

# Scientifica

Leitender Berater  
Professor Allan R. Glanville

MEILENSTEINE AUS DER WELT DER  
WISSENSCHAFT

Physik Astronomie  
Biologie Chemie Geologie Medizin

*h.f.*fullmann

Die Physik beschreibt das Verhältnis zwischen Materie und Energie. Diese Beziehung ist für alle Naturwissenschaften von Bedeutung, sie alle sind stark miteinander verwoben. Im Falle solcher disziplinärer Überlappungen spricht man heutzutage dann zum Beispiel von Biophysik, chemischer Physik, physikalischer Chemie, Geophysik, medizinischer Physik, mathematischer Physik und Astrophysik.

## Einführung

**Rechts:** Galileo Galilei (1564–1642) machte einige bahnbrechende Beobachtungen an dem Pendel in der Kathedrale von Pisa. Die Pendelbewegung brachte ihn unter anderem auf die Idee, das Pendel zu verwenden, um die Geschwindigkeit einer Uhr zu kontrollieren.

Die ersten vagen Vorstellungen dessen, was wir heute unter Physik verstehen, flackerten in Europa um die Wende zum 17. Jahrhundert auf. Bis zu diesem Zeitpunkt waren fast alle Ideen über Materie und Energie von den alten Griechen gekommen, insbesondere von Aristoteles. Doch wie brillant Aristoteles auch war, in Sachen Physik lag er meist falsch.

Aristoteles ging davon aus, dass alle Dinge aus den vier Elementen Erde, Luft, Feuer und Wasser bestünden. Zwei davon, Luft und Feuer, seien von Natur aus leicht. Durch ihre „Leichtigkeit“ neigten sie, ihrem natürlichen Zustand entsprechend, zum Schweben. Erde und Wasser hingegen besäßen „Schwere“. Sich selbst überlassen, neigten sie dazu, dem Mittelpunkt der Erde entgegenzustreben. Da sich alle Dinge des täglichen Lebens aus unterschiedlichen Mengen der vier Elemente zusammensetzten, hoben und senkten sie sich von Natur aus in unterschiedlicher Geschwindigkeit. Die Widerlegung dieser langlebigen Theorie wird Galileo Galilei zugeschrieben. Er zeigte, dass zwei unterschiedlich schwere Bälle, die man gleichzeitig aus gleicher Höhe fallen ließ, gleichzeitig am Boden ankamen. Aus dieser Beobachtung leitete Isaac Newton später sein Konzept der universellen Schwerkraft ab.

Im 17. Jahrhundert gingen wir dann dazu über, die Welt eher durch Experimente zu ergründen, als uns weiterhin auf die Worte längst verstorbener Gelehrter zu verlassen. Mit wachsender Genauigkeit der Messungsmethoden schien die Entschlüsselung der Geheimnisse der Natur in greifbare Nähe zu rücken. Das 17. Jahrhundert brachte eine ganze Reihe bahnbrechender Erkenntnisse mit sich. Evangelista Torricelli fand heraus, dass Luft ein Gewicht hat,



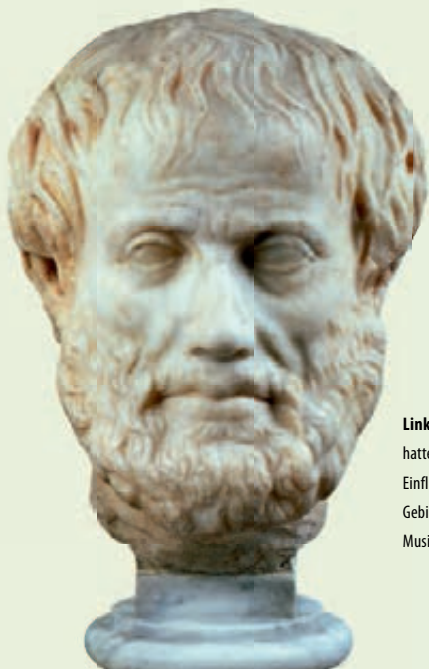
und schuf damit die Grundlage für die Entwicklung dampfbetriebener Maschinen. William Gilbert erforschte Magneten und Elektrizität und entdeckte, darauf basierend, den Elektromagnetismus. Auch begann man, das Wesen des Lichts zu diskutieren. Isaac Newton ging davon aus, dass das Licht ein Teilchenstrom sei, andere behaupteten, es handle sich um eine Welle.

Im 19. Jahrhundert rückte dann das Konzept der Energie ins Zentrum des Interesses. Energie ist eher eine Art Bewegung als eine Substanz. Die Erkenntnis, dass ihre Umwandlung von einer Form in die andere niemals allumfassend ist, sondern dass dabei immer ein Teil der nutzbaren Energie verloren geht oder verbraucht wird, hatte weitreichende Konsequenzen, war sie doch der erste Hinweis da-

**Rechts:** Die erste Solvay-Konferenz 1911 in Brüssel versammelte alles, was in der Physik der Zeit Rang und Namen hatte. Von links, stehend: Victor Goldschmidt, Max Planck, Rubens, Sommerfeld, Lindemann, Louis de Broglie, Knudsen, Hasenöhrl, Hostenet, Herzen, James Hopwood Jeans, Ernest Rutherford, Heike Kamerlingh-Onnes, Albert Einstein, Paul Langevin. Von links, sitzend: Walther Nernst, Marcel Louis Brillouin, Ernest Solvay, Hendrik Lorentz, Otto Heinrich Warburg, Jean Baptiste Perrin, Wilhelm Wien, Marie Curie, Henri Poincaré.



**Links:** Die Werke des Aristoteles (384–322 v. Chr.) hatten noch Jahrhunderte nach seinem Tod großen Einfluss. Er war ein bedeutender Vordenker auf den Gebieten der Physik, Metaphysik, Logik, Biologie, Musik und sogar des Theaters.





Um 1700 wurden die ersten funktionstüchtigen Dampfmaschinen gebaut. Bei dem Versuch, sie weiterzuentwickeln, entdeckte man Gesetzmäßigkeiten, die zur Grundlage eines ganz neuen Bereichs der Physik wurden.

## Thermodynamik

Die Thermodynamik entstand aus dem Bestreben der Ingenieure, leistungsstärkere Dampfmaschinen zu entwickeln. Der Siegeszug der Dampfmaschine begann im frühen 18. Jahrhundert, als sie für industrielle Zwecke wie das Pumpen von Wasser aus tiefen Schächten nutzbar wurde. Solche Ergebnisse boten Investoren einen Anreiz, Geld in die Entwicklung besserer Maschinen zu stecken. Jenseits der Kosten war die geringe Leistung der Maschinen das Hauptproblem für die Entwickler. Wie viel Dampf man der Maschine auch zuführte, ihre Arbeitsleistung blieb denkbar gering im Vergleich zu dem Energieaufwand, den man benötigte, um den Dampf zu erzeugen.

**Rechts:** Viele Geräte funktionieren nach thermodynamischen Prinzipien, darunter Automotoren wie dieses Prachtstück hier. Ein fahrendes Auto wandelt kinetische Energie in Wärmeenergie um.



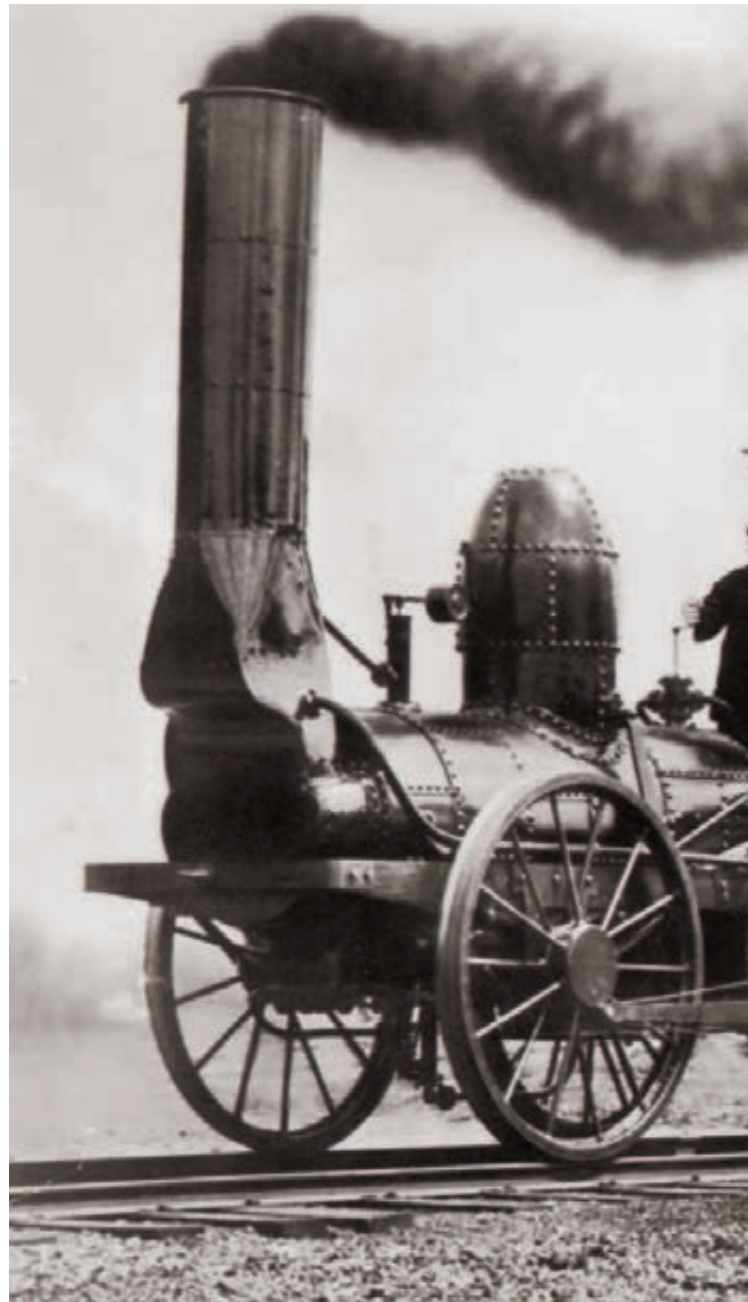
... die Wissenschaft der Thermodynamik begann mit den Überlegungen des großen Ingenieurs Sadi Carnot, wie man die beste und leistungsfähigste Maschine bauen könne. Das ist einer der wenigen berühmten Fälle, in denen das Ingenieurwesen grundlegend zur physikalischen Theorie beigetragen hat.

Richard Feynman, Physiker, 1918–1988

### DIE NATUR VERABSCHUEHT DAS VAKUUM

1650 baute der deutsche Erfinder und Politiker Otto von Guericke die erste Vakuumpumpe (im Bild). Das tat er, um eine lange gültige These des Aristoteles zu widerlegen, nämlich dass „die Natur das Vakuum verabscheut“. In seinem Versuch verband er zwei Kupferhalbkugeln miteinander und pumpte die Luft aus dem Inneren ab. An jede Halbkugel wurde nun ein Gespann von acht Pferden gespannt. Diese waren nicht in der Lage, die Halbkugeln zu trennen, bevor wieder Luft hineingelassen wurde.

Inspiriert durch von Guericke's Experiment baute der irische Wissenschaftler Robert Boyle gemeinsam mit seinem englischen Kollegen Robert Hooke 1656 eine Luftpumpe. Versuche mit dieser Pumpe ergaben, dass Luft Dinge brennen ließ und für die Übertragung von Schall wichtig war. Boyles wichtigste Entdeckung mit der Pumpe war jedoch das Verhältnis zwischen Volumen und Druck – ein Verhältnis, das heute als Boyle'sches Gesetz bekannt ist. Boyles Erkenntnisse waren die Voraussetzung für die Weiterentwicklung der Dampfmaschine.



Von den alten Griechen bis zur Entstehung der Chemie als Naturwissenschaft ging man davon aus, dass alle Materie aus vier Elementen bestehe – Erde, Feuer, Wasser und Luft. Der Philosoph Empedokles (fünftes Jahrhundert v. Chr.) betrachtete diese Elemente nicht nur als physische Manifestationen, sondern sogar als geistige Essenzen.

# Das Periodensystem der Elemente

Der große griechische Philosoph Aristoteles (384–322 v. Chr.) entwickelte die Lehre von den vier Elementen weiter.

## Der Vater der modernen Chemie

Eine der wichtigsten Entwicklungen in den Naturwissenschaften war die Unterteilung von Materie in zwei Klassen – Elemente und Verbindungen – durch den französischen Chemiker Antoine Lavoisier (1743–1794). Er erstellte eine erste Liste von 33 Elementen (darunter Wärme, Licht und ein paar Substanzen, die sich später als Verbindungen erwiesen), bei denen er zwischen Metallen und Nicht-Metallen unterschied. Lavoisier definierte eine Verbindung als einen Stoff, der in zwei oder mehr Substanzen zerlegt werden kann, und ein Element als eine Substanz, die nicht mehr zerlegt werden kann. Seit der Entdeckung von Elektronen und Atomkern heißt eine Substanz, die aus Atomen mit der gleichen Kernladung besteht, Element.

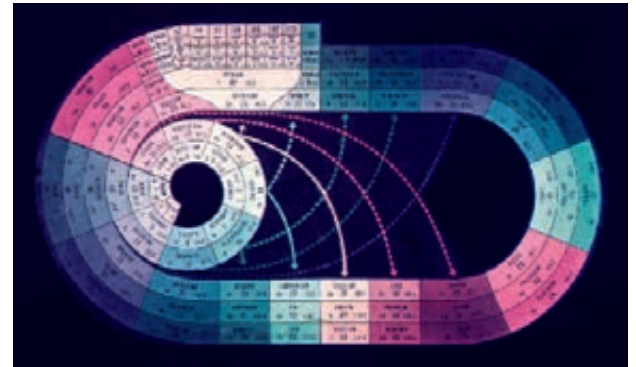
## Mendelejews Periodensystem

Nach und nach entwickelte man eine Tabelle, die periodische Ähnlichkeiten zwischen den Elementen aufzeigte. 1869 schließlich stellte der russische Wissenschaftler Dimitri Mendelejew eine Liste zusammen, die klar als Urversion des modernen Periodensystems zu erkennen ist. Mendelejews Tabelle basierte auf dem Atomgewicht (der relativen Masse der Elemente), ordnete jedoch „periodisch“ Elemente mit ähnlichen Eigenschaften untereinander ein. Für noch unbekannte Elemente (etwa Gallium) ließ er Lücken, sagte ihre Eigenschaften aber bereits voraus. Die Elemente wurden neu geordnet, wenn ihre Eigenschaften es erforderten. So ist zum Beispiel Tellurium schwerer als Jod, liegt im Periodensystem aber dennoch davor.

Rechts: Neben der klassischen Tafel (siehe unten) kann das Periodensystem der Elemente noch in verschiedenen anderen Formen dargestellt werden. Die Elemente werden nach ihren chemischen Eigenschaften geordnet.



Oben: Als er die Elemente nach ihrem Atomgewicht ordnete, veränderte der russische Wissenschaftler Dimitri Mendelejew (1834–1907) das Gesicht der Chemie für immer.



Bestimmte charakteristische Eigenschaften von Elementen kann man anhand ihres Atomgewichts vorhersagen.

Dimitri Mendelejew, Chemiker, 1834–1907

Unten: Das Periodensystem der Elemente ist ein zentraler Bezugsrahmen in der Chemie. Die Elemente sind von links nach rechts und von oben nach unten nach ihrer Ordnungszahl eingeordnet.

1 <b>H</b> Wasserstoff																	2 <b>He</b> Helium																														
3 <b>Li</b> Lithium	4 <b>Be</b> Beryllium															10 <b>Ne</b> Neon																															
11 <b>Na</b> Natrium	12 <b>Mg</b> Magnesium															18 <b>Ar</b> Argon																															
19 <b>K</b> Kalium	20 <b>Ca</b> Calcium	21 <b>Sc</b> Scandium	22 <b>Ti</b> Titanium	23 <b>V</b> Vanadium	24 <b>Cr</b> Chrom	25 <b>Mn</b> Mangan	26 <b>Fe</b> Eisen	27 <b>Co</b> Cobalt	28 <b>Ni</b> Nickel	29 <b>Cu</b> Kupfer	30 <b>Zn</b> Zink	31 <b>Ga</b> Gallium	32 <b>Ge</b> Germanium	33 <b>As</b> Arsen	34 <b>Se</b> Selen	35 <b>Br</b> Brom	36 <b>Kr</b> Krypton																														
37 <b>Rb</b> Rubidium	38 <b>Sr</b> Strontium	39 <b>Y</b> Yttrium	40 <b>Zr</b> Zirkonium	41 <b>Nb</b> -Niob	42 <b>Mo</b> Molybdän	43 <b>Tc</b> Technetium	44 <b>Ru</b> Ruthenium	45 <b>Rh</b> Rhodium	46 <b>Pd</b> Palladium	47 <b>Ag</b> Silber	48 <b>Cd</b> Cadmium	49 <b>In</b> Indium	50 <b>Sn</b> Zinn	51 <b>Sb</b> Antimon	52 <b>Te</b> Tellur	53 <b>I</b> Jod	54 <b>Xe</b> Xenon																														
55 <b>Cs</b> Cäsium	56 <b>Ba</b> Barium	57-71 Lanthanides	72 <b>Hf</b> Hafnium	73 <b>Ta</b> Tantal	74 <b>W</b> Wolfram	75 <b>Re</b> Rhenium	76 <b>Os</b> Osmium	77 <b>Ir</b> Iridium	78 <b>Pt</b> Platin	79 <b>Au</b> Gold	80 <b>Hg</b> Quecksilber	81 <b>Tl</b> Thallium	82 <b>Pb</b> Blei	83 <b>Bi</b> Bismut	84 <b>Po</b> Polonium	85 <b>At</b> Astat	86 <b>Rn</b> Radon																														
87 <b>Fr</b> Francium	88 <b>Ra</b> Radium	89-103 Actinides	104 <b>Rf</b> Rutherfordium	105 <b>Db</b> Dubnium	106 <b>Sg</b> Seaborgium	107 <b>Bh</b> Bohrium	108 <b>Hs</b> Hassium	109 <b>Mt</b> Meitnerium	110 <b>Ds</b> Darmstadtium	111 <b>Rg</b> Roentgenium	112 <b>Uub</b> Ununbium	113 <b>Uut</b> Ununtrium	114 <b>Uuq</b> Ununquadium	115 <b>Uup</b> Ununpentium	116 <b>Uuh</b> Ununhexium	117 <b>Uus</b> Ununseptium	118 <b>Uuo</b> Ununoctium																														
<table border="1"> <tr> <td>57 <b>La</b> Lanthan</td> <td>58 <b>Ce</b> Cer</td> <td>59 <b>Pr</b> Praseodym</td> <td>60 <b>Nd</b> Neodym</td> <td>61 <b>Pm</b> Promethium</td> <td>62 <b>Sm</b> Samarium</td> <td>63 <b>Eu</b> Europium</td> <td>64 <b>Gd</b> Gadolinium</td> <td>65 <b>Tb</b> Terbium</td> <td>66 <b>Dy</b> Dysprosium</td> <td>67 <b>Ho</b> Holmium</td> <td>68 <b>Er</b> Erbium</td> <td>69 <b>Tm</b> Thulium</td> <td>70 <b>Yb</b> Ytterbium</td> <td>71 <b>Lu</b> Lutetium</td> </tr> <tr> <td>89 <b>Ac</b> Actinium</td> <td>90 <b>Th</b> Thorium</td> <td>91 <b>Pa</b> Protactinium</td> <td>92 <b>U</b> Uran</td> <td>93 <b>Np</b> Neptunium</td> <td>94 <b>Pu</b> Plutonium</td> <td>95 <b>Am</b> Americium</td> <td>96 <b>Cm</b> Curium</td> <td>97 <b>Bk</b> Berkelium</td> <td>98 <b>Cf</b> Californium</td> <td>99 <b>Es</b> Einsteinium</td> <td>100 <b>Fm</b> Fermium</td> <td>101 <b>Md</b> Mendelevium</td> <td>102 <b>No</b> Nobelium</td> <td>103 <b>Lr</b> Lawrencium</td> </tr> </table>																		57 <b>La</b> Lanthan	58 <b>Ce</b> Cer	59 <b>Pr</b> Praseodym	60 <b>Nd</b> Neodym	61 <b>Pm</b> Promethium	62 <b>Sm</b> Samarium	63 <b>Eu</b> Europium	64 <b>Gd</b> Gadolinium	65 <b>Tb</b> Terbium	66 <b>Dy</b> Dysprosium	67 <b>Ho</b> Holmium	68 <b>Er</b> Erbium	69 <b>Tm</b> Thulium	70 <b>Yb</b> Ytterbium	71 <b>Lu</b> Lutetium	89 <b>Ac</b> Actinium	90 <b>Th</b> Thorium	91 <b>Pa</b> Protactinium	92 <b>U</b> Uran	93 <b>Np</b> Neptunium	94 <b>Pu</b> Plutonium	95 <b>Am</b> Americium	96 <b>Cm</b> Curium	97 <b>Bk</b> Berkelium	98 <b>Cf</b> Californium	99 <b>Es</b> Einsteinium	100 <b>Fm</b> Fermium	101 <b>Md</b> Mendelevium	102 <b>No</b> Nobelium	103 <b>Lr</b> Lawrencium
57 <b>La</b> Lanthan	58 <b>Ce</b> Cer	59 <b>Pr</b> Praseodym	60 <b>Nd</b> Neodym	61 <b>Pm</b> Promethium	62 <b>Sm</b> Samarium	63 <b>Eu</b> Europium	64 <b>Gd</b> Gadolinium	65 <b>Tb</b> Terbium	66 <b>Dy</b> Dysprosium	67 <b>Ho</b> Holmium	68 <b>Er</b> Erbium	69 <b>Tm</b> Thulium	70 <b>Yb</b> Ytterbium	71 <b>Lu</b> Lutetium																																	
89 <b>Ac</b> Actinium	90 <b>Th</b> Thorium	91 <b>Pa</b> Protactinium	92 <b>U</b> Uran	93 <b>Np</b> Neptunium	94 <b>Pu</b> Plutonium	95 <b>Am</b> Americium	96 <b>Cm</b> Curium	97 <b>Bk</b> Berkelium	98 <b>Cf</b> Californium	99 <b>Es</b> Einsteinium	100 <b>Fm</b> Fermium	101 <b>Md</b> Mendelevium	102 <b>No</b> Nobelium	103 <b>Lr</b> Lawrencium																																	

Alkali-metalle	Erdalkali-metalle	Übergangs-metalle	Innere Über-gangsmetalle	Halb-metalle	Metalloide	Nicht-metalle	Halogene	Edelgase
----------------	-------------------	-------------------	--------------------------	--------------	------------	---------------	----------	----------



*Es ist schwer vorstellbar, aber vor 200 Jahren glaubten die Astronomen noch, dass das Universum nur aus unserem Sonnensystem bestünde. Vor knapp 100 Jahren ging man noch davon aus, dass die Milchstraße das Universum sei.*

## Kosmologie und Urknalltheorie

1923 entdeckte Edwin Hubble mit seinem 250-Zentimeter-Teleskop auf dem Mount Wilson, dass der Andromedanebel in Wirklichkeit eine große Sternenansammlung war. Sie lag etwa eine Million Lichtjahre von der Erde entfernt – der Durchmesser der Milchstraße entsprach etwa einem Drittel dieser Strecke. Schnell fand man heraus, dass auch andere verschwommene Flecken entfernte Galaxien waren. Bis 1925 war klar, dass der Kosmos aus Hunderten, vielleicht Tausenden von Galaxien bestand, die sich in enormer Geschwindigkeit immer weiter von uns entfernten – das All schien sich auszudehnen.

### WAS IST KOSMOLOGIE?

Die Kosmologie ist die Wissenschaft von Ursprung, Struktur und Entwicklung des Universums. Diese Wissenschaft ist ständig im Umbruch, weil neue Entdeckungen alte Theorien über den Haufen werfen. Die Kosmologie versucht, die Fragen um das große Ganze zu beantworten: Wie und wann entstand das Universum? Welche Form hat es? Woraus besteht es?

### Verschiedene Theorien

Der erste Wissenschaftler, der Schlussfolgerungen aus diesen Erkenntnissen zog, war Abbé Georges Edouard Lemaître (1894–1966). 1927 stellte er die Theorie auf, dass das Universum einen absoluten Anfang habe, eine Zeit, in der seine gesamte Materie und Energie in einem einzigen Punkt vereint gewesen sei. Als dieser Punkt explodierte, markierte das den Anfang der Zeit und des Raums.

Zwanzig Jahre später wurde eine andere Idee formuliert. Die Steady-State-Theorie („stabiler Zustand“) ging davon aus, dass der Kosmos schon immer im gleichen Zustand existiert habe, zu jeder Zeit, an jedem Ort. Das Universum habe weder Anfang noch Ende, und die Ausdehnung, die man beobachtete, sei lediglich ein Nebeneffekt der Entstehung neuer Materie. Der britische Astronom Fred Hoyle, ein Verfechter der Steady-State-Theorie, prägte den Begriff „Big Bang“ (Urknall) als Seitenhieb auf den gegnerischen Ansatz.

Etwa zur gleichen Zeit stellte der Physiker George Gamow die These auf, dass einige der heute bekannten chemischen Elemente in den ersten paar Minuten der Geburt des Universums entstanden seien. Darüber hinaus behauptete er, dass das junge Universum sehr heiß gewesen sei und sich erst abgekühlt habe, während es sich ausdehnte. Unter der Voraussetzung der Urknalltheorie nahm Gamow an, dass das heutige Universum nach wie vor mit einem kleinen



**Oben:** George Gamow behauptete, dass die Wärme des Urknalls immer noch ausstrahlen sei. Die Entdeckung der kosmischen Hintergrundstrahlung 1965 belegte diese These. Arno Penzias und Robert Wilson erhielten den Nobelpreis für ihre Entdeckung. Gamow durfte gerade noch erleben, dass sich seine Theorie bewahrheitete.

**Rechts:** Die Andromedagalaxie, nächster Nachbar der Milchstraße, wurde einst für einen verschwommenen Nebel gehalten. Edwin Hubble erkannte als Erster, dass es sich um eine Ansammlung von Sternen handelte, die unserer Heimatgalaxie an Größe ebenbürtig war.

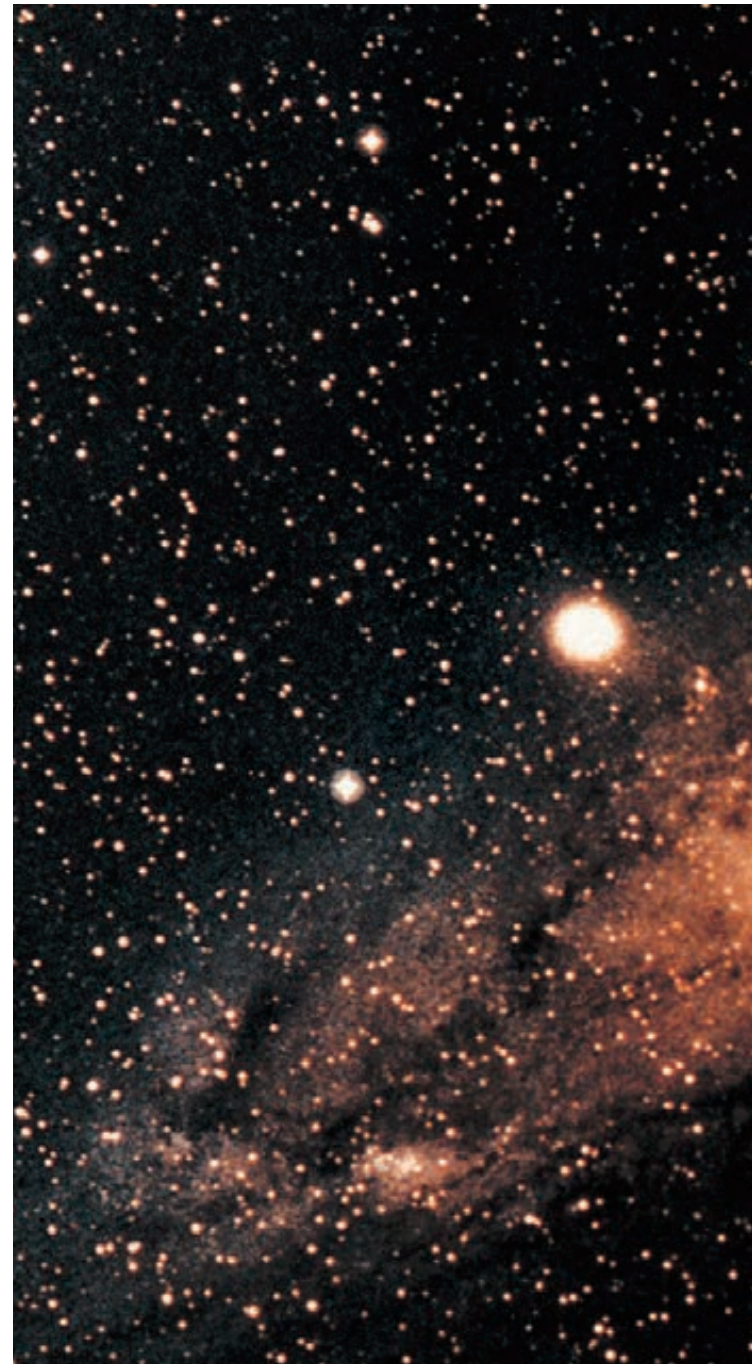
**Links:** Mehrere Hundert Galaxien, die nie zuvor entdeckt worden waren, sind in diesem „weitesten Ausblick aller Zeiten“, dem sogenannten Hubble Deep Field des NASA-Weltraumteleskops Hubble, gut zu erkennen.

Rest der Wärme seiner Entstehungszeit angefüllt sei. Diese mutmaßliche Restwärme wurde als kosmische Hintergrundstrahlung bezeichnet. Als man sie 1965 eher zufällig nachwies, entkräftete diese Entdeckung die Steady-State-Theorie endgültig.

### Das Rätsel des Urknalls

Die Urknalltheorie wurde zwar zur allgemein akzeptierten Hypothese, warf aber viele Fragen auf. Einige davon konnte die Kosmologie inzwischen beantworten, viele Geheimnisse bleiben jedoch.

In den frühen 1980ern behauptete Alan Guth, dass sich der Kosmos bereits innerhalb des ersten winzigen Bruchteils einer Sekunde nach seiner Geburt um einen Faktor von mindestens  $10^{30}$  ausgedehnt habe. Diese Theorie liefert eine Erklärung für das enorme Wachstum





Die Zelle ist eine Festung mit vielen sehr geschäftigen Teilen. Jedes Lebewesen besteht aus einzelnen Zellen, die sich vermehren, Energie erzeugen, mit anderen Zellen kommunizieren und Proteine herstellen.

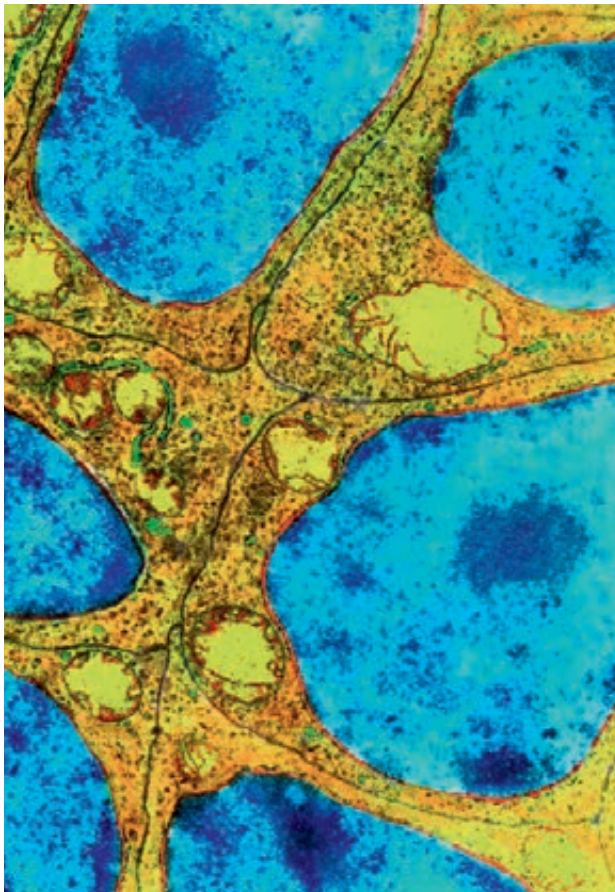
## Die unglaubliche Maschinerie der Zelle

Zellen werden allgemein in zwei Arten gegliedert: Prokaryoten und Eukaryoten, ausgehend von ihrem inneren Aufbau. Bakterien sind prokaryotische Zellen. Sie sind einfach strukturiert, ohne innere Unterteilung (siehe Seiten 206–207). Eukaryotische Zellen sind die Art, die in allen anderen Lebewesen zu finden ist.

### Die intrazelluläre Organisation der Zelle

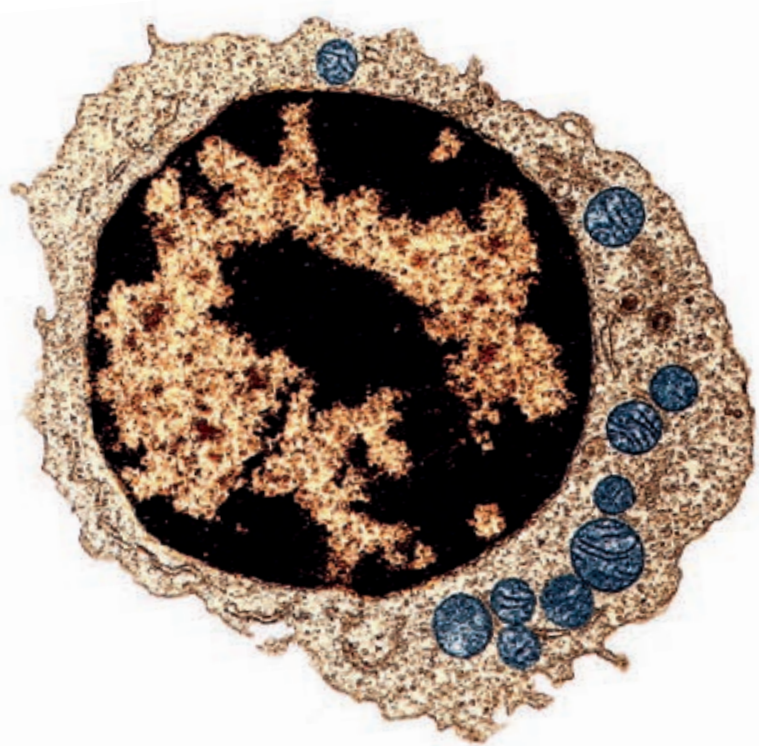
Eukaryotische Zellen enthalten eine Reihe von Organellen, umhüllt von Membranen, die die verschiedenen Zellaktivitäten voneinander abgrenzen. Der Zellkern speichert und vervielfältigt genetische Information in Form von DNA. Das endoplasmatische Retikulum (ER) ist ein Netzwerk von Membranen, das verschiedene Funktionen erfüllt. Es unterstützt die Ribosomen, in denen die Proteine hergestellt werden. Enzyme im ER erkennen giftige Proteine, die zum Schutz der Zelle entfernt werden müssen, und sind an der Ausschüttung von Proteinen und Hormonen beteiligt. Es gibt sogar zwei „Abfalleimer“ in der Zelle: Proteasomen und Lysosomen hacken giftige Proteine buchstäblich in Stücke.

Das Zytoplasma der Zelle besteht aus einer Flüssigkeit, die Salze, Zucker und Verbindungen, die die Organellen spülen, enthält. Das Zytoplasma beherbergt außerdem die Mikrotubuli, die an vielen Prozessen, darunter der Zellteilung, beteiligt sind (siehe Seiten 210–211). Damit all diese Prozesse ablaufen können, benötigt man Energie. Die Zelle besitzt deshalb ihre eigenen Kraftwerke, die Mitochondrien. In Pflanzenzellen führen Chloroplasten Fotosynthese durch, bei der Sonnenenergie in Zucker umgewandelt wird.



**Oben:** Weiße Blutkörperchen (hier in 20 550-facher Vergrößerung) sind eukaryotische Zellen. Sie weisen zahlreiche Organellen wie einen großen Zellkern (orange) und viele Mitochondrien (blau) auf.

**Links:** Auf diesem Transmissionselektronenbild von Säugetierzellen sind die Zellwände, die Zellkerne und die Mitochondrien zu erkennen. Letztere wandeln Energie aus der Nahrung in eine für die Zelle verwertbare Form.



### Wenn Teile der Zelle nicht funktionieren

Was für eine Komplexität, was für eine Vielfalt in einem so kleinen, aus noch kleineren Teilen bestehenden System! Wenn all diese Teile ihre Aufgaben nicht richtig erfüllen und zu viele giftige Proteine und beschädigte DNA hergestellt werden, zerstört die Zelle sich sogar selbst. Sie versucht, ihre eigene Vermehrung zu unterdrücken und dadurch den Menschen vor Krankheiten wie Krebs zu bewahren. Diese Funktion wird als programmierter Zelltod oder Apoptose bezeichnet. Offensichtlich klappt das nicht immer, und aufgrund von Mutationen in der DNA im Zellkern entsteht Krebs. Die Apoptose begrenzt den Schaden und schützt uns häufiger, als uns bewusst ist.

Wie viele andere Lebewesen funktioniert auch der Mensch so perfekt, dass er leicht vergessen könnte, ... dass er nur eine Kolonie von Zellen in Aktion ist.

Albert Claude, Biologe, 1899–1983

### Zellorganisationen

Je nach Aufgabe der jeweiligen Zelle wird es noch komplizierter. Eine Leberzelle zum Beispiel muss Enzyme herstellen können, die Gifte abbauen. Eine Hirnzelle muss Wachstumssignale empfangen und mit anderen Hirnzellen kommunizieren können. Eine Stammzelle erwartet in aller Stille die Signale aus der Umgebung, die ihr sagen, welche Art von Zelle sie werden soll. Eine Krebszelle hat die Kontrolle über ihren Zellzyklus verloren und vermehrt sich zu stark.





**SUPERSINNE**

**Viele Tiere** haben besonders scharfe Sinne entwickelt, um sich ihrer jeweiligen Umgebung besser anzupassen. Fledermäuse wie die kleine braune Fledermaus (*Myotis lucifugus*) unten im Bild orten Hindernisse und Beute, indem sie Ultraschallschreie ausstoßen und das Echo deuten, das die Objekte in der Umgebung zurückwerfen. Diese biologische Variante des Echolots heißt Echolokation und wird auch von Delfinen und Walen in Gewässern mit eingeschränkter Sicht verwendet.

Boas und Grubenottern haben zwischen Augen und Nasenlöchern Temperatursensoren, mit denen sie die Körpertemperatur ihrer Beute wahrnehmen können. Schlangen benutzen auch ihre Zunge, um Futter, Feinde oder Geschlechtspartner zu „erschnüffeln“. Die chemischen Teilchen, die eine züngelnde Schlangenzunge aufnimmt, werden in das sogenannte Jacobsen-Organ in der Mundhöhle getunkt. Dort werden die Gerüche in elektrische Signale umgewandelt und zum Gehirn geleitet.

Motten können Pheromone, die Sexualhormone des anderen Geschlechts, über eine Entfernung von fast zehn Kilometern ausmachen.

Nachtaktive Tiere haben meist einen sehr ausgeprägten Tastsinn. Ratten und Katzen zum Beispiel nutzen ihre Barthaare im Dunkeln ähnlich wie Blinde ihren Stock. Indem sie mit den Haaren die Objekte abtasten, an denen sie vorbeikommen, können sie sich sogar im Stockdunkeln ein Bild von ihrer Umgebung machen.



**Oben:** Der Silber- oder Schleimsalamander (*Plethodon glutinosus*) scheidet über Drüsen in seiner Haut eine klebrige Flüssigkeit aus, was ihn wirkungsvoll vor Feinden schützt. Er ist im Osten und der Mitte der USA heimisch und ernährt sich von Ameisen, Käfern und Würmern.



**Rechts:** Seepferdchen (Gattung *Hippocampus*) wie dieses inmitten von Seefächern (Gattung *Gorgonacea*) sind die einzige Tierart, bei der das Männchen „schwanger“ wird. Zu diesem Zweck legt ihm das Weibchen ihre Eier in einen Beutel.



*Unser Skelett ist das Gerüst, das unsere Bewegungen ermöglicht und unser Inneres schützt. Es besteht aus Knochen, Gelenken, Knorpelgewebe und Bändern, die gemeinsam etwa 20 Prozent unserer Körpermasse ausmachen. Das menschliche Skelett ist ein technisches Wunderwerk, das zum Teil, zum Beispiel am Oberschenkelknochen, stärker ist als Stahlbeton.*

## Das Gerüst des Menschen

### Achsen- und Anhangskelett

Das Skelett lässt sich in zwei Teile untergliedern: das Achsen- und das Anhangskelett. Das Achsenskelett besteht aus dem Schädel, der Wirbelsäule und dem Brustkorb und bildet die Längsachse des Körpers. Diese Knochen schützen, stützen oder tragen andere Körperteile. Der Schädel schützt das Gehirn und stützt das Gesicht. Die Wirbelsäule besteht aus 24 Wirbeln sowie Kreuz- und Steißbein. Zwischen zwei Wirbeln liegt jeweils eine Bandscheibe aus Faserknorpel, die als Stoßdämpfer dient und die Wirbelsäule beweglich macht. Der Brustkorb besteht aus zwölf Rippenpaaren, dem Brustbein und den Brustwirbeln. Er schützt die Organe der Brusthöhle.

Das Anhangskelett besteht aus Oberarm, Unterarm, Hand, Oberschenkel, Unterschenkel, Fußknochen und den Gürtelknochen (Schulter- und Beckenknochen), die die Gliedmaßen mit dem Achsenskelett verbinden. Es dient der Bewegung und der Einflussnahme auf die Umgebung.

### Knochen

Das menschliche Skelett besteht aus 206 Knochen. Sie werden nach ihrer Form klassifiziert – lang, kurz, flach oder uneben – und nach dem Verhältnis zwischen festem und schwammartigem Gewebe.

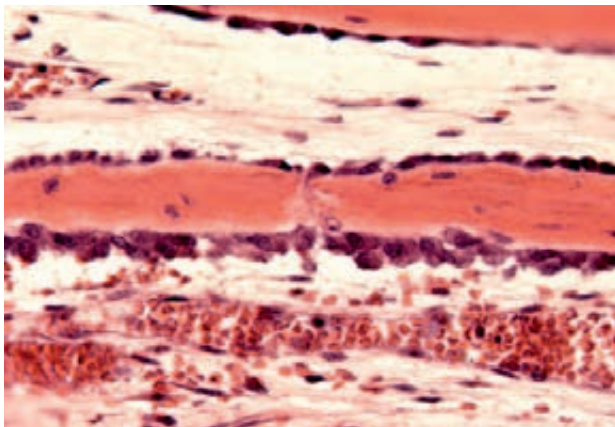
Die Knochen sind der Hauptbestandteil des Skeletts. Sie geben dem Körper Form, schützen und stützen die Organe, sind die Hebel, an denen die Muskeln ziehen, speichern Kalzium und andere Mineralien, sind Ort der Blutzellenbildung und bestehen aus lebenden Zellen und Knochengrundsubstanz. Diese Knochengrundsubstanz enthält sowohl organische als auch anorganische Bestandteile. Die organischen Bestandteile, produziert von Osteoblasten, verleihen den Knochen Zugfestigkeit. Die anorganischen, Hydroxyapatite (Kalziumsalze), machen ihn hart. Knochen ist eine lebende Struktur, die ständig erneuert wird. Neues Knochengewebe ersetzt altes, ausgelöst durch Hormone oder mechanische Anregung (körperliche Aktivität).

### Gelenke und Beweglichkeit

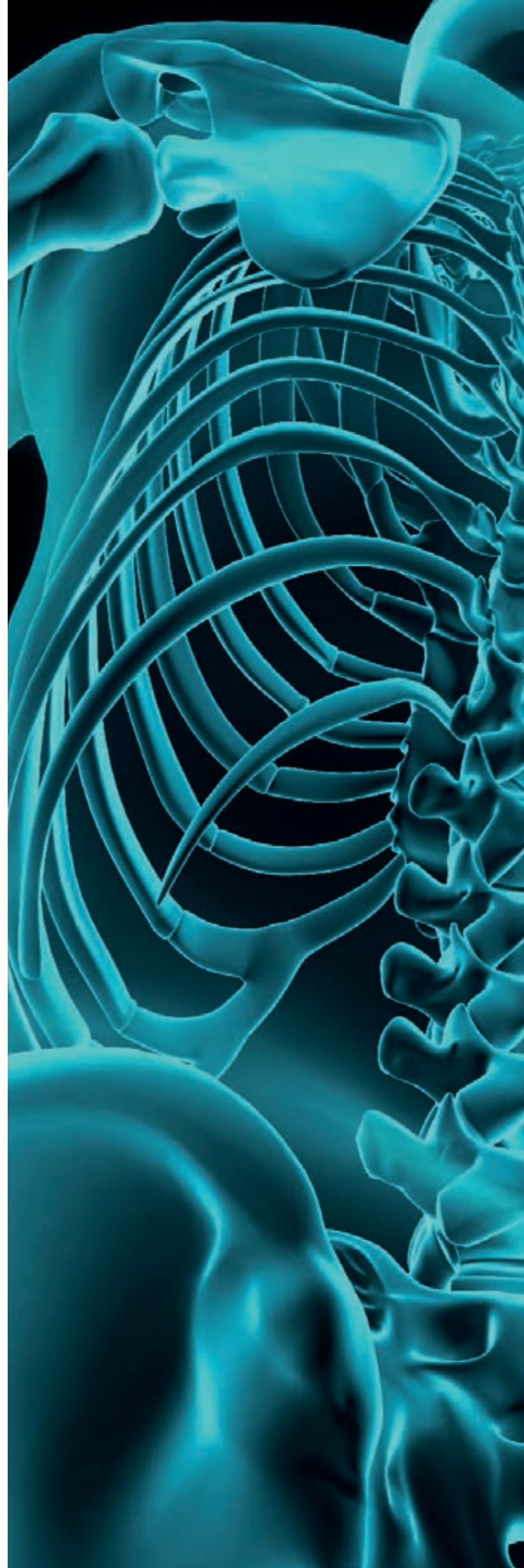
Die Gelenke sind die Verbindungen zwischen den Knochen. An den Gelenken verbinden Bänder die Knochen. Sie stabilisieren die Gelenke und ermöglichen bestimmte Bewegungen. Bei Gelenken



**Oben:** Seit Galen weiß die Medizin um die strukturelle Notwendigkeit des Skeletts, ihr Interesse galt aber meist anderen Bereichen des Körpers. Erst Avicenna kam zu dem Schluss, dass man das Skelett am besten getrennt vom restlichen Körper betrachten sollte. Dieser Vorschlag wurde in der Renaissance so begeistert umgesetzt, dass sich im späten 16. Jahrhundert die Anatomiehörsäle mit präparierten Skeletten gefüllt hatten.



**Links:** Zwei Arten von Zellen, die bei der Knochenbildung eine große Rolle spielen, sind Osteoblasten und Osteoklasten. Osteoblasten (hier in sich entwickelnder Knochenhaut) sind epithelartige Zellen, die Regionen der aktiven Knochenbildung mit einer Schicht überziehen und Kalzium in die Proteinmatrix abgeben. Osteoklasten lösen gespeichertes Kalzium und transportieren es dorthin, wo es benötigt wird.





*Wir wissen heute, dass die Kontinente sich in Zeiträumen von mehreren Hundert Millionen Jahren bewegen. Ein Superkontinent würde entstehen, wenn die gesamte Landmasse der Erde sich zu einem gewaltigen Kontinent zusammenschlüsse. Solche Superkontinente halten jedoch nicht lange.*

## Superkontinente

Ein Superkontinent verhält sich wie eine riesige Heizdecke, die die Hitze aus dem Erdinneren unter sich einschließt. Dadurch entstehen enorme Blasen aus aufsteigendem Mantelmaterial, die in der Nähe der Mitte des Superkontinents von unten gegen ihn drücken, bis sie ihn schließlich in einzelne Puzzlestücke auseinanderreißen.

Der Blick zurück in die Kontinentalgeschichte der Erde reicht kaum weiter als 1,1 Milliarden Jahre. Zu dieser Zeit gab es einen Superkontinent, genannt Rodinia (russisch für „Heimatland“), umgeben von einem gewaltigen Ozean, Mirovia (russisch für „Weltmeer“). Es gab wahrscheinlich bereits vor Rodinia Superkontinente, doch aus Mangel an fossilen Beweisen lassen sie sich nicht rekonstruieren. Rodinia brach vor etwa 750 Millionen Jahren auseinander. Vor rund 600 Millionen Jahren fügten sich die Stücke zu Pannotia zusammen, der 50 Millionen Jahre später wiederum auseinanderbrach.

Eines der Stücke Rodinias bestand aus großen Teilen der heutigen südlichen Hemisphäre. Diese waren um eine zentrale Landmasse aus Australien, Indien und der östlichen Antarktis angeordnet. Dann, vor etwa 520 Millionen Jahren, schlossen sich andere Bruchstücke von Rodinia, darunter Afrika und Südamerika, die ostwärts um den Erdball gewandert waren, wieder mit diesem Kernland zusammen. Ein neuer Superkontinent, Gondwana, war entstanden.

Die kontinentalen Bruchstücke Rodinias verbanden sich vor rund 275 Millionen Jahren erneut, zum bisher letzten Superkontinent der Erdgeschichte, Pangäa. Die Kontinente, wie wir sie kennen, sind sämtlich gewanderte Teile des zerbrochenen Pangäa. Eines Tages werden sich diese Teile erneut zu einem Superkontinent verbinden.

Die biologische Artenvielfalt spiegelt den Kreislauf aus Bildung und Zerfall von Superkontinenten wider. In Zeiten der Spaltung der Landmassen steigt die Anzahl der unterschiedlichen Arten stärker an, als wenn sie zusammenhängen. In jüngerer geologischer Vergangenheit entstand auf jedem von drei großen Kontinenten eine andere Art von Großkatze: der Löwe in Afrika, der Tiger in Indien/Asien und der Leopard in Südamerika. Bevor Pangäa auseinanderbrach, hatte es nur eine einzige Art gegeben.

### Tektonische Superzyklen

Man geht davon aus, dass solche Kreisläufe von Verschmelzung und Auseinanderbrechen, sogenannte tektonische Superzyklen, im Abstand von etwa 250 Millionen Jahren ablaufen. Beweise gibt es für sechs solcher Zyklen, wahrscheinlich gab es aber deutlich mehr.

Während eines Zyklus verändern sich die Verteilung von Land und Meer und damit biologische und klimatische Bedingungen enorm.

Das Erdklima schwankt zwischen ausgedehnten Perioden von warmen, tropischen (Treibhaus) und glazialen (Eishaus) Bedingungen. Die Ansammlung von Kontinenten in der Nähe der Pole könnte für die Bildung großer Eisdecken verantwortlich sein.

**Rechts:** *Nothofagus moorei*, die Antarktische Südbuche, ist im australischen Hochland heimisch. Die Verbreitung der Gattung lässt vermuten, dass sie aus der Zeit stammt, in der Antarktis, Australien und Südamerika noch Teile des Superkontinents Gondwana waren.

**Unten:** Blick aus der Luft auf Livingstone Island, eine der Südlichen Shetlandinseln in der Antarktis. Das Land ist hier bis auf wenige Stellen von einer Eiskappe und Aschenschichten von der vulkanischen Aktivität der Nachbarinsel Deception Island bedeckt.





# Glossar

<b>Abakus</b>	Ein rechteckiger Rahmen mit Perlen, die man auf waagrecht in gleichmäßigen Abständen gespannten Drähten hin- und herschieben kann; Rechenhilfe.
<b>abhängige Variable</b>	Eine mathematische Variable, deren Wert von einem anderen abhängig ist.
<b>absoluter Nullpunkt</b>	Die kälteste mögliche Temperatur, die ein Objekt erreichen kann; wenn alle Atome in einem Objekt aufhören, zu vibrieren (Wärme wird durch die Bewegung von Atomen erzeugt). Der absolute Nullpunkt liegt bei 0 Kelvin, -273,16 Grad Celsius oder -459,69 Grad Fahrenheit.
<b>Absorptionslinie</b>	Eine dunkle Linie in einem Spektrum, die verursacht wird, wenn elektromagnetische Strahlung einer bestimmten Wellenlänge durch eine bekannte Art von Atom absorbiert wird. Das Auftreten von Absorptionslinien im Spektrum eines Sterns kann darüber Auskunft geben, welche Art von Atomen in seiner Atmosphäre vorherrscht.
<b>Acquired Immunodeficiency Syndrome (AIDS)</b>	Eine Krankheit, die durch das immunschwächende Virus HIV ausgelöst wird. Sie zerstört die Immunabwehr des Körpers und macht ihn extrem anfällig für Infektionen.
<b>adaptive Optik</b>	Eine Technik, die die Form eines Teleskopspiegels anhand eines Bezugsterns anpasst und Störungen durch atmosphärische Verzerrung entfernt, sodass möglichst scharfe Bilder entstehen.
<b>Adsorption</b>	Das Haften einer dünnen Schicht von Molekülen eines Gases oder einer Flüssigkeit an der Oberfläche einer Substanz.
<b>afferent</b>	Zu einem zentralen Organ hinführend, wie eine Vene, die Blut zum Herzen transportiert; Gegenteil von efferent.
<b>Agarplatte</b>	Mit einem Nährboden versehene Petrischale zur Kultivierung von Mikroben.
<b>AIDS</b>	siehe Acquired Immunodeficiency Syndrome.
<b>aktive Galaxie</b>	Galaxie mit einer besonders hellen Kernregion; die für die helle Strahlung nötige Energie wird vermutlich durch Materie geliefert, die aus einer Akkretionsscheibe in ein massereiches Schwarzes Loch fällt.
<b>aktive Optik</b>	Technik, mit deren Hilfe die korrekte Form eines Teleskopspiegels überprüft und aufrechterhalten werden kann.

**Vorherige Doppelseite:** Luftbild einer Atomexplosion in den 1940ern. Eine Atom-  
bombe bezieht ihre enorme Explosionskraft aus der Freisetzung von Atomenergie durch  
die Spaltung von Atomkernen.

<b>Algebra</b>	Teilbereich der Mathematik, der sich mit der Lösung von Gleichungen mit Variablen, d. h. unbekanntem oder veränderlichen Zahlen, befasst.
<b>Algorithmus</b>	Genaueres Schritt-für-Schritt-Verfahren zur Lösung eines mathematischen Problems; bedeutend für die Informatik.
<b>Alkali</b>	Allgemein Synonym für „Base“, genauer eine Base mit Elementen aus den ersten beiden Gruppen des Periodensystems.
<b>Allel</b>	Variation eines bestimmten Gens an einer bestimmten Stelle eines Chromosoms; alle Lebewesen besitzen zwei Allele jedes Gens, eines von jedem Elternteil.
<b>allgemeine Relativitätstheorie</b>	Albert Einsteins Theorie der Schwerkraft; der allgemeinen Relativitätstheorie zufolge resultiert die zu beobachtende Anziehung zwischen zwei Objekten auf der Krümmung der Raumzeit durch ihre Massen; je größer die Masse, umso größer die Krümmung.
<b>Alveolen</b>	Lungenbläschen; kleine Bläschen in der Lunge, die den Sauerstoff an das Blut weitergeben und das Kohlendioxid aus dem Blut aufnehmen, damit es über die Lunge aus dem Körper heraustransportiert werden kann.
<b>Aminosäure</b>	Organische Säure; Hauptbestandteil aller Proteine. Jedes Protein besteht aus einer charakteristischen Zusammensetzung von Aminosäuren in einer bestimmten Anordnung. Bei Lebewesen werden zwanzig verschiedene Aminosäuren benötigt.
<b>Amöbe</b>	Einzelliges Lebewesen, das sich mithilfe von Scheinfüßchen fortbewegt.
<b>Anabolismus</b>	Vorgang, der dem Aufbau körpereigener Stoffe, z. B. von Proteinstrukturen wie Muskelsubstanz, dient; verantwortlich für das Wachstum.
<b>Analgetikum</b>	Ein schmerzstillendes Mittel.
<b>Anämie</b>	Mangel an roten Blutkörperchen, Hämoglobin, oder insgesamt Volumen im Blut; führt zu Blässe und Mattheit.
<b>Anästhesie</b>	„Unempfindlichkeit“; das künstlich (normalerweise medikamentös, z. B. vor Operationen) herbeigeführte Fehlen von Schmerzempfindlichkeit.
<b>Andesit</b>	Ein dunkles, feinkörniges Vulkangestein.
<b>Angina pectoris</b>	Krankheit, die sich durch krampfartige Brustschmerzen oder Kurzatmigkeit bemerkbar macht; hängt mit Arterienverstopfung zusammen.
<b>anorganische Chemie</b>	Zweig der Chemie, der sich mit chemischen Eigenschaften und Verhalten von anorganischen Verbindungen beschäftigt.
<b>anorganische Verbindungen</b>	Verbindungen, auf die die Definition für organische Verbindungen nicht zutrifft; häufig mit metallischen oder nichtmetallischen Bestandteilen.



<b>Antenne</b>	Gerät zum Empfang und Senden von elektromagnetischer Strahlung, z. B. ein Radioteleskop oder eine Autoantenne zum Empfang von Radiowellen.	<b>Astrologie</b>	Wissenschaftlich nicht anerkannte Praxis, die Zukunft oder den Charakter einer Person anhand der Position der Planeten oder der Sonne im Verhältnis zu Lichtjahre entfernten Sternen zu bestimmen; zutreffende Prognosen können als rein zufällig betrachtet werden.
<b>Antigen</b>	Körperfremde Substanz, die eine Abwehrreaktion, z. B. die Herstellung von Antikörpern, im Körper auslöst.	<b>Astrophysik</b>	Erforschung der Eigenschaften und des Verhaltens von Himmelskörpern und ähnlichen Objekten sowie des Raums zwischen ihnen.
<b>Antikörper</b>	Proteine im Blut, die auf Antigene reagieren. Antikörper schützen den Körper, indem sie Fremdkörper wie Viren und Bakterien bekämpfen.	<b>Atmosphäre</b>	Gashölle, die die Oberfläche eines Sterns, Planeten oder Mondes umgibt und durch die Schwerkraft in Position gehalten wird.
<b>Antimaterie</b>	Materie, deren Teilchen die gleiche Masse besitzen wie die der normalen Materie, in ihren Eigenschaften, z. B. der Ladung, jedoch genau entgegengesetzt sind. Das Antimaterieteilchen eines Protons ist ein Antiproton, das eines Elektrons ein Positron.	<b>Atom</b>	Elementarer Baustein aller Materie; ein Großteil seiner Masse liegt in seinem Kern, der aus Protonen und Neutronen besteht und von einer Wolke von Elektronen umgeben ist.
<b>Aorta</b>	Große Arterie, die das Blut vom Herzen wegtransportiert.	<b>Aue</b>	Der relativ ebene Landstreifen am Rand eines Flussbetts, der überflutet wird, wenn der Fluss zu viel Wasser führt.
<b>Aphel</b>	Der am weitesten von der Sonne entfernte Punkt auf der Umlaufbahn eines Objekts um die Sonne.	<b>Auftrieb</b>	Prozess, bei dem dichtes, kaltes Wasser aus der Tiefe nach oben strömt, um dort wärmeres Wasser zu ersetzen.
<b>Apoptose</b>	„Programmierter Zelltod“; eine Zelle durchläuft eine bestimmte Abfolge von Prozessen, die zu ihrem Tod führen. Normaler Bestandteil der Zellalterung, der z. B. während des Wachstums und der Entwicklung von mehrzelligen Organismen oder als Reaktion auf eine Schädigung der Zelle stattfindet.	<b>Aurora</b>	Polarlicht; Phänomen, das sich als tanzende Bänder farbigen Lichts hoch in der Erdatmosphäre bemerkbar macht; meist nur in einer Entfernung von bis zu 20 Grad von den Polen zu beobachten; am Nordpol spricht man von Aurora borealis (Nordlicht), am Südpol von Aurora australis (Südlicht).
<b>Aquifer</b>	Jedes Gestein, das eine große Menge von gesättigtem oder durchlässigem Material enthält, sodass es Grundwasser leiten und halten kann und, wenn angebohrt, beachtliche Mengen an Wasser für den menschlichen Bedarf liefert.	<b>äußere Planeten</b>	Die am weitesten von der Sonne entfernten vier Planeten unseres Sonnensystems: Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.
<b>Äquinoktium</b>	Tagundnachtgleiche; wenn die Sonne direkt über dem Äquator steht, um den 21. März und den 23. September jedes Jahres. An diesen Tagen sind Tag und Nacht nahezu gleich lang.	<b>Autoimmunerkrankung</b>	Krankheit, bei der die Abwehrzellen des Körpers körpereigenes, gesundes Gewebe angreifen, etwa Multiple Sklerose.
<b>Arterien</b>	Große Blutgefäße, die das Blut vom Herzen weg durch den Körper transportieren.	<b>Autopsie</b>	Medizinische Untersuchung eines Menschen nach dessen Tod, z. B. zur Bestimmung der Todesursache.
<b>Arteriole</b>	Kleine Verzweigung einer Arterie; Bindeglied zwischen Arterien und Kapillaren.	<b>Avogadro-Konstante</b>	Die Anzahl an Teilchen, die ein Mol ausmachen: etwa $6,0221 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ; basiert auf der Anzahl von Kohlenstoffatomen in zwölf Gramm Kohlenstoff.
<b>Arthrose</b>	Eine nicht entzündliche Form der Arthritis, bei der die Gelenke beschädigt werden.	<b>Axial</b>	In der Mathematik: auf der gleichen Achse liegend; in der Anatomie: zur Körperachse gehörig.
<b>Asteroid</b>	Kleiner Gesteinskörper, der die Sonne umkreist, in einer Größe von Hunderten von Kilometern bis zu weniger als einem Kilometer; viele befinden sich im Asteroidengürtel; werden auch als Planetoiden oder Kleinplaneten bezeichnet.	<b>Bakterium</b>	Einzelliger Mikroorganismus mit einer prokaryotischen Zellstruktur.
<b>Asteroidengürtel</b>	Ringförmiger Gürtel aus Asteroiden zwischen den Planeten Mars und Jupiter.	<b>Bandscheibe</b>	Knorpelverbindung zwischen den Wirbeln der Wirbelsäule; ermöglicht die geschmeidige Bewegung der Wirbel und hält sie zusammen.
		<b>Bandscheibenvorfall</b>	Riss im Faserring, der eine Bandscheibe umgibt. Dadurch liegt der Gallertkern, der die Wirbel abfedert, frei und drückt auf die Wurzeln der Spinalnerven.



© Millennium House Pty Ltd 2008  
52 Bolwarra Road, Elanora Heights,  
NSW 2101, Australia

Originaltitel: *Scientifica*  
ISBN 978-1-921209-22-2

Text © Millennium House Pty Ltd 2008  
Illustrationen © Millennium House Pty Ltd 2008  
(so weit nicht anders angegeben)  
Karten © Millennium House Pty Ltd 2008

**Herausgeber:** Gordon Cheers

**Mitherausgeberin:** Janet Parker

**Projektleitung:** Loretta Barnard

**Artdirector:** Stan Lamond

**Redaktion:** Loretta Barnard, Helen Borger,  
Jennifer Coombs, Chris Edwards,  
Heather Jackson, Melody Lord,  
Nina Paine

**Leitender Berater:** Associate Professor Allan R. Glanville

**Berater:** Dr. Robert Coenraads, Paul Deans,  
David Ellyard, Dr. Ron Haines

**Mitwirkende:** Dr. Martin Anderson, Youna Angevin-  
Castro, Dr. Phillip Arena, Yael Augarten,  
Brenton Banham, Dr. Penny Bishop,  
Dr. Luca Bombelli, Professor Richard  
Boyd, Colin Burgess, Heather Catchpole,  
Dr. Stephen Clarke, Dr. Steven Clay,  
Dr. Robert Coenraads, Professor Christina  
Coughlan, Les Dalrymple, Paul Deans,  
Stefan Dieters, Emma Donnelly, Kerry  
Dougherty, Sean Elliott, David Ellyard,  
Margaret Etherton, Professor Anthony  
Fairall, Professor Jack Feinberg, Francis  
French, Melina Georgousakis, Dr. Joel  
Gilmore, Andrew Grunseit, Dr. Ron Haines,  
Nicole Harvey, Dr. Susan Hawes, Catherine  
Healy, Margot Hislop, James Inglis,  
Imogen Jubb, Dr. Peter Kappen, Andrew  
Ko, Henry Ko, John I. Koivula, Dr. Kath  
Kovac, Dr. Kathy Kramer, Dr. Gary Lee,  
Sarah Lee, Tim Leslie, Nick Lomb, Mike  
McRae, Dr. Jennifer Manyweathers, Jurgita  
Mikelenaitė, Sir Patrick Moore, Jonathan  
Nally, Eleanor Neal, Dr. L. E. Ohman, Tom  
O'Leary, Dr. Armstrong Osborne, Professor  
Alfio Parisi, Tanya Patrick, Karen Pearce,  
Silvia Piviali, Dr. Noel Roberts, Diane  
Robinson, Phil Rodwell, Christophe  
Rothmund, Philippa Rowlands, Dr. Wayne  
Rowlands, Dr. Andrew Sakko, Professor  
Jonathon Scott, Barry Stone, Robyn  
Stutchbury, Melissa Trudinger, Nicole  
Vanderkroef, Dr. Anica Vasic, Dr. Magda  
Wajrak, Alan Whitman

**Umschlaggestaltung:** Stan Lamond

**Gestaltungsleitung:** Jacqueline Richards

**Gestaltung:** Ingo Voss

**Bildredaktion:** Loretta Barnard, Casey Golden,  
Melody Lord

**Illustrationen:** Andrew Davies, Glen Vause

**Register:** Tricia Waters

© 2014 für diese deutsche Ausgabe:  
h.fullmann publishing GmbH  
Sonderausgabe

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwertung der Texte und Bilder  
dieses Werks, auch auszugsweise, ist ohne vorherige schriftliche  
Genehmigung des Verlags in jeder Form (Vervielfältigung,  
Übersetzung, Mikroverfilmung, Verarbeitung in elektronischen  
Systemen) urheberrechtswidrig und strafbar.

**Übersetzung,**  
**Redaktion und Satz:** Gundula Müller-Wallraf, München

**Projektleitung:** Lars Pietzschmann,  
Ulrike Reihn-Hamburger

**Gesamtherstellung:** h.fullmann publishing GmbH, Potsdam

Printed in China, 2014

ISBN 978-3-8480-0793-6

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1  
X IX VIII VII VI V IV III II I

www.ullmann-publishing.com  
newsletter@ullmann-publishing.com  
facebook.com/hfullmann  
twitter.com/hfullmann

#### Abbildungen auf Umschlag und folgenden Seiten:

**Umschlag Vorderseite:** Zwischen den Zeigefingern  
(Röntgenaufnahme der Hände) zweier Menschen springt ein  
Funke; digital zusammengesetztes Bild.

**Umschlag Rückseite (von oben nach unten):**  
Eine zerplatzende Seifenblase; das Farbspiel entsteht durch  
die Überlagerung von Lichtstrahlen, die von der Vorder- und  
Rückseite der dünnen Blasenhülle reflektiert werden.

Eine alte Skala aus Eisen.

Lichtführende Glasfasern.

Die imposante Felsformation „The Wave“ im Naturschutzgebiet  
Paria Canyon/Vermilion Cliffs, Utah, USA.

Zwei Seegurken-Schwimmkrabben (*Lissocarcinus orbicularis*)  
auf einer Seegurke.

Die Alnitak-Region im Sternbild Orion (Flammennebel NGC 2024,  
Pferdekopfnebel IC434).

Röntgenaufnahme eines männlichen Skeletts, Detail.

**Seite 1:** Blaue Glaskugel mit leuchtenden Plasmafäden im  
Inneren.

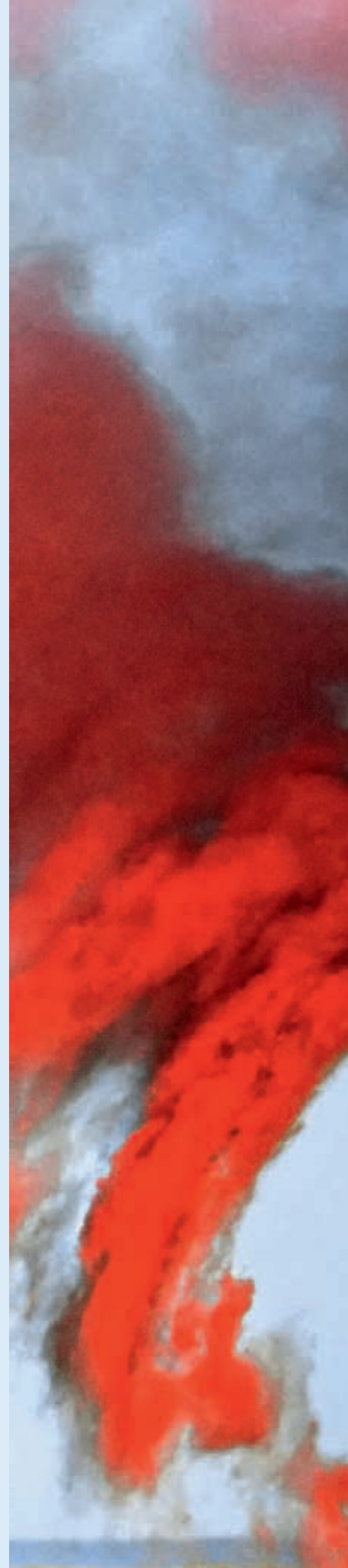
**Seite 2:** Ein Forscher untersucht die aus dem Piton de la Four-  
naise, einem aktiven Vulkan auf La Réunion, austretende Lava.

**Seiten 4–5:** Farbiger Rauch erhebt sich in einem durch die  
Luftbewegung verursachten Wirbel von einem landwirtschaft-  
lichen Flugplatz. Die Untersuchung solcher Wirbel ermöglicht  
es der NASA und den Luftfahrtbehörden, Richtlinien für den  
zwischen zwei Flugzeugen einzuhaltenen Abstand festzusetzen.

**Seiten 6–7:** Sturmforscher bringen in einem Superzellen-Gewitter  
einen Wetterballon in die Luft.

**Seiten 8–9:** Detail der Skala eines Winkelmessers.

**Seiten 10–11:** Ein Wissenschaftler untersucht das Wachstum von  
Hefepilzen auf pflanzlichen Proben.





Dies ist eine unverkäufliche Leseprobe des Verlags *h.f.ullmann publishing*.

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Text und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.

© *h.f.ullmann publishing*, Potsdam (2016)

Dieses Buch und unser gesamtes Programm finden Sie unter [www.ullmann-publishing.com](http://www.ullmann-publishing.com).