

Lars Jaeger

Die Natur- wissenschaften Eine Biographie

SACHBUCH



Springer Spektrum

Die Naturwissenschaften: Eine Biographie



Lars Jaeger hat Physik, Mathematik, Philosophie und Geschichte studiert und mehrere Jahre in der Quantenphysik sowie Chaostheorie geforscht. Er lebt in der Nähe von Zürich, wo er – als untriebiger Querdenker – zwei eigene Unternehmen aufgebaut hat, die institutionelle Finanzanleger beraten. Die Begeisterung für die Naturwissenschaften und die Philosophie hat ihn nie losgelassen. Aktuell plant er in der Nähe von Zürich ein interdisziplinäres Forum aufzubauen und unterrichtet überdies unter anderem an der European Business School im Rheingau.

Lars Jaeger

Die Naturwissenschaften: Eine Biographie



Springer Spektrum

Lars Jaeger
Baar-Zug
Schweiz

ISBN 978-3-662-43399-7
DOI 10.1007/978-3-662-43400-0

ISBN 978-3-662-43400-0 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Planung und Lektorat: Frank Wigger, Bettina Saglio

Redaktion: Dr. Christian Wolf

Einbandentwurf: deblik, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-spektrum.de

Meinen Kindern Anika Mai, Kira Anh und Talia Linh

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Der lange Weg der Wissenschaften von der griechischen Naturphilosophie zur Renaissance	11
	Vom ‚Mythos zum <i>Logos</i> ‘ – die Geburt des rationalen Denkens aus dem Geiste der griechischen Naturphilosophie	14
	Einheit oder Vielfalt? – Die griechischen Naturphilosophen und die Grundlagen der Naturtheorie	19
	Aristoteles – eine erste Gesamttheorie des Universums	29
	Der Hellenismus – die ‚erste Moderne‘	36
	Die Geburt der antiken Medizin – Hippokrates und Herophilos	44
	Die ‚Verknöcherung der Medizin‘ – Galen	45
	Der Zerfall der antiken Kultur – das Ende des Hellenismus	47
	Entstehung der europäischen Offenbarungsreligion – das Christentum ...	50
	Das Bindeglied zur Moderne – die arabischen Wissenschaften	51
	Die tausendjährige Wiege der Moderne – das europäische Mittelalter ...	60
3	Die Renaissance der antiken Wissenschaften und die wissenschaftliche Revolution	67
	Wiederentdeckung der Antike – die ‚Renaissance‘	67
	Der erste Schritt der wissenschaftlichen Revolution – die ‚kopernikanisch-kepler’sche‘ Revolution in der Astronomie	71
	Der begabte Herr Galilei – die Wissenschaft lernt eine neue Methode und eine neue Sprache	79
	Erste philosophische Aufarbeitung der neuen wissenschaftlichen Methode – Francis Bacon	87
4	Philosophische Auseinandersetzung mit der neuen Physik und ihre erste Vollendung	89
	Wie können Naturgesetze allgemeingültig sein? – Descartes und Leibniz	89
	Das Genie Newton – die Vollendung der Mechanik und die erste ‚Weltformel‘	95
5	Die Revolution in der Medizin und die Entstehung der biologischen Wissenschaften	105
	Die ‚kopernikanische Wende‘ in der Medizin – Vesalius und Paracelsus ...	105

Der endgültige Zerfall der Galen'schen Medizin – die Entdeckung des Blutkreislaufs	107
Eine neue Welt zeigt sich – die Erfindung des Mikroskops	108
Erste Schritte der neuen Wissenschaft vom Leben – das Konzept der Arten	109
6 Wissenschaft und Aufklärung im 18. Jahrhundert	111
Ein neuer Wind – der Zeitgeist der Aufklärung	111
Neue Welten am Himmel – die Entstehung der Kosmologie	116
Von der Alchemie zur Wissenschaft – Entstehung der Chemie	118
Physik jenseits der Mechanik – Wellen, Elektrizität und Wärme	122
Und sie verändert sich doch – die Erforschung der Erde	128
Entstehung des Artkonzepts – die Geburt der Biologie	130
Die Vernunft wird populär – die Encyclopédie	136
Die neue Synthese – Naturwissenschaften und Philosophie in der Aufklärung	137
7 Ein neues technologisches Zeitalter – Ausblick auf das lange 19. Jahrhundert	143
Die Wissenschaft ist angekommen – Einflüsse auf Leben und Gesellschaft	143
Gegenbewegungen zur Aufklärung – die Romantik	144
Die menschliche Muskelkraft wird ersetzt – die industrielle Revolution ...	146
Institutionalisierung der Forschung – die Wissenschaft wird erwachsen ...	148
8 Die Wiederentdeckung der Atomtheorie und die Entstehung der modernen Chemie	149
Wiederentdeckung einer antiken Idee – die neue Atomtheorie	149
Fließende Elektrizität – der Beginn der Elektrochemie	152
Ordnung ins Chaos – das Periodensystem der Elemente	154
Moleküle des Lebens – die Entstehung der organischen Chemie	158
9 Thermodynamik und Feldtheorien der Physik	161
Das Wesen der Wärme – die Thermodynamik	161
Die erste Feldtheorie der Physik – der ‚Elektromagnetismus‘	167
Kleine Probleme – erste Widersprüche zur Physik Newtons	172
10 Darwins Evolutionstheorie und die erste Vollendung der Biologie	175
Der Weg zu Darwin – Geologie und die neue Biologie	175
Die Revolution nimmt ihren Lauf – Anfänge der Evolutionstheorie	178
Der Revolution eigener Kern – die Evolutionstheorie	184
Darwins wichtigster Kampf – die Evolution des Menschen	188
Weltbewegendes in einem einsamen Kloster – die Anfänge der Genetik	191
11 Geburt der Zelltheorie und die neue Wissenschaft der Krankheiten	197
‚Atome des Lebens‘ – Reise in den Mikrokosmos der Natur	197

Eine neue Revolution in der Medizin – die Entdeckung der Krankheitserreger	198
Am Ende des Wegs? – Die Wissenschaft an der Schwelle zum neuen Jahrhundert	200
12 Das neue Weltbild der Physik	205
Ein Weltbild zerbricht – der Triumph der Relativität und die Entdeckung der Quanten	205
Einsteins erster Geniestreich – die spezielle Relativitätstheorie	207
Eine neue Welt im Mikrokosmos – die Entdeckung der Quanten	218
Konturen des Atoms – weitere Schritte zu einer neuen Physik	227
Erste Manifestationen der Quantentheorie – eine neue Atomtheorie	229
Neue schöne abstrakte Welt – die Quantenmechanik	235
Sowohl als auch und doch wieder nicht – die Quantenmechanik philosophisch	243
Von Spuks und anderen Merkwürdigkeiten – Diskussionen um die Quantentheorie	245
Neue Verbindungen – Quantenphysik und klassische Metaphysik	251
Schrödingers Katze – oder: Was messen wir eigentlich in Quantensystemen?	255
Neuste Entwicklungen – der gesamte Messprozess quantentheoretisch betrachtet	257
Neue Überraschungen – Beziehungen zu der Relativitätstheorie	262
Einsteins genialster Wurf – die allgemeine Relativitätstheorie	265
Die neue Welt – die Physik nach der Revolution	278
13 Kernkraft und Atombombe	285
Die Physik verliert ihre Unschuld – von der Kernphysik zur Atombombe	285
Neue Erfahrungen – die Verantwortung der Wissenschaften	289
14 Die Entdeckung des Universums	291
Neue Maßstäbe im Kosmos – die Vermessung des Universums	291
Radioaktivität vom Himmel – die Entdeckung der Höhenstrahlung	292
Woher all die Energie? – Die Strahlungsquellen der Sterne und die Wasserstoffbombe	293
Die wahre Größe unseres Universums – die Entdeckung ferner Galaxien	294
Einsteins größter Erfolg, zugleich seine ‚größte Eselei‘ – das expandierende Universum und die Theorie vom Urknall	294
15 Entstehung der Mikrobiologie und der modernen Medizin	297
Von der Lebenskraft zur Biochemie – organische Chemie im Reagenzglas	298
Jenseits des Vitalismus – die Chemie des Körpers	299
Durchbruch gegen alte Krankheiten – eine neue Medizin	300
Grenze des Lebens – die Viren	303
Von Vitaminen und Proteinen – die Wissenschaft von der Ernährung	304

16	Die Genetik – Renaissance der Evolutionstheorie	309
	Und sie bewegen sich doch – der Kontinentaldrift	310
	Mutationen im Labor – der Durchbruch der Gentheorie	311
	Woher stammen wir? Die Evolutionsgeschichte des Menschen	314
	Das Molekül des Lebens – die Entdeckung der DNA	319
	Das Wesen und der Ursprung des Lebens – Biologen wollen die Schöpfung erklären	328
17	Die Physik bis heute	331
	Eine erste Quantenfeldtheorie – die Quantenelektrodynamik	331
	Jenseits des Atoms – die ‚subatomare‘ Welt	333
	Neue Fundamentarteilchen – die Entdeckung der Quarks	335
	Wo die Physik heute steht – das Standardmodell	338
	Einheit aller Kräfte – die Theorie von Allem	342
	Wie weiter? – Das Dilemma der heutigen Physik	347
	Neue Sicht auf das Universum – die Astronomie bis heute	348
	Entstehung des Universums – die kosmologische Standardtheorie	350
	Kosmologie heute – die offenen Probleme	352
	Am Anfang war ... – der Urknall und die Schöpfung der Welt	354
	Ein neues Paradigma – die Chaostheorie	358
	Weitere Entwicklungen der Physik – immer neue Überraschungen	364
18	Die Entstehung der Neuroforschung und der modernen Psychologie	367
	Wie, wo und warum wir denken und fühlen – die Entdeckung des Gehirns	367
	„Atome des Gehirns“ – die Entdeckung der Neuronen	369
	Der Bauplan unseres Denkens – wie Neuronen funktionieren	371
	Was die Gedanken im Innersten zusammenhält – die Struktur des Gehirns	372
	Lässt sich unser Gehirn nachbauen? – Die Künstliche Intelligenz	374
	Bewusstseinsforschung – wie das Gehirn Geist erzeugt	377
	Und es verändert sich doch – die Plastizität unseres Gehirns	385
	Unser Innerstes wird erforscht – die Entdeckung der Psyche	387
	Von der Quacksalberei zur Wissenschaft – der Weg zu Freud	388
	Eine neue Methode – die Freud’sche Psychoanalyse	389
	Jenseits des Unbewussten – das Ich, das Über-Ich und das Es	392
	Freuds Erbe – die Psychoanalyse als Wissenschaft	393
19	Die Biologie bis heute	395
	Woher alles kommt – die Entstehung des Lebens	395
	Wie sich das Leben entwickelte – die Evolution der Tier- und Pflanzenwelt	399
	Biologen spielen Gott? – Genetisches Engineering	400

20 Die Wissenschaften im 21. Jahrhundert	407
Der Weltursprung – Urknall, Hintergrundstrahlung und wie alles entstand	409
Von Supersymmetrien, Quantenschleifen und Stringtheorien – was die Welt im Innersten zusammenhält	413
Neue Physik? – Emergenz und Fundamentalprinzipien	420
Vom Atom zu Genen und Mikroben – Entstehung und Zukunft des Lebens	427
Wie wir denken und fühlen – die moderne Hirnforschung und das Bewusstsein	432
Wo die Probleme liegen – die Verantwortung der Wissenschaften	442
Neue Grenzen – Interaktion mit den Sozialwissenschaften	445
Aufbruch in eine neue Zeit – Wege zukünftiger Wissenschaften	448
Literatur	453
Sachverzeichnis	463

1

Einleitung

Es war eine Sensation, die sich am 20. Mai 2010 in San Diego ereignete. Biologen um den Gentechniker Craig Venter präsentierten der Öffentlichkeit einen Organismus (ein Bakterium), das ausschließlich mithilfe von künstlich erstelltem Erbgut entstanden war. Knapp vier Jahre später, im März 2014, gelang es US-amerikanischen Forschern sogar, ein komplettes Chromosom der Hefe nachzubauen. Bei beiden geht es um nichts Geringeres als um die Erfüllung eines der großen Menschheitsträume: die Erzeugung künstlichen Lebens! Der moderne Prometheus, der Leben erschaffen kann, war erwacht. Doch damit nicht genug. Ebenfalls im Jahr 2010 gaben Wissenschaftler um den Forscher Svante Pääbo am Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie in Leipzig bekannt, dass sie das Genom des Neandertalers entschlüsseln konnten, womit ein altes Geheimnis der Menschheit gelüftet wurde: denn nun konnte auch ein Genfluss vom Neandertaler zum *Homo sapiens* nachgewiesen werden. Ein Durchbruch im Bestreben des Menschen das Wesen und den Ursprung seiner selbst zu erfassen!

Dass wissenschaftliche Großereignisse nicht annähernd den Grad des öffentlichen Interesses genießen wie die Präsentation des neuen iPhones, die letzten Details des Eigenhandels eines Uli Hoeness oder das alljährliche Stelldichein einer selbst ernannten Weltelite zum Weltwirtschaftsforum in Davos, daran mussten wir uns schon gewöhnen. Doch es ist schon erstaunlich, wie wenig von Physik, Chemie oder Biologie die Rede ist, wenn uns Journalisten wichtige gesellschaftliche Entwicklungen aufzeigen wollen. Und zwei weitere jüngere Ereignisse dieser Art zeigen, dass dies keineswegs die Ausnahme, sondern die Regel ist: die Ankündigung aus der Stammzellenforschung im Mai 2013, dass sich aus adulten menschlichen Zellen wieder embryonale Stammzellen herstellen lassen. Ebnet dies den Weg zum Klonen von Menschen? Und erst im März 2014 publizierten amerikanische Kosmologen erste spektakuläre Hinweise auf eine inflationäre Expansion im sehr frühen Universum (ein von theoretischen Physikern postuliertes rätselhaftes Verhalten der Raum-Zeit unmittelbar nach dem Urknall), und zugleich auf Gravitationswellen (deren Existenz aus Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie folgt, bisher aber noch nicht direkt nachgewiesen werden konnten). Es gelang ihnen, in der kosmi-

schen Hintergrundstrahlung Signale zu detektieren, die aus der unmittelbaren Anfangszeit des Universums stammen. Blicken wir hier auf den Beginn der Zeit selbst? Und: Führt uns dies endlich zur Weltformel? Wieder hatte die Wissenschaft eine Sensation zu verkünden, welche allerdings noch nicht unabhängig überprüft werden konnte (und es gab schnell auch Kritik an den Daten), und wieder fiel das Interesse (auch am folgenden wissenschaftlichen Dialog um die Daten) gering aus. Zwar war bei dem ersten Ereignis die Berichterstattung aufgrund der damit verbundenen Fantasie über die Möglichkeit des menschlichen Klonens schon etwas breiter, sie erreichte jedoch kaum die Titelseiten der Tagespresse.

Dabei sind zwischen unserer Lebenspraxis und dem oft atemberaubenden naturwissenschaftlich-technologischen Fortschritt, der sich vor unseren Augen abspielt, weit aufregendere Verbindungen herzustellen als bei den allermeisten Alltagsgeschehnissen der oben angeführten Sorte. Dass wissenschaftliche Entdeckungen den Radarschirm der öffentlichen Aufmerksamkeit unterlaufen, ist allerdings kein Phänomen unserer Gegenwart: Die Entdeckung elektromagnetischer Wellen, des Wirkungsquantums, der Vererbungsregeln und der organischen Chemie – sie alle vollzogen sich zunächst nahezu unter Ausschluss der Öffentlichkeit. Erst bedeutend später offenbarten sich ihre epochalen Auswirkungen auf unser Leben – und heute sind sie fester Bestandteil unseres Alltags und Erlebens geworden.

Mich persönlich elektrisieren solche Ereignisse. Sie sind Ausdruck davon, dass wir in einer aufregenden Zeit leben, in der sich durch Wissenschaft vieles mit unvorstellbarer Rasanzen verändert. Ich erinnere mich noch gut an das Jahr 1986, als Physiker in der Schweiz entdeckten, dass bestimmte Stoffe bereits bei rund minus 150 Grad Celsius supraleitend werden, also bei einer Temperatur, die über dem Siedepunkt von – billig herzustellendem – flüssigem Stickstoff liegt. Diese Entdeckung könnte die Tür zu faszinierenden technologischen Möglichkeiten öffnen. Der Strom könnte nun bei technisch realisierbaren Temperaturen ohne Widerstand transportiert werden, was unter anderem Magnete ermöglichen würde, die viel höhere Feldstärken erreichen als bislang denkbar. Die Effizienz von Elektromotoren, Generatoren und Stromtransport – etwa für Schiffe oder Eisenbahnen – könnte um ein Vielfaches erhöht werden, mit enormen Folgen für Medizin oder Hochenergiephysik. So dämmerte es mir schon als Schüler, dass Naturwissenschaften und Technologie in immer größerem Maße die eigentlich treibenden Kräfte hinter gesellschaftlichen Wandlungsprozessen darstellen. Und als ich mich im Teenageralter das erste Mal mit den Aussagen der modernen Physik konfrontiert sah, ahnte ich auch, dass ihre Einsichten zu Raum, Zeit und Materie jahrtausendealte philosophische Debatten wieder aufnehmen und in eine neue Richtung führen würden. Seither hat mich die Faszination des Zusammenspiels wissenschaftlicher Naturerkenntnis, der damit verbundenen gesellschaftlichen Dynamik

und philosophischer Fragestellungen nicht mehr verlassen. Sie ließ mich zum Grenzgänger zwischen den verschiedenen Fronten und Fakultäten werden.

Es ist eine Faszination, die ich gerne weitergeben möchte. Dabei muss ich mir natürlich vor Augen führen, dass die große Mehrheit der Menschen keine Naturwissenschaft studiert hat und daher kein tieferes Wissen über die Eigenarten elektromagnetischer Wellen, der Quantennatur im Mikrokosmos, der Genetik, der Geologie oder der Festkörperphysik besitzt? Auch für diejenigen, die sich wie Manager, Politiker, Investmentspezialisten oder Journalisten beruflich mit Vorhersagen und der Gestaltung zukünftiger Entwicklungen beschäftigen, bewirken die Komplexität und Abstraktheit der gegenwärtigen naturwissenschaftlichen Theorien oft eher Verunsicherung oder Indifferenz als Staunen. Was bedeutet das nun? Sind die Naturwissenschaften zu lebensfern, zu abstrakt, unverständlich und jenseits unseres Alltags? Das sollte nicht so sein.

In meiner ‚Zweitkarriere‘ als Hedgefondsmanager wurde mir oft die Frage gestellt: „Sag mal, Lars, warum hast Du Dich eigentlich so viele Jahre mit theoretischer Physik, mit Quantenphysik, der Relativitätstheorie oder chaotischen Systemen beschäftigt. Diente das überhaupt zu etwas, außer zur intellektuellen Selbstbefriedigung?“ Meine Antwort zog meist verblüffte und überraschte Gesichter nach sich: „Ohne die dahinter stehenden Einsichten würde der Kasten, in den ihr den ganzen Tag hineinschaut und über den ihr euch mit der Welt verbunden fühlt, dunkel bleiben. Eure Autos würden in der Garage stehen bleiben, und den gemütlichen Abend mit Fußball im Fernsehen könntet ihr auch vergessen. Es braucht nicht viel um vorherzusagen: Das, was wir heute in der Wissenschaft entdecken, wird die Lebensbedingungen unserer Zukunft bestimmen.“

Dass die Bedeutung naturwissenschaftlicher Erkenntnis nicht nur den Chefetagen der Wirtschaft, dem Investmentmanagements oder der Politik entgeht, wurde mir bereits während meiner Studententage in philosophischen Seminaren an der Universität deutlich. Einmal wagte ich es, die Vorstellung von Raum und Zeit John Lockes und Immanuel Kants mit dem Hinweis zu versehen, dass man sich doch in diesem Zusammenhang auch mal ansehen sollte, was die moderne Physik dazu zu sagen habe. Der hochdekorierte Professor entgegnete nur: „Ach hören Sie auf, das versteht ja sowieso niemand.“ Schon damals fragte ich mich: Wie kann man sich über Raum und Zeit Gedanken machen und zugleich die alles auf den Kopf stellenden Theorien unserer Gegenwart ausklammern, nur weil man sie womöglich gar nicht verstehen will?

Auch spirituell bewegte Menschen haben Mühe, den neusten Stand naturwissenschaftlicher Erkenntnisse einzuordnen. Ein hoch angesehener buddhistischer Lama wagte mir gegenüber noch 2011 die Vorhersage, dass sich das

– im darauffolgenden Jahr nachgewiesene – Higgs-Teilchen den Physikern weiterhin entziehen werde, da diese die „wahre Natur des Raums“ noch nicht begriffen hätten. Auf meinen Hinweis, dass man bei der Diskussion zu Raum und Zeit doch auch einmal die Aussagen Einsteins zu Rate ziehen sollte, kam nur die lapidare Antwort: „Darüber sind wir im Buddhismus doch schon hinaus.“ Angesichts solch einer Reaktion können die Quantenphysiker vielleicht froh sein, dass ihre Theorie so kompliziert war, um wie noch zu Zeiten eines Galilei die katholische Kirche auf den Plan zu rufen.

Sicher, den meisten von uns ist klar, dass die Naturwissenschaften in einem verhältnismäßig kurzen Zeitraum von nur wenigen hundert Jahren das menschliche Leben und seine Zivilisation grundlegend verändert haben. Und doch vermögen die Wenigsten die Tragweite dieser Entwicklung auch nur annähernd zu fassen. In ihren Auswirkungen auf das menschliche Leben ist die Entwicklung der letzten 500 Jahre, die mit der wissenschaftlichen Revolution ihren Anfang nahm, nur mit zwei anderen Umwälzungen zu vergleichen, der so genannten ‚Neolithischen Revolution‘ in der Jungsteinzeit vor rund 10.000 bis 12.000 Jahren, als der Mensch sesshaft wurde, und der ‚kognitiven Revolution‘, der Entstehung der menschlichen Kultur, vor ungefähr 50.000 bis 70.000 Jahren. Diese beiden Revolutionen haben die Menschwerdung in der Vergangenheit maßgeblich geprägt. Die wissenschaftliche Revolution prägt die Menschen bis heute.

Und immer noch scheint sie damit erst am Anfang zu stehen. Die Geschwindigkeit dieser jüngsten Revolution überflügelt die der ersten beiden um ein Vielfaches. Was früher Tausende oder gar Zehntausende Jahre erforderte, geschieht nun in einigen wenigen Jahrhunderten oder gar Jahrzehnten. Und wir erreichen immer neue, ungeahnte Stufen der Beschleunigung und Vernetzung. Vollzogen sich früher wissenschaftliche Umbrüche zumeist isoliert und über einen Zeitraum von einigen Jahrzehnten oder Jahrhunderten, erfahren wir heute bedeutende Umwälzungen in unserem Wissen, Denken und Leben in nur einer einzigen Generation, und zwar auf zahlreichen Gebieten zugleich. Ein Ende dieser Entwicklung ist nicht abzusehen. Ich wage die Behauptung: Was Wissenschaftler in den nächsten Jahren und Jahrzehnten entdecken, wird unsere Vorstellungen von der Welt und dem Universum, von Raum und Zeit, von Materie und Substanz noch einmal grundlegend verändern. Erkenntnisse aus zahlreichen Wissensströmen werden uns auch einen radikal neuen Blick auf den Menschen und sein Verhältnis zur Natur offenbaren. Die Konsequenzen für unser Welt- und Selbstbild werden dabei weitaus tiefer reichen als diejenigen, die sich aus der für die meisten Menschen bereits unverständlichen Physik des 20. Jahrhunderts ergaben, oder diejenigen aus der modernen Biologie, die angeblich den Menschen seiner Seele beraubt. Und die damit verbundenen technologischen Innovationen werden uns in

eine neue Dimension der Naturbeherrschung und der Gestaltung unseres eigenen Daseins führen.

Es ist somit keine Übertreibung zu behaupten, dass wir uns an der Schwelle zu einer neuen Epoche befinden. Unsere heutige Gesellschaft entfaltet sich in nahezu vollständiger Abhängigkeit vom wissenschaftlich-technischen Fortschritt. Das Ausmaß und die Beschleunigung unseres Wissens über die Natur mitsamt der sich daraus ergebenden technologischen Veränderungen und ihre Auswirkungen auf unser bestehendes Menschenbild zeichnen die Konturen eines epochalen ‚Sprungs der Menschheit im Ganzen‘, einer ‚Revolution im Menschsein an sich‘. Auch wenn uns die möglichen Technologien des späten 21. Jahrhunderts noch unvorstellbar erscheinen, werden die Keime für sie bereits heute gelegt. Sie könnten die menschliche Zivilisation grundlegend verändern, ja sogar eine gänzlich neue Form von Zivilisation entstehen lassen.

Selbstredend hat dies gewaltige Konsequenzen für uns alle sowie für die Umwelt, in der wir leben. Die Bedeutung der Naturwissenschaften und der aus ihnen erwachsenden Technologien für unsere Gesellschaft wird so weit reichen, dass der entscheidende Bestimmungsfaktor der zukünftigen Entwicklung des Menschen und seines Selbstverständnisses darin liegen wird, wie wir mit ihren Erkenntnissen umgehen. Denn mit diesen faszinierenden Erkenntnissen und technologischen Potenzialen türmen sich zugleich gewaltige Probleme auf, die wir lösen müssen: Umweltzerstörung, Klimaveränderungen, Überbevölkerung, Nahrungsengpässe, Wirtschaftskrisen und nukleare Bedrohung, um nur einige zu nennen. Doch besitzen Forschungsbereiche wie die Atomphysik, die Gentechnologie, die Nanoforschung oder Fragen der Klimaveränderung mitsamt ihren gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Folgen heute eine derart rasante und komplexe Dynamik, dass sie sich nicht nur dem geistigen, sondern auch dem ethischen Radar der meisten Menschen entziehen. Das zeigt sich unter anderem deutlich in der gesellschaftlichen Diskussion über den Klimawandel oder die Genforschung. Aber gerade über Dinge wie die Veränderung des globalen Klimas ist ein breiterer gesellschaftlicher und demokratischer Dialog so dringend notwendig. Dies erfordert ein tieferes Verständnis der Naturwissenschaften – bei uns allen.

Noch einmal. Es ist in Anbetracht dieser Entwicklungen schon erstaunlich, welch geringes Bewusstsein für den Entwicklungsstand der Wissenschaften heute bei den Intellektuellen sowie auch bei politischen und wirtschaftlichen Entscheidungsträgern anzutreffen ist. Erstaunlich, wie wenig sie auch über den Werdegang der Wissenschaft und den erst mit ihr möglich gewordenen Technologien informiert sind, wie diese in ihrer Methodik im 17. Jahrhundert entstanden ist und den historisch beispiellosen Wohlstand in all den Gesellschaften, die ihre Methode der Naturerkenntnis annahmen, erst ermöglicht hat, den wir heute als so selbstverständlich hinnehmen. Dies reflektiert sich

zuletzt auch in der eingangs beschriebenen mangelnden journalistischen Behandlung naturwissenschaftlicher Neuigkeiten. So bleiben entscheidende Fragen nach den Wirkungsmechanismen unserer modernen Lebensbedingungen von Seiten derjenigen, die sich das Frage-und- Antwort-Spiel zur Profession gemacht haben, allzu oft nicht nur unbeantwortet, sondern gar ungestellt.

Hier sind aber auch und gerade die Naturwissenschaftler selbst gefordert. In einer zunehmend unüberschaubaren Welt, in der sich neben wissenschaftlich-technologischen auch tiefgreifende soziale, politische und wirtschaftliche Umbrüche ereignen, erwarten die Menschen von der Wissenschaft Orientierungshilfe. Jedoch erscheint deren Rolle zwiespältig. Einerseits beeinflussen und bestimmen die Naturwissenschaften unser Menschen- und Selbstbild maßgeblich. Andererseits verwirren sie durch ihre Methodik der weitgehenden Zersplitterung und Spezialisierung viele Menschen. Teilweise sieht sie sich sogar dem Vorwurf ausgesetzt, in ethischen Fragen gleichgültig zu sein. Und manche werfen ihr sogar vor, den geistigen Nährboden für die Zerstörung unserer natürlichen Lebensgrundlagen zu bilden. Immer wieder finden sich Naturwissenschaftler zwischen den Fronten ideologischer oder stark interessengetriebener Auseinandersetzungen wieder, in denen ihre Aussagen missdeutet oder missbraucht werden.

Zugleich steht der Zersplitterung des naturwissenschaftlichen Wissens heute aber ein Trend zu einer zunehmenden interdisziplinären Ausrichtung der Forschung gegenüber. Hierbei treten statt abstrakter Formeln spezifische und einzigartige Strukturen der Wirklichkeit stärker ins Blickfeld. So verweist die Theorie nicht-linearer Dynamik – umgangssprachlich ‚Chaostheorie‘ genannt – darauf, dass sogar verhältnismäßig einfache physikalische Systeme spontan ein sehr komplexes, unvorhersehbares Verhalten aufweisen können. Für vielschichtige, selbstorganisierende Prozesse wie biochemische Vorgänge in Lebewesen, neuronale Ströme im Gehirn oder Turbulenzen in Strömungen entstehen damit neue naturwissenschaftliche Beschreibungsformen, die zuletzt sogar in den Geisteswissenschaften Einzug halten. Diese Entwicklung geht unterdessen sogar so weit, dass zuweilen der althergebrachte Gegensatz zwischen Natur- und Geisteswissenschaften zu verblassen scheint. Bestand dieser doch seit jeher darin, dass sich die Geisteswissenschaften den historisch gewachsenen, einmaligen Strukturen der Welt widmeten und dabei ganzheitlich orientiert waren. Während die Naturwissenschaften analytisch die universellen Gesetzen genügenden Einzelteile betrachteten und dabei das Ganze als Summe seiner Teile ansahen. Bei so manchem Forscher lässt diese Entwicklung den alten Traum einer neuen ‚Einheit der Wissenschaften‘ aufleben.

Vielleicht habe ich mit diesem Buch die Chance, meine alte und immer wieder neue Faszination weiterzureichen. Denn auch unter Managern, Geisteswissenschaftlern und Buddhisten gibt es viele, die offen dafür sind, sich mit dem neusten Stand der wissenschaftlichen Diskussion auseinanderzusetzen.

Umso mehr sind wir Naturwissenschaftler gefordert, unsere Theorien für eine Allgemeinheit verständlich zu machen. Und nicht nur das: Es liegt in unserer Verantwortung, dazu beizutragen, dass die gesellschaftliche Diskussion um die Folgen unseres Wissens und der technologischen Macht balanciert und mit den notwendigen sachlichen und fachlichen Informationen geführt wird. Hier sehen sich Physiker vor die Herausforderung gestellt, die abstrakten Aussagen der modernen Physik mitsamt ihren philosophischen Verflechtungen, technologischen Folgen und nicht zuletzt gesellschaftlichen Implikation einem Publikum von Nicht-Physikern zu erklären. Biologen müssen neueste Erkenntnisse aus der Evolutions- oder Genforschung in den Zusammenhang bestehender gesellschaftlicher Theorien stellen und Neuroforscher sehen sich durch ihre Ergebnisse mit jahrtausendealten Fragen zur Natur unseres Geistes konfrontiert.

Doch wie erklären wir die abstrakten Aussagen der Quantenmechanik oder die Physik des *Large Hadron Collider*, des Teilchenbeschleunigers am Europäischen Kernforschungszentrum CERN, ohne mathematische Formeln? Wie lässt sich die schier unendliche Komplexität unseres Gehirns denjenigen darstellen, die nicht wissen, was neuronale Netze, Synapsen, fMRT oder 40-Hertz-Oszillationen sind? Und wie kann Politikern verständlich gemacht werden, dass sich durch nicht-lineare Rückkopplungen die Eigenschaften des Klimas auf unserem Planeten völlig anders darstellen als die gewohnten linearen Trends, nach denen sie sich normalerweise richten?

Meine Antwort lautet: durch die Vermittlung der historischen Entstehung dieser Theorien. Was waren die realen Probleme, welche die Physiker dazu brachten, solch unverständlich erscheinende Theorien wie die Quantenmechanik oder die Relativitätstheorie zu entwickeln? Führt man sich die konkreten Fragestellungen vor Augen, denen sich die Gründerväter der jeweiligen Theorien zu ihrer Zeit ausgesetzt sahen, und dazu die konkreten Wege, die sie zu einer Lösung wählten, offenbaren sich auch sehr abstrakte Naturtheorien als äußerst konkret. Betrachtet man zum Beispiel die Probleme der Atomtheorie der 1920er-Jahre und wie Bohr, Schrödinger, Heisenberg und andere sie gelöst haben, so erkennt auch der physikalische Laie in der Quantenmechanik ein nahezu greifbares Gefüge. Durch ihre Geschichte eröffnet sich ein Zugang zur Naturwissenschaft, der auch die abstraktesten Theorien anschaulich werden lässt und ein breiteres Verständnis ihrer gegenwärtigen Erkenntnisse ermöglicht.

In der historischen Betrachtung der Naturwissenschaften offenbart sich uns ein geradezu ‚magischer Pfad des Wissens‘, auf dem die Menschen in ihrem unbändigen Drang, mehr über uns und den Kosmos zu erfahren, voranschritten. Auf diesem Pfad verschränkten sich immer wieder philosophisches und naturwissenschaftliches Denken, um sich gegenseitig schöpferisch zu inspirieren. Und oft offenbaren sich dabei tiefere Zusammenhänge, die

weit in die Vergangenheit zurückreichen. So zeigt uns der Blick in die Vergangenheit, wie die Wissenschaft in ihrem Innersten ‚tickt‘. Und nicht zuletzt ist die Geschichte der Naturwissenschaften von einer Dramatik geprägt, die manch einen Romanbestseller in den Schatten stellt.

Hier bietet sich die Metapher einer menschlichen Biographie an: Liegt die ‚DNA‘ unseres heutigen Wissens über die Natur nicht bereits in der Antike in den Gedanken der frühen griechischen Naturphilosophen verborgen? Es ist dann Aristoteles, mit dem die methodischen Grundausstattungen der Wissenschaften das Licht der Welt erblickten. Indem sie im Hellenismus erstmals zur mathematischen Analyse als Instrument der Erkenntnis greift, spricht die Wissenschaft ihre ersten – noch unverständlichen – Worte aus. Nach einer langen Phase elterlicher Geborgenheit in den alles Denken dominierenden Philosophien Platons und Aristoteles während des Mittelalters durchläuft die Wissenschaft schließlich in der Renaissance eine späte ‚Trotzphase‘: Zum ersten Mal eignet sie sich eigene kritische Methoden an. Von dort kommt die Wissenschaft in die frühe Pubertät der beginnenden Neuzeit, rebelliert immer frecher gegen althergebrachte Institutionen und stellt Religion und Kirche gegen allen Widerstand infrage. Die Epoche der Aufklärung schließlich bricht vollends mit dem Tradierten: Nicht allein mehr die alten Autoritäten wanken, die Frage des Erkennens selbst gerät auf den Seziertisch der Wissenschaft. Mit dem 19. Jahrhundert werden die Naturwissenschaften endlich erwachsen. Es gelingt ihnen, sich zu institutionalisieren, die Strukturen ihres heutigen ‚Betriebs‘ zu schaffen. Und immer noch bricht sich der Übermut der Jugend Bahn, denn ungebrochen ist der Glaube an einen technologisch-gestalterischen Einfluss auf das Weltgeschehen und daran, nun doch das ‚Wesen der Dinge‘ erkannt zu haben. Auf der Schwelle zum 20. Jahrhundert wird die Wissenschaft dann aber von ihrer Vergangenheit eingeholt. Philosophische Probleme kehren zurück und lassen die Wissenschaft neue gedankliche Kinder gebären wie die Quantenphysik, die Relativitätstheorie oder die Genetik. Zugleich bahnen sich neue Konflikte an. Der Zweite Weltkrieg, der ‚Krieg der Physiker‘, stellt den Beginn einer ‚Midlife-Crisis der Wissenschaft‘ dar, mit Selbstzweifeln, ethischen Dilemmata und kollektiver Kritik an ihrem Schaffen, in der sich die Umrisse ihrer heutigen gesellschaftlichen Verantwortung abzeichnen. Erst in den 1990er-Jahren gelingt es ihr, die Krise hinter sich zu lassen. Mit neuer Sicherheit der eigenen ‚Lebens‘-Erfahrung macht sie sich auf zu neuen Ufern.

Bei näherer Betrachtung verrät die Geschichte der Naturwissenschaften aber noch mehr. In ihr lässt sich die Entwicklung eines radikalen Wechsels im Erklärungsanspruch der Naturwissenschaften der letzten 100 Jahre erkennen, der nicht zuletzt eine tiefe Bedeutung für die gesellschaftliche Diskussion um ihr Wirken gewinnt. Die historischen Anfänge der Naturwissenschaften lie-

gen in der philosophischen Sehnsucht und Suche nach einer absoluten und letzten Wahrheit. Bereits bei den Vorsokratikern, den antiken Naturphilosophen vor Sokrates, entstanden die Grundlagen einer Metaphysik, die nach den letzten Gründen und Zusammenhängen suchte, die hinter den Phänomenen der Natur liegen. Ungeachtet der philosophischen Schwierigkeiten, die sich mit dem Gedanken eines absoluten und letzten Wissens von der Natur ergaben, hielt sich dieser intellektuelle Antrieb bis in die späte Neuzeit. Er motivierte Kepler in seiner Planetenlehre, galt Newton als Grundlage für sein mathematisches System der Mechanik und ließ die Physiker noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts von der Einheit der Naturwissenschaften träumen. Auch die mit Descartes und Leibniz beginnende moderne Naturphilosophie leitete der Wunsch und der Glaube an die Möglichkeit absoluter Gewissheit – die ihre Begründungsprinzipien zuletzt nur im Transzendenten jenseits des sinnlich Erfahrbaren finden kann. Erst mit der Entstehung der modernen Physik beschleunigte sich ein Prozess, in welchem die Idee des Absoluten in den Naturwissenschaften systematisch zugunsten einer empiristisch-positivistischen Ausrichtung zurückgedrängt wird. Die Loslösung von einer absoluten Bestimmtheit, wie sie die Quantenphysik betrieb, lässt sich ohne Weiteres als eine der größten philosophischen Einsichten des 20. Jahrhunderts bezeichnen. Wir erkennen, dass der Erfolg der Wissenschaften in den letzten 100 Jahren sein zentrales Entwicklungsmoment erst durch die konsequente Eliminierung des metaphysischen Traums vom universell Wahren sowie durch die Einsicht, dass die Betrachtung der Natur nicht ein von uns selbst losgelöster, subjektunabhängiger Prozess ist, gewinnt. Bekannte Beispiele sind die Ersetzung von Newtons Vorstellung eines absoluten Raums und einer absoluten Zeit durch die relationale Raum-Zeit in der Relativitätstheorie oder der neue Objektbegriff in der Quantenphysik. Des Weiteren auch die heute zentrale Bedeutung des Begriffs der Information in Evolutionstheorie und Genetik, den beiden Pfeilern der modernen Biologie. Zusammenfassend können wir sagen: Die Naturwissenschaft hat sich „ent-absolutiert“. Sie sucht nicht mehr nach dem Absoluten

Diese Entwicklung besitzt eine gesellschaftlich relevante Dimension: In einer solchen Loslösung von absoluten Wahrheitsansprüchen lassen sich erstaunliche Parallelen zur gesellschaftlichen Herrschaftsdynamik erkennen – worauf bereits der Philosoph Karl Popper hinwies. Jedes Mal, wenn die Menschen glaubten, sie hätten die perfekte Gesellschaftsform gefunden, endeten sie in der Erstarrung eines despotischen Absoluten. Die Naturwissenschaften lehren uns die Dynamik der steten Infragestellung des eigenen Status quo, die nicht endende kritische Reflexion des gegenwärtigen Denkens und Handelns. Wie die Naturwissenschaft befindet sich auch die Politik in einem permanenten Reparaturmodus, muss sich ständig hinterfragen und ihren Fortschritt in

der steten Korrektur falscher Entscheidungen finden. Eine Regierungsform, in der sich Macht demokratisch rechtfertigen und in ihren Ausführungen korrigieren oder gar abwählen lassen muss, ermöglicht einen ganz anderen gesellschaftlichen Fortschritt als autoritäre Regierungsformen. Indem wir unseren absoluten Wissensanspruch aufgeben und unser Wissen von der Natur als immer wieder korrigier- und erweiterbar ansehen, definiert die damit verbundene Neuausrichtung im Wahrheitsanspruch der Naturforscher letztlich die historisch beispiellose moderne wissenschaftliche Fortschrittsdynamik.

Wie der Mensch selbst ist auch die wissenschaftliche Methode nicht vom Himmel gefallen. Auch sie hat sich entwickelt, kennt eine eigene Geschichte mit Höhen und Tiefen, hat eine Evolution durchschritten und besitzt eine eigene Biographie, vergleichbar mit der des im Ergebnis offenen ‚Projekts Mensch‘. Ein Blick in die Historie der Wissenschaften, in diese ihre ‚Biographie‘, ein Blick darauf, wie wir dorthin gekommen sind, wo wir heute stehen, eröffnet uns neben dem Verständnis ihrer Theorien und Aussagen auch eine Einsicht in die komplexe Dynamik wissenschaftlichen Fortschritts. Gleichzeitig lernen wir ihr Zusammenspiel mit gesellschaftlichen Entwicklungen und philosophischem Fragen und ihr damit stets revolutionäres Potenzial besser verstehen und erhalten so wertvolle Orientierungshilfe für die Herausforderungen der Moderne. Somit ergibt sich für uns auch ein ganz neuer Blick in die Ferne. In eine Ferne, die unmittelbar bevorsteht.

2

Der lange Weg der Wissenschaften von der griechischen Naturphilosophie zur Renaissance

Seit Menschengedenken versuchen wir die großen Mysterien unserer Existenz zu erforschen. Wir fragen nach der Natur der Dinge, dem Ursprung der Welt, dem Wesen und der Entstehung des Menschen oder der Natur des Geistes. In allen Kulturen treffen wir auf die tiefe gedankliche Unrast, die ihren Ausdruck findet in Fragen wie ‚Woraus besteht die Welt?‘, ‚Wer sind wir?‘, oder ‚Woher kommen wir? Doch was wiederum führt uns zu diesen Fragen? Woher kommt dieser Drang nach Wissen, der mit dem Menschsein selbst verbunden zu sein scheint? Bereits vor fast 2.400 Jahren gaben die Philosophen Platon und Aristoteles darauf eine Antwort: Sie sahen den Ursprung dieser Fragen in unserem *Staunen*. Wir staunen über die Schönheit der Natur, die Mächtigkeit ihrer Gewalten, die Vielfalt ihrer Gestalten oder die Geheimnisse ihrer Phänomene. Doch leitet uns zugleich noch eine weitere Kraft in unserem Streben nach Antworten: die *Angst*. Und wie das Staunen bezieht sich die Angst vor dem Unbekannten oder Unverstandenen nicht nur auf Ereignisse, die uns unmittelbar und momentan betreffen, sondern auch auf Vorstellungen, die jenseits unserer direkten gegenwärtigen Erfahrung liegen. Wir Menschen sind in der Lage, in unserem Geist Szenarien durchzugehen. Dies ist ein Vorgang, der untrennbar mit einem Bewusstsein von Vergangenheit Gegenwart, und Zukunft verbunden ist, also mit der Vorstellung von Zeit. Diese Fähigkeiten, zukünftige Prozesse, ‚in unserem Geist‘ zu simulieren, verschaffte unseren Vorfahren vermutlich einen enormen Überlebensvorteil, was das menschliche Bewusstsein zuletzt evolutionär erklären könnte. Und sowohl beim Staunen als auch bei der Angst trennen wir zwischen dem Denken in uns und der Erfahrung einer äußeren Welt. Dabei löst sich unser Denken von unserer sinnlichen Wahrnehmung und beschäftigt sich von ihr losgelöst mit einer Welt, die – so sind wir überzeugt – unabhängig von uns und unserer Betrachtung von ihr existiert. In diesem ständigen Wechselspiel zwischen ‚äußerer (objektiv gegebener) ‚Welt‘ und innerem (subjektiv erlebtem) ‚Ich‘ versuchen wir unsere Naturerfahrung zu deuten. (Philosophen sprechen in diesem Zusammenhang gern von ‚Repräsentation‘, der Fähigkeit, die Außenwelt, bzw. ihre Wahrnehmung davon, in unserem Inneren abzubilden. Von diesem Repräsentationsvorgang selbst abstrahieren wir dann wiederum.)

Erleben auch viele Tiere Formen der Angst und des Erstaunens, so ist der Mensch wohl das einzige Wesen in der Natur, welches in seinem Geist Szenarien entstehen lässt und diesen Prozess der gedanklichen ‚Ablösung von der Welt‘ vollziehen kann, den Philosophen mit dem Wort ‚Abstraktion‘ bezeichnen. Und das ist noch nicht alles. Auch von uns selbst können wir unseren Geist trennen und ihn so zum Objekt unseres eigenen Denkens machen. In diesem Fall betrachten wir uns wie in einem Spiegel und werden uns bewusst, dass wir es selbst sind, die der Gegenstand der Betrachtung sind. Aber auch damit nicht genug. Wir können uns sogar eine Vorstellung von anderen Subjekten mitsamt ihren Gedanken, Gefühlen und Absichten machen. Mit anderen Worten, wir vermögen uns in andere Menschen ‚hineinzusetzen‘ und Vorstellungen über ihren Geist zu gewinnen. Und zu guter Letzt können wir unsere Gedanken und Wahrnehmungen zum Ausdruck bringen und vermitteln. Dazu dient uns etwas, was unsere Vorfahren in einem Entwicklungsprozess, den Wissenschaftler heute auch als ‚kognitive Revolution‘ bezeichnen, vor rund 70.000 Jahren erwarben: die Sprache. Mit ihrer Hilfe können wir uns sogar Dinge vorstellen und über sie sprechen, die es gar nicht gibt. Unter anderem ermöglicht sie uns, Mythen und Zaubergeschichten zu erfinden und untereinander auszutauschen.

Gibt es einen inneren Zusammenhang zwischen Sprache, Vorstellung und Denken? Kam das Denken erst mit der Sprache? Oder folgte die Sprache unserem Denken? Klar ist, dass wir erst mit der Sprache in der Lage waren, miteinander auf einer höheren Ebene zu kommunizieren. Einige Wissenschaftler vermuten darüber hinaus, dass erst die Sprache den Menschen dazu befähigte, im Denken zu derart hohen Abstraktionsstufen zu gelangen, dass es uns möglich wurde, uns Dinge vorzustellen, die nicht einmal in unserer Erfahrung existieren.

Fassen wir zusammen: Die Fähigkeit zur Abstraktion und zum Denken in Szenarien ermöglicht es uns, unabhängig von einer unmittelbaren Erfahrung über Dinge nachzudenken, sie zu beschreiben und mit Symbolen und Worten zu überliefern. In diesen Prozess können wir uns reflexiv einbinden, uns von der Welt loslösen und abstrakt über uns selbst zu sinnieren beginnen. Mit der Sprache schaffen wir dann eine Kultur, in der unsere Erfahrungen gespeichert, anderen mitgeteilt und über die Zeit hinweg weitergegeben werden. Die Fähigkeiten, uns ein Geschehen unabhängig von unserer Sinneserfahrung vorzustellen, es dann in Bezug zu uns selbst zu setzen und schließlich zu überliefern, versetzen uns letztendlich in die Lage, uns über die Natur als Ganzes abstrakt Gedanken zu machen. Dies ist der Prozess, der uns zu den obigen Fragen führt. Doch weder die Fragen noch das Staunen oder die Angst finden je ein Ende. Jede Antwort löst weiteres Staunen, neue Angst und noch mehr Fragen aus.

Zum sinnlichen Erleben gehören zwei Komponenten: eine subjektive, die in mir selbst, dem ‚Ich, das erlebt‘, stattfindet und eine, die als außerhalb von mir ‚erlebt wird‘ und deshalb nicht unmittelbar zu mir gehört. In einem Prozess, den wir die ‚Objektivierung der äußeren Welt‘ nennen wollen, sehen wir die Gegenstände des Erlebten als unabhängig von uns und geben ihnen somit auch einen von uns unabhängigen Ursprung. Ich sage, die Welt existiert an sich, auch ohne, dass ich sie betrachte. (Ob sie tatsächlich jenseits meiner Wahrnehmung, also an sich so existiert und nicht nur eine Projektion in mir ist, kann ich natürlich nie wissen). Diese Prämisse ist sehr wichtig. Erst damit, dass wir die Welt als etwas Objektivierbares, an sich Existierendes und von uns Abgetrenntes erfassen, ist uns eine systematische Beschäftigung mit der Natur möglich. Erst mit der Trennung von ‚Ich‘ und ‚Welt‘ lassen sich die ‚Dinge‘ analysieren und Regelmäßigkeiten in ihnen erkennen, die wir in kritischer Analyse mit den Kategorien von ‚wahr‘ und ‚falsch‘ belegen können.

Eine solche systematische Beschäftigung mit unserer Naturerfahrung ist das Fundament der ‚(natur-)wissenschaftlichen Methode‘. Diese will unsere Erfahrung von der Welt einerseits einer empirischen, an der Erfahrung orientierten, andererseits einer ‚rationalen‘, am Denken ausgerichteten Erklärung zugänglich machen und zuletzt in einen logischen, oft quantitativ-mathematischen Zusammenhang bringen. Das bedeutet nichts anderes, als dass wir die Natur mittels Beobachtungen und Nachdenken nachzuvollziehen versuchen. Allen Erklärungen, die nicht aus diesen beiden Elementen bestehen, insbesondere mythischen oder übernatürlichen Begründungen, steht das wissenschaftliche Denken kritisch gegenüber.

Aber wir sollten die vorab gemachte Annahme über die dualistische Natur des Seins, die oben dargelegte Trennung zwischen Welt und Ich nicht vergessen. Die Philosophen sprechen in diesem Zusammenhang von einer ‚ontologischen Prämisse‘. Denn aus ihr ergibt sich eine philosophische Schwachstelle der naturwissenschaftlichen Methode, wie wir noch sehen werden. Auch sollten wir nicht unerwähnt sein lassen, dass andere Denktraditionen eine solche Trennung zwischen innerer und äußerer Welt, diesen Dualismus zwischen Subjekt und Objekt, Geist und Materie, Bewusstsein und Realität, ablehnen. So geht die indisch-buddhistische Denkart so weit, die diesen Dualismus auslösende Instanz, das Bewusstsein eines Ichs, als Illusion zu erklären. Es ist daher sicher kein Zufall, dass Naturwissenschaften nicht im buddhistisch-hinduistischen Asien entstanden sind, sondern im antik-griechisch geprägten christlichen Europa. (Auch wenn wir zwischen der antiken griechischen und indischen Philosophie teils überraschend starke Überlappungen erkennen). Doch unterdessen ist die Naturwissenschaft selbst an einen Punkt gekommen, an dem sie die uns so offensichtlich erscheinende Trennung zwischen

dem innerem ‚Ich‘ als beobachtendem Subjekt und der Welt als Ensemble von beobachteten Objekten außerhalb von uns kritisch reflektieren muss.

Mit der naturwissenschaftlichen Methode ging noch eine weitere Vorstellung einher: die Idee des Fortschritts. Dadurch, dass wir auf dem Wissensschatz unserer Vorgänger aufbauen und ihn weiterentwickeln, vertieft sich das menschliche Wissen von der Natur mit der Zeit immer weiter. Dadurch gewinnt die Wissenschaft die Dimension des Historischen.

Vom ‚Mythos zum Logos‘ – die Geburt des rationalen Denkens aus dem Geiste der griechischen Naturphilosophie

Im Verlauf der Zeit haben sich in menschlichen Gesellschaften verschiedene Formen der Naturbetrachtung entwickelt, von magischen Symbolen und mythischen Darstellungen, über Religionen, die die Verantwortung für das Naturgeschehen Göttern zuschreiben, bis hin zu der Vorstellung, die Welt ganz ohne Magie und Götter mit ‚natürlichen‘, mittels expliziter Naturerfahrungen nachvollziehbaren Prinzipien zu beschreiben.

Wir wissen nicht, wann genau die ersten systematischen Naturbeobachtungen, rationalen Erklärungen und mathematischen Methoden entstanden sind, die wir mit der letzten und jüngsten Form der Weltbetrachtung in Verbindung bringen. Zu größter Entfaltung gelangten sie jedoch auf dem westlichen Zipfel des großen eurasischen Kontinents, den wir heute Europa nennen. Warum gerade hier? Diese Frage drängt sich auf, lassen doch vergleichende Sprachanalysen vermuten, dass vor 4.000 bis 7.000 Jahren ein ‚indoeuropäisches Urvolk‘ gelebt hat, welches die frühen kulturellen und sprachlichen Eigenschaften der Menschen von Europa bis nach Indien einheitlich prägte und dabei gemeinsame Naturvorstellungen und religiöse Ausrichtungen entwickelte.

Tatsächlich versuchten auch in Indien und der mesopotamischen Ebene (dem heutigen Persien) frühe Kulturformen, die Natur auf systematische Art und Weise zu beschreiben und vorherzusagen. So führten die Babylonier um 1800 v. u. Z. (vor unserer Zeitrechnung) Messungen von Sternbewegungen durch und entwickelten Methoden, diese zu beschreiben und vorherzusagen. Doch hatten sie dabei eher praktische Anwendungen vor Augen, beispielsweise durch Bestimmung der Jahreszeiten und Mondphasen die beste Erntezeit zu finden. Ein Interesse an der Natur um ihrer selbst willen lag ihnen noch fern.

Die Weiterentwicklung der Schrift im 2. Jahrtausend v. u. Z. – erste frühe Formen der Schrift entstanden im Nahen Osten, in Sumer und Ägypten bereits um 3000 v. u. Z. – ermöglichte die Aufzeichnung und Übermittlung von erworbenem – und nun auch abstraktem – Wissen über Generationen hinweg. Doch bei aller Beobachtung und anschließenden Aufzeichnung von Naturphänomenen wie dem Lauf der Sterne, dem Wachstum der Pflanzen oder der Vielfalt der Tiere: die Menschen konnten sich während vieler Jahrhunderte das Welt- und Naturgeschehen nicht anders erklären, ihr Staunen nicht anders befriedigen und ihre Furcht nicht anders besänftigen als auf Magie, Mythen, Göttergeschichten und andere übernatürliche Erklärungen zurückzugreifen.

Es war einer kleinen Volksgruppe an der Grenze zwischen Europa und Asien vorbehalten, die überlieferten Mythen infrage zu stellen, eine scharfe Trennung zwischen dem Weltlichen und dem Göttlichen durchzuführen und erste Schritte zu einem systematischen ‚wissenschaftlichen‘ Denken zu machen. Die Exklusivität des griechischen Denkens wird zwar durch die jüngere historische Forschung etwas relativiert. So entstanden beispielsweise nahezu zeitgleich in Indien Gedanken zur Naturbeschreibung, die denen im frühen Griechenland sehr ähnlich waren – sie führten im Verlaufe der Zeit allerdings nicht zu einer vergleichbar systematischen Naturtheorie. Bei der Entwicklung, die mit den Griechen ihren Anfang nahm, können wir von einer ‚Revolution‘ sprechen, von einer ‚Umdrehung‘ (von lateinisch *revolvere*) im menschlichen Denken. Sie repräsentiert den Beginn des philosophischen, rationalen und zuletzt wissenschaftlichen Denkens der Menschen.

Die ersten Entwicklungen dazu nahmen im 6. Jahrhundert v. u. Z. in den griechischen Kolonien an der ionischen Küste in Kleinasien, der heutigen westlichen Mittelmeerküste der Türkei, ihren Lauf. Historiker sprechen deshalb auch von der ‚ionischen Revolution‘ - von einem Übergang ‚vom Mythos zum Logos‘. (Wobei das vieldeutige Wort *logos* in diesem Zusammenhang ‚Vernunft‘ bedeutet). Wie die meisten indoeuropäischen Kulturen hatten vor dieser Revolution auch die Menschen in Griechenland bis dahin ein von Mythen und Göttern geprägtes Bild von der Natur gehabt, welches um 800 v. u. Z. von den Dichtern Homer und Hesiod aufgeschrieben worden war. In der Mythologie der Griechen beeinflussten die Götter das Schicksal der Menschen, und ihre Handlungen sollten natürliche Phänomene wie Wind, Erdbeben und Fluten erklären.

Was löste die ionische Revolution aus? Und warum gerade zu dieser Zeit und an diesem Ort? Sicher war es nicht ein einzelner Umstand, der das neue Denken hervorbrachte. Es handelte sich eher um eine Ansammlung verschiedener Entwicklungen, die sich oft nicht eindeutig bestimmen und zuordnen

lassen. Ebenso wenig entstand das neue Denken aus dem Nichts. Es baute auf Gedanken von Vorgängerkulturen auf, in erster Linie aus Babylonien und Ägypten – und wahrscheinlich auch aus dem indischen Kulturkreis. Dass einige Gedanken teils sehr ähnlichen Inhalts fast zeitgleich auftauchen, macht einen Ideenaustausch zwischen diesen teils durch große Entfernungen getrennten Kulturräumen wahrscheinlich. Nicht umsonst spricht der Philosoph Karl Jaspers von der mehrere Jahrhunderte umfassenden Epoche um 500 v. u. Z. als einer ‚Achsenzeit der Weltgeschichte‘, in welcher, wie er schreibt, ‚die Grundkategorien entstanden, in denen der Mensch noch heute denkt‘, und ‚der Schritt ins Universale getan wurde‘.

Bereits die Babylonier und Ägypter hatten ein ausgedehntes, auf ihren eigenen Beobachtungen beruhendes Wissen über die Natur angesammelt und darauf aufbauend zahlreiche Anwendungen entwickelt. Die Babylonier (wie auch die Chinesen) besaßen eine Fülle von astronomischen Beobachtungen, auf die die Griechen zurückgreifen konnten. Die Ägypter ihrerseits verfügten über Verfahren zum Lösen mathematischer Probleme. Sie wussten beispielsweise wie man einen rechten Winkel konstruiert und hatten Tabellen zum Umrechnen von Brüchen. Doch all dieses Wissen war kein theoretisches, kein systematisches Wissen. Vielmehr war es in seinem Wesen ‚praktisch‘. Es beruhte und beschränkte sich auf Einzelfälle, die nicht mit anderen Erkenntnissen in Zusammenhang gebracht wurden. So kannten die Ägypter die den Anwendungen des rechten Winkels zugrunde liegenden mathematischen Gesetzmäßigkeiten nicht. Ebenso wenig besaßen sie ein generelles Verfahren der Bruchrechnung. Die Babylonier wiederum, so viel sie auch über Sternbewegungen aufzeichneten, entwickelten aus ihrem Wissen keine allgemeine Theorie der Himmelsbewegung. Weder die Babylonier noch die Ägypter, auch nicht die Chinesen und Inder, gingen den entscheidenden Schritt von der Praxis zur mathematischen Theorie.

Es darf uns daher auch nicht verwundern, dass keine dieser Kulturen die Mathematik als systematische und ‚rein theoretische Disziplin‘ hervorbrachte. Beides, logisches theoretisches Denken über die Natur und abstrakte Mathematik, entwickelten erst die Griechen. Erst sie fragten nach den Grundprinzipien der Welt und wollten die elementaren Gesetze der Natur verstehen. Dabei beschäftigten sie sich zunächst nicht mit der direkten praktischen Anwendbarkeit ihrer Erkenntnisse. Vielmehr ging es ihnen um Zusammenhänge an sich. Ihre Theorien waren sozusagen ‚interessefrei‘. Es scheint wie eine Ironie der Geschichte, dass sich gerade die reinen Theorien später als Schlüssel zu unzähligen praktischen technologischen Anwendungen und einer für die Griechen noch unvorstellbaren – und sicher unheimlichen – Naturbeherrschung erwiesen.

Doch welches waren die besonderen Faktoren, die das neue Denken in den griechischen Kolonien in Kleinasien auslösten? Zunächst ließe sich der Zugang zur schriftlichen Überlieferung nennen. Mit den Aufzeichnungen Homers und Hesiods waren zum ersten Mal die alten Mythen in geschriebener Form verfügbar und konnten breit hinterfragt und kritisiert werden. Doch auch andere Kulturen verfügten über die Schrift. Daher lohnt es sich, einige Besonderheiten der griechischen Sprache zu betrachten. So verfügte sie, anders als die meisten anderen Sprachen, über ein eigenes Wort für ‚Sein‘, Artikel für Substantive, sowie die Möglichkeit, Adjektive zu substantivieren. Diese sprachlichen Mittel verliehen den Griechen bessere Möglichkeiten zur Abstraktion. Zum Beispiel konnten sie von ‚der Natur‘ oder auch ‚dem Natürlichen‘ sprechen.

Einen weiteren maßgebenden Einfluss auf das kritische und rationale Denken der Griechen hatte ihre Gesellschafts- und Staatsstruktur. In der ersten Hälfte des letzten Jahrtausends v. u. Z. zergliederte sich Griechenland in eine Reihe von einzelnen Klein- und Stadtstaaten, von denen viele wie Athen autonom und ab dem 5. Jahrhundert (ansatzweise) demokratisch regiert wurden. Selbst die griechischen Kolonien waren unabhängig und in ihrer politischen und kulturellen Lebensweise verhältnismäßig frei. Diese Freiheit war jedem Griechen sehr wichtig – schon um sich als freie Bürger von den unfreien Sklaven abzugrenzen. Dies wirkte sich auch auf das Denken der Menschen aus: Die Menschen im antiken Griechenland neigten zu einem ausgeprägten Individualismus und besaßen einen starken Hang zum Wettkampf, der seinen Ausdruck nicht zuletzt in den alle vier Jahre stattfindenden olympischen Spielen fand. Den Charakter von Wettbewerben hatten auch Streitgespräche. Wer sein Gegenüber mit den besseren Argumenten überzeugen konnte, durfte sich als Sieger fühlen. Ein weiterer wichtiger Faktor für die Entstehung des rationalen Denkens war der lebhaft Handel, den die Griechen mit der gesamten Mittelmeerwelt und darüber hinaus trieben. Ihre Kaufleute kamen weit herum und beobachteten, wie verschieden die Mythen und der Glaube der unterschiedlichen Völker waren, und wie fraglich damit ihre eigenen. So stießen sie auf eine Flut von neuen Ideen und Anregungen, die sie zu einer offenen und kritisch hinterfragenden intellektuellen Grundhaltung führte. Zuletzt prägte das griechische Denken auch die Tatsache, dass die meisten Griechen Sklaven hatten, die die Alltagsarbeit verrichteten, sodass sie Zeit und Muße hatten, über die Welt und die Natur nachzudenken.

Die Durchmischung mit anderen Völkern, der Kontakt mit den Überlieferungen der großen Kulturvölker des Ostens, der Freiheitsdrang in Rede und im Denken, eine individualistische und wettbewerbsorientierte Gesellschaftsstruktur, die Unabhängigkeit des Einzelnen, die Entwicklung einer eigenen

Schrift und einer zur Abstraktion fähigen Sprache und nicht zuletzt die Begabung einzelner Denker ließ in Griechenland ein Volk von ganz eigenem Charakter entstehen: ein Volk, das extravertiert, denkend und reflektierend, träumerisch und sinnenfroh, leichtlebig und genussüchtig und dazu freihheitsdurstig, kriegs- und seetüchtig in einem war. Dabei konnten sie, obwohl zerstritten und oft im Krieg untereinander, für einige Jahrhunderte dem Ansturm anderer, in ihren Augen ‚barbarischen‘, Völker standhalten. Unter diesen Voraussetzungen entstand bei den Griechen eine Haltung, mit welcher sie bei ihren Fragen nach dem ‚Warum‘ immer weniger die überlieferten Mythen akzeptierten und stattdessen auf natürliche Beobachtung und logische Erklärung für das Naturgeschehen zurückgriffen. Sie folgten in ihrem Nachdenken über die Natur einem ähnlichen Schema, welches sie auch in Diskussionen in der Politik oder bei wirtschaftlichen Streitigkeiten anwendeten: dem in freier Rede vorgetragenen oder auf dem Papier verfassten logischen Argument.

Allerdings lässt sich das Denken der antiken Griechen noch nicht mit moderner Wissenschaft vergleichen. Es gab einen bedeutenden Unterschied. Letztere versucht die Welt gewissermaßen ‚von unten her‘ zu erfassen: Ausgehend von einzelnen Beobachtungen lösen heutige Wissenschaftler spezifische Probleme und setzen diese dann wie Mosaiksteinchen zu einer gesamten Theorie zusammen. Stück für Stück bringen Beobachtungen vieler Erscheinungen sie dazu, größere Zusammenhänge zu erkennen. Am Ende schließen sich die Einzelerkenntnisse zu einem einheitlichen Erkenntnisgefüge zusammen. Dies war nicht der Weg der Griechen. Sie gingen umgekehrt vor, begannen sofort mit den allgemeinsten, schwierigsten und umfassendsten Problemen. Sie fragten gleich nach der Entstehung und dem Wesen des Weltganzen. Damit war ihr Denken noch keine Wissenschaft im heutigen Sinne. Sie gaben ihm selbst den heute noch gängigen Namen ‚Philosophie‘.

Indem sie mit einer spekulativen Herangehensweise alles auf einen Wesensgrund zurückzuführen versuchten, ähnelte ihr Denken so manchen religiösen Erklärungsversuchen. Zugleich steht es aber im krassen Gegensatz dazu: Anstatt nach göttlichen Ursachen für das Weltgeschehen zu suchen, verwendeten die griechischen Philosophen bei ihrer Naturlehre die Methode des rationalen und kritisch vernünftigen Denkens. Mit einer auf Dialog, Kritik, Gedankenaustausch beruhenden Denkkultur entstand, was heute noch bedeutende Eigenschaften wissenschaftlichen Denkens sind: die Befreiung von Mythen und das Zulassen von Kritik. Obwohl die Revolution in Ionien also nicht direkt die naturwissenschaftliche Methode hervorbrachte und in vieler Hinsicht in spekulativem Denken verharnte, sollte das neue kritisch rationale Denken der Griechen in Bezug auf Fragen der Natur große Auswirkungen auf die Menschheitsgeschichte haben. Zum ersten Mal dachten die Menschen, dass sie mit Verstand und Auffassungskraft selbst in der Lage sind, das komplexe

Weltgeschehen zu verstehen und die Gesetze der Natur gedanklich (rational) nachzuvollziehen. Zum ersten Mal fragten Menschen nach den ‚wahren‘ Ursachen der Dinge.

Einheit oder Vielfalt? – Die griechischen Naturphilosophen und die Grundlagen der Naturtheorie

War das rationale, von Mythen befreite Denken als genetischer Code der späteren naturwissenschaftlichen Erfassung der Welt einmal geschaffen, so stießen die Mythen Homers und Hesiods und ihre Vorstellungen von der Götterwelt als Welterklärungsmodelle schnell auf wachsenden Widerspruch. Als einer ihrer heftigsten Kritiker gilt der Philosoph Xenophanes (ca. 570–470 v. u. Z., genauere Lebensdaten sind unbekannt). Er wird grundsätzlich und schafft die Fundamente einer Debatte, die bis in unsere Tage fortwirkt. Die Götter, so setzt er an, seien von den Menschen geschaffen, sie seien das Produkt ihrer Vorstellung und nach ihrem eigenen Vorbild gebildet. Ihre wahre Natur verschließe sich hingegen der menschlichen Erkenntnis. Den vorherrschenden Vorstellungen stellte Xenophanes einen höchsten Gott entgegen, der selbst unbewegt ist, aber alles bewegt, alles umfassend ist, aber ohne Anfang und Ende. Mit diesen Gedanken stieß er jedoch auf ein logisches Problem: Wie kann ein unbewegter Gott überhaupt etwas bewegen? Und: Um was für eine unveränderliche Einheit handelt es sich eigentlich, die allen Veränderung in ihrer Vielheit zugrunde liegen soll? Fragen wie diese waren es, um die das Denken der griechischen Philosophen nun zu kreisen begann. Es ging um das Geschehen in der Welt, das Entstehen und Vergehen in der Natur. Es ging um das Wachstum und den Tod der Pflanzen, um die Steine auf der Erde und das Wasser im Meer und reichte bis hin zur Entstehung der Welt. Wir nennen die frühen griechischen Denker daher auch ‚Naturphilosophen‘. Gleichzeitig werden sie als Philosophen vor Sokrates auch als ‚Vorsokratiker‘ bezeichnet. Sie schufen die ‚DNA‘ der Wissenschaft, mit der der menschliche Geist ab ungefähr 500 v. u. Z. ausgestattet wurde.

Am Anfang der griechischen Naturphilosophie stand einer, den die meisten noch aus dem Mathematikunterricht kennen: Thales von Milet (ca. 624–547 v. u. Z.), dessen ‚Satz des Thales‘ sich mit rechtwinkligen Dreiecken im Halbkreis beschäftigt. Aber seine Bedeutung reicht viel weiter. Thales, der in der an der Westküste Kleinasiens gelegenen Stadt Milet lebte, gilt als der Erfinder der rationalen und kritischen Denkmethode in Griechenland. Dabei ist es gut möglich, dass er nicht der Erste war, der neue Fragen über die Natur stellte.