



# **KINDLER** KOMPAKT KLASSIKER DER NATURWISSENSCHAFTEN

Ausgewählt von Michael Hagner



**J.B. METZLER**



**J.B. METZLER**

**KINDLER KOMPAKT**  
KLASSIKER DER  
NATURWISSEN-  
SCHAFTEN

Ausgewählt von Michael Hagner

J.B. Metzler Verlag

**Kindler Kompakt** bietet Auszüge aus der dritten, völlig neu bearbeiteten Auflage von *Kindlers Literatur Lexikon*, herausgegeben von Heinz Ludwig Arnold. – Die Einleitung wurde eigens für diese Auswahl verfasst und die Artikel wurden, wenn notwendig, aktualisiert.

**Michael Hagner** ist Professor für Wissenschaftsforschung an der ETH Zürich.

# Inhalt

## MICHAEL HAGNER

Auf dem Olymp der Naturwissenschaften hausen viele Götter 11

## PLATON

Timaios / *Timaios* 33

## ARISTOTELES

Vorlesung über die Natur / *Physikē akroasis* 36

## EUKLID

Die Elemente / *Stoicheia* 40

## HIPPOKRATISCHE SCHRIFTEN

Corpus Hippocraticum 43

## PLINIUS DER ÄLTERE

Naturkunde / *Historia naturalis* 45

## CLAUDIUS GALENOS

Ausgewählte Schriften 47

## ABŪ 'ALĪ MUḤAMMAD IBN AL-ḤASAN IBN AL-HAYTHAM

Die Optik / *Kitāb al-Manāzīr* 51

## NIKOLAUS KOPERNIKUS

Über die Kreisbewegungen der Weltkörper / *De revolutionibus orbium coelestium* 53

## ANDREAS VESALIUS

Sieben Bücher über den Bau des menschlichen Körpers / *De humani corporis fabrica libri septem* 56

## CONRAD GESNER

Allgemeines Thierbuch / *Historia animalium* 59

## JOHANNES KEPLER

*Astronomia nova. seu Physica coelestis, tradita commentariis de motibus stellae martis, ex observationibus G.V. tychonis Brahe / Neue Astronomie, oder Physik des Himmels, überliefert in den Abhandlungen über die Bewegung des Sterns Mars nach den Beobachtungen des Tycho Brahe* 61

## FRANCIS BACON

*Instauratio magna* 64

**GALILEO GALILEI**

Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme: das ptolemäische und das kopernikanische / *Dialogo di Galileo Galilei linceo matematico sopraordinario dello studio di Pisa e filosofo e matematico primario del Serenissimo Gr. Duca di Toscana* 72

**ROBERT HOOKE**

Mikrographie / *Micrographia. Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses with Observations and Inquiries thereupon* 75

**ISAAC NEWTON**

Die mathematischen Prinzipien der Physik / *Philosophiae naturalis principia mathematica* 77

**CARL VON LINNÉ**

*Systema naturae. sive regna tria naturae systematice proposita per classes, ordines, genera, & species* / *Natur-Systema, oder die in ordentlichem Zusammenhange vorgetragene drey Reiche der Natur, nach ihren Classen, Ordnungen, Geschlechtern und Arten* 81

**CASPAR FRIEDRICH WOLFF**

Caspar Friedrich Wolff's *Theoria generationis* / *Theoria generationis* 84

**JOHANN FRIEDRICH BLUMENBACH**

Über die natürlichen Verschiedenheiten im Menschengeschlechte / *De generis humani varietate nativa* 86

**ANTOINE-LAURENT LAVOISIER**

Des Herrn Lavoisier System der antiphlogistischen Chemie / *Traité élémentaire de chimie* 88

**LUIGI GALVANI**

Abhandlung über die Kräfte der tierischen Electricität bei der Muskelbewegung / *De viribus electricitatis in motu musculari* 91

**CARL FRIEDRICH GAUSS**

Arithmetische Untersuchungen / *Disquisitiones arithmeticae* 93

**JOHN DALTON**

Ein neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaften / *A New System of Chemical Philosophy* 95

**JEAN-BAPTISTE DE LAMARCK**

Zoologische Philosophie / *Philosophie zoologique, ou exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle des animaux* 97

**PIERRE SIMON MARQUIS DE LAPLACE**

Philosophischer Versuch über die Wahrscheinlichkeiten / *Essai philosophique sur les probabilités* 100

**JOHANNES PETER MÜLLER**

Über die phantastischen Gesichterscheinungen 103

**KARL ERNST VON BAER**

Über Entwicklungsgeschichte der Thiere 106

**CHARLES LYELL**

Geologie oder Entwicklungsgeschichte der Erde und ihrer Bewohner / *Principles of Geology. Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by Reference to Causes Now in Operation* 108

**THEODOR AMBROSE HUBERT SCHWANN**

Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstume der Tiere und Pflanzen 111

**JUSTUS LIEBIG**

Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie 113

**ALEXANDER VON HUMBOLDT**

Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung 115

**GEORGE BOOLE**

Untersuchung der Gesetze des Denkens, auf denen die mathematische Logik und die Wahrscheinlichkeitstheorie beruhen / *An Investigation of the Laws of Thought on Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities* 119

**RUDOLF VIRCHOW**

Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische und pathologische Gewebelehre 122

**CHARLES ROBERT DARWIN**

On the Origin of Species by Means of Natural Selection / *Über die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzenreich durch natürliche Züchtung* 124  
Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl / *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex* 128

**CLAUDE BERNARD**

Einführung in das Studium der experimentellen Medizin / *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* 131

GREGOR JOHANN MENDEL

Versuche über Pflanzen-Hybriden 134

JAMES CLERK MAXWELL

Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus / *A Treatise on Electricity and Magnetism* 137

ÉTIENNE-JULES MAREY

Die graphische Methode in den experimentellen Wissenschaften / *La méthode graphique dans les sciences expérimentales* 139

HERMANN VON HELMHOLTZ

Vorträge und Reden 141

AUGUST FRIEDRICH LEOPOLD WEISMANN

Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung 143

HEINRICH HERTZ

Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt 145

DAVID HILBERT

Grundlagen der Geometrie 147

SIGMUND FREUD

Die Traumdeutung 150

CHARLES SCOTT SHERRINGTON

Die zusammenführende Funktionsweise des Nervensystems / *The Integrative Action of the Nervous System* 154

JULES HENRI POINCARÉ

Wissenschaft und Methode / *Science et méthode* 157

ALFRED LOTHAR WEGENER

Die Entstehung der Kontinente und Ozeane 159

ALBERT EINSTEIN

Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie 161

D'ARCY WENTWORTH THOMPSON

Über Wachstum und Form / *On Growth and Form* 165

IVAN PETROVIČ PAVLOV

Die höchste Nerventätigkeit [das Verhalten] von Tieren / *Dvatcatiletnij opyt ob-ektivnogo izucenija vysszej nervnoj dejatel'nosti (povedenija) zivotnych* 167



WERNER HEISENBERG

Physikalische Prinzipien der Quantentheorie 170

WALTER B. CANNON

Die Weisheit des Körpers / *The Wisdom of the Body* 173

KARL RAIMUND POPPER

Logik der Forschung 176

LUDWIK FLECK

Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache 180

THEODOSIUS DOBZHANSKY

Die genetischen Grundlagen der Artbildung / *Genetics and the Origin of Species* 183

ERWIN SCHRÖDINGER

Was ist Leben? Die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet / *What is Life?. The Physical Aspect of the Living Cell* 185

NORBERT WIENER

Kybernetik. Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine / *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine* 188

CLAUDE ELWOOD SHANNON / WARREN WEAVER

Mathematische Grundlagen der Informationstheorie / *The Mathematical Theory of Communication* 190

THOMAS SAMUEL KUHN

Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen / *The Structure of Scientific Revolutions* 192

PAUL KARL FEYERABEND

Wider den Methodenzwang. Skizze einer anarchistischen Erkenntnistheorie / *Against Method. Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge* 196

MANFRED EIGEN / RUTHILD WINKLER-OSWATITSCH

Das Spiel. Naturgesetze steuern den Zufall 199

RICHARD DAWKINS

Das egoistische Gen / *The Selfish Gene* 201

STEPHEN JAY GOULD

Der falsch vermessene Mensch / *The Mismeasure of Man* 203

RICHARD PHILLIPS FEYNMAN

QED – Die seltsame Theorie des Lichts und der Materie / *QED. The Strange Theory of Light and Matter* 206

# Auf dem Olymp der Naturwissenschaften hausen viele Götter

Michael Hagner

Wer sich an einem Kanon der naturwissenschaftlichen Literatur versucht, stößt früher oder später auf die Frage, ob es Klassiker in diesem Feld überhaupt geben kann. In Literatur, Philosophie oder Geschichtsschreibung werden Klassiker durch ein regelmäßig zu erneuerndes Gütesiegel charakterisiert, auf dem steht: *Lektüre immer noch lohnenswert*. Ob das im weitverzweigten Garten der Lesekultur immer befolgt wird, wäre zu untersuchen, aber im Prinzip werden die Werke Platons oder Jacob Burckhardts immer noch mit der Leidenschaft und Ernsthaftigkeit gelesen, die ihre Texte in enge Nachbarschaft zu unserer Gegenwart rückt.

In den Naturwissenschaften ist das anders. Kein Physiker liest heute noch Isaac Newton, kein Chemiker Antoine Lavoisier. Mehr als alle anderen Wissenschaften halten es die Naturwissenschaften mit Max Webers Einsicht, dass Sinn und Erfüllung wissenschaftlicher Arbeit darin bestehe, überholt zu werden. Eingespannt in die Gesetzmäßigkeit des Fortschritts, müsse jeder forschende Wissenschaftler damit rechnen, dass seine Arbeit in wenigen Jahrzehnten irrelevant sei. Weber war höflich genug, nicht zu sagen, dass sich die wissenschaftliche Wahrheit von heute nicht selten als falsch erweist, aber auch das wird gerne in Kauf genommen: Für den Erkenntnisfortschritt ist der Irrtum konstitutiv.

Wenn also naturwissenschaftliches Wissen trotz der Langlebigkeit etwa von Euklids Geometrie weniger Aussicht auf unbefristete Gültigkeit hat als Literatur oder Philosophie, dann ist nach anderen Kriterien Ausschau zu halten, die den Status des Klassikers rechtfertigen. Ein geeigneter Kandidat wäre die berühmte Formel, wonach jede neue wissenschaftliche Generation *Auf den Schultern von Riesen* steht und deswegen, selbst wenn es sich um Zwerge handelt, weiter sieht als

die Vorgänger. Das klingt plausibel, sofern in diesem Akkumulationsmodell auch der unvermeidliche Irrtum integriert bleibt. Als Riesen könnte man dann diejenigen wissenschaftlichen Taten bezeichnen, die zur Verunsicherung oder Überwindung einer bis dahin gültigen Ansicht beigetragen und mit ihrem Neuansatz etwas geschaffen haben, das selbst wieder neue Forschungen inspirierte. Je größer der Beitrag zur Neuordnung oder gar Neuschaffung eines wissenschaftlichen Feldes, desto leichter lässt sich von einem Klassiker reden, ohne sich mit der Frage abplagen zu müssen, ob eine solche Arbeit auch heute noch der wissenschaftlichen Wahrheit entspricht. Insofern lassen sich Galen und Conrad Gesner ebenso unter die Klassiker einreihen wie Galileo Galilei und Charles Darwin.

12

Die historisierende Perspektive reicht noch weiter, und dabei geht es um mehr als die Zweifel, ob eine bestimmte Erkenntnis heute noch als wahr bzw. relevant zu bezeichnen ist. Viel radikaler wäre zu fragen, ob man die Vorgehensweise, die zu jener Erkenntnis führte, überhaupt als Wissenschaft ansehen würde. Nach Immanuel Kant bemisst sich die Wissenschaftlichkeit einer Disziplin an ihrer Mathematisierbarkeit, und auch wenn diese Maxime nicht immer im strengen Sinne befolgt wurde, sind seither in der Philosophie und in den Naturwissenschaften selbst eine Reihe von Kriterien entwickelt worden, die die Voraussetzung für die Wissenschaftlichkeit einer Forschungsarbeit ausmachen. Dazu zählen Objektivität, Quantifizierung, Experimentalisierung, Falsifikation, Wiederholbarkeit oder Peer Review. Nicht, dass all diese Kriterien für jede einzelne Forschungsarbeit gleich sorgfältig beachtet werden würden, sicher ist nur, dass die meisten Wissenschaften vor 1800 diese Kriterien in kaum einer Weise erfüllt haben. Sollten sie deswegen aus dem Olymp ausgeschlossen werden? Das wäre kurzichtig, denn erstens hieße das, die gegenwärtigen wissenschaftsmethodischen Maßstäbe zu verabsolutieren, obwohl diese selbst historischen Veränderungen unterworfen sind. Zweitens würde damit in Vergessenheit geraten, dass zahlreiche Probleme, Fragen, Interessen und sogar Vorurteile der jüngsten Wissenschaften nicht so aktuell sind, wie es sich in einem geschichtslosen Raum behaupten lässt.

Selbst in den Bereichen, in denen sich das Denken der Vergangenheit grundlegend vom aktuellen unterscheidet, ist es eine reizvolle

Herausforderung, besser verstehen zu wollen, warum und worin die Unterschiede bestehen – in welcher Weise etwa die Theorie des Äthers in der Physik oder die Theorie der Lebenskraft in der Biologie, die heutzutage sinnlos und unwissenschaftlich wären, in der Vergangenheit eine erhebliche wissenschaftliche Produktivität entfaltet haben. Kurz gesagt, es ist viel sinnvoller, die Wissenschaften in ihrer historischen Wandelbarkeit zu verstehen, als von einem heutigen Wissenschaftskonzept auszugehen, von dem niemand zu sagen wüsste, wie lange es noch Gültigkeit hat.

Wie weit soll der Rahmen der Naturwissenschaften gezogen werden? Der Kantschen Maxime der Mathematisierbarkeit folgte die 1889 durch den Chemiker Wilhelm Ostwald begründete Buchreihe *Klassiker der exakten Wissenschaften*, die bis zum Ausbruch des Ersten Weltkriegs mit großem Erfolg fast 200 Bände herausbringen sollte, obwohl diese Reihe nicht für das allgemeine Publikum, sondern für den universitären Unterricht konzipiert war. Unter »exakt«  
verstand Ostwald eben eine mathematische oder wenigstens eine experimentell-systematische Behandlung des wissenschaftlichen Gegenstandes, und das umfasste Mathematik, Physik, Chemie und Physiologie. Diese Beschränkung war in sich völlig konsistent, schloss aber weite Bereiche der Beschäftigung mit der Natur – insbesondere der menschlichen Natur – aus, weil Medizin und Lebenswissenschaften als nicht exakt genug angesehen wurden. Darüber hinaus blieb bei Ostwalds *Klassikern* die gesamte Literatur bis zur frühen Neuzeit, mit Ausnahme der griechischen Mathematiker Archimedes, Autolykos und Euklid, unberücksichtigt. Aus heutiger Sicht, da all diese Fächer abkürzungsselig zum sogenannten MINT-Bereich (Medizin, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) gezählt werden, ergäbe eine solche Beschränkung keinen repräsentativen Blick auf die Geschichte der Naturwissenschaften. Naturgeschichte, Biologie und Medizin mögen, zumal vor dem 17. Jahrhundert, wenig exakt gewesen sein, doch ohne sie wäre die Physiognomie der Wissenschaften eine ganz andere.

Noch ein weiteres, für die Kanonfrage maßgebliches Merkmal wird an Ostwalds *Klassikern* sichtbar. Zahlreiche der dort veröffentlichten Bücher waren von den Autoren als Artikel, nicht als Bücher geschrieben worden. Dementsprechend sind die Klassikerausgaben

oftmals nur dünne Hefte. Damit es etwas mehr nach Buch aussah, behelfen die jeweiligen Band-Herausgeber sich nicht selten damit, dass sie mehrere unabhängig voneinander entstandene Aufsätze eines Autors zusammenfassten. Bisweilen wurden sogar Artikel mehrerer Wissenschaftler, die zum gleichen Problem gearbeitet hatten, zu einem Klassiker komponiert. Ostwalds Klassiker waren somit häufig Herausgeber-Konstruktionen, die dem Umstand Rechnung trugen, dass wissenschaftliche Kommunikation schon um 1900 zu einem wesentlichen Teil über Zeitschriftenaufsätze stattfand. Dieser Prozess war in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts abgeschlossen, und das Buch spielte in den Naturwissenschaften so gut wie keine Rolle mehr.

14

Mit der Verschiebung naturwissenschaftlicher Publikationsformen vom Buch zum Artikel ging auch eine Veränderung des Begriffs von Autorschaft einher. Bei Ostwalds Klassikern konnte ein Buch mit dem Etikett ›Klassiker‹ aus Artikeln mehrerer Autoren bestehen, die nicht in direktem Austausch miteinander gestanden zu haben brauchten. Damit wurde ein Autorenbegriff installiert, der sich von Literatur und Geisteswissenschaften grundlegend unterscheidet. Eine wissenschaftliche Entdeckung kann Klassiker-Status erhalten, aber sie ist nicht notwendigerweise das Werk eines Einzelnen, sondern das Resultat einer kollektiven Anstrengung. Im 19. Jahrhundert formulierte der französische Physiologe Claude Bernard einen grundlegenden Unterschied zwischen künstlerischer und wissenschaftlicher Produktion: *L'art c'est moi, la science c'est nous*. Damit sollte zum Ausdruck gebracht werden, dass Romane, Opern oder Gemälde von einer Person geschaffen werden, während wissenschaftliche Erkenntnisse im Kollektiv entstehen bzw. nicht an eine bestimmte Person gebunden sind: Ohne Gustave Flaubert gäbe es keine *Madame Bovary*, aber ohne Albert Einstein gäbe es höchstwahrscheinlich die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, auch wenn sie etwas später und vielleicht in anderer Weise formuliert worden wäre.

Zwar ist eine solche These letztlich unbeweisbar – wir können nicht die historische Situation simulieren, in der Einstein nicht existiert hätte –, und doch ist sie für das naturwissenschaftliche Selbstverständnis prägend geworden: Forschung ist Kollektivarbeit, die nicht selten in Konkurrenz zueinander stattfindet. Und natürlich in direkter

Kollaboration. Seit dem Zweiten Weltkrieg dominieren Veröffentlichungen mit mehreren Autoren, bis hin zu exzessiven einhundert oder mehr Namen, die über einem wissenschaftlichen Artikel von ein paar Seiten stehen. Ist es sinnvoll, hier noch von zuordnungsfähiger Autorschaft zu sprechen? Oder wäre im Falle von technikgestützter Big Science – man denke an das Human Genome Project oder die Teilchenphysik im CERN – eher von namenlosen Klassikern zu reden? Autoren scheinen durch Manager und Koordinatoren substituiert worden zu sein. Möglicherweise entfernen sich die Naturwissenschaften in Zukunft noch viel weiter von dem, was traditionellerweise unter Autorschaft und Publikation verstanden wird, aber schon jetzt ist die Frage nach dem naturwissenschaftlichen Kanon um so verschlungener, je näher man an die Gegenwart rückt.

Bekanntlich gibt es wissenschaftsinterne Kriterien und Institutionen, die für die Zubilligung des Klassikerstatus zuständig sind – allen voran der Nobelpreis. Damit ist die Aufnahme in ein Literatur-Lexikon aber noch nicht legitimiert. Welche Kriterien sollen dann gelten? Als es seinerzeit in der zweiten Auflage des *Kindler* um die Berücksichtigung naturwissenschaftlicher Werke ging, geschah das ausdrücklich unter Ausblendung ästhetischer Kategorien. Das war naheliegend, denn zweifellos gehören Geschichtsschreibung und Philosophie von Anfang an zur europäischen Literatur, was sich für Naturwissenschaften und Medizin aber nicht unbeschwert behaupten lässt. Zwar hat es von Galileo Galilei bis zu Charles Darwin und Norbert Wiener immer wieder vorzügliche Autoren gegeben, aber wenn der Stil das entscheidende Kriterium wäre, dann hätte der naturwissenschaftliche Kanon in einer dünnen Broschüre Platz. Bleibt also nur die über die literarische und über die wissenschaftsimmanente hinausgehende kulturhistorische Bedeutung, die – wie es der verstorbene Heinz Ludwig Arnold in seinem Vorwort zum dritten *Kindler* formuliert hat – »institutionelle und lebensweltliche Kanonresonanz«, die naturwissenschaftliche Werke für das Literatur-Lexikon relevant macht. Das geschah vielfach durch die Rezeption der Bücher selbst, bedeutet aber nicht, dass etwa die Werke eines Carl Friedrich Gauß oder George Boole eine breite Leserschaft außerhalb wissenschaftlicher Fachkreise angezogen hätten, sondern dass die in ihren Werken enthaltene wis-

senschaftliche Erkenntnis erhebliche Auswirkungen über die entsprechenden wissenschaftlichen Disziplinen hinaus hatte.

Es versteht sich, dass selbst unter einer peniblen Zugrundelegung solcher Kriterien die Auswahl schwierig bleibt. Ein unvermeidliches, von vornherein feststehendes Kriterium bestand darin, nur Bücher und keine Artikel (zugegeben: mit einer einzigen Ausnahme) aufzunehmen. Das hat schmerzliche Konsequenzen: weder die bahnbrechenden mathematischen Aufsätze von Kurt Gödel und Alan Turing noch die wichtigsten Arbeiten zur Molekularbiologie fanden Aufnahme, wie überhaupt die Forschung nach dem Zweiten Weltkrieg, als die Naturwissenschaften sich vom Buch als Medium verabschiedet hatten, nicht mehr hinreichend repräsentiert werden kann. Der Verzicht aufs Bücherschreiben entspricht dem Habitus der modernen Naturwissenschaften, mit den Folgekosten, dass wissenschaftliche Neuentdeckungen von ihren Autoren nur noch in wenigen Ausnahmefällen in einen größeren Denkkontext gestellt werden, der im besten Fall auch von Nicht-Spezialisten nachvollzogen werden kann.

16

Anstatt einzelne Erkenntnisleistungen zu würdigen, ging es bei der Auswahl darum, solche Werke zu identifizieren, die für die (Neu-)Formierung ganzer Fächer oder auch solcher Forschungsbereiche stehen, die das Gesicht wissenschaftlicher Disziplinen geprägt haben. Das betrifft neben den Theorien und Konzepten vor allem auch die Praktiken und Methoden, ohne welche die ersteren vielfach konturlos wären. Zwar konnte auch hier nicht jedes Fach berücksichtigt werden, aber immerhin umfasst das Spektrum der Wissenschaften Astronomie und Anatomie, Naturgeschichte, Mechanik und Optik, Anthropologie und Embryologie, Sinnesphysiologie, Zellenlehre, organische Chemie, Elektromagnetismus, Algebra, Evolutionstheorie, Genetik, die physikalischen Revolutionen des 20. Jahrhunderts, Psychologie und Neurowissenschaften, Molekularbiologie und Informationswissenschaften. Nicht selten haben Bücher in den aufgezählten Bereichen überraschende Verbindungen zwischen unterschiedlichen Themen, Theorien, Praktiken und Disziplinen hergestellt, die wissenschaftlichen Vorgehensweisen selbst revidiert oder neue philosophische Fragestellungen aufgeworfen, die dann in anderen Zusammenhängen

weiterverhandelt wurden. Solche der Spekulation nicht abgeneigten Werke gehören ebenso in einen Kanon wie solche, die auf ingeniose Weise mit neuen Instrumenten umgehen bzw. neue Messtechniken und Darstellungsmethoden entwickeln.

Mit Bedauern, aber ohne Wehklage ist einzuräumen, dass mit einer Ausnahme nur Werke aus der europäischen Tradition aufgenommen wurden. Gewiss läuft das der Intention des Kindler, die Literatur der ganzen Welt zu berücksichtigen, zuwider, und es ist auch hervorzuheben, dass in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte bei der Erforschung der außereuropäischen Wissenschaftstraditionen gemacht worden sind. Doch die Einbeziehung solcher Werke mit der Fragestellung, welche von ihnen unter den angeführten Kriterien als klassisch anzusehen wären, hätte die Kompetenzen des Herausgebers bei weitem überschritten. Auch ist zu vermuten, dass der hier ohnehin schon breit gefasste Begriff der Naturwissenschaften noch erheblich weiter hätte gezogen werden müssen. Dagegen wäre nicht das Geringste einzuwenden, aber das hätte eine grundlegend andere Konzeption erfordert, die eher künftigen Spezial-Anthologien zu den Klassikern der weltweiten Wissenschaften vorbehalten bleiben sollte.

17

**M**an geht in der Wissenschaftsgeschichte längst nicht mehr davon aus, dass die Wissenschaften im antiken Griechenland erfunden wurden. Bereits Babylonier und Ägypter verfügten über ausgeklügelte mathematische Verfahrensweisen, und auch die Astronomie war diesen Kulturen nicht unbekannt. Das spezifisch Neue im Denkansatz der Griechen lag darin, die Vorgänge in der Natur nicht länger auf göttlichen oder dämonischen Einfluss, sondern auf natürliche Erklärungen zurückzuführen. Dieser Übergang »vom Mythos zum Logos« (W. Nestle) hatte eine Reihe von Konsequenzen: die enge Verbindung von Philosophie und Wissenschaften sowie die Ausbildung eines theoretisch-abstrakten Denkens; das Bestreben, die Vielfalt der Erscheinungen auf wenige Elemente und Prinzipien zurückzuführen; die Annahme einer Analogie zwischen Mikro- und Makrokosmos; die Vorstellung, dass der Kosmos harmonisch geordnet ist; die Einführung mathematischer Beweisverfahren; die Erforschung der Ursachen von Veränderung und Bewegung aller Dinge.



In Athen erhielt niemand Zutritt zur platonischen Akademie, der sich nicht in der Geometrie auskannte. Platons Vorliebe für die Mathematik hängt mit seiner Unterscheidung zwischen Sein und Werden zusammen: Die Mathematik zielt direkt auf die ewigen, der sinnlichen Wahrnehmung unzugänglichen Ideen, die zu erkennen die vornehmste Beschäftigung der Philosophie ausmachen. Das Veränderliche hingegen, den Sinnen zugänglich, kann nur unvollständig erkannt werden. Im *Timaios*, einem seiner späten Dialoge, unternahm Platon schließlich einen naturphilosophischen Gesamtentwurf, der Verbindungspfade zwischen den Ideen und der Erscheinungswelt herstellte. Gegen diese Verbindung von Physik und Metaphysik wendete sich sein Schüler Aristoteles, indem er der »physis« sowohl Materie und Form als auch das Prinzip der Bewegung zusprach. Bewegung und Veränderung, Werden und Vergehen sind jeweilige Aktualisierungen einer Potentialität, die allen Gegenständen, seien es die vier Grundelemente, seien es Pflanzen und Tiere, zukommt. Der enorme Einfluss der aristotelischen Physik mag zur Erklärung beitragen, warum sich in Griechenland trotz Archimedes keine Tradition der mathematischen Physik bilden konnte: diese erklärt das Werden, jene das Sein. Wie differenziert indes die griechische Mathematik im 4. Jahrhundert vor Chr. war, beweist Euklids *Stoichea*, ein in strenger mathematischer Beweisführung abgefasstes Grundlagenwerk der Geometrie, das dem platonischen Anspruch auf von den Sinnen unabhängige, nur mittels des Verstandes erkennbare Wahrheiten entsprach.

Eine weitere Facette des griechischen Denkens bildet die hippokratische Medizin, welche die naturphilosophische Annahme der vier Grundelemente (Feuer, Wasser, Luft, Erde) und der entsprechenden Qualitäten (feucht, trocken, warm, kalt) zur Grundlage der Viersäftelehre (Blut, Schleim, gelbe und schwarze Galle) machte: Das gesunde Funktionieren des Körpers basiert auf einem ausgewogenen Mischungsverhältnis der Säfte, Krankheiten auf humoralen Ungleichgewichten. Diese Lehre wurde in römischer Zeit von Galen weiterentwickelt und um die Anatomie erweitert, so dass ein umfassendes System der Medizin entstand, das bis in die Neuzeit hinein Gültigkeit hatte. Galen, der aus Pergamon stammte, lebte zwar die längste Zeit

seines Lebens in Rom, schrieb aber auf Griechisch. Und Rom selbst? Es ist schwierig zu erklären, warum dieses souveräne, so lange währende Imperium, das über eine eigene Literatur verfügte, so wenig Eigenständiges bei der Beschäftigung mit der Natur hervorbrachte. Immerhin war ein römischer Verwaltungsbeamter der Begründer der Stubengelehrsamkeit: Mit einem immensen Lektüreaufwand schrieb Plinius seine vielbändige *Naturalis historia* zusammen, die einen einzigartigen enzyklopädischen Überblick über das Wissen der damaligen Zeit verschaffte.

**M**it dem Ende des Römischen Reiches und den Völkerwanderungen der Spätantike gerieten die griechischen Wissenschaften in Vergessenheit. Die hippokratisch-galenische Medizin wurde durch heilkundliches Alltagswissen ersetzt, dem eine anatomisch-physiologische Fundierung unbekannt war (was damals nicht unbedingt zum Nachteil der Kranken sein musste). Anders als in Byzanz spielte die griechische Sprache im Westen kaum noch eine Rolle, und nur wenige Quellen wie einige Schriften des Aristoteles, der *Timaios* und Euklids *Stoichea* wurden ins Lateinische übersetzt. Vielmehr traten die meisten Werke der griechischen Wissenschaften und Philosophie eine lange und weite Reise Richtung Osten an, bis nach Damaskus und Bagdad, die als gelehrte Zentren der seit dem 7. Jahrhundert rasch expandierenden islamischen Zivilisation galten. Seit dieser Zeit erfolgte, bisweilen mit dem Umweg über das Syrische, die Übersetzung der griechischen Werke ins Arabische.

Es ist präziser, von einer arabischen und nicht von einer islamischen Wissenschaft zu sprechen, weil daran jüdische und christliche Gelehrte ebenso Anteil hatten wie islamische. Deren gemeinsamer Nenner war die arabische Sprache. Häufig ist diese ungefähr vom 9. bis zum 12. Jahrhundert andauernde Blütezeit, die im Wesentlichen höfisch verankert war und vom mäzenatischen Wohlwollen der Souveräne abhing, als Transmissionsriemen zwischen Antike und lateinischem Mittelalter bezeichnet worden, doch das greift zu kurz. Zwar konzipierten die arabischen Gelehrten die Wissenschaften nicht grundsätzlich neu, aber sie gingen über die bloße Rezeption traditionellen Wissens weit hinaus. Zum Beispiel in der Astronomie:

Grundlage war die geozentrische griechische Kosmologie, aber darüber hinaus erfanden sie Beobachtungs- und Recheninstrumente und erstellten neue Sterntafeln. In der Mathematik übernahmen sie die der europäischen überlegene indische Arithmetik und Algebra und adaptierten in diesem Zusammenhang das indische Zahlensystem mitsamt der Null, die in der griechisch-römischen Tradition unbekannt gewesen war. Besonders hervorzuheben aus der arabischen Epoche der Wissenschaftsgeschichte ist der bahnbrechende optische Traktat *Kitab al-Manazir* von Ibn al-Haytham, der nicht bloß die Camera obscura erfand, sondern auch die antike Theorie der aus dem Auge austretenden Sehstrahlen verwarf und damit den Weg für die neuzeitliche Sehtheorie und Optik bahnte.

20

**A**uch die Wissenschaften im lateinischen Mittelalter begannen mit Übersetzungen. Ab dem 11. Jahrhundert kam es zu einem erneuten regen geistigen Austausch zwischen islamischen, christlichen und jüdischen Gelehrten, der nun im westlichen Mittelmeerraum, namentlich in Spanien und in Sizilien stattfand. Gegen Ende des 12. Jahrhunderts waren die bedeutendsten Werke der griechischen und arabischen Wissenschaften ins Lateinische übersetzt, einige davon wurden zur Grundlage des Unterrichts an den neu gegründeten Universitäten in Paris, Oxford oder Bologna.

Übersetzungen aus dem Arabischen und dann auch zunehmend direkt aus dem Griechischen – was einem verstärkten Wunsch nach philologischer Genauigkeit entsprach – führte nicht gleich zu neuen Wissenschaften. Ähnlich wie für die islamische Naturforschung ist auch im Hinblick auf das christliche Spätmittelalter, also die Zeit zwischen dem 13. und dem frühen 16. Jahrhundert, die Frage gestellt worden, ob es mehr geleistet habe, als das tradierte arabisch-griechische Wissen zu adaptieren und zu verwalten. Von revolutionären Umbrüchen konnte keine Rede sein. Die geozentrische Kosmologie stand ebenso außer Frage wie die Medizin Galens, und die aristotelische Physik blieb trotz einiger Zweifel der gültige Referenzpunkt.

Neben, oder besser: unterhalb der großen Autorität der antiken Erkenntnisse gab es eine praktische Ebene der Wissensdynamik, die häufig durch konkrete Bedürfnisse und Notwendigkeiten ausgelöst

wurde. Die Erfindung der Brille im späten 13. Jahrhundert gehört zu den großen Leistungen des Spätmittelalters, und auch die Anatomie fand ihren Weg an die italienischen Universitäten – in England und Frankreich war man aus religiösen Gründen erst einmal zurückhaltender –, weil die Chirurgen begriffen, dass sie ihr Handwerk ohne gründliche Kenntnis des Körperbaus kaum ausüben konnten. Die Botanik entwickelte sich im Rahmen landwirtschaftlicher und arzneikundlicher Bedürfnisse, die Mechanik profitierte von dem praktischen Wissen, das zum Bau von Schiffen, zum Betrieb von Wind- und Wassermühlen sowie zur Beherrschung statischer Probleme in der Architektur notwendig war. Die Alchimie schließlich, ebenfalls aus arabischen Quellen gespeist, oszillierte zwischen handwerklichen Fertigkeiten (z. B. Metallurgie, Glasbrennerei oder Destillationsmethoden) und magischen Vorstellungen, die ihr wichtigstes Ziel in der Suche nach dem »Stein der Weisen« sahen.

**Z**ugespitzt und vereinfacht lässt sich sagen, dass technische Revolutionen des Spätmittelalters wie Schießpulver, Kompass und Buchdruck – alle drei waren zuvor bereits in China entwickelt worden – am Beginn der neuzeitlichen Wissenschaft und Fortschrittsgläubigkeit stehen. Diese Auffassung vertrat 1621 bereits Francis Bacon, der mit seinem Programm einer empirisch ausgerichteten Neugestaltung der Wissenschaften den berühmt gewordenen Anspruch formulierte, der gesündeste Ehrgeiz des Menschen bestehe darin, sich die gesamte Natur untertan zu machen. Kompass und entsprechende Karten waren unverzichtbare Instrumente zur Erkundung und Eroberung der Welt, weil dadurch Schiffe auf offener See einigermaßen sicher navigieren konnten.

Von mindestens ebenso großer Bedeutung für die Entwicklung neuzeitlicher Wissenschaften war der Buchdruck. Zum einen wurden durch die immer weitere Verbreitung der Bücher – zunächst der antiken und arabischen Klassiker, später auch der neu geschriebenen Werke – neue Leserkreise erreicht. Die Kopien von Handschriften hatten in mehr oder weniger geschlossenen Gruppen zirkuliert, die Buchdrucker hingegen wussten nicht genau, wer die Abnehmer ihrer Bücher waren. Der Kreis derjenigen, die potentiell zur Wissensver-

mehring beitrugen, wuchs immer mehr an. Zum anderen garantierte der Druck auf Papier eine Stabilisierung des in den Büchern enthaltenen Wissens. Wenn Gelehrte an verschiedenen Orten die gleiche gedruckte Ausgabe lasen, konnten sie sicher sein, dass sie es exakt mit demselben Wissen zu tun hatten, und das betraf Text und Abbildungen gleichermaßen.

Großartiges Beispiel dieser neuen Buchproduktion ist *De humani corporis fabrica* von Andreas Vesalius, der zahlreiche Korrekturen an Galens Anatomie vornahm und die Bedeutung der durch Sektionen erworbenen Kenntnisse anhand spektakulärer Bildtafeln herausstrich. Mit Vesalius emanzipierte und nobilitierte sich die Human-Anatomie, weil er die Möglichkeiten des neuen Mediums erkannte und ausschöpfte wie kein Anatom vor ihm. Auch die Naturgeschichte profitierte vom Buchdruck: Conrad Gesners *Historia animalium* enthielt für jedes beschriebene Tier auch eine Abbildung. Die aus älteren Naturgeschichten stammenden Beschreibungen glich er, wenn immer möglich, mit eigenen Beobachtungen ab. Das tat er jedoch nicht aus Misstrauen gegenüber den Alten oder aus Zweifeln an der Existenz bereits beschriebener Tiere: das Einhorn wurde genauso sorgfältig beschrieben wie das Huhn oder die Kuh.

22

1543 erschien *De Revolutionibus* von Nikolaus Kopernikus, aber das bedeutete noch keine kopernikanische Wende. Kopernikus selbst und die gelehrte Welt waren offen dafür, Korrekturen an den Lehren der Alten vorzunehmen und neue Hypothesen zu erwägen, doch ein radikal neues Weltbild hatten sie nicht vorgesehen. Entsprechend stellte ein Nürnberger Lutheraner dem Buch des Kopernikus die dialektische Leseanleitung voran, dass man den Heliozentrismus keineswegs für bare Münze nehmen müsse, um die astronomischen Beobachtungen und Berechnungen für brilliant und nützlich zu halten. Genau so konservativ wurde das Buch in den nächsten Jahrzehnten – trotz einiger kritischer Stimmen aus katholischen Kreisen – gelesen, bestärkt auch durch Kopernikus selbst, der an etlichen antiken Vorstellungen wie etwa den kreisrunden Planetenbahnen festgehalten hatte. Das allerdings führte zu erheblichen Widersprüchlichkeiten, die erst durch Johannes Keplers 1609 erbrachten Nachweis behoben wurden, dass die Planetenbahnen elliptisch verlaufen.