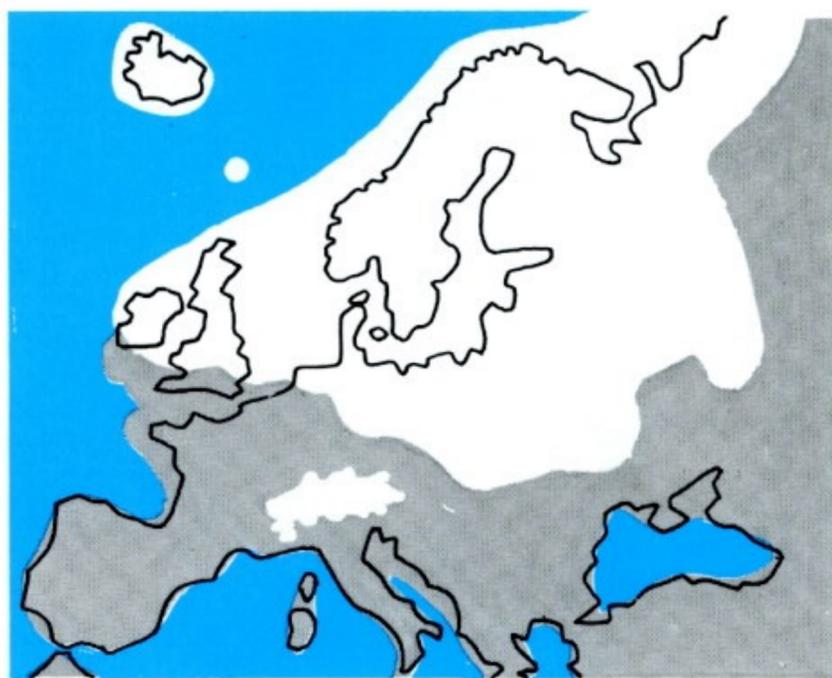
waltige Brocken brechen ab, die dann als treibende Eisberge ihre Reise fortsetzen. Man sagt, der Gletscher hat *gekalbt*. Das geschieht auf Grönland, bei Spitzbergen und in der Antarktis.

Vor Tausenden von Jahren, während der Eiszeit, schoben sich gewaltige Eismassen von den nördlichen Polargebieten südwärts und bedeckten fast ein Viertel der nördlichen Halbkugel.

Was war die Eiszeit?

Eine solche Eisschicht – man nennt sie *Inlandeis* – bedeckte mehrmals Skandinavien, weite Teile Nordrusslands und ganz Norddeutschland. Die Gletscher reichten bis an die Rheinmündung, den Harz und weit nach

Schlesien hinein. In Nordamerika war ganz Kanada und alles Land bis dorthin, wo heute New York liegt, von den gewaltigen Eismassen bedeckt, die 1000 Meter und mehr mächtig waren. Als das Klima wärmer wurde, begann das Inlandeis abzutauen. Die gewaltigen Massen des Schmelzwassers formten die Urstromtäler, wie etwa das Elbe-Urstromtal. Die vordringenden Eismassen hatten Vertiefungen geschaffen; als sie sich dann zurückzogen, füllten sich die Vertiefungen mit Wasser: es entstanden Tausende von neuen Seen. Die vielen kleinen holsteinischen Seen, die Pommersche Seenplatte, aber auch die großen Seen Nordamerikas entstanden auf diese Weise.



Mehrere Male in der Erdgeschichte kühlte sich das Klima ab, und weite Gebiete vergletscherten. Das waren die Eiszeiten. In der letzten Kälteperiode — sie begann vor 120 000 und endete vor 10 000 Jahren — erreichte die Vergletscherung (weiß) ihre größte Ausdehnung.

Wasser, überall Wasser

Viele Flüsse haben ihren Ursprung in einer Quelle. Aber aus Quellwasser allein entstehen keine großen Ströme. Die Hauptmasse des Flußwassers kommt vom Regen.

Wie entstehen Flüsse?

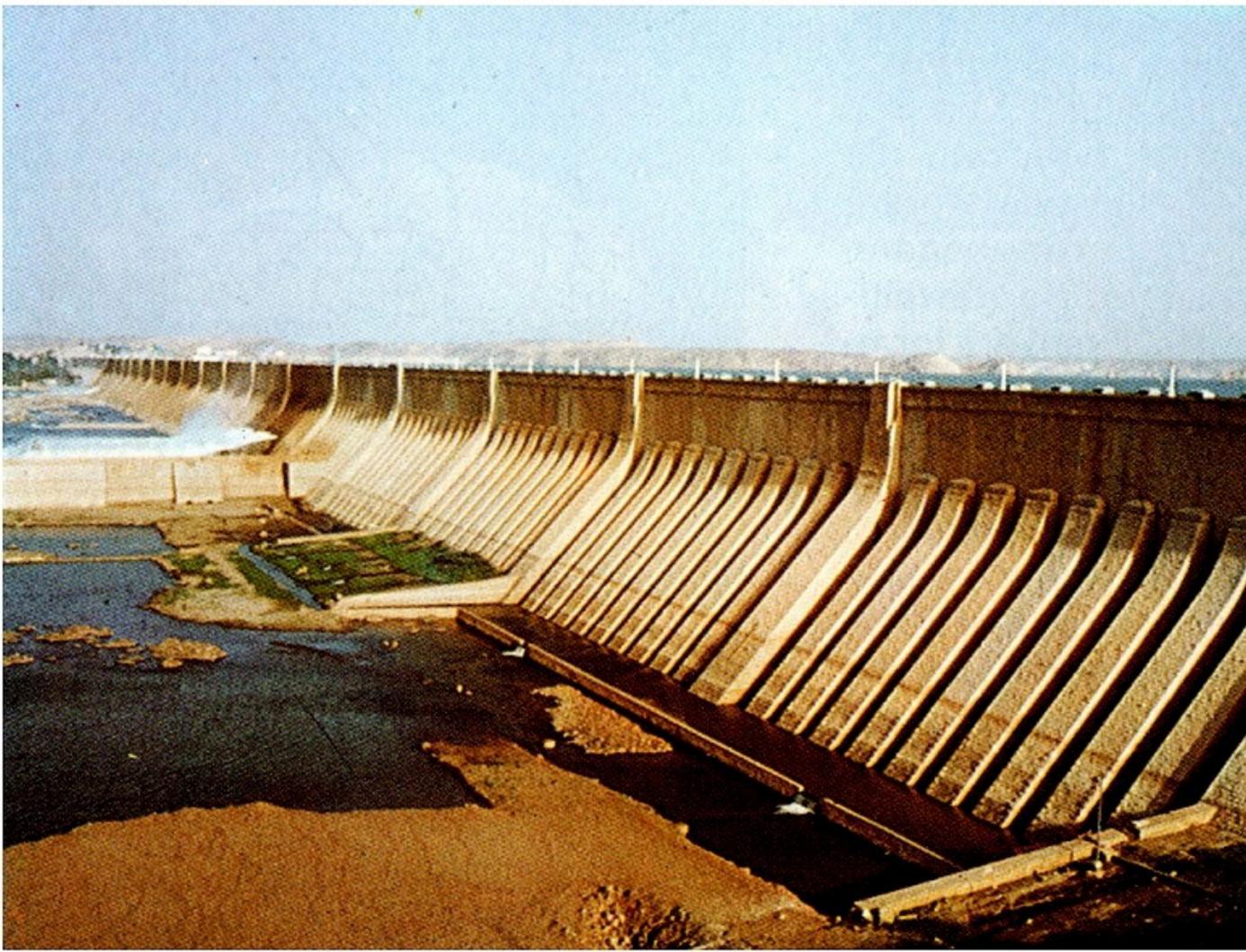
Ein starker Regen fällt auf einen Berghang, und das Wasser tropft von den Blättern der Bäume und Sträucher auf den Boden. Dort sammelt es sich zu kleinen Rinnsalen, die den Abhang hinabfließen. Viele solcher kleinen Rinnsale vereinigen sich auf ihrem Weg bergabwärts zu einem größeren, das dann wieder mit anderen zusammenfließt. Nun ist schon ein Bach daraus geworden. Im Tal zwischen den Bergen können Hunderte von kleineren und größeren Wasserläufen zusammentreffen und sich zu einem Fluß vereinigen — manchmal ganz ohne eine Quelle als Ursprung. Im Tal nimmt dann die Strömungsgeschwindigkeit ab, der Fluß fließt gemächlicher dahin. Von dem Augenblick an, in dem das Wasser den

Berg hinabzuströmen begann, hat es Erde und kleine Steine mitgenommen. Jetzt, da der Fluß langsamer fließt, lagert er die schwereren Teile ab. Diese Ablagerungen von Kies und Sand bilden häufig Hindernisse im Flußbett.

Nach langen, starken Regenfällen sind die Flüsse manchmal so angeschwollen, daß das Flußbett das Wasser nicht mehr fassen kann. Der Fluß tritt über die Ufer und überflutet das Land.

Was geschieht bei Überschwemmungen?

Überschwemmungen können schlimme Zerstörungen anrichten. Häufig spülen sie die obere fruchtbare Erdschicht fort und schaden damit der Landwirtschaft. Bei manchen Überschwemmungen entstehen aber noch weit größere Schäden. Ganze Ortschaften wurden schon durch Wasserfluten vernichtet, und viele Menschen sind dabei umgekommen.



Im heißen und trockenen Ägypten ist Landwirtschaft nur mit künstlicher Bewässerung möglich. Früher waren die Bauern vom jährlichen Hochwasser des Nils abhängig. Seit 1970 der „Große Assuan-damm“ (unser Foto) gebaut wurde, ist eine Dauerbewässerung möglich. Die Anbaufläche wurde vergrößert. Heute sind jährlich zwei bis drei Ernten möglich.

Einige Überschwemmungen haben jedoch auch gute Wirkungen.

Ein Beispiel dafür ist die Nilüberschwemmung in Ägypten. Bis zur Fertigstellung des neuen Staudamms bei Assuan im Jahre 1970 trat der Nil in jedem Sommer über seine Ufer und überschwemmte weite Gebiete mit seinen Wassermassen, die sehr fruchtbaren Schlamm ablagerten. In diesen Gebieten bauten die Ägypter seit alten Zeiten Weizen an und pflanzten ihre Baumwolle. Das Hochwasser entstand, weil in Zentralafrika in der Zone der Quellflüsse des Nils im Frühsommer starke Regenfälle niedergehen, die die Quellflüsse unverhältnismäßig anschwellen lassen. Seit Inbetriebnahme des neuen Staudamms bei Assuan kann man die Überschwemmung regulieren; aus der jahreszeitlichen ist eine ganzjährige Hochwasser-Bewässerung geworden. Es ist nun möglich, noch mehr Land als bisher zu bewässern und damit landwirtschaftlich zu nutzen; aber es besteht auch die Gefahr der Versumpfung und Versalzung der Böden, die dadurch unfruchtbar würden.

Ein großer Strom wie der Rhein, der

Was ist ein Delta?

Nil oder der Mississippi führt täglich Millionen Liter Wasser dem Meere zu. Dies Wasser enthält viele Tonnen Schlamm, Sand und Geröll. Dort, wo ein Fluß sich vor der flachen Meeresküste ausbreiten kann, läßt seine Strömungsgeschwindigkeit nach. Dann sinken große Mengen an Sand und Schlamm zu Boden und bilden allmählich vor der Flußmündung eine Barriere. Der Fluß wird gezwungen, sich zu teilen. Im Laufe der Zeit entstehen mehrere Mündungsarme. Zwischen diesen Gabelungen wird immer mehr Schwemmland aufgebaut. Dies *Delta*-Gebiet ist äußerst fruchtbar. (Seinen Namen bekam es von dem griechischen Buchstaben Delta = Δ .) Berühmt für ihren fruchtbaren Boden sind das Nildelta und das Delta des Mississippi. Auch ein Teil der heutigen Niederlande wurde im Laufe von Jahrhunderten vom Rhein und seinen Nebenflüssen angeschwemmt.

Der Große Salzsee (1283 m ü. d. M.) ist ein abflußloser See im US-Staat Utah.

Sein Salzgehalt schwankt, er beträgt maximal 2,7 ‰.

Infolge der Verdunstung schwankt auch seine Größe. Bei der Verdunstung bleibt an den Ufern (unser Foto) reines Salz liegen. Es wird gereinigt und anschließend verkauft.



Alles Wasser auf der Erde befindet sich in einem unendlichen Kreislauf. Die Sonne läßt Wasser an der Oberfläche der Meere, Seen und Flüsse verdunsten. Der Wasserdampf verdichtet sich in der Luft und fällt als Regen und Schnee wieder auf die Erde. Mit den Flüssen fließt das Regenwasser in die Meere zurück.

Ein Teil dieses Wassers wird jedoch während der Rückreise aufgehalten. Manche Flüsse münden in Binnenseen. Wenn diese Seen einen Abfluß haben, ist ihr Wasser ebenso süß wie das der Flüsse – wir haben einen echten Süßwassersee. Aber ein Binnensee, der keinen Wasserabfluß hat, wird in den heißen trockenen Zonen der Erde allmählich salzig, auf dieselbe Weise, wie auch das Meerwasser salzig geworden ist.

Das Kaspische Meer in Rußland, der größte Binnensee der Erde, ist ein Salzwassersee. Auch das Tote Meer zwischen Israel und Jordanien und der

Wie entstehen Süß- und Salzwasserseen?

Große Salzsee in den USA sind Salzwasserseen.

Der größte Süßwassersee ist der Obere See an der kanadischen Grenze der USA; er ist 560 km lang und an seiner breitesten Stelle 260 km breit. Der zweitgrößte Süßwassersee ist der Victoriasee in Afrika.

Die Erdoberfläche verändert ständig ihr Aussehen. Zu ihren unbeständigsten Erscheinungen gehören die Binnenseen. Sobald sie ent-

Warum verlanden Seen?

standen sind, beginnen sie schon wieder zu versanden. Der Obere See in Nordamerika zum Beispiel ist nur der Rest eines viel größeren Sees, der in der Nacheiszeit entstanden war.

Es ist seltsam: Die Flüsse, die einem See zuströmen und ihn mit Wasser füllen, lassen ihn im Laufe der Zeit wieder verschwinden. Sobald ein Seebecken entstanden ist, beginnen die Zuflüsse, große Mengen von Sand und Schlamm auf den Boden des Sees abzulagern.

Zuletzt haben sie so viel Material abgesetzt, daß der See ganz gefüllt ist. Zunächst entsteht ein Moor und schließlich sumpfiges flaches Land, das der Fluß auf seinem Weg zum Meer durchfließt.

Das größte Sumpfgebiet der Erde, die Everglades in Florida, war früher einmal Meeresboden. Der Meeresboden hob sich, aber nicht genug, um das ganze Gebiet vollkommen trocken werden zu lassen. Nach und nach werden aber auch die Everglades austrocknen. Ein Teil ist schon künstlich entwässert worden, um Acker- und Siedlungsland zu schaffen. Die Flüsse, die sich in diesem großen Sumpfgebiet gebildet haben, werden mit der Zeit die gleiche Wirkung erfüllen wie die Entwässerungsgräben, und eines Tages wird das gesamte Gebiet der Everglades fruchtbares Acker- und Weideland sein.

Jedesmal, wenn es regnet, sickert Regenwasser in den Boden. Ein Teil davon wird von der Erdkrume festgehalten und von den Wurzeln der Pflanzen aufgesaugt. Der größere Teil aber sinkt meistens weiter hinab

Was ist Grundwasser?



Küstensumpf bei New Orleans (USA) mit Mangroven.

bis zu einer Tiefe, wo alle Risse und Spalten der Gesteine mit Wasser gefüllt sind.

Das Wasser, das in die Erde dringt, bildet keine großen Seen oder Flüsse, außer in Karstgebieten. Bodenschichten, die aus Sand oder Kies bestehen, haben viele kleine Hohlräume zwischen den einzelnen Sandkörnern; andere Gesteine haben Spalten, in denen sich Wasser sammeln kann. Das Wasser, das diese Hohlräume unter der Erde füllt, nennt man *Grundwasser*. Es bildet je nach Lage ein stehendes



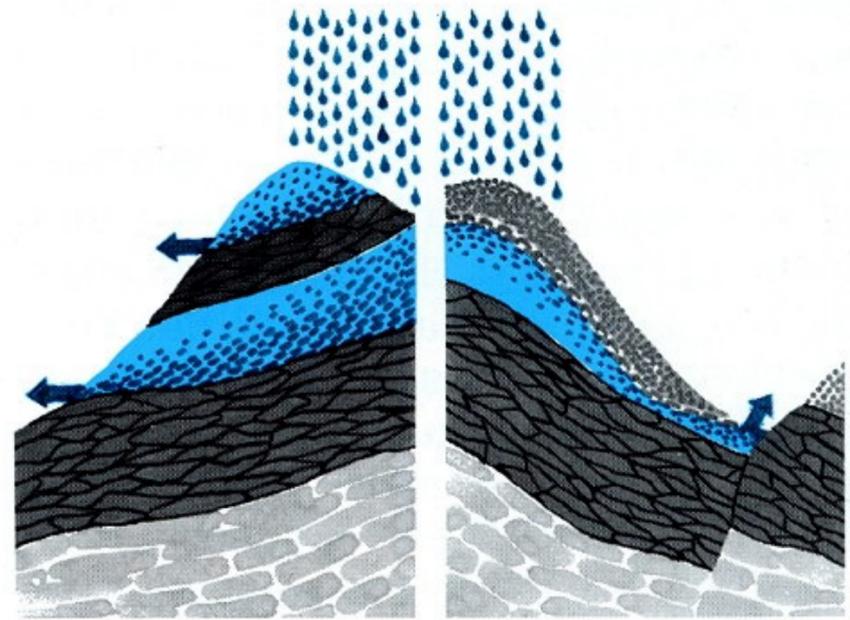
Gewässer oder einen langsam fließenden Strom. Aber es fließt nur sehr langsam, weil es meistens durch winzig kleine Hohlräume hindurch muß. Unter der Erde befindet sich mehr Wasser als in allen Seen und Teichen an der Erdoberfläche zusammen.

Die Oberfläche des Grundwassers in der Erde nennt man den *Grundwasserspiegel*; unter ihm sind alle kleinen und großen Hohlräume mit Wasser gefüllt. Feuchter Sand ist noch kein Anzeichen dafür, daß man das Grundwasser erreicht hat; erst wenn sich am Boden eines Erdloches Wasser ansammelt, hat man Grundwasser vor sich.

Der Grundwasserspiegel folgt in der Regel der Gestalt der Erdoberfläche. Das Wasser wird unter der Erde so stark vom Sand gebremst, daß es auch bei starkem Gefälle nur ganz langsam fließt. Darum entsteht kein ebener Grundwasserspiegel. Für die Bewohner kleiner Inseln ist das von Vorteil, denn das Regenwasser sammelt sich auch auf einer bergigen Insel als Grundwasser an, so daß die Bewohner es als Trinkwasser aus geringer Tiefe holen können.

Dort, wo der Grundwasserspiegel in ebenem Gelände bis an die Erdoberfläche reicht, bildet sich eine sumpfige Stelle oder ein flacher Teich. Tritt das

Grundwasser am Hang eines Berges aus, nennen wir es eine *Quelle*. Quellwasser ist im allgemeinen reiner und kühler als Flußwasser, weil es durch die Bodenschichten gefiltert worden ist. Eine Quelle entsteht, wenn sich unter einer wasserführenden Schicht eine wasserstauende Tonschicht befindet, die das Grundwasser am Hang zum Überlaufen bringt.



Quellen entspringen, wo wasserführende Schichten direkt austreten (links) oder nach einem Faltenbruch (rechts) an die Erdoberfläche dringen.

In der Erde wechseln zuweilen wasserhaltige, poröse Schichten mit wasserundurchlässigen Tonschichten ab; wenn solche Schichten mehrfach übereinander liegen, nennt man die einzelnen wasserführenden Schichten *Grundwasserstockwerke*.

Sonnenwärme und die Schwerkraft der Erde sind gleichsam die „Motoren“ des Kreislaufs des Wassers. Das Wasser fällt als Regen zur Erde und ermöglicht das Leben von Pflanze und Tier. Das Regenwasser versickert entweder in der Erde oder fließt durch Flüsse und Seen abwärts zum Meer. Die Sonne heizt Flüsse, Seen und Meere auf, das Wasser verdunstet und steigt als Wasserdampf zu den Wolken auf. Auch Pflanzen und Tiere scheiden Wasser infolge der Transpiration aus. Der Wind bläst die Wolken zum Festland. Wenn sich in einer Wolke genügend Wasser gesammelt hat, wenn sie — wie die Meteorologen sagen — eine Luftfeuchtigkeit von 100 Prozent erreicht hat, fällt das Wasser wieder als Regen zu Boden — der Kreislauf hat sich einmal vollendet.



In bergigen Gegenden können sich

Was ist ein artesischer Brunnen?

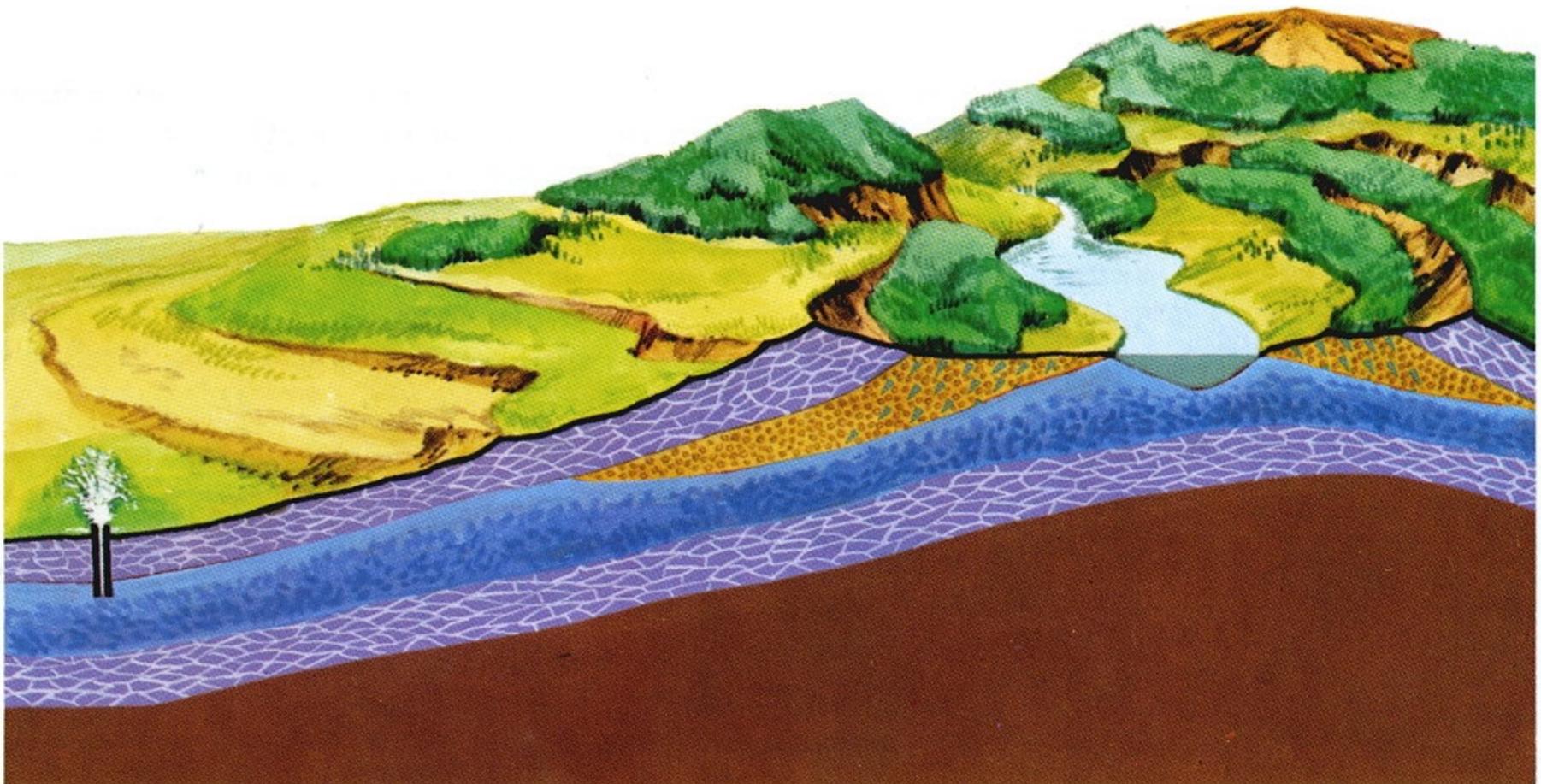
wasserführende Schichten, die zwischen zwei undurchlässigen Tonschichten liegen, unterirdisch

von den Bergen bis in die Ebenen fortsetzen. Wenn eine durchlässige Schicht oben in den Bergen an der Oberfläche liegt, dringt Regenwasser in sie hinein und fließt wie in einer natürlichen „Wasserleitung“ in die tieferliegenden Gebiete. In dieser wasserführenden Schicht steht das Wasser unter Druck, denn das von den Bergen nachfließende Wasser drückt darauf, wie das Wasser in einem Wasserturm den Druck in der Wasserleitung erzeugt. Das Wasser kann nicht ausweichen, weil es durch Tonschichten eingeschlossen wird. Wenn man solche wasserführende Schicht in der Ebene anbohrt, kommt das unter Druck stehende Wasser wie aus einem Springbrunnen heraus. Man nennt das einen *artesischen Brunnen* – nach der französischen Provinz Artois, wo man solche



Ein artesischer Brunnen läßt mitten in der arabischen Wüste Palmen und Blumen wachsen.

Brunnen erbohrt hat. Grundwasser, das unter Druck steht, nennt man *gespanntes Wasser*. In manchen Gebieten findet man gespanntes Wasser viele Kilometer weit von jenen Bergen entfernt, wo das Regenwasser in die Erde drang. Artesische Brunnen gibt es zum Beispiel auch in der Wüste Sahara, südlich des Atlasgebirges in Afrika. Wo in der Wüste genügend Wasser durch einen Brunnen oder eine Quelle an die Oberfläche kommt, bildet sich eine Oase, ein kleiner Bezirk, in dem Palmen und andere Pflanzen wachsen können.



Artesische Brunnen entstehen, wo Wasser in eine schräg abwärts führende Erdschicht eindringt, die ringsum von undurchlässigem Boden umgeben ist. Bohrt man die Schicht an, entsteht unter dem Druck des nachdrängenden Wassers eine Fontäne.



Die Oase Hibis in der Kharga-Senke, einem Teil der ägyptischen Wüste westlich des Nils.

Wir wissen: Das meiste Grundwasser

**Was ist
„ursprüngliches
Wasser“?**

stammt vom Regenwasser, das in die Erde gesickert ist. Aber es gibt in der Erde noch eine andere Art

Wasser, sogenanntes *ursprüngliches* Wasser; es ist während vieler Millionen Jahre in Gesteinshöhlungen tief im Erdinnern eingeschlossen gewesen. Als sich die Schichtgesteine auf dem Meeresboden bildeten, wurde eine Menge Meerwasser in diesem Gestein festgehalten. Als der Meeresgrund sich dann hob und zu Festland wurde, stieg dabei das eingeschlossene Wasser mit empor.

Ein Beispiel von ursprünglichem

Wasser ist das Salzwasser, das häufig bei Ölbohrungen herauskommt.

Es gibt noch eine andere Art von ursprünglichem Wasser. Es ist das Wasser, das als Dampf bei Vulkanausbrüchen aus dem tiefen Erdinnern kommt. In glutflüssigem Gestein, wie es als Lava an die Erdoberfläche kommt, ist das Wasser chemisch gebunden. Beim Abkühlen wird es ausgeschieden und entweicht als Wasserdampf. Das so aus der Erde kommende Wasser wird *juveniles* Wasser, das heißt jugendliches Wasser, genannt. Wenn es auch im Verhältnis zur Gesamtmenge des Ozeanwassers nur wenig ist, wird doch dadurch im Laufe der Zeit die gesamte Wassermenge auf der Erdoberfläche vergrößert.



Die Sahara ist mit 8,7 Mill. qkm die größte Wüste der Erde. Sie gehört zu einem Wüstengürtel, der sich von Afrika über Arabien und Iran bis nach Zentralasien fortsetzt. Tagsüber brennt die Sonne so heiß, daß man es höchstens zwei Stunden ohne besonderen Schutz aushält. Wenn die Temperatur dann gegen Abend stündlich um bis zu 10° und mehr sinkt, kann man frieren wie im tiefsten Winter.

Die Erdoberfläche

Eine trockene, wasserlose Wüste wirkt

Was ist eine Wüste?

auf den ersten Blick, als gäbe es in ihr kein Leben. Außer einigen verkrüppelten, niedrigen Büschen

oder dornigen Kakteen scheint nichts auf dem sandigen oder felsigen Boden zu wachsen. An manchen Stellen hat der heftige, trockene Wind den Sand weggefegt und Felsen bloßgelegt, und manche Gesteine hat er mit dem Sand zu wunderlichen Formen ausgeblasen.

In einer Wüste regnet es manchmal jahrelang nicht, und wenn es regnet, ist der Regenfall meistens spärlich. Hin und wieder kann es aber zu ungeheuren Wolkenbrüchen kommen. Die

Pflanzen nehmen dann gierig die Feuchtigkeit auf und speichern sie in ihren langen Wurzeln oder, wie die Kakteen, in ihrem weichen Pflanzenfleisch; während der langen Trockenperioden zehren sie davon.

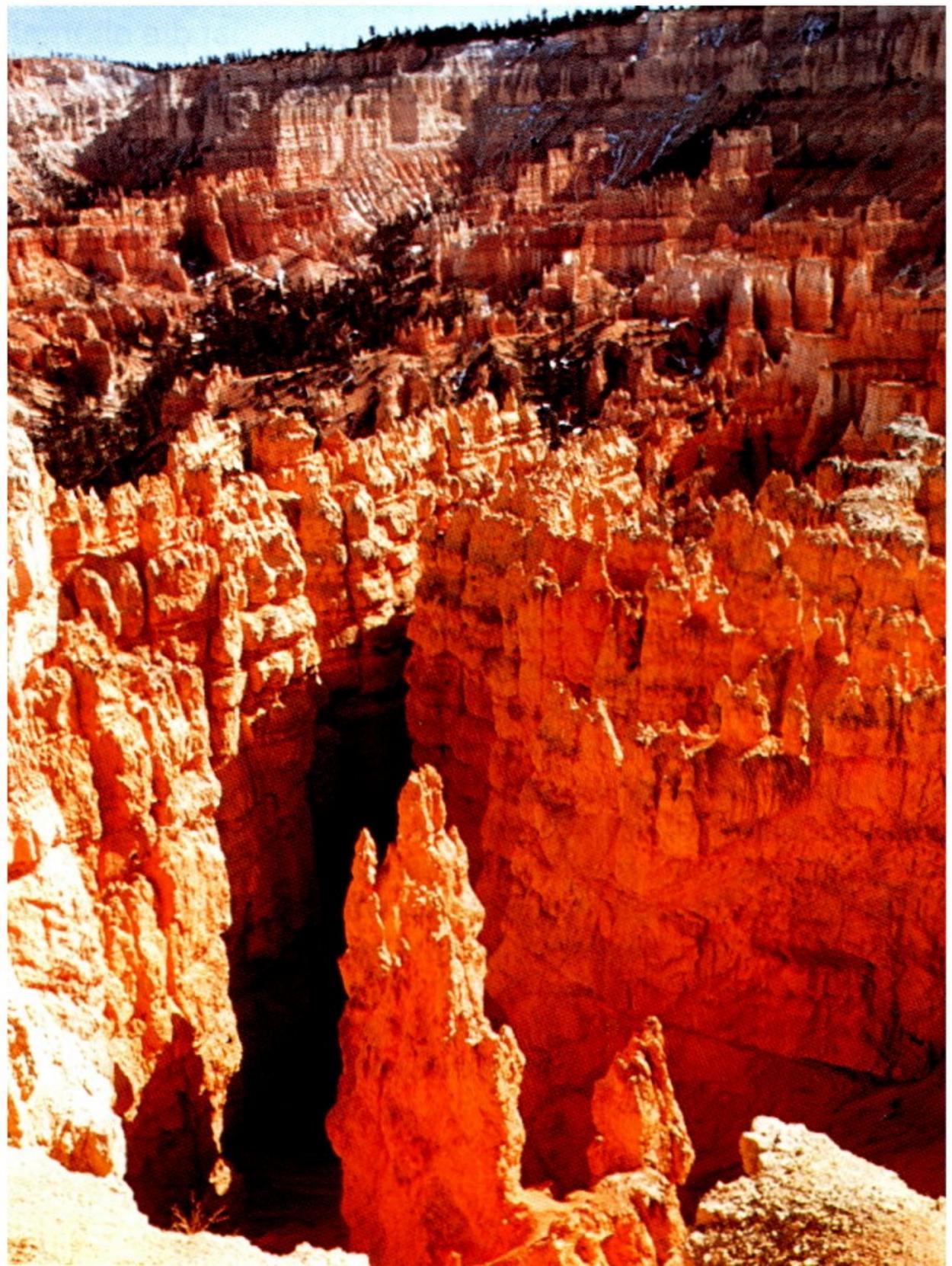
Die Samen der Wüstenpflanzen können monate- und selbst jahrelang in der trockenen Erde überdauern. Eines Tages werden sie von der Zauberkraft des Regens berührt und entfalten über Nacht ihre Pracht. Für eine kurze Zeit ist die Wüste stellenweise mit einem leuchtenden, vielfarbigen Blütenteppich bedeckt. Ebenso schnell, wie sie aufgeblüht sind, verwelken die Blüten; die Pflanzen aber haben Samen entwickelt, bevor sie zugrunde gehen, so daß durch den nächsten Regen wieder neues Leben erweckt wird.

Wir wissen, daß Wind und Wasser die Erdoberfläche unaufhörlich verändern. Die erstaunlichsten Formen, die durch ihre zerstörende Tätigkeit entstanden sind, zeigen die Wüsten des amerikanischen Westens. Die unten gezeigten merkwürdigen Gesteinsbildungen findet man im Bryce Canyon Nationalpark im Staate Utah. In früherer Zeit war dies Gebiet eine weite felsige Ebene. Im Laufe von Millionen Jahren haben jedoch Regen und Wind und die Flüsse, die durch die Ebene flossen, die Gesteine zerfressen, aufgelöst und nach und nach weggespült, bis schließlich der Bryce Canyon zu einem Märchenland mit natürlichen Burgen und fantastischen

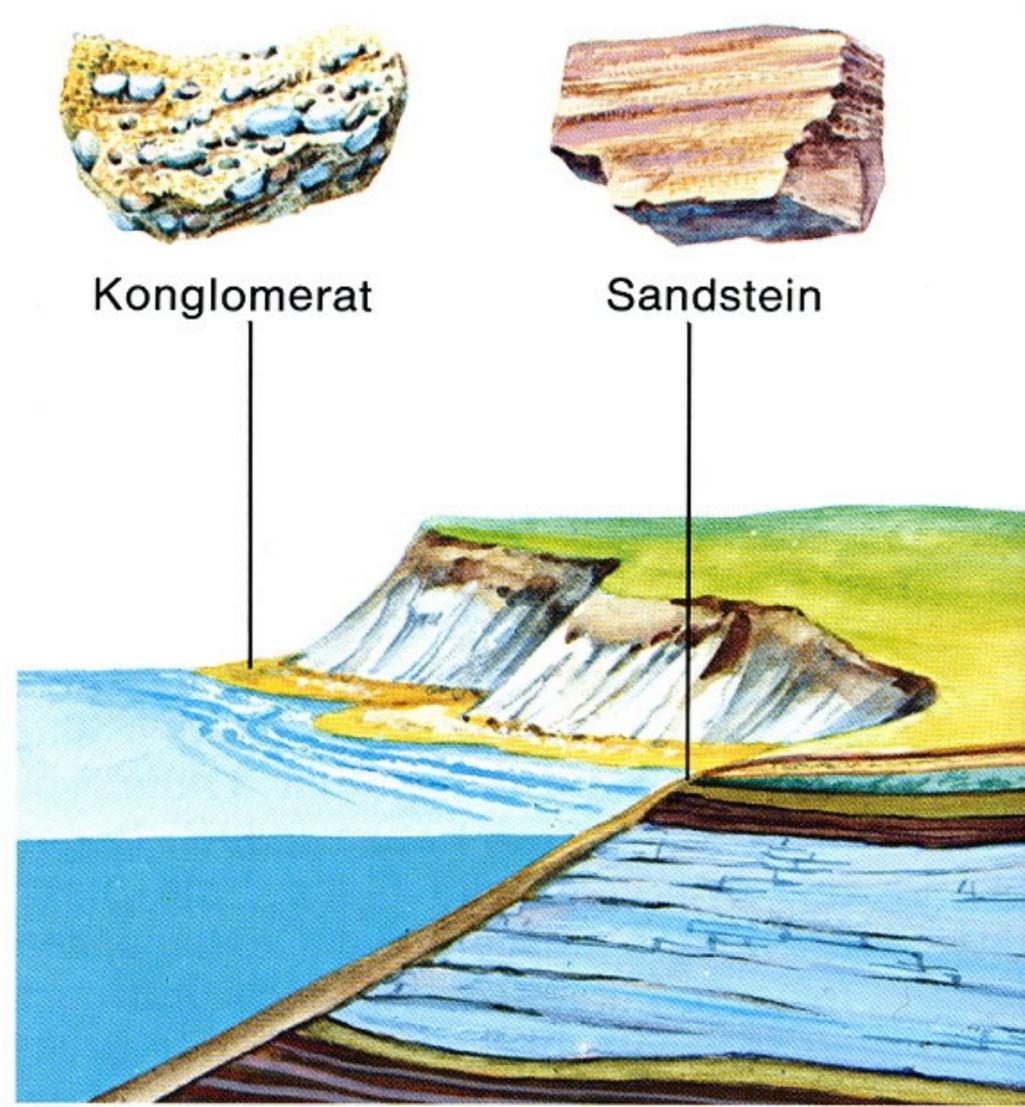
**Wie können
Wind und
Regen Felsen
formen?**

Bauten geworden war. An der Umgestaltung des Landes ist der Wind fast ebenso stark beteiligt wie das Wasser. In Wüstengebieten weht der Wind den Sand hoch, treibt ihn von einer Stelle an die andere, und oft kommt das nackte Gestein zum Vorschein. Dann wird der Sand vom Wind gegen das Gestein geblasen. Von diesen „Sandstrahlgebläsen“ wird das Gestein nach und nach ausgehöhlt, die weicheren Teile am schnellsten. Das härtere Felsgestein widersteht dem Zerstörungswerk länger, und so kommt es dann zu den sonderbaren und schönen, durch Sand und Wind gestalteten „Bildhauerwerken“: natürliche Felsbrücken oder -blöcke, die auf schmaler Unterlage im Gleichgewicht zu schweben scheinen oder aussehen wie das Haupt eines Riesen.

Vor einigen Jahrtausenden befand sich im U.S.-Staat Utah dort, wo heute der Bryce Canyon liegt, eine ausgedehnte Hochebene, durch die sich ein Fluß schlängelte. Im Lauf der Zeit spülten Fluß, Wind und Regen eine tiefe Röhre (span. = Canon) in das Gestein und schufen so das bizarre Bild von hohen Felsnadeln und tiefen Schluchten.



Gestein nennt man die Gemenge von Mineralien, aus denen die Erdkruste besteht. Auf dem Schaubild rechts sind einige Gesteinsarten und ihre Herkunft abgebildet. Konglomerate nennt man Gestein, das aus zusammengebackenem Sand und Kies besteht. Es wird an Fluß- und Seeufern sowie auf dem Meeresgrund gefunden. Sandstein ist ein Sedimentgestein, das sich aus Quarzsand und anderen Mineralien verfestigt hat. Kalkstein, ebenfalls ein Sedimentgestein, bildet sich auf dem Meeresgrund unter mächtigen Ablagerungen von Kalkschlamm, der durch Abscheidungen von tierischen oder pflanzlichen Lebewesen entstand. Faltungen können aus dem ehemaligen Meeresgrund Festland werden lassen. Granit ist ein kristallines Gestein; es entsteht, wenn glutflüssiges Magma im Erdinnern langsam abkühlt und erstarrt. Marmor ist ein metamorphes Gestein; es entstand aus Kalkstein, der bei der Entstehung von Gebirgen starkem Druck oder starker Wärme ausgesetzt war. (Dieses Idealprofil kommt in der Natur nicht vor. Die Zeichnung soll nur zeigen, wo und unter welchen Umständen die einzelnen Gesteinsarten entstehen.)



Konglomerat

Sandstein

Nicht nur die Naturkräfte verändern die Erdoberfläche. Auch die Menschen waren und sind daran beteiligt, das ursprüngliche Aussehen und die Eigenarten vieler Gebiete zu verändern.

Wie haben die Menschen die Erdoberfläche verändert?

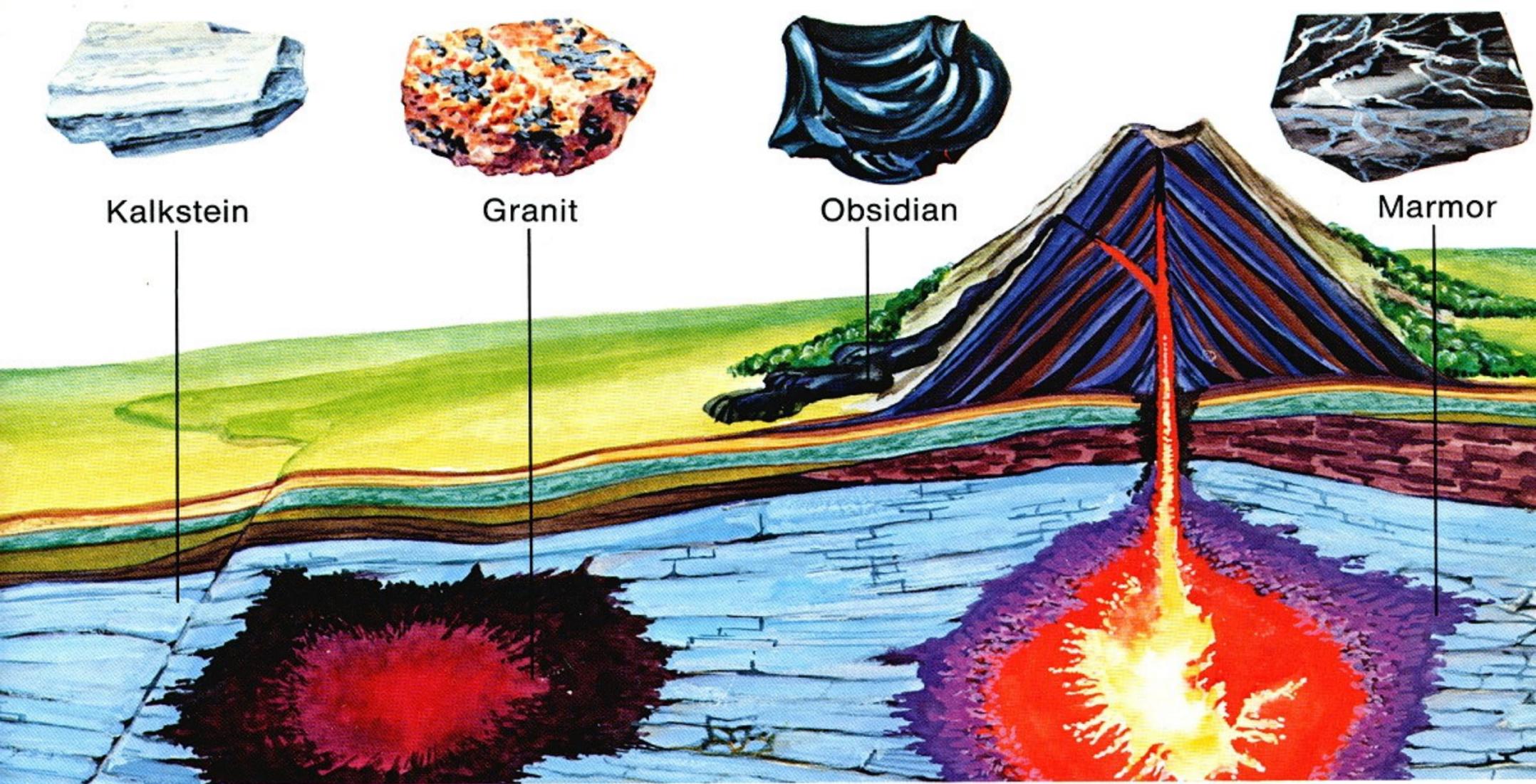
Zuweilen hat das Eingreifen der Menschen in die Natur tragische Folgen gehabt. Die ganze jugoslawische Adriaküste ist verkarstet, weil vor Jahrhunderten die Venezianer die Wälder rodeten. Ein neueres Beispiel bietet ein großes Gebiet im Südwesten der USA, das einst aus saftigem Weideland bestand. Die dichten Grasbüschel hielten die Feuchtigkeit im Boden fest, und das Land blieb auch in trockenen Jahren grün und fruchtbar. Dann pflügten die Farmer das Weideland um und bauten Getreide an. Zwischen 1930 und 1940 gab es eine lange Trockenperiode, und der lockere Boden, nicht länger durch Graswurzeln zusammengehalten, wehte in gewaltigen Staubstürmen davon. Die meisten Bewohner verließen das unfruchtbar gewordene

Gebiet. Die Zurückgebliebenen aber begannen wieder Gras zu säen. Heute ist die ehemalige „Staubschüssel“ wieder ein blühendes Land.

Aber die Menschen haben es auch häufig verstanden, eine Landschaft zu ihrem Vorteil zu verändern. Das beste Beispiel haben in unserer

Wie macht man Wüsten fruchtbar?

Zeit die Israelis gegeben. Der Zwang, in einem winzigen Land zu leben, das zum größten Teil aus unfruchtbarer Wüste bestand, veranlaßte sie zu erstaunlichen Leistungen. Wo es Grundwasser gab, wurde es durch Bohrungen zutage gefördert. Ein großes Pumpen- und Röhrensystem, vom See Genzareth gespeist, versorgte andere Gebiete mit Wasser. Und in wenigen Jahrzehnten hatten die Siedler große Teile des Landes in fruchtbare Äcker und Gärten verwandelt. Auch schon in alten Zeiten haben viele Volksstämme Bewässerungsgräben gebaut und dadurch unergiebiges Landstriche fruchtbar gemacht.



Die Erdkruste besteht aus drei verschiedenen Gesteinsarten:

Aus welchen Gesteinen besteht die Erdkruste?

1. *Kristalline oder Erstarrungsgesteine*. Sie entstehen durch Ab-

kühlung und Erstarrung. Wir unterscheiden die grobkristallinen *Tiefengesteine* von den glasartigen oder feinkristallinen *Ergußgesteinen*. Die Tiefengesteine, auch Plutonite genannt, entstanden, wenn das aufdringende flüssige Magma schon vor Erreichen der Erdoberfläche erkaltete und langsam Kristalle bildete. Bei den Ergußgesteinen, die man auch Vulkanite nennt, trat das Magma als flüssige Lava an der Erdoberfläche aus, und es bildeten sich durch die schnelle Abkühlung glasartige oder feinkristalline Gesteine. Die beiden häufigsten kristallinen Gesteine sind der Granit, ein Tiefengestein, und der Basalt, ein Ergußgestein.

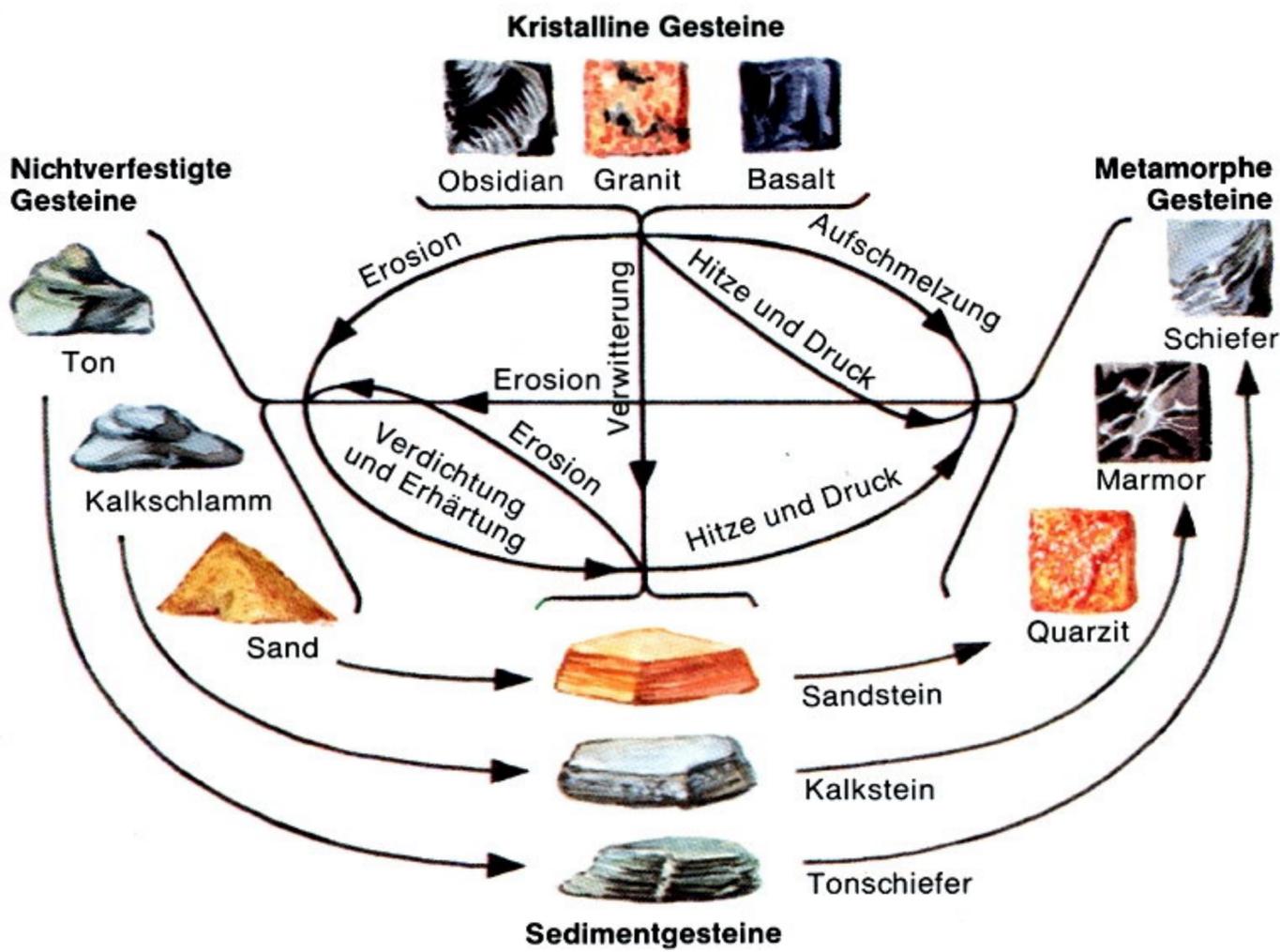
Granit wird an vielen Stellen in Skandinavien gefunden und wegen seiner Festigkeit und Beständigkeit hauptsächlich als Baumaterial verwendet. Er

wird auch als Bordstein für Bürgersteige benutzt. Er kann grau, grün, rosa oder rot gefärbt sein. Basalt, der bei seiner Abkühlung zu kantigen Säulen erstarrte, wird gewöhnlich zerkleinert und zum Straßenbau gebraucht. Seine Farbe schwankt von dunkelgrau bis schwarz.

2. *Sediment- oder Schichtgesteine*.

Sie entstanden aus den Verwitterungsprodukten wie Sand, Kies, Schlamm und anderen Ablagerungen, die auf dem Boden früherer Meere abgelagert wurden. Durch den Druck der darüberliegenden Schichten und durch chemische Vorgänge wurden diese Stoffe zu festem Gestein. Aus Sandschichten wurde Sandstein, aus Ton Tonschiefer, aus Abscheidungen von Pflanzen und Tieren wurden z. B. Kreide und Kalkstein.

3. *Metamorphe oder umgeformte Gesteine*. Das sind Gesteine, die einmal entweder kristalline Gesteine oder Sedimentgesteine waren, aber durch hohen Druck und hohe Temperatur tief in der Erdkruste zu anderen Gesteinsarten umgewandelt wurden. Die bekanntesten metamorphen Gesteine sind



Fast alles Gestein wurde durch Abkühlung von schmelzflüssigem Material auf oder unter der Erdoberfläche gebildet. Später hat sich das Gestein unter Hitze und Druck in viele verschiedene Formen verwandelt. Diesen Vorgang nennt man den „Gesteinszyklus“. Sedimentgestein entstand aus dem Schutt von solchem Gestein, das durch Verwitterung und Erosion zerstört wurde. Metamorphes Gestein bildete sich durch Druck und Wärme aus anderen Gesteinsarten:

Gneis, Marmor, Schiefer und Quarzit. *Gneis* sieht aus wie ein kristallines Gestein; er unterscheidet sich davon auch nur dadurch, daß er gebändert ist. Der Gneis kann entweder aus kristallinen Gesteinen oder aus Sedimentgestein

entstanden sein. Gneis ist sehr hart; er wird als Pflasterstein, als Schotter oder als schöngedänte Steinplatte für Hausfassaden verwendet.

Der *Marmor* ist ein metamorphes Gestein, das aus Kalkstein entstanden ist. Echter Marmor sieht zuckerkörnig aus. Er ist meistens weiß; es gibt aber auch roten, grünen und gelben Marmor. In der Steinindustrie werden allerdings alle Kalksteine, die sich polieren lassen, als Marmor bezeichnet; solch ein Marmor ist aber kein metamorphes Gestein.

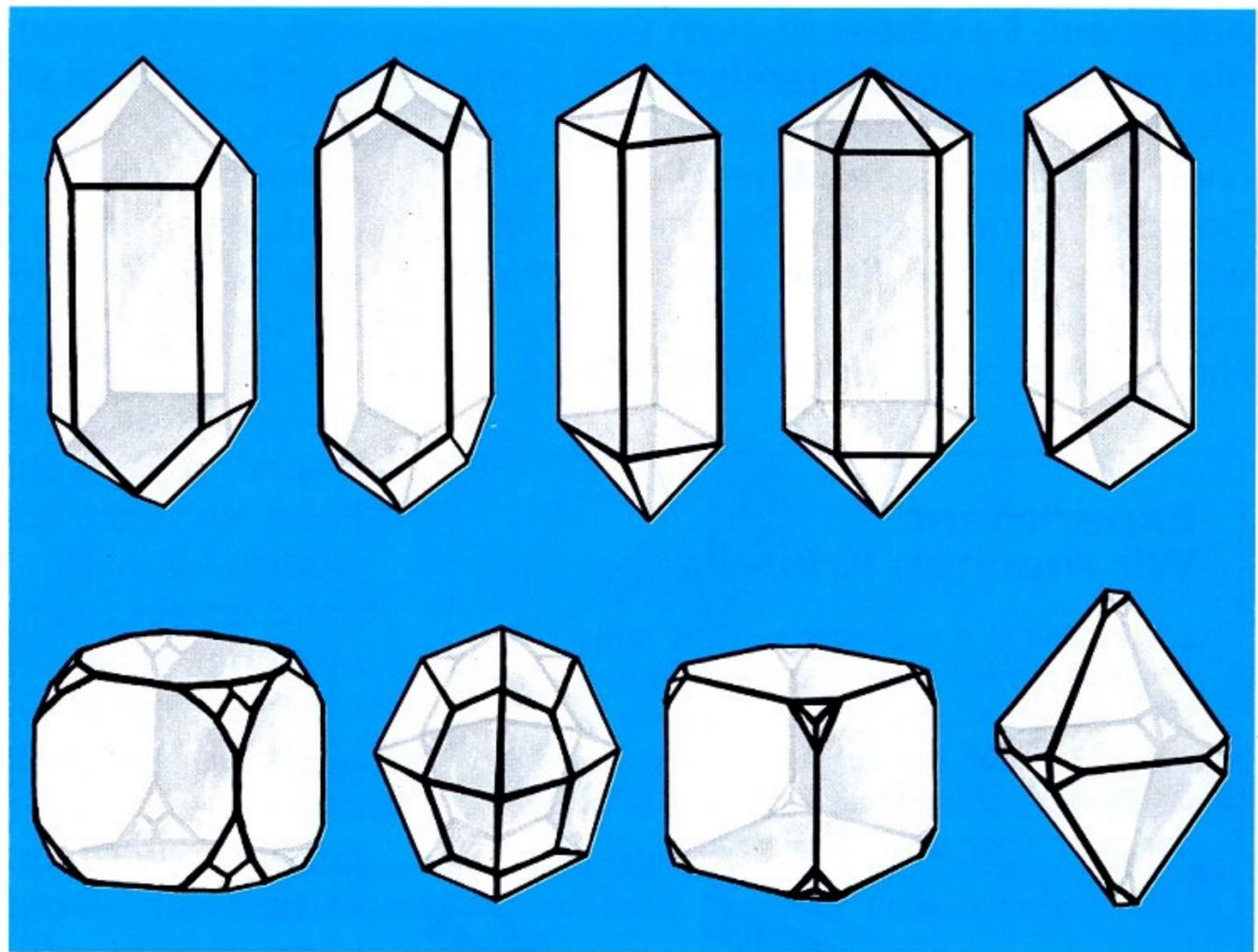
Schiefer ist durch die Umwandlung von Tonschiefer und Ton entstanden, die unter hohem Druck gestanden haben. Dies merkwürdige Gestein spaltet sich leicht in dünne, gleichmäßige Platten mit glatter, ebener Oberfläche. Mit Schiefer werden oft Häuser und Kirchen gedeckt.

Quarzit ähnelt dem Sandstein, aus dem er entstanden ist; er ist aber wesentlich härter. Wenn Quarzitfelsen zutage treten, bilden sie oft einen deutlichen Steilrand, von dem die weicheren Gesteine durch Wind oder Wasser weggefressen wurden.



Aufgebrochene Geode des Amethyst. Geoden sind Gasblasen im Gestein, die sich mit Mineralien gefüllt haben.

Die meisten Mineralien können Kristalle bilden. Ein Kristall ist die kleinste Form eines festen Minerals. Die Kristalle einer Mineralart haben stets die gleiche geometrische Form, so daß man an der Kristallform erkennen kann, um welches Mineral es sich handelt. Wenn ein Mineral Kristalle gebildet hat, nennt man es kristallin. Die Zeichnung rechts zeigt einige der häufigsten Kristallformen. — Auch Wasser kann bei Kälte zu Kristallen erstarren; wir kennen sie als Schneeflocken.



Hier folgen noch einige andere Gesteine, die nicht so häufig vorkommen:

Feuer- oder Flintstein ist ein dunkles Gestein, das nur in einzelnen Knollen vorkommt. Wenn man ihn zerschlägt, zerspringt er in scharfkantige Stücke. Darum wurde er schon von Vorzeitmenschen geschätzt, die daraus Messer, Beile und Pfeilspitzen herstellten. **Konglomeratgesteine** sehen seltsam aus. Man findet sie meistens in alten Flußbetten. Sie bestehen aus Geröll, Sand und Gesteinsbruchstücken, die mit anderen gesteinsbildenden Mineralien zu einem festen Ganzen zusammengekittet sind.

Versteinigtes Holz findet man selten, aber in Arizona gibt es einen ganzen „Versteinerten Wald“. Es ist kein echtes Holz, das sich in Stein verwandelt hat. Vor Millionen Jahren fielen dort Bäume in einen Sumpf, dessen Wasser viel Kieselsäure enthielt. Das Wasser drang in die Zellen des Holzes, und als das Holz verging, war Zelle für Zelle mit Kieselsäure (Quarz) ausgefüllt, einem gesteinsbildenden Mineral. So blieb die ganze Struktur des ursprünglichen Holzes bewahrt.

Wenn man sich einen Granit genau ansieht, kann man feststellen, daß er aus verschiedenen Arten von Körnern besteht.

Was sind Mineralien?

Die einzelnen Körner sind die *Mineralien* oder *Minerale*, aus denen sich Gesteine zusammensetzen. Der Granit besteht aus den Mineralien Feldspat, Quarz und Glimmer. Ein Mineral ist ein chemisch einheitlicher Stoff, der aus nur einem Element oder aus einer chemischen Verbindung verschiedener Elemente besteht und in dem die Atome zu einem regelmäßigen Muster, einem Kristall, zusammengesetzt sind.

Das Mineral Steinsalz zum Beispiel, unser Kochsalz, setzt sich aus Natrium und Chlor zusammen. Der Diamant besteht nur aus Kohlenstoff, der auch Hauptbestandteil der Steinkohle ist. Rubin und Saphir sind Formen des Aluminiumoxids, das auch den unansehnlichen Korund bildet, der zum Schleifen verwendet wird.

Alle Gesteine sind aus einer mehr oder weniger großen Anzahl von Mineralien

aufgebaut. Es gibt aber auch Gesteine, die nur aus einer Mineralart bestehen. Wenn wir ein Gestein auseinanderbrechen, werden diese Mineralien – zum Beispiel Quarz oder Glimmer – gewöhnlich in der Form von Kristallen sichtbar.

Hier einige der bekanntesten Minera-

Experiment: Wir machen Kristalle

Wir kaufen in der Drogerie etwas Alaun und lösen davon in einem Glas zwei bis drei Teelöffel voll in einem achteil Liter heißem Wasser auf. Wir rühren gut um, bis der Alaun gelöst ist. Dann befestigen wir an einem Stöckchen, das quer über dem Glas liegt, einen Bind-



faden und hängen ihn in die Flüssigkeit. Das Glas stellen wir für einige Tage an einen warmen Platz. Am Bindfaden werden sich kleine Kristalle aus reinem Alaun bilden, glänzend wie eine Traube aus kleinen Diamanten.

lien, die überall in den Gesteinen unserer Gebirge zu finden sind:

Quarz gehört zu den Mineralien, die am häufigsten vorkommen. In Gesteinen, zum Beispiel im Granit, findet man Quarz in Form von rundlichen, grauglänzenden Körnern. In Spalten

und Hohlräumen im Gebirge können sich Quarzkristalle bilden, die lang und schmal oder auch kurz und dick sein können. Wenn sie durchsichtig klar sind, nennt man sie Bergkristall. Aber alle Quarzkristalle haben die gleiche Bauform: Es sind sechsseitige Prismen mit einer sechsseitigen Pyramide an einem Ende oder an beiden Enden. Quarz ist ein sehr hartes Mineral; man kann es nicht mit dem Messer ritzen; Quarz kann Glas zerkratzen. Quarzsand ist ein Grundstoff für die Glasherstellung. Aller weißer Sand an den Meeresküsten, alle Sanddünen und auch die Sandbänke in den Flüssen bestehen aus Quarz.

Glimmer wird in Granit und anderen kristallinen Gesteinen gefunden. Er kann in papierdünne Blätter gespalten werden, die durchsichtig, biegsam und unbrennbar sind. Glimmer wird als durchsichtiger Verschluss kleiner Öffnungen in Elektrogeräten, für Schutzbrillen und als Isolierstoff in der Elektroindustrie benutzt. Früher wurde er auch als Fensterglas verwendet.

Talk oder **Speckstein** ist ein seltsam weiches Mineral; man kann es mit dem Fingernagel zerkratzen. Talk fühlt sich fettig an. Man gebraucht es als Schmier- und Dichtungsmittel und als Grundstoff für Talkumpuder.

Kalzit oder **Kalkspat** ist ein häufiges Mineral, das in vielerlei Gestalt vorkommt. Es kann spitze oder flache Kristalle bilden. Wenn wir einen Kalzitkristall mit dem Hammer zerschlagen, ist jedes Stückchen wieder ein Blockchen mit sechs glatten Flächen, die stets im gleichen Winkel zueinander stehen.

Pyrit oder **Eisenkies** ist auch als „Narhengold“ bekannt. In der Zeit des Goldrausches hat das Pyrit häufig Goldgräber genarrt, die glaubten, eine Goldader gefunden zu haben. Aus dem schönen goldglänzenden Pyrit wird häufig Schmuck hergestellt.



Ölquellen in der arabischen Wüste. Wenn die über dem Erdöl lagernde Menge an Erdgas so gering ist, daß sich der Abbau nicht lohnt, wird das Gas „abgefackelt“, das heißt, in offener Flamme verbrannt.

Schätze unter der Erde

In verschiedenen Perioden der Erdgeschichte hat es Meeresbecken gegeben, die durch Riffe oder Schwel- len vom offenen Ozean mehr oder weniger abgeschlossen waren. In diesen Becken gab es im Oberflächenwasser viel organisches Leben, aber in den Tiefen konnten weder Pflanzen noch Tiere leben, weil das Wasser dort kei-

Wie entstand das Erdöl?

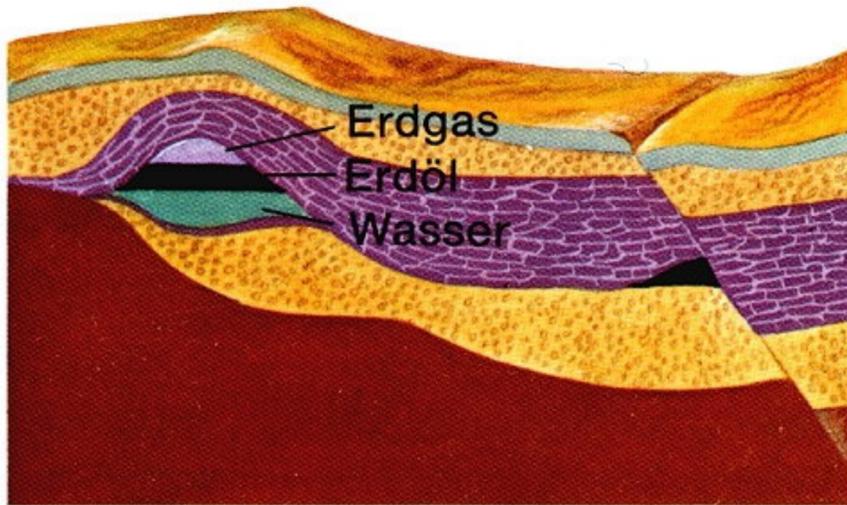
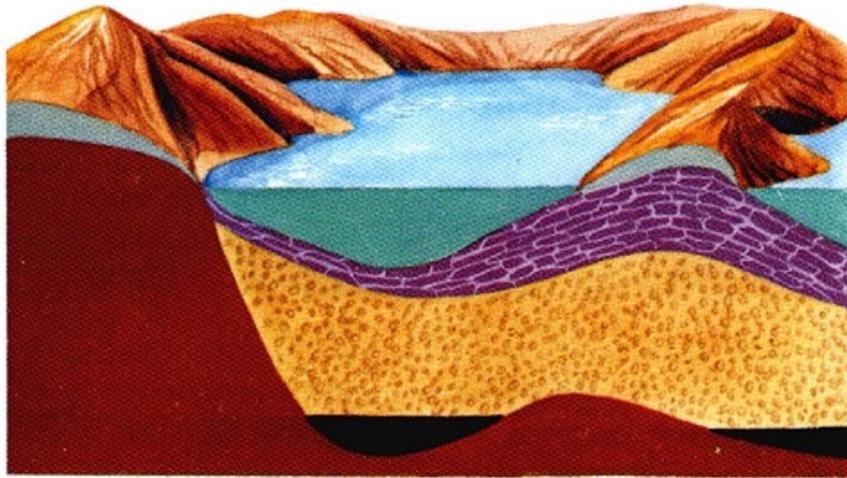
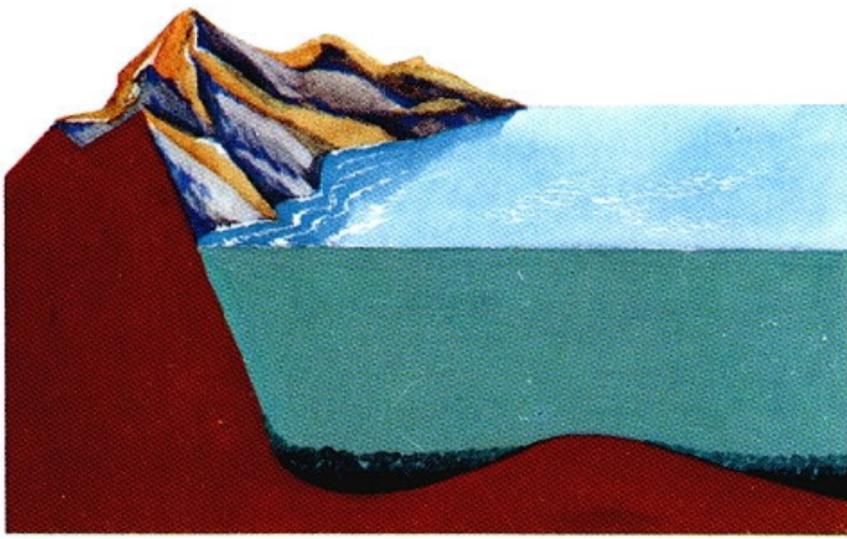
nen Sauerstoff mehr enthielt und sich aus den toten, zu Boden sinkenden Tieren und Pflanzen giftige Stoffe gebildet hatten. In diesen giftigen Be- reichen gab es auch keine Kleinlebe- wesen, sogenannte Mikroorganismen, die die toten Tiere und Pflanzen auf- gelöst und vernichtet hätten. Auf diese Weise sammelten sich gewaltige Men- gen organischer Stoffe auf dem Boden solcher Becken an. Diese Stoffe gingen also nicht auf normale Art in Verwe- sung über, sondern blieben erhalten.

Im Laufe der Jahrtausende wurde aus diesen organischen Stoffen durch che- mische Umwandlung Erdöl und Erd- gas. Das konnte aber nur dort gesche- hen, wo die abgelagerten organischen Stoffe durch andere Schichten aus Sand und Schlamm zugedeckt und überlagert wurden, denn erst der hohe Druck der oberen Schichten und bakte- rielle Zersetzung bewirkten die chemi- schen Veränderungen.

Durch spätere Faltungen der Erdkruste entstanden Brüche in den Gesteins-



Blick von der Brücke der „ESSO DEUTSCHLAND“, dem größten Handelsschiff der Bundesrepublik. Der Supertanker trägt 415 020 t Erdöl.



Im Verlauf von Jahrtausenden sanken zahllose abgestorbene Kleinstlebewesen auf den Meeresboden. Neue Ablagerungen schlossen sie vom Sauerstoff ab, so daß sie nicht verwesen konnten. Aus ihnen entstanden Erdöl und Erdgas.

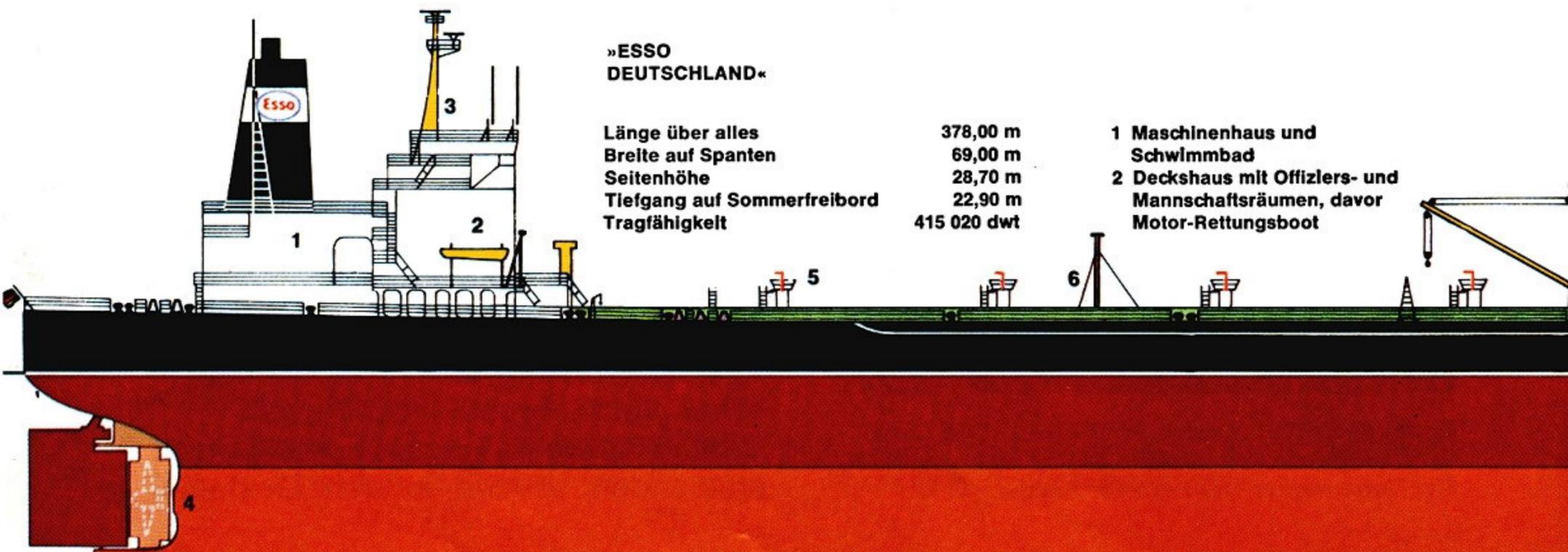
schichten; Erdöl und Gas wanderten aus ihrem Muttergestein in höher liegende poröse Schichten, in das Speichergestein. Sie verdrängten das Wasser in den Poren dieses Gesteins. Das meiste Erdöl und Erdgas, das aus der Erde gewonnen wird, kommt aus solchen Speichergesteinen.

An einigen Stellen tritt das Erdöl von selbst zutage; es entstehen dort Pflöhe aus einer schwarzen, zähen Masse, sogenannte Teerkuhlen oder Asphaltseen. Schon im Altertum verwendeten die Menschen dieses Material für Fackeln und Öllampen und um ihre Schiffe damit abzudichten.

Nach Erdöl bohrt man erst seit knapp hundert Jahren. Oft preßt der Gasdruck das Erdöl aus den angebohrten Schichten; aus anderen Bohrlöchern muß es herausgepumpt werden.

Aus Erdöl wird Benzin, Petroleum, Schmieröl, Heizöl, Paraffin und Asphalt (Bitumen) gewonnen.

Auch bei der Herstellung von Kunststoffen spielt das Erdöl eine immer größere Rolle. Die Chemiker sagen heute, daß das allmählich knapper werdende Erdöl viel zu kostbar ist, um als Brennstoff für Heizungen und Automotoren verwendet zu werden. Darum sucht die Wissenschaft nach anderen Grundstoffen, die das Erdöl als Energiequelle ablösen können.



Kohle ist fast auf die gleiche Weise wie

Wie entstand die Kohle?

Erdöl entstanden; sie besteht aber nicht aus tierischen Überresten wie das Erdöl, sondern aus pflanzlichen Stoffen. Zu verschiedenen Zeiten der Erdgeschichte bildeten sich allmählich aus Schichten von abgestorbenen Pflanzen riesige Torfmoore. Sie wurden von Schlamm und Schlick bedeckt und verfestigten sich. Neue Pflanzen lagerten sich darüber ab, die auch wieder begraben wurden. Das wiederholte sich mehrfach.

Die Baumfarne und Moose verwandelten sich im Laufe der Jahrtausende in ein hartes, sprödes, schwarzes Gestein, das wir Steinkohle nennen. Steinkohle findet man zuweilen nahe an der Erdoberfläche, aber man holt sie auch aus Tiefen von mehr als tausend Metern. Meistens findet man mehrere Schichten untereinander, die sogenannten Flöze, zwischen Schiefer- oder Ton-schieferschichten. Die einzelnen Flöze sind verschieden dick, manche mehrere Meter, andere nur einen halben Meter. Zuweilen kann man in einem Stück Steinkohle noch den Abdruck eines Farnblattes deutlich erkennen.

Man unterscheidet die 250 bis 280 Millionen Jahre alte Steinkohle und die Braunkohle, die im Tertiär, also vor etwa 40 bis 50 Millionen Jahren entstand. Die Steinkohle ist die wertvollere Koh-

lenart; sie ist hart, meistens schwarz und besitzt hohen Heizwert. Die älteste und wertvollste Steinkohlenart ist der Anthrazit. Die braune, bröcklige Braunkohle hat geringeren Heizwert und verbrennt mit rußender Flamme.



In Kohle eingebettete versteinerte Farnblätter.

lenart; sie ist hart, meistens schwarz und besitzt hohen Heizwert. Die älteste und wertvollste Steinkohlenart ist der Anthrazit. Die braune, bröcklige Braunkohle hat geringeren Heizwert und verbrennt mit rußender Flamme.

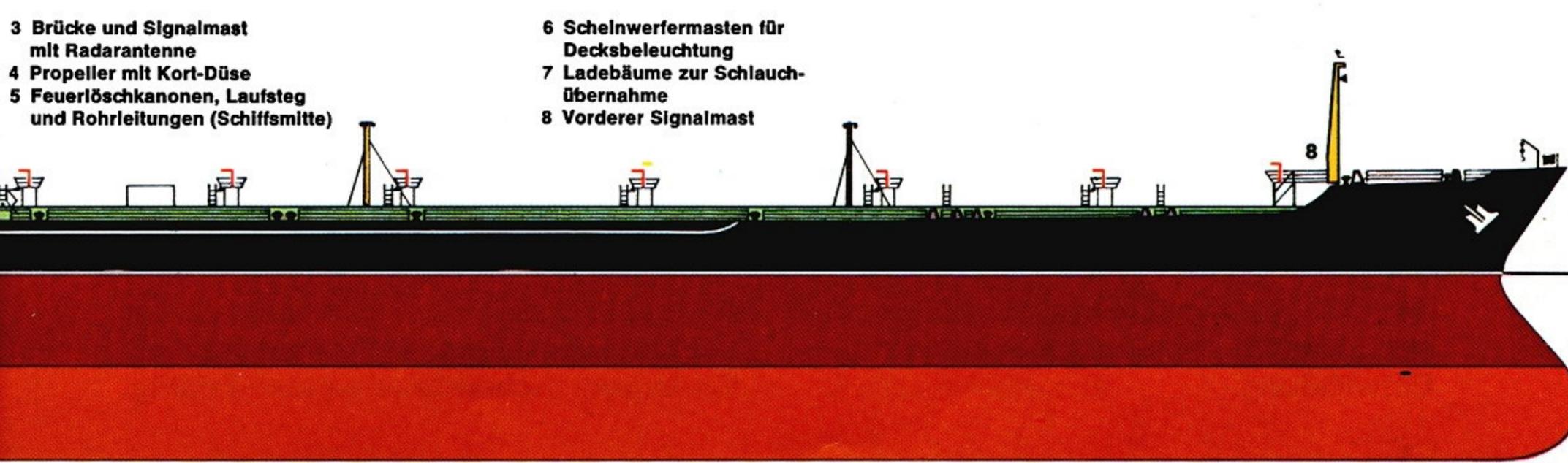
Eisen ist das zur Zeit wichtigste Metall

Warum ist Eisen so wichtig?

der Welt. Aus Eisen wird Stahl hergestellt, und Stahl wird für viele notwendige Dinge gebraucht: für die

Stahlkonstruktionen der Bauten, für Autos, Schiffe, Eisenbahnen, Werkzeuge und Maschinen, für Öfen und Kühlschränke. Kein Tag vergeht, an dem wir nicht einige Dinge aus Eisen oder Stahl benutzen.

Eisen findet man fast nie in reiner Form, sondern fast immer als Eisenerz, vermischt mit anderen Mineralien. In





Dieser 225 m lange Riesenbagger ist das größte fahrbare Fördersystem der Welt. Er wird im Rheinland zum Abbau von Braunkohle eingesetzt.

einem komplizierten Schmelzverfahren wird das Eisen aus dem Erz gewonnen. Die wichtigsten Eisenerzlager Europas liegen in Nordschweden bei Kiruna. In Deutschland fand man die ergiebigsten Erzlager bei Peine und Salzgitter im Harzvorland; sie sind aber schon bis auf geringe Reste abgebaut.

Die größten Eisenerzvorkommen gibt es in Afrika, gefolgt von Nordamerika. Dort liegen sie vor allem rund um den Oberen See. Vor wenigen Jahrzehnten hat man auch in Australien riesige Erzlager entdeckt, die direkt an der Erdoberfläche lange Bergrücken bilden und prozentual mehr Eisen enthalten als alle anderen bekannten Erzlager der Erde. Australien erlebte infolge dieser Entdeckungen eine rasche industrielle Entwicklung.

Nach Eisen ist *Kupfer* das nützlichste

Wozu brauchen wir andere Metalle?

Metall. Es wird vor allem für elektrische Leitungen und Anlagen gebraucht, dient aber noch vielen

anderen nützlichen Zwecken. Mit Zink legiert, ergibt es Messing; wird Zinn hinzugefügt, entsteht Bronze.

In vielen Gesteinen kommt *Aluminium* häufiger vor als Eisen. Es hat aber lange gedauert, bis es gelang, reines Aluminium zu gewinnen, weil es sehr fest in den Gesteinen gebunden ist.

Ein wichtiger Rohstoff für die Aluminiumgewinnung ist der *Bauxit*, ein Gemenge verschiedener tonartiger Mineralien. Unter großer Hitze, die man in elektrischen Lichtbögen erzeugt, wird das Aluminium herausgeschmolzen.

Aluminium gewinnt immer mehr an Bedeutung. Es ist wesentlich leichter als Eisen und doch sehr widerstandsfähig.

Zinn wird hauptsächlich gebraucht, um Eisenbleche mit einer Schutzschicht zu überziehen, damit zum Beispiel Nahrungsmittel in Konservendosen nicht durch das Oxydieren des Eisens verderben. Mit Zinn überzogenes Eisenblech nennt man Weißblech.

Chrom wird mit Stahl zusammen zu einer Legierung verarbeitet, die man Chromstahl nennt. Es ist der sogenannte rostfreie Stahl, aus dem Bestandteile für Autos, Messerklingen und viele andere Dinge hergestellt werden, die Härte und Beständigkeit gegen Rost besitzen müssen.

Gold, das „edelste“ Metall, wird zu Münzen und Schmuck verarbeitet. In der Industrie wird es jedoch wenig

gebraucht. Es ist dennoch sehr teuer. *Silber* wird ebenfalls für Zierrat verwendet, aber auch für feines Tischgerät, und große Mengen werden von der Fotoindustrie gebraucht, denn die lichtempfindlichen Schichten von Filmen und Fotopapieren enthalten Silber-salze. Von allen Metallen leitet Silber den elektrischen Strom am besten; daher verwendet man es in besonders empfindlichen elektrischen Geräten als Leitungsdraht.

Uran, das „Wundermetall“ unseres Jahrhunderts, ist die wichtigste Quelle für die Kernenergie. Es wird in verschiedenen Gesteinsarten gefunden, vor allem in den Uranerzen Pechblende und Carnotit.



Am Erzberg in der Steiermark (Österreich) wird im Tage- und im Stollenbau Eisenerz gewonnen. Hier deckt die österreichische Eisen- und Stahlindustrie fast die Hälfte ihres Bedarfs.



Seit vorgeschichtlichen Zeiten haben

Was sind Edelsteine?

die Menschen schöne Kristalle seltener Mineralien als kostbaren Besitz geschätzt. Die wertvollsten

dieser Edelsteine sind Diamanten, Smaragde, Rubine und Saphire.

Diamanten sind die härtesten aller Steine. Sie bestehen aus reinem, kristallinem Kohlenstoff. Ein Diamant kann jedes andere Material zerschneiden, und er selbst kann nur mit der Schneide eines anderen Diamanten zerteilt werden. Die meisten Diamanten kommen aus Afrika. Es gibt aber auch Diamantbergwerke in Indien, Indonesien, der UdSSR, Australien, Brasilien und in den USA. Reine Diamanten sind farblos und wasserhell. Brillanten nennt man Diamanten, die in bestimmten Formen geschliffen sind.

Smaragde, die groß genug sind und im Innern keine Fehler haben, sind noch teurer als Diamanten. Die meisten Smaragde kommen aus den südamerikanischen Ländern Ekuador, Peru und Kolumbien. Echte Smaragde sind tiefdunkelgrün.

Die schönsten *Rubine* kommen aus Birma. Die wertvollsten dieser feuerroten Edelsteine sind unter dem Namen „Taubenblut-Rubine“ bekannt; in alten Zeiten galt ein Rubin als vollkommen, wenn er dem Blutstropfen einer frisch getöteten Taube glich.

Im Jahr 1905 fanden Minenarbeiter bei Cullinan (Rep. Südafrika) einen Rohdiamanten von 3024 Karat (1 Karat = 0,2 g). Dieser Diamant war der größte je gefundene Rohdiamant der Welt. Er wurde in 105 einzelne Diamanten zerlegt. Der größte Stein aus diesem Diamanten, der „Cullinan I“ (516½ Karat) oder „Stern von Afrika“ schmückt das Zepter der britischen Krone (links unten), der „Cullinan II“ (317,4 Karat) befindet sich in der britischen Krone (links oben), zusammen mit dem Rubin „Black Prince“ (Schwarzer Prinz).

Saphire gibt es in vielen Farbtönen, die wertvollsten aber sind solche von tiefem Kornblumenblau. Die sogenannten „Sternsaphire“ scheinen mit einem inneren Feuer in der Form eines Sterns zu glühen. Die Saphire an Plattenspielern werden synthetisch (künstlich) hergestellt.

Außer den echten Edelsteinen gibt es

Was sind Halbedelsteine?

noch viele verschiedenartige und schöne Halbedelsteine. Das sind Schmucksteine von geringerem Wert und meist auch geringerer Härte. Zu den häufigsten und bekanntesten gehören:

Der *Aquamarin*, ein schöner wasserblauer Stein, der meistens in Gebirgsadern gefunden wird.

Der *Amethyst*, ein violetter Stein, der häufig in Brasilien, aber auch in Deutschland (Nahetal) vorkommt, oft in Gruppen von mehreren Kristallen.

Der *Achat*, eine Quarzart mit konzentrischen (ineinanderliegenden) Ringen, von denen jeder eine andere Farbe hat. Durchgeschnitten und poliert, bildet der Achat ein Schmuckstück von schimmernder Schönheit.

Farbloser Quarz wird auch *Bergkristall* genannt. Wer ganz besonderes Glück hat, findet einen Quarzkristall mit einem Hohlraum im Innern, der einen oder zwei Tropfen Wasser enthält. Dies Wasser ist darin eingeschlossen worden, als der Kristall entstand, und da es nicht verdampfen konnte, blieb es viele Millionen Jahre erhalten.

Der *Granat* kommt häufig in Österreich vor. Meistens ist er von bräunlicher Farbe; am wertvollsten sind tiefrote oder grüne Granate.

Der *Opal* ist ein Quarz, der das Licht schillernd bricht, weil er ganz kleine, mit Wasser ausgefüllte Hohlräume umschließt.

Die dünne Bodenschicht, die einen großen Teil der Erdoberfläche bedeckt, ernährt alles Leben auf dem Festland. Ohne diese Verwitterungsschicht könnte kein Gras, kein Getreide oder Gemüse gedeihen, und es gäbe keine Nahrung für Mensch und Tier.

Woraus besteht der Boden?

Der Boden besteht aus einer Mischung von verwittertem Gestein und zersetzten pflanzlichen und tierischen Stoffen. Die Erde entstand vor etwa 4 1/2 Milliarden Jahren. Selbst als die Kruste längst erkaltet war, gab es auf ihrer Oberfläche unendlich lange nichts als Wasser und kahles Gestein. Vor etwa 450 Millionen Jahren aber begannen kleine Pflanzen, sogenannte Flechten, an den felsigen Küsten emporzukriechen. Ihre Würzelchen drangen in die Oberfläche des Gesteins und ließen winzige Teilchen abbrechen. Die absterbenden Flechten vermischten sich mit dem Gesteinsstaub, und in vielen Jahrtausenden entstand eine Schicht Verwitterungsboden. Immer mehr Pflanzen und Gesteinsstaub verwandelten sich in Erde. Auf diese Weise bildete sich eine Bodendecke, die sich mit neuem Pflanzenwuchs von den Küsten landeinwärts schob und immer größere Teile der Erdoberfläche bedeckte. Und die Bodenbildung geht unaufhörlich weiter vor sich.

Ein senkrechter Schnitt durch den Boden zeigt ein Profil von drei Schichten. Die untere Schicht ist das feste Grundgestein, dessen obere Teile langsam zerfallen und verwittern.

Aus wie vielen Schichten besteht der Boden?

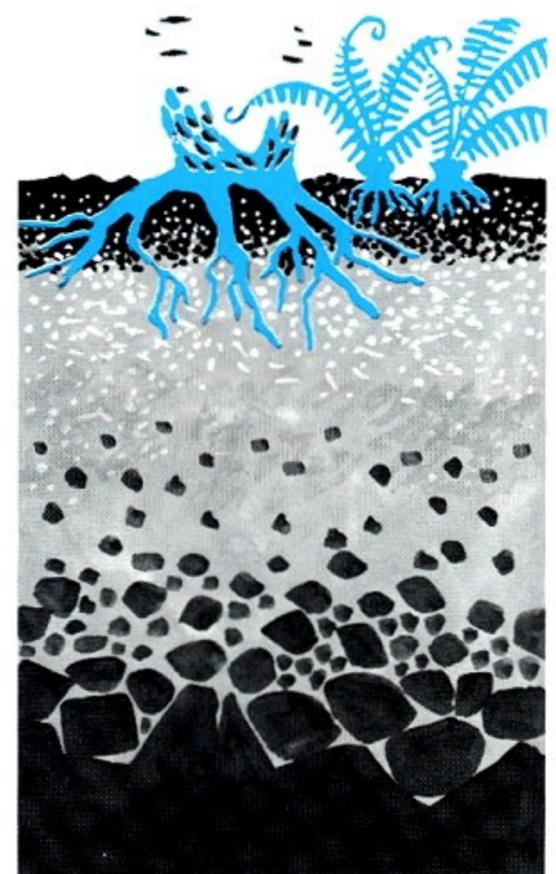
Die mittlere Schicht besteht aus dem verwitterten Gestein, enthält aber noch Gesteinsbrocken, mit Lehm und schwe-

rer Erde vermischt. Regenwasser sickert von der Oberfläche in die Schicht, Grundwasser steigt durch sie nach oben. Nur die Wurzeln von Bäumen und anderen großen Pflanzen dringen in diese Schicht ein.

Die obere Schicht ist die Krume, die wir bepflanzen; man nennt sie auch Oberboden. Der Gehalt an Humus – das sind die verwesenen pflanzlichen und tierischen Überreste – macht den Boden fruchtbar; aber auch die Mineralstoffe im Boden sind für das Gedeihen der Pflanzen wichtig. Die Krume ist weich und krümelig. Meistens ist sie nicht mehr als 10–20 cm dick, enthält aber eine Fülle pflanzlichen und tierischen Lebens.

Schütten wir einmal eine Handvoll Gartenerde in ein Glas Wasser, rühren gut um und lassen es ein Weilchen stehen. Ist der Glaseinhalt zur Ruhe gekommen, so schwebt ein Teil oben, der Rest ist auf den Glasboden gesunken. Untersuchen wir nun die schwimmenden Teilchen, erkennen wir, daß sie aus kleinen Stücken von Blättern, Wurzeln und anderen Pflanzenteilchen bestehen. Nach unten gesunken sind Sand und Kies, die Reste von verwittertem, zerbröckeltem Gestein.

Der Erdboden besteht aus drei Schichten: Die obere Krume mit ihrem Gehalt an verwesenen pflanzlichen und tierischen Überresten macht den Boden fruchtbar. In der mittleren Schicht wurzeln nur noch große Pflanzen. Die untere Schicht besteht aus Gestein.





Die „Eisriesenwelt“ ist ein ausgedehntes Eishöhlensystem im Tennegebirge bei Salzburg (Österreich).

Unterirdische Höhlen

Es gibt kaum ein anderes Naturgebilde

**Wie
entstanden
Tropf-
steinhöhlen?**

der Erde, das so phantastisch ist wie eine Tropfsteinhöhle. Von der Decke einer Tropfsteinhöhle

hängen Zapfen aus Stein in vielen verschiedenen Formen und Größen herab. Säulen wachsen vom Boden empor und bilden einen Märchenwald. In den Spalten wachsen steinerne Blumen und durchscheinendes steinernes Blattwerk.

Tropfsteinhöhlen findet man nur in Bergzügen, die aus Kalkstein aufgebaut sind. Kalkstein besteht fast ganz aus dem Mineral Kalzit (Kalkspat oder

Kalziumkarbonat), und dieser Kalzit wird verhältnismäßig schnell von der Kohlensäure aufgelöst, die in geringen Mengen in jedem Wasser vorhanden ist.

Wenn das Regenwasser, das in den Boden sickert, durch Kalksteinschichten fließt, löst es nach und nach den Kalkstein auf und nimmt den gelösten Stoff mit. Diese ständige Auflösung des Gesteins geschieht viele Jahrtausende lang; in dieser Zeit werden die Wege, die sich das Wasser schafft, immer größer. Das Kalkgebirge ist schließlich durchzogen von vielen Gängen und Klüften. Zuweilen weiten diese sich so aus, daß große unterirdische Höhlen entstehen: die Tropfsteinhöhlen.



Von der Decke herabhängende Stalaktiten und vom Grund aufwachsende Stalagmiten sind die Kennzeichen von Tropfsteinhöhlen. Manchmal wachsen Stalagmiten und Stalaktiten zu einer Säule zusammen. Der längste Stalaktit der Welt in der Höhle von Nerja (Spanien) ist 59 m lang; der höchste Stalagmit in einer Höhle bei Lezère (Frankreich) ist 29 m hoch.

Das kohlenensäurehaltige Regenwasser, das durch den Kalkstein hindurchsickert, löst den Kalkstein auf und enthält nun das Salz Kalziumbikarbonat. Wenn dies Wasser nun langsam, Tropfen für Tropfen, von der Decke einer Höhle tropft, bleibt jeder Tropfen einen Augenblick an der Decke hängen, bevor er auf den Boden fällt. In dieser kurzen Zeit findet eine – wenn auch sehr geringe – Verdunstung statt: wenn der Tropfen fällt, bleibt eine winzige Menge Kalziumkarbonat zurück, das sich wieder bildet, weil auch die Kohlensäure aus dem Wassertropfen entweicht.

Im Laufe der Jahrhunderte wird mehr und mehr Kalziumkarbonat auf diese Weise angelagert, so daß nach und nach ein „Eiszapfen“ aus Stein entsteht, der von der Decke herabhängt. Einen solchen Zapfen nennt man *Stalaktit*.

Jeder Wassertropfen, der von einem Stalaktiten zu Boden fällt, spritzt auseinander und hinterläßt auch auf dem

Boden ein wenig Kalziumkarbonat. Mit der Zeit wachsen diese Ablagerungen in die Höhe und bilden einen Steinkegel, den man *Stalagmit* nennt. Nach sehr langer Zeit kann sich der von der Decke herabhängende Stalaktit mit dem vom Boden emporwachsenden Stalagmiten zu einer Säule verbinden. Manchmal wächst eine Anzahl solcher Säulen seitlich zusammen und unterteilt die Tropfsteinhöhle in verschiedene Räume.

Ein anderes Gebilde, das man in den Höhlen finden kann, sind die zarten, dünnen „Schleier“. In engen Querspalten an der Decke oder der Wand ist Wasser ausgetreten, und auf gleiche Weise, wie die Stalaktiten entstehen, haben sich durchscheinende steinerne Vorhänge gebildet.

Felshöhlen an der Erdoberfläche sind meistens an Bergwänden oder steilen Klippen zu finden. Die Mehrzahl von ihnen wurden durch die Tätigkeit des Windes gebildet. Solche Höh-

Was sind Stalaktiten und Stalagmiten?

Was sind Felshöhlen?

len können entstehen, wenn eine Schicht aus weichem Gestein – wie Tonschiefer – zwischen zwei harten Sandsteinschichten liegt. Der Wind wirbelt an der Bergwand entlang und schleift den Tonschiefer heraus. Windhöhlen reichen manchmal bis tief in den Berghang. Solche Höhlen wurden von vorzeitlichen Menschen als Wohnstätten benutzt und dienten wilden Tieren als Unterschlupf.

Zu den schönsten Höhlen gehören die Eishöhlen. Berühmt ist die „Eisriesenwelt“ im Tennengebirge bei Salzburg in Österreich. Vor Jahrmillionen, als das Klima auf der Erde viel wärmer war als heute, suchten sich unterirdische Flüsse ihren Weg

Wie entstanden Eishöhlen?

Eishöhlen. Berühmt ist die „Eisriesenwelt“ im Tennengebirge bei Salzburg in Österreich. Vor

durch das feste Gestein mancher Kalkgebirge. Dabei bildeten sich Höhlen, von denen heute einige oberhalb der Schneegrenze liegen. Dadurch, daß das Wasser in den Höhlen gefror, entstanden die Eishöhlen, die oft von großer Schönheit sind.

Säulen aus Eis erheben sich in manchen Eishöhlen. Sie sehen aus wie aus Kristallen aufgebaute Stalagmiten. Entstanden sind sie, als höher gelegenes Eis zu schmelzen begann: das Wasser tropfte herab und gefror wieder. Manchmal sind solche Säulen zu schön geformten Eisvorhängen verschmolzen.

Oft hängen Stalaktiten aus Eis von der Decke herab. Sie können so kristallklar sein, daß sie wie ein riesiges Vergrößerungsglas wirken. Wenn sie Luftblasen enthalten, funkeln sie wie gewaltige Juwelen.



Die Blaue Grotte ist eine 54 m lange Höhle an der Küste der Mittelmeerinsel Capri. Weil die Insel sich seit Entstehung der Höhle gesenkt hat, liegt diese jetzt größtenteils unter Wasser. Das blaue Licht, durch das sie weltberühmt wurde, dringt fast nur durch das klare Wasser in das Höhleninnere.

Da die Kalksteinhöhlen vom Grund-

**Was sind
Unterwasser-
höhlen?**

wasser gebildet werden, stehen viele von ihnen mehr oder weniger unter Wasser. In Europa und in

Amerika gibt es interessante Unterwasserhöhlen, deren Geheimnisse noch zu erforschen sind.

Bekannt und berühmt ist die Blaue Grotte, eine Unterwasserhöhle auf der Insel Capri im Mittelmeer. Vor langen Zeiten war Capri noch keine Insel, sondern Teil des Festlandes. Damals entstand die große Höhle, befand sich jedoch oberhalb des Meeresspiegels an der steilen Felsküste. Dann senkte sich das Land, Capri wurde zur Insel, und die große Höhlenöffnung versank bis auf einen kleinen Durchgang im Meer. Der Durchgang ist heute 1,30 m hoch; mit flachen Booten kann man bei ruhigem Seegang in die Grotte hineinfahren.

Die Blaue Grotte bekam ihren Namen nach dem seltsamen Licht, das sie erfüllt. Das Licht dringt nämlich durch das Wasser, in dem sich der größte Teil der alten Höhlenöffnung befindet; daher verbreitet das Wasser in der Höhle ein wunderschönes blaugrünes Licht.

Viele Höhlen sind schon entdeckt worden, Tropfsteinhöhlen, Fels- und Wasserhöhlen. Vermutlich bilden sie aber nur einen kleinen Teil aller Höhlen, die in der Gesteinsdecke der Erde vorhanden sind und die noch kein Mensch betreten hat. Nach Ansicht von Fachleuten ist zum Beispiel die Schwäbische Alb von Höhlen durchlöchert „wie ein Schweizerkäse“; die meisten davon sind aber wohl unzugänglich.

Es kann ein aufregendes Abenteuer sein, Höhlen zu erforschen. Man sollte sich aber niemals allein in eine unbekannte Höhle hineinwagen.



Höhlenmenschen, die vor 20 000 Jahren lebten, waren wahrscheinlich die ersten Künstler der Welt. Sie malten

Die ersten Menschen

Die frühen Menschen haben häufig in

**Wie lebten
die frühen
Menschen?**

Höhlen und Grotten gelebt, denn sie brauchten Schutz vor Kälte, Regen und wilden Tieren; die Höhlen

an den Berghängen waren für sie natürliche Wohnungen. Erst während der letzten Eiszeit errichteten Menschen erste künstliche Behausungen. Da die frühen Menschen wandernde Jäger waren, haben sie jedoch ihre Quartiere sehr häufig gewechselt.

Die ersten Menschen lebten wahrscheinlich in der Altsteinzeit vor etwa 800 000 Jahren. Aus den Funden, die bei Ausgrabungen und in Höhlen gemacht wurden, können Wissenschaftler die Entwicklung des Menschen weit zurückverfolgen. Vor 100 000 Jahren sah der Mensch noch anders aus als heute. Er war klein und untersetzt, hatte kurze, stämmige Beine und lange, kräftige Ar-



mit Ocker und anderen farbigen Mineralien die Abbilder ihrer Jagdtiere an die Wände der Höhlen.

me. Seine einzigen Werkzeuge waren Beile und Messer aus Feuerstein, Obsidian oder anderem Gestein, das beim Spalten scharfe Kanten bildet. Er hatte schon lange gelernt, das Feuer zu gebrauchen, um seine Höhle zu erwärmen. Sein Wortschatz war noch klein – auch die menschliche Sprache hat sich allmählich entwickelt.

Vor einigen Jahren entdeckte eine Gruppe von Wissenschaftlern in den Bergen im Irak eine Höhle, die ein fast vollständiges Bild der menschlichen Lebensweise von der Steinzeit bis heute gibt. Es war die Shanidar-Höhle. Sie wird noch heute von einer kurdischen Bauernfamilie bewohnt. Das Bemerkenswerte ist, daß diese Höhle seit etwa 100 000 Jahren Menschen als Behausung diente. Zum Glück für die Forscher führten die Bewohner dieser Höhle von frühester Zeit an einen sehr unordentlichen Haushalt. Anstatt ihren Abfall aus der Höhle zu

Woher wissen wir etwas über die Höhlenmenschen?

Gruppe von Wissenschaftlern in den Bergen im Irak eine Höhle, die ein fast vollständiges Bild der

schaffen, bedeckten sie ihn einfach mit Erde. So konnten die Forscher durch Grabungen im Boden der Höhle einen Querschnitt durch die Kulturschichten freilegen. Die gefundenen Reste liefern, ähnlich wie die Fossilien in den aufeinanderfolgenden Schichten der Sedimentgesteine, eine Bildgeschichte der Vergangenheit.

Unter dem Höhlenboden fand man vier Hauptschichten mit aufeinandergestapeltem Abfallmaterial; jede Schicht stammt aus einer bestimmten Periode der menschlichen Vorgeschichte.

Die oberste Schicht reicht bis in eine 7000jährige Vergangenheit zurück. Man fand in ihr Reste von irdenem Geschirr, Mahlsteine zum Getreidemahlen und Knochen von Haustieren – ein Beweis, daß der Mensch vor 7000 Jahren gelernt hatte, für seine Er-



nahrung Getreide anzubauen und Tiere zu halten.

In den darunterliegenden Schichten gab es keine Anzeichen mehr dafür, daß Ackerbau oder Viehzucht getrieben worden wären. Die Vorzeitmenschen dieser Perioden waren Jäger und Sammler.

Ähnliche Funde wie im Irak haben Vorgeschichtsforscher auch in anderen Gebieten gemacht. Auf Grund solcher Funde können sie sich ein ungefähres Bild machen, wie die primitiven Menschen einst gelebt haben.

Im vorigen Jahrhundert besuchten eines Tages ein kleines Mädchen und sein Vater eine Höhle in Spanien, die Altamira-Höhle. Während der Vater primitive Beile und Pfeilspitzen aus Feuerstein betrachtete, die er auf

Wer malte die Höhlenbilder?

eines Tages ein kleines Mädchen und sein Vater eine Höhle in Spanien, die Altamira-Höhle. Während der

Stehender Bison, Felsmalerei in der Höhle von Altamira (Spanien) aus der Altsteinzeit. In der 1879 entdeckten Höhle gibt es außerdem noch weitere zahlreiche farbige Bilder von eiszeitlichen Tieren, die ihr den Beinamen „Sixtinische Kapelle der Vorzeit“ einbrachten.

dem Boden der Höhle gefunden hatte, ging das Mädchen mit einer Kerze weiter in einen anderen Höhlenraum. Dann schaute es nach oben und rief plötzlich: „Stiere! Vater! Stiere! Komm schnell!“ Der Vater lief hinzu und sah es auch: An der Decke und an den Wänden der Höhle waren allerlei Bilder von Tieren. Von wem waren sie gemalt worden? Warum hatte der vorzeitliche Künstler sie in einer Höhle gemalt? Wie erhielt er Licht, um bei seiner Arbeit sehen zu können?

Niemand kann bis heute diese Fragen hinreichend beantworten. Mit Sicherheit wissen wir nur, daß die Bilder von einem unbekanntem großen Maler der Steinzeit gemalt wurden – vor ungefähr 15 000 Jahren!