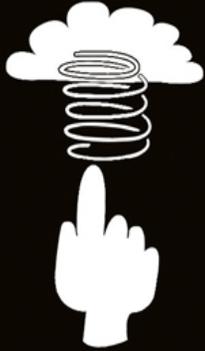




WELTEN  
JENSEITS  
UNSERES  
SONNEN-  
SYSTEMS



WIR MÖCHTEN  
EINE STRUKTUR FÜR  
DAS SALZ DER  
DESOXYRIBONUKLEIN-  
SAURE (DNA)  
VORSCHLAGEN



DIE LUFT  
»FEDERT«



DER RADIUS DES RAUMS  
WAR ANFANGS NULL

WIR  
BESTEHEN AUS  
STERNENSTAUB

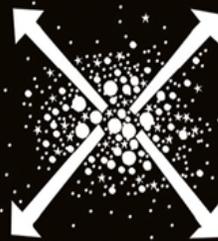


DIE BAHN  
EINES JEDEN  
PLANETEN IST  
EINE ELLIPSE

# DAS WISSENSCHAFTS- BUCH



EINE  
THEORIE  
FÜR ALLES?



DAS UNIVERSUM  
IST GROSS ...  
UND WIRD  
IMMER GRÖßER



EIN  
NEUES  
GESETZ  
DER NATUR



EINE EVOLUTIONÄRE  
VERBINDUNG ZWISCHEN  
DEN VÖGELN UND DEN  
DINOSAURIERN



DIE  
MASSE EINER  
PFLANZE  
KOMMT AUS  
DER LUFT



STRAHLUNG IST EINE  
ATOMARE EIGENSCHAFT  
DER ELEMENTE



# INHALT

---

## EINLEITUNG

---

### DER BEGINN DER WISSENSCHAFT

---

600 V. CHR. BIS 1400

---

**Eine Sonnenfinsternis lässt sich vorhersagen**

Thales von Milet

**Nun hört von der vierfachen Wurzel von allem**

Empedokles

**Die erste Messung des Erdumfangs**

Eratosthenes

**Der Mensch ist mit den niederen Wesen verwandt**

At-Tusi

**Ein in einer Flüssigkeit schwimmender Körper verdrängt sein  
Volumen**

Archimedes

**Die Sonne ist wie Feuer, der Mond ist wie Wasser**

Zhang Heng

**Das Licht gelangt auf geradem Weg in unser Auge**

Alhazen



---

## **DIE WISSENSCHAFTLICHE REVOLUTION**

1400–1700

---

### **In der Mitte aber von allen steht die Sonne**

Nikolaus Kopernikus

### **Die Bahn eines jeden Planeten ist eine Ellipse**

Johannes Kepler

### **Fallende Körper beschleunigen gleichmäßig**

Galileo Galilei

### **Die Erdkugel ist ein Magnet**

William Gilbert

### **Nicht durch Reden, sondern durch Versuche**

Francis Bacon

### **Die Luft »federt«**

Robert Boyle

### **Ist das Licht Teilchen oder Welle?**

Christiaan Huygens

### **Erste Beobachtung eines Venustransits**

Jeremiah Horrocks

**Organismen entwickeln sich Schritt für Schritt**

Jan Swammerdam

**Alle Lebewesen bestehen aus Zellen**

Robert Hooke

**Gesteinsschichten bilden sich übereinander**

Nicolas Steno

**Mikroskopische Beobachtungen von »Animalcules«**

Antonie van Leeuwenhoek

**Die Messung der Lichtgeschwindigkeit**

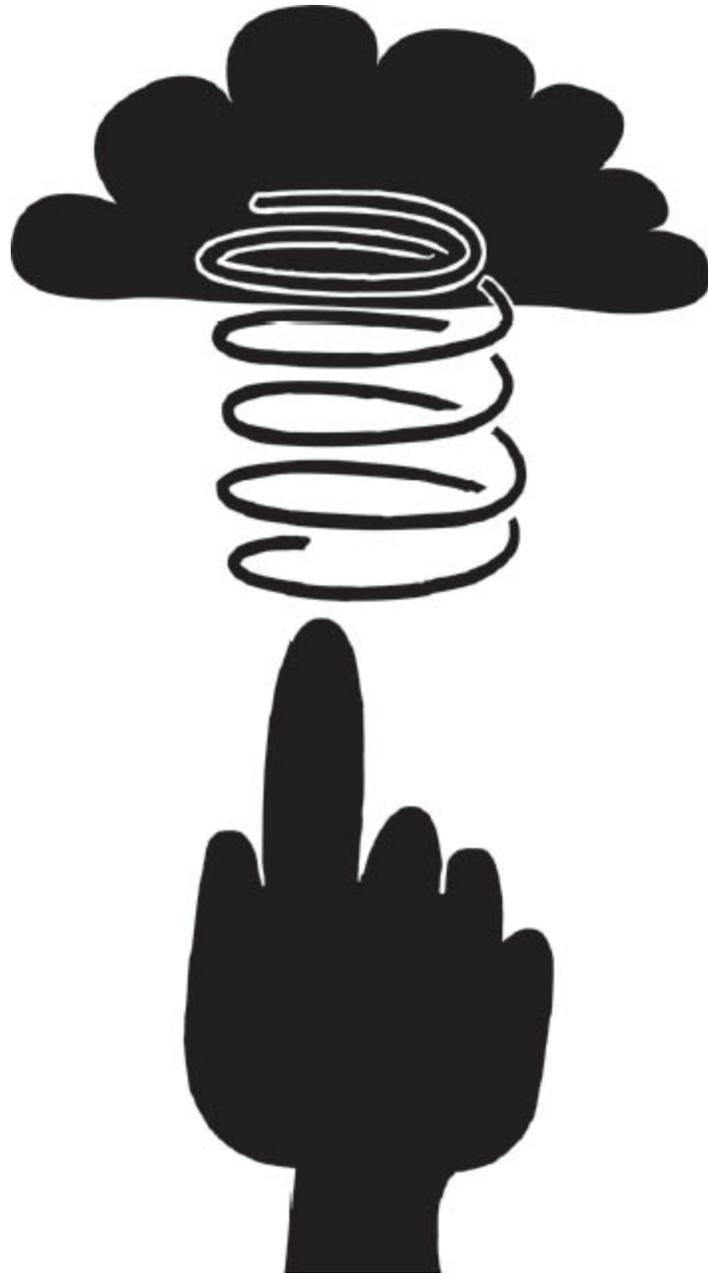
Ole Rømer

**Eine Art entspringt niemals dem Samen einer anderen**

John Ray

**Gravitation beeinflusst alles im Universum**

Isaac Newton



---

## **DIE ERWEITERUNG DES HORIZONTS**

1700–1800

---

**Die Natur schreitet nicht in Sprüngen voran**

Carl von Linné

**Die Wärme, die bei der Umwandlung von Wasser in Dampf verschwindet, ist nicht verloren**

Joseph Black

**Brennbare Luft**

Henry Cavendish

**Winde, die sich dem Äquator nähern, werden immer östlicher**

George Hadley

**Eine starke Strömung kommt aus dem Golf von Florida**

Benjamin Franklin

**Dephlogisierte Luft**

Joseph Priestley

**In der Natur wird nichts erschaffen, nichts geht verloren, alles ändert sich**

Antoine Lavoisier

**Die Masse einer Pflanze kommt aus der Luft**

Jan Ingenhousz

**Die Entdeckung neuer Planeten**

Friedrich Wilhelm Herschel

**Die Minderung der Lichtgeschwindigkeit**

John Michell

**Das elektrische Fluidum in Bewegung setzen**

Alessandro Volta

**Kein Anzeichen von Anfang und Ende**

James Hutton

**Die Anziehungskraft der Berge**

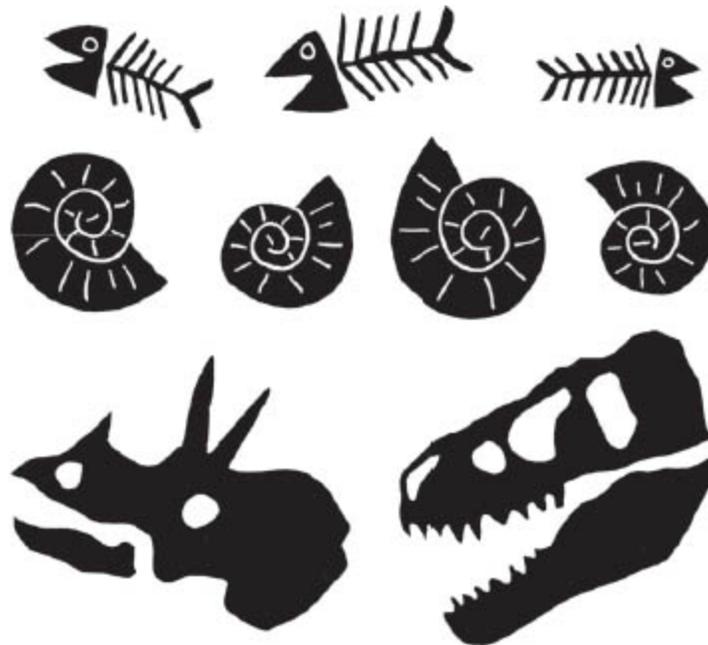
Nevil Maskelyne

**Das Geheimnis der Natur im Aufbau und in der Befruchtung der Pflanzen**

Christian Sprengel

**Die Elemente verbinden sich immer auf dieselbe Weise**

Joseph Proust



---

**EIN JAHRHUNDERT DES FORTSCHRITTS**

1800–1900

---

**Die Experimente können bei Sonnenlicht leicht wiederholt werden**

Thomas Young

**Die relativen Massen der letzten Teilchen bestimmen**

John Dalton

**Elektrizität kann chemische Effekte erzeugen**

Humphry Davy

**Die ersten geologischen Karten**

William Smith

**Sie kann die Knochen zuordnen**

Mary Anning

**Die Vererbung erworbener Eigenschaften**

Jean-Baptiste Lamarck

**Jede chemische Verbindung hat zwei Teile**

Jöns Jakob Berzelius

**Der elektrische Konflikt ist nicht auf den leitenden Draht beschränkt**

Hans Christian Ørsted

**Eines Tages, Sir, können Sie dies besteuern**

Michael Faraday

**Die Wärme durchdringt jede Substanz im Universum**

Joseph Fourier

**Die künstliche Herstellung organischer Substanzen**

Friedrich Wöhler

**Der Wind bläst niemals geradeaus**

Gaspard-Gustave de Coriolis

**Das farbige Licht der Doppelsterne**

Christian Doppler

**Der Gletscher war Gottes großer Hobel**

Louis Agassiz

**Die Natur als ein belebtes Ganzes auffassen**

Alexander von Humboldt

**Licht bewegt sich in Wasser langsamer als in Luft**

Léon Foucault

**Lebendige Kraft kann in Wärme verwandelt werden**

James Prescott Joule

**Statistische Untersuchung der Molekülbewegung**

Ludwig Boltzmann

**Plastik wollte ich eigentlich nicht erfinden**

Leo Baekeland

**Dieses Prinzip nenne ich die natürliche Auslese**

Charles Darwin

**Das Wetter vorhersagen**

Robert Fitzroy

***Omne vivum ex vivo* – Alles Leben entsteht aus Leben**

Louis Pasteur

**Eine der Schlangen erfasste ihren eigenen Schwanz**

Friedrich August Kekulé

**In dem entschieden ausgesprochenen Durchschnitts-Verhältnisse**

**3:1**

Gregor Mendel

**Eine evolutionäre Verbindung zwischen den Vögeln und den Dinosauriern**

Thomas Henry Huxley

**Eine offenbare Periodizität der Eigenschaften**

Dmitri Mendelejew

**Licht und Magnetismus sind Erscheinungen derselben Substanz**

James Clerk Maxwell

**Aus der Röhre traten Strahlen aus**

Wilhelm Conrad Röntgen

**Der Blick ins Innere der Erde**

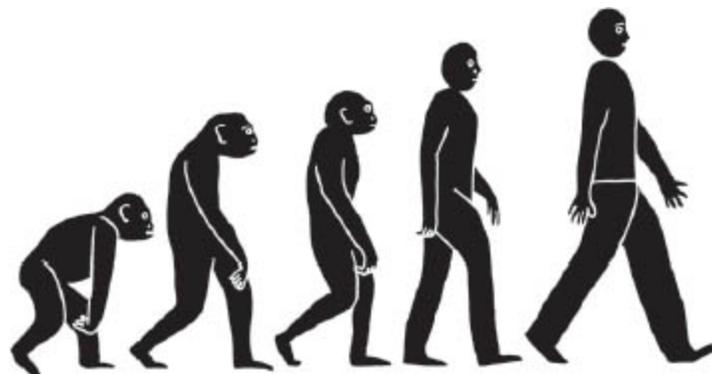
Richard Dixon Oldham

**Strahlung ist eine atomare Eigenschaft der Elemente**

Marie Curie

**Eine ansteckende lebendige Flüssigkeit**

Martinus Beijerinck



---

**EIN PARADIGMENWECHSEL**

1900–1945

---

**Quanten sind diskrete Energiepakete**

Max Planck

**Jetzt weiß ich, wie das Atom aussieht**

Ernest Rutherford

**Gravitation ist eine Verzerrung im Raum-Zeit-Kontinuum**

Albert Einstein

**Die sich verschiebenden Kontinente sind riesige Teile eines sich stets ändernden Puzzles**

Alfred Wegener

**Chromosomen spielen eine Rolle in der Vererbung**

Thomas Hunt Morgan

**Teilchen haben wellenartige Eigenschaften**

Erwin Schrödinger

**Unbestimmtheit ist unvermeidlich**

Werner Heisenberg

**Das Universum ist groß ... und wird immer größer**

Edwin Hubble

**Der Radius des Raums war anfangs null**

Georges Lemaître

**Jedes Materieteilchen hat ein Gegenstück aus Antimaterie**

Paul Dirac

**Es gibt eine Obergrenze, ab der ein kollabierender Stern instabil wird**

Subrahmanyan Chandrasekhar

**Leben ist Lernen**

Konrad Lorenz

**95 Prozent des Universums fehlen**

Fritz Zwicky

**Eine universelle Rechenmaschine**

Alan Turing

**Die Natur der chemischen Bindung**

Linus Pauling

## **Eine furchtbare Kraft steckt im Atomkern**

J. Robert Oppenheimer



---

## **GRUNDBAUSTEINE**

1945–HEUTE

---

### **Wir bestehen aus Sternenstaub**

Fred Hoyle

### **Springende Gene**

Barbara McClintock

### **Die seltsame Theorie von Licht und Materie**

Richard Feynman

**Das Leben ist kein Wunder**

Harold Urey und Stanley Miller

**Wir möchten eine Struktur für das Salz der Desoxyribonukleinsäure (DNA) vorschlagen**

James Watson und Francis Crick

**Alles, was passieren kann, passiert auch**

Hugh Everett III

**Ein perfektes Tic Tac Toe**

Donald Michie

**Die Einheit der Fundamentalkräfte**

Sheldon Glashow

**Der Grund für die globale Erwärmung sind wir selbst**

Charles Keeling

**Der Schmetterlingseffekt**

Edward Lorenz

**Das Vakuum ist nicht das Nichts**

Peter Higgs

**Symbiose gibt es überall**

Lynn Margulis

**Die Dreierbande – Quarks**

Murray Gell-Mann

**Eine Theorie für Alles?**

Gabriele Veneziano

**Schwarze Löcher verdampfen**

Stephen Hawking

**Die Erde und alle ihre Lebensformen bilden einen einzigen lebenden Organismus namens Gaia**

James Lovelock

**Eine Wolke besteht aus Schwaden auf Schwaden**

Benoît Mandelbrot

**Ein Quantenmodell für Computer**

Yuri Manin

**Gene können sich von einer Art zu einer anderen bewegen**

Michael Syvanen

**Der Fußball hält sehr hohen Druck aus**

Harold Kroto

**Genübertragung auf Menschen kann Krankheiten heilen**

William French Anderson

**Der Entwurf neuer Lebensformen am Bildschirm**

Craig Venter

**Ein neues Gesetz der Natur**

Ian Wilmut

**Welten jenseits unseres Sonnensystems**

Geoffrey Marcy



**ANHANG**

**GLOSSAR**

**DANK**

# EINLEITUNG

---

Wissenschaft ist die permanente Suche nach Wahrheit – ein ständiger Versuch zu enthüllen, wie das Universum funktioniert, der bis in die ältesten Kulturen zurückreicht. Getrieben durch Neugier, baut sie auf logisches Denken, Beobachtung und Experimente. Der griechische Philosoph Aristoteles etwa schuf in seinen wissenschaftlichen Schriften die Grundlagen für viele der nachfolgenden Werke. Er war ein guter Naturbeobachter, aber da er rein auf Logik und Erörterungen vertraute und keinerlei Experimente durchführte, verstand er vieles falsch. So behauptete er, dass große Körper schneller fielen als kleine und doppelt so schwere Körper auch doppelt so schnell. Diese Vorstellung ist zwar falsch, doch sie wurde erst 1590 von dem italienischen Astronomen Galileo Galilei widerlegt. Heute mag es selbstverständlich sein, dass gute Wissenschaftler sich auf empirische Befunde stützen, doch das galt nicht immer.



## Die wissenschaftliche Methode

Ein logisches System für das wissenschaftliche Vorgehen wurde erstmals im frühen 17. Jahrhundert von dem englischen Philosophen

Francis Bacon vorgeschlagen. Er baute auf dem 600 Jahre alten Werk des arabischen Gelehrten Alhazen auf und wurde schon bald von dem französischen Philosophen René Descartes bestärkt. In dem System müssen Forscher Beobachtungen machen, eine Theorie zu ihrer Erklärung entwickeln und dann die Theorie mit Experimenten prüfen. Anschließend wird die Theorie Kollegen vorgelegt, die entweder Lücken in den Überlegungen finden und sie so widerlegen oder die Experimente wiederholen und die Ergebnisse bestätigen können.

Das Aufstellen einer überprüfbaren Hypothese oder Vorhersage ist immer von Nutzen. Der englische Astronom Edmond Halley beobachtete 1682 einen Kometen.

»Alle Wahrheiten sind leicht zu verstehen, wenn sie entdeckt sind. Es kommt darauf an, sie zu entdecken.«

### **Galileo Galilei**

Da ihm die Ähnlichkeit zu bereits 1531 und 1607 gesichteten Kometen auffiel, behauptete er, es handele sich bei allen um denselben Kometen, der auf einer Bahn um die Sonne kreise. Er berechnete, dass der Komet 1758 wiederkehren würde – und er hatte recht, wenn auch nur knapp: Der Komet wurde am 25. Dezember gesichtet. Heute heißt er Halley'scher Komet. Da Astronomen kaum Versuche durchführen können, müssen sie Belege aus Beobachtungen herleiten.

Manchmal eröffnen Versuche auch völlig neue Blickwinkel: Als der Physiker Ernest Rutherford seinen Studenten zusah, die Alphateilchen auf eine Goldfolie schossen und dabei nur kleine Streuwinkel untersuchten, schlug er ihnen vor, den Detektor auch neben der Teilchenquelle aufzustellen. Zu ihrer aller Überraschung prallten einige Teilchen von der papierdünnen Folie zurück – so, als würden

Granaten von Seidenpapier reflektiert. Das führte ihn zu einer neuen Idee über den Aufbau der Atome.

Ein Versuch ist umso überzeugender, je besser der Forscher mit seiner neuen Theorie das Ergebnis vorhersagen kann. Wenn die Vorhersage tatsächlich eintritt, ist die Theorie gestützt. Dennoch kann die Wissenschaft nicht *beweisen*, dass eine Theorie korrekt ist. Der Wissenschaftsphilosoph Karl Popper zeigte im 20. Jahrhundert, dass Theorien nur widerlegt werden können. Jeder Versuch, der zum erwarteten Ergebnis führt, stützt eine Theorie, doch nur ein gescheitertes Experiment kann sie zum Einsturz bringen.

Über die Jahrhunderte wurden alte Vorstellungen wie das geozentrische Universum, die vier Temperamente, das Feuerelement Phlogiston und das rätselhafte Medium Äther widerlegt und durch neue ersetzt. Doch auch sie sind wiederum nur Theorien, wenn auch ihre Widerlegung angesichts der Belege in vielen Fällen unwahrscheinlich ist.



## **Entwicklung der Ideen**

Die Wissenschaft schreitet selten in einfachen, logischen Schritten voran. Zwar können Entdeckungen unabhängig voneinander gemacht werden, aber fast immer baut ein Fortschritt auf vorigen Arbeiten und Theorien auf. Ein Grund für den Bau des riesigen Teilchenbeschleunigers LHC ab 1998 war die Suche nach dem 1964 vorhergesagten Higgs-Teilchen. Die Vorhersage stützte sich auf theoretische Vorarbeiten über den Aufbau des Atoms, die bis Rutherford und den dänischen Forscher Niels Bohr in den 1920er-

Jahren zurückreichten und ihrerseits die Entdeckung des Elektrons 1897 voraussetzten. Diese wiederum hing von der Entdeckung der Kathodenstrahlen 1869 ab, welche ohne die Vakuumpumpe und die Erfindung der Batterie 1799 nie möglich gewesen wäre – und so spannt sich der Bogen über Jahrzehnte und Jahrhunderte. Der große englische Physiker Isaac Newton sagte: »Wenn ich weiter geblickt habe, so deshalb, weil ich auf den Schultern von Riesen stehe.« Damit meinte er vor allem Galilei, aber vielleicht hat er auch ein Exemplar der *Optik* von Alhazen gesehen.

### **Die ersten Wissenschaftler**

Die ersten Philosophen mit wissenschaftlichem Anspruch lebten im 6. und 5. Jahrhundert v. Chr. in Griechenland. Thales von Milet sagte im Jahr 585 v. Chr. eine Sonnenfinsternis voraus. Pythagoras gründete 50 Jahre später im heutigen Südtalien eine mathematische Schule und Xenophanes fand Muscheln auf einem Berg und schloss daraus, die ganze Erde müsse einst von Meer bedeckt gewesen sein.

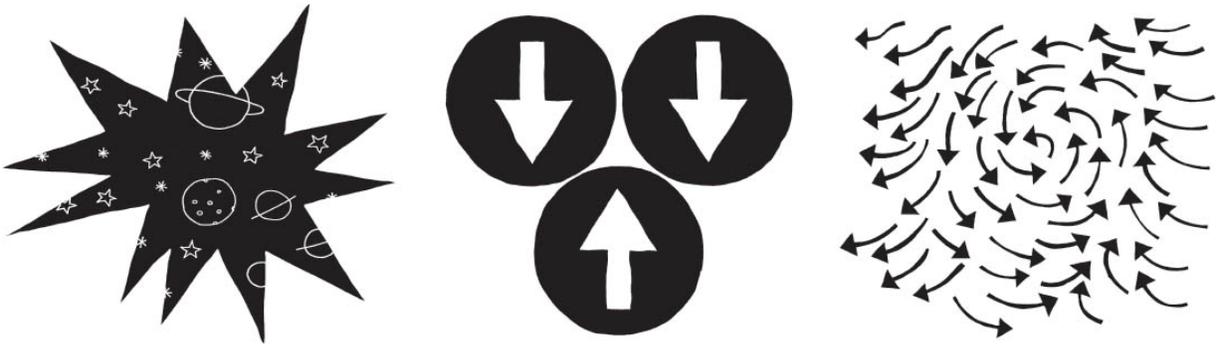
In Sizilien behauptete Empedokles im 4. Jahrhundert v. Chr., Erde, Luft, Feuer und Wasser seien die »vierfache Wurzel von allem«. Einer Legende nach bestieg er mit seinen Anhängern den Ätna und stürzte sich hinein, um seine Unsterblichkeit zu zeigen – und tatsächlich erinnern wir uns noch heute an ihn.

### **Sterngucker**

Zur gleichen Zeit versuchten Menschen in Indien, China und rund um das Mittelmeer, die Bewegung der Himmelskörper zu verstehen. Sie fertigten Sternkarten – auch zur Navigation – und benannten Sterne und Sterngruppen. Einige »Wandelsterne«, die vor dem Hintergrund der »Fixsterne« unregelmäßige Bahnen zogen, nannten sie »Planeten«. Die Chinesen entdeckten um 240 v. Chr. den Halley'schen Kometen und beobachteten 1054 eine Supernova, die heute Krebsnebel genannt wird. »

»Um die Wahrheit zu finden, muss einmal im Leben an allem, soweit es möglich ist, gezweifelt werden.«

### René Descartes



### Haus der Weisheit

Im späten 8. Jahrhundert gründete das Abbasiden-Kalifat in der neuen Hauptstadt Bagdad das »Haus der Weisheit« mit einer Riesensbibliothek. Das setzte schnelle Fortschritte der islamischen Wissenschaft und Technik in Gang. Viele sinnreiche mechanische Geräte wurden dort erfunden, etwa das Astrolabium, ein Hilfsmittel zur Navigation mithilfe der Sterne. Die Alchemie florierte, Techniken wie die Destillation tauchten auf. Die Gelehrten sammelten in der Bibliothek die wichtigsten Bücher aus Griechenland und Indien und übersetzten sie ins Arabische. Auf diese Weise wurden sie bewahrt und später im Westen wiederentdeckt. Die »arabischen« Zahlen, inklusive der Null, stammen also aus Indien.

### Die moderne Wissenschaft

Als das Monopol der Kirche über die wissenschaftliche Wahrheit in der westlichen Welt langsam zu schwinden begann, erschienen 1543 zwei

bahnbrechende Bücher. Der flämische Anatom Andreas Vesalius beschrieb in *De Humani Corporis Fabrica* mit ausgezeichneten Illustrationen seine Sektionen menschlicher Körper. In *De Revolutionibus Orbium Coelestium* behauptete der polnische Domherr Nikolaus Kopernikus, dass die Sonne den Mittelpunkt des Universums bilde. Damit überwand er das geozentrische Weltmodell, das Ptolemäus von Alexandria ein Jahrtausend zuvor entwickelt hatte.

Im Jahr 1600 erklärte der englische Arzt William Gilbert in *De Magnete*, dass die Kompassnadel nach Norden zeigt, weil die Erde selbst ein Magnet ist. Er behauptete sogar, dass der Erdkern aus Eisen bestehe. 1623 beschrieb William Harvey, ein weiterer englischer Arzt, das Herz als Pumpe, die das Blut durch den Körper treibt. Damit verwarf er die 1400 Jahre alte Theorie des spätantiken Arztes Galen. In den 1660er-Jahren schrieb der irische Chemiker Robert Boyle mehrere Bücher, darunter *The Sceptical Chymist*, worin er den Begriff des chemischen Elements definierte. Dies markiert die Geburt der Chemie als Wissenschaft, in Abgrenzung zur mystischen Alchemie, von der sie abstammt.

Robert Hooke, zeitweise Boyles Assistent, schrieb 1665 mit *Micrographia* den ersten wissenschaftlichen Bestseller. Seine Falttafeln mit herrlichen Bildern, etwa von einem Floh oder einem Fliegenauge, eröffneten eine mikroskopische Welt, die niemand je zuvor gesehen hatte. 1687 folgte Isaac Newtons Werk *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, kurz *Principia*, das als das wichtigste Wissenschaftsbuch aller Zeiten gilt. Seine Bewegungsgesetze und das universelle Gravitationsgesetz bilden die Grundlage der klassischen Physik.

## **Elemente, Atome, Evolution**

Im 18. Jahrhundert erkannte der französische Chemiker Antoine Lavoisier die Rolle von Sauerstoff bei der Verbrennung und widerlegte die Phlogistontheorie. Bald wurden etliche neue Gase und ihre Eigenschaften untersucht. Das Nachdenken über Gase in der Atmosphäre führte den britischen Forscher John Dalton zu der Behauptung, jedes Element bestehe aus einzigartigen Atomen, und er

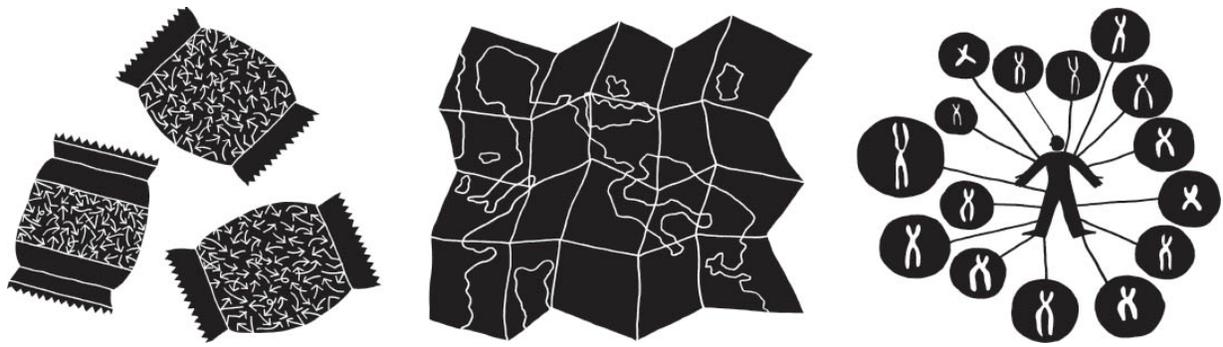
entwickelte die Idee des Atomgewichts. Dann schuf der deutsche Chemiker Friedrich August Kekulé die Grundlagen der Molekülstruktur und der russische Chemiker Dmitri Mendelejew stellte das erste Periodensystem der Elemente vor.

»Mir selbst komme ich nur wie ein Junge vor, der am Strand spielt und sich damit vergnügt, ein noch glatteres Kieselsteinchen ... zu finden, während das große Meer der Wahrheit gänzlich unerforscht vor mir liegt.«

### **Isaac Newton**

Die elektrische Batterie, erfunden 1799 von Alessandro Volta, eröffnete neue Forschungsfelder. Der Däne Hans Christian Ørsted und der Brite Michael Faraday entdeckten den Elektromagnetismus, die Grundlage für den Elektromotor. Mittlerweile wurden die Ideen der klassischen Physik auf die Atmosphäre, die Sterne, die Lichtgeschwindigkeit und die Wärme angewandt und die Disziplin der Thermodynamik entwickelte sich.

Die Geologen rekonstruierten anhand von Gesteinsschichten die Erdgeschichte, und als Reste ausgestorbener Tiere gefunden wurden, kam die Paläontologie in Mode. Eine berühmte Fossilienjägerin war die Autodidaktin Mary Anning. Mit den Dinosauriern entwickelten sich auch die Idee einer Evolution – am bekanntesten die Theorie von Charles Darwin – und neue Theorien über den Ursprung des Lebens und die Ökologie.



## **Unbestimmt und unendlich**

Anfang des 20. Jh. entwickelte der junge Albert Einstein seine Relativitätstheorie, die die klassische Physik erschütterte und die Idee der Absolutheit von Zeit und Raum verwarf. Neue Atommodelle entstanden. Versuche zeigten, dass Licht sich mal als Welle und mal als Teilchen verhielt. Und Werner Heisenberg zeigte, dass es bei Messungen prinzipielle Unbestimmtheiten gibt.

Beeindruckend war an diesem Jahrhundert aber vor allem, wie die Wissenschaften dank technischer Fortschritte schneller denn je voranschreiten und immer präzisere Theorien aufstellen konnten. Immer größere Teilchenbeschleuniger enthüllten neue Grundbausteine der Materie. Immer stärkere Teleskope zeigten, dass das Universum sich ausdehnt und wohl aus einem »Urknall« entstanden ist. Die Idee von Schwarzen Löchern etablierte sich. Dunkle Materie und dunkle Energie, was immer das auch sei, erfüllen wohl das Universum, und die Astronomen entdeckten neue Welten – Planeten ferner Sterne, die zum Teil möglicherweise Leben tragen. Alan Turing entwickelte das Konzept einer universellen Rechenmaschine und heute sind PCs, das Internet und Smartphones weltweit verbreitet.

»Realität ist eine Illusion, allerdings eine sehr hartnäckige.«

**Albert Einstein**

### **Geheimnisse des Lebens**

In der Biologie erwiesen sich die Chromosomen als Grundlage der Vererbung, und die chemische Struktur der DNA wurde entschlüsselt. Kaum 40 Jahre später begann das Humangenomprojekt, das anfangs fast unlösbar erschien, dann aber durch Fortschritte der Computertechnik immer rascher vorankam. DNA-Sequenzierung ist heute fast Laborroutine, Gentherapie ist keine vage Hoffnung mehr, und die ersten Säugetiere sind geklont.

Heutige Forscher entwickeln die Theorien und Erkenntnisse in beharrlicher Suche nach der Wahrheit weiter. Es wird wohl immer mehr Fragen als Antworten geben, doch neue Entdeckungen werden gewiss auch künftig erstaunen. ■

# DER BEGINN DER WISSENSCHAFT

## 600 V. CHR. BIS 1400

---

**585 V. CHR.**

Thales von Milet sagt eine **Sonnenfinsternis** voraus und beendet damit die Schlacht am Halys.

**UM 500 V. CHR.**

Xenophanes findet Muscheln im Gebirge und behauptet, die **ganze Erde sei einst von Wasser bedeckt gewesen.**

**UM 325 V. CHR.**

Aristoteles schreibt eine Reihe von Büchern über **Physik, Biologie und Zoologie.**

**UM 250 V. CHR.**

Aristarch von Samos behauptet, nicht die Erde, sondern die **Sonne bilde den Mittelpunkt des Universums.**

**UM 530 V. CHR.**

Pythagoras gründet in Kroton (Süditalien) eine **mathematische Schule.**

**UM 450 V. CHR.**

Nach Empedokles bestehen alle Dinge aus einer **Kombination von Erde, Luft, Feuer und Wasser.**

**UM 300 V. CHR.**

Theophrast von Eresos schreibt Bücher wie die *Naturgeschichte der Gewächse* und begründet damit die **Botanik.**

**UM 240 V. CHR.**

Archimedes ermittelt, dass eine Krone nicht aus purem Gold besteht, indem er ihren **Auftrieb** misst.

**UM 240 v. CHR.**

Archimedes' Freund Erathostenes berechnet den **Umfang der Erde** aus der Länge eines Schattens zur Mittagszeit.

**UM 130 v. CHR.**

Hipparch entdeckt die **Präzession der Erdbahn** und stellt den ersten Sternenkatalog des Abendlandes zusammen.

**UM 150 v. CHR.**

Der *Almagest* von Claudius Ptolemäus wird trotz vieler Fehler das **maßgebliche Lehrbuch zur Astronomie** im Westen.

**964**

Der persische Astronom Abd ar-Rahman as-Sufi überarbeitet den *Almagest* und **gibt vielen Sternen die heute noch gebräuchlichen arabischen Namen.**

**UM 230 v. CHR.**

Ktesibios baut **Wasseruhren**, sogenannte Klepsyden, die jahrhundertlang die genauesten Zeitmesser bleiben.

**UM 120 v. CHR.**

In China untersucht Zhang Heng Verfinsterungen und erstellt einen **Katalog mit 2500 Sternen.**

**628**

Der indische Mathematiker Brahmagupta stellt die ersten Regeln zum Gebrauch der **Zahl Null** vor.

**1021**

Alhazen, einer der ersten Experimentalforscher, führt seine Versuche über **das Sehen und die Optik** durch.

Die wissenschaftliche Erforschung der Welt hat ihre Wurzeln in Mesopotamien. Die Erfindung der Landwirtschaft und der Schrift gaben den Menschen mehr Zeit für Untersuchungen und außerdem die Möglichkeit, ihre Ergebnisse festzuhalten. Inspiriert wurde die frühe Wissenschaft durch den nächtlichen Himmel. Seit dem 4. Jahrhundert v. Chr. beobachteten sumerische Priester die Sterne und hielten ihre Ergebnisse auf Tontafeln fest. Ihre Methoden sind zwar nicht überliefert, doch eine Tafel von 1800 v. Chr. zeigt, dass die Eigenschaften rechtwinkliger Dreiecke bekannt waren.

## **Das antike Griechenland**

Die alten Griechen betrachteten Wissenschaft als Teil der Philosophie. Als erste Person mit einem wissenschaftlichen Werk gilt Thales von Milet, von dem Platon berichtete, er habe so viel Zeit mit Träumerei und Sternbeobachtung verbracht, dass er einmal in einen Brunnen fiel. Wohl mithilfe von Daten der älteren Babylonier sagte Thales 585 v. Chr. eine Sonnenfinsternis voraus und zeigte so die Macht der Wissenschaft.

Das antike Griechenland war kein einheitlicher Staat, sondern ein lockerer Bund vieler Stadtstaaten. Aus Milet in der heutigen Türkei stammen mehrere berühmte Philosophen. Im griechischen Athen lehrte und wirkte Aristoteles, ein kluger Beobachter, der aber keine eigenen Experimente durchführte. Wenn er viele kluge Köpfe zusammenführte, so glaubte er, werde sich die Wahrheit zeigen. Der Ingenieur Archimedes aus Syrakus auf Sizilien untersuchte die Eigenschaften von Flüssigkeiten. Ein neues Zentrum der Gelehrsamkeit war Alexandria, gegründet 331 v. Chr. von Alexander dem Großen an der Mündung des Nils. Hier bestimmte Eratosthenes den Umfang der Erde, Ktesibios baute genaue Uhren, und Heron erfand die Dampfturbine. Zudem wurden in Alexandria Bücher gesammelt, doch diese umfangreichste Bibliothek der antiken Welt brannte ab, als Römer und Christen die Stadt eroberten.

## **Wissenschaft in Asien**

Unabhängig blühte die Wissenschaft in China. Die Chinesen erfanden das Schießpulver – und damit Feuerwerk, Raketen und Kanonen – sowie den Blasebalg zur Metallherstellung. Hier wurden der erste Seismograf und der erste Kompass gebaut. Im Jahr 1054 beobachteten chinesische Astronomen eine Supernova, die seit 1731 als Krebsnebel bezeichnet wird.

Anspruchsvolle Geräte des ersten Jahrtausends, etwa das Spinnrad, wurden in Indien entwickelt, und chinesische Gesandte studierten die dortige Landwirtschaft. Indische Mathematiker entwickelten das Zahlensystem mit der Null und mit negativen Zahlen, das heute als »arabisches« bekannt ist, und sie definierten auch die trigonometrischen Funktionen Sinus und Kosinus.

## **Die goldene Zeit des Islam**

Mitte des 8. Jahrhunderts verlegten die Abbasiden die Hauptstadt ihres Kalifats von Damaskus nach Bagdad. Getreu dem Koranvers »Die Tinte eines Gelehrten ist heiliger als das Blut eines Märtyrers« gründete Kalif Al-Ma'mūn, der Sohn von Hārūn ar-Raschīd, das »Haus der Weisheit« (Bayt al-Hikma), ein Forschungszentrum mit umfangreicher Bibliothek. Die Gelehrten sammelten Bücher der alten griechischen Stadtstaaten und übersetzten sie ins Arabische. Auf diese Weise überlebten etliche antike Texte, die im Westen aber bis ins Mittelalter hinein unbekannt blieben. In der Mitte des 9. Jahrhunderts war die Bibliothek in Bagdad zu einer würdigen Nachfolgerin der Bibliothek von Alexandria geworden.

Im Haus der Weisheit arbeiteten mehrere Astronomen, darunter as-Sufi, der auf den Werken von Hipparch und Ptolemäus aufbaute. Für die arabischen Nomaden hatte die Astronomie praktischen Nutzen, da ihre Kamelkarawanen nachts durch die Wüste zogen. Alhazen aus Basra, der in Bagdad studierte, war einer der ersten Experimentalforscher. Sein Buch zum Thema Optik dürfte wichtigen Einfluss auf die Werke von Isaac Newton gehabt haben. Die arabischen Alchemisten entwickelten die Destillation und andere neue Verfahren, und sie prägten Begriffe wie Alkali, Aldehyd oder Alkohol. Der Arzt ar-

Razi (Rhazes) führte die Seife ein, unterschied erstmals zwischen Pocken und Masern und schrieb in einem seiner vielen Bücher:  
»Aufgabe des Arztes ist es, Gutes zu tun, selbst an unseren Feinden.«  
al-Chwarizmi und andere Mathematiker entwickelten die Algebra sowie die Algorithmen und der Ingenieur al-Dschazari erfand die Schubkurbel, die noch heute etwa in Fahrräder eingebaut wird. Erst viele Jahrhunderte später konnten europäische Wissenschaftler zu diesen Leistungen aufschließen. ■

# EINE SONNENFINSTERNIS LÄSST SICH VORHERSAGEN

THALES VON MILET (624–546 V. CHR.)



## IM KONTEXT

GEBIET

**Astronomie**

FRÜHER

**um 2000 v. Chr.** Anlagen wie die bei Stonehenge könnten zur Berechnung von Sonnenfinsternissen gedient haben.

**um 1800 v. Chr.** Die ältesten Aufzeichnungen zur Bewegung der Himmelskörper entstehen in Babylon.

**2. Jt. v. Chr.**

Babylonische Astronomen entwickeln Methoden zur Vorhersage von Sonnenfinsternissen, nutzen dazu aber Mondbeobachtungen, keine Mathematik.

SPÄTER

**um 140 v. Chr.** Der griechische Astronom Hipparch sagt Sonnenfinsternisse mithilfe des Saros-Zyklus der Erd- und Mondbewegungen vorher.

Thales von Milet, einer griechischen Kolonie in Kleinasien, gilt oft als Begründer der westlichen Philosophie, er war aber auch eine