

Josef Honerkamp

Die Vorsokratiker und die moderne Physik

2000 n.Chr.

Vom Wesen und Werden einer
strengen Wissenschaft

1600 n.Chr.

200 v.Chr.

600 v.Chr.



SACHBUCH

EBOOK INSIDE



Springer

Die Vorsokratiker und die moderne Physik

Josef Honerkamp

Die Vorsokratiker und die moderne Physik

Vom Wesen und Werden einer
strengen Wissenschaft



Springer

Josef Honerkamp
Fakultät für Mathematik und Physik
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Freiburg im Breisgau, Deutschland

ISBN 978-3-662-60472-4 ISBN 978-3-662-60473-1 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-60473-1>

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

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2020

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 allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Einbandabbildung: © generalfmv/stock.adobe.com

Planung/Lektorat: Andreas Rüdinger

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Nachdem ich in meinem letzten Buch die Entwicklung der Mathematik von den Anfängen bis in die Neuzeit beleuchtet habe, wage ich es nun, Ähnliches für die Physik zu tun. Mein Anliegen dabei ist es, mir vor Augen zu führen, wo die Wurzeln unseres wissenschaftlichen Zeitalters liegen und wie aus diesen Anfängen unsere heutigen Erkenntnisse über die Natur erwachsen sind. Dass ich mich dabei nur an die Physik gehalten habe, und dort auch nur an die Physik fundamentaler Wechselwirkungen, möge man mir verzeihen. Erstens geht es mir auch nur um das Grundsätzliche, zweitens bin ich ein Physiker, der dort einige Erfahrung gesammelt hat und sich ein wenig auskennt.

Ein Leben lebt man nach vorne, im Rückblick versteht man es. So ähnlich hat es Søren Kierkegaard einmal gesagt. Man kann sich in einer Wissenschaft immer nur für neueste Erkenntnisse interessieren, man kann aber auch rückblickend verstehen wollen, wie sich die

Wissenschaft im Laufe der Geschichte entwickelt hat und welche Widerstände und Probleme zu überwinden waren. Erst so lernt man, in welcher Tradition man steht und an welchem einem Projekt der Menschheit man eigentlich mitarbeitet.

Die Geschichte der Physik und die Geschichte ihres Verhältnisses zur Mathematik und zur Philosophie über die Jahrtausende sind unerschöpflich. Ich habe mich hier auf ein paar Leitideen beschränkt, die mich allerdings seit meiner Jugend beschäftigen. Ich war dann überrascht, als ich entdeckte, dass diese Fragen schon zu Anfang der Philosophie im antiken Griechenland gestellt worden sind, und bin sicher, dass diese Fragen auch zu den wichtigsten der Menschheit gehören, wenn es um mehr gehen kann als ums Überleben.

Ich hätte die Vorsokratiker eigentlich viel früher für mich entdecken können, wenn ich beim „Nach-vorne-Leben“ in meiner wissenschaftlichen Laufbahn schon eher mal die klugen Abhandlungen von Erwin Schrödinger und Bertrand Russell zur Hand genommen hätte (Schrödinger 1954; Russell 1950). So habe ich diese Bücher erst entdeckt bzw. wiederentdeckt, nachdem ich das Manuskript dieses Buches geschrieben hatte. Das hatte immerhin den Vorteil, dass ich unbeeinflusst meine eigenen Eindrücke habe darstellen können.

Während der Arbeit an dem Buch habe ich von anregenden Gesprächen und Diskussionen mit vielen Freunden und Kollegen profitiert, manches Mal auch sogar, ohne dass diese es gemerkt haben. Auch waren einige Kollegen so freundlich und haben sich die Arbeit gemacht, das Manuskript ganz oder teilweise auf sachliche Ungereimtheiten zu prüfen. Ich bedanke mich deshalb insbesondere bei den Physikern Hartmann Römer und Carsten Honerkamp sowie den Philosophen Gerold Prauss und Gerhard Vollmer.

Die Zusammenarbeit mit Herrn Rüdinger, Editorial Direktor im Bereich Naturwissenschaften, und Frau Dochnal vom Springer-Verlag war wieder sehr angenehm und problemlos.

Meine letzten Bücher habe ich immer einem meiner Enkelkinder gewidmet. Da ich nur fünf Enkelkinder habe, nämlich Caroline, Lotte, Rosalie, Thalia und Leander, widme ich dieses sechste Buch, das ich nun nach meiner Emeritierung geschrieben habe, diesen allen gemeinsam. Eine kluge Strategie – so muss ich nicht gleich fünf weitere Bücher schreiben.

Emmendingen
im September 2019

Josef Honerkamp

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung: Das Eine und die einheitliche Theorie	1
1.1	Die Frage nach dem Einen	3
1.2	Die Fragen nach der Erkenntnismöglichkeit	4
1.3	Die Frage nach sicherem Wissen und die moderne Physik	7
2	Die Vorsokratiker	11
2.1	Die Vorsokratiker in ihrer Zeit	12
	2.1.1 Überlieferung und Lebensdaten	13
	2.1.2 Wirkungsstätten	15
	2.1.3 Die kulturelle Situation der Zeit	17
2.2	Die Schule von Milet	19
	2.2.1 Thales	19
	2.2.2 Anaximander	22
	2.2.3 Anaximenes	26
	2.2.4 Paradigmenwechsel	28

X Inhaltsverzeichnis

2.3	Die Mathematik der Pythagoreer	29
2.3.1	Arithmetik	31
2.3.2	Geometrie	34
2.3.3	Musik	37
2.4	Die Krise der Pythagoreer	41
2.4.1	Die Gemeinschaft der Pythagoreer	41
2.4.2	Die Prinzipien des Mathematischen und die der seienden Dinge	43
2.4.3	Die Krise: Inkommensurable Größen statt Zahlen	46
2.4.4	Das Erbe der Pythagoreer	49
2.5	Xenophanes und Parmenides	51
2.5.1	Xenophanes	52
2.5.2	Parmenides	55
2.6	Zenon von Elea, die Bewegung oder wie man suchend das Bessere fand	59
2.6.1	Die momentane Geschwindigkeit	62
2.6.2	Die Evolution der Bewegungstheorie: Man findet „suchend das Bessere“	64
2.7	Die Atomisten: Empedokles, Anaxagoras und Demokrit	69
2.7.1	Anaxagoras	70
2.7.2	Empedokles	72
2.7.3	Demokrit und die Materie	75
2.7.4	Das Erbe der Atomisten	77

3 Das Erbe der Vorsokratiker: Denkwerkzeuge 79

4	Umgang mit sicherem Wissen:	
	Anfänge der Logik	83
4.1	Sokrates, Platon und Aristoteles	85
4.1.1	Sokrates und Platon	86
4.1.2	Die Platonische Akademie	88
4.1.3	Aristoteles	89
4.1.4	Das Organon	91
4.1.5	Aristoteles und das System der Wissenschaften	92
4.2	Aristoteles und die Stoa	94
4.2.1	Logischer Schluss, dialektischer Schluss und Fehlschluss	96
4.2.2	Die Logik bei den Stoikern	100
4.3	Die Syllogismen des Aristoteles	104
4.3.1	Die Form der Sätze und ihre Darstellung	105
4.3.2	Die Struktur der Syllogismen	108
4.3.3	Die Syllogismen in einem axiomatisch-deduktiven System	111
4.4	Auf dem Weg zu einer neuen Logik: Leibniz und die Mathesis universalis	112
5	Umgang mit sicherem Wissen: moderne Logik	119
5.1	Die formale Sprache der Aussagenlogik	120
5.1.1	Die Syntax der Sprache für eine Aussagenlogik	122
5.1.2	Die Semantik bzw. die Bewertung	125
5.2	Tautologien und Schlussregeln	129
5.2.1	Tautologien	129
5.2.2	Von Tautologien zu Schlussregeln	131
5.2.3	Bedeutende Schlussregeln in Anwendungen	135

XII Inhaltsverzeichnis

5.3	Algorithmen: Pfade in der Syntaxebene	138
5.4	Boole'sche Verbände	141
5.4.1	Verband	142
5.4.2	Boole'scher Verband	143
5.4.3	Die zweiwertige Boole'sche Algebra	145
5.4.4	Die Mengenalgebra	146
5.4.5	Die Begriffslogik	146
5.4.6	Die Aussagenlogik	148
5.5	Erweiterungen der Aussagenlogik	150
5.5.1	Prädikatenlogik	150
5.5.2	Die modale und die deontische Logik	155
5.6	Ausblick	159
6	Umgang mit unsicherem Wissen	161
6.1	Glaubwürdigkeit und Wahrscheinlichkeit	161
6.1.1	Ergebnisse, Ereignisse, Aussagen	163
6.1.2	Wahrscheinlichkeit als ein Maß für Glaubwürdigkeit	165
6.1.3	Die bedingte Glaubwürdigkeit	168
6.2	Das Bayes'sche Theorem	169
6.2.1	Die Entwicklungsregel	170
6.2.2	Das Bayes'sche Theorem	171
6.2.3	Anwendungen des Bayes'schen Theorems	174
6.2.4	Ausblick auf Bayes'sche Netze	179
7	Die Entdeckung sicheren Wissens	183
7.1	Die Frage nach einem sicheren Wissen	184
7.2	Galileo Galilei und die neue Wissenschaft: Experiment und Mathematik	185

7.3	Wann ist eine Implikation wahr?	187
7.4	Eine erste Anwendung der neuen Wissenschaft	189
8	Die moderne Physik	195
8.1	Physikalische Theorien: Eine Übersicht	196
8.1.1	Der Raum der Phänomene	197
8.1.2	Die Theorien der klassischen Physik	201
8.1.3	Die Theorien der Quantenphysik	203
8.2	Über die Suche nach den Axiomen der physikalischen Theorien	206
8.2.1	Newton'sche Theorie	207
8.2.2	Relativitätstheorien	210
8.2.3	Elektrodynamik	212
8.2.4	Quantenmechanik	214
8.2.5	Quantenfeldtheorien für fundamentale Wechselwirkungen	215
8.2.6	Rationalismus und Empirismus	217
8.3	Vereinheitlichung von Theorien	218
8.3.1	Der Gültigkeitsbereich und mögliche Erweiterungen	219
8.3.2	Verschmelzung von Gültigkeitsbereichen	221
8.3.3	Von Elektrizität und Magnetismus zum Elektromagnetismus	222
8.3.4	Elektromagnetismus und Gravitation?	223
8.3.5	Vereinheitlichungen bei Quantentheorien	225

XIV	Inhaltsverzeichnis	
	8.3.6 Die Theorie der elektroschwachen Wechselwirkung	227
	8.3.7 Die starke Wechselwirkung und das Standardmodell	229
8.4	Jenseits des Standardmodells	233
	8.4.1 Dunkle Materie	235
	8.4.2 Dunkle Energie	237
9	Epilog	243
	9.1 Mathematik als Sprache der Physik	245
	9.2 Verweltlichung: Logos und Mythos	247
	9.3 Logos und Mythos im Gang der Geschichte	249
	Literatur	255
	Stichwortverzeichnis	259



1

Einleitung: Das Eine und die einheitliche Theorie

Das europäische Kernforschungszentrum CERN plant, einen neuen Teilchenbeschleuniger zu bauen. In einem ringförmigen Tunnel 500 m unter dem Genfer See und mit einem Umfang von 100 km wollen die Physiker bei weit höheren Energien als bisher die Wechselwirkungen von Elektronen, Positronen oder Protonen studieren. Mit dem heute existierenden Teilchenbeschleuniger LHC (Large Hadron Collider) hatte man das sogenannte Standardmodell, die vereinheitlichte Theorie der sogenannten starken, schwachen und elektromagnetischen Wechselwirkung testen können. Es ergab sich ein Bild von unserer Natur auf einer Längenskala von etwa 10^{-15} m, bei dem man einerseits eine gute Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment erhielt, sich andererseits aber auch neue Fragen aufdrängten, welche die Theorie nicht beantworten konnte und für deren Beantwortung die bisherigen Experimente noch keinen Hinweis geben konnten. Man müsste also noch „genauer“, mit noch

höherer Auflösung hinschauen, d. h. die Teilchen mit noch höherer Energie aufeinander prallen lassen, um vielleicht durch die Analyse der Zerfallsprodukte eine weitere Substruktur im heutigen Bild von der Natur aufdecken zu können.¹

Der Plan für einen solchen Beschleuniger stellt eine ganz neue Dimension in der Suche nach einer einheitlichen Theorie für alle fundamentalen Wechselwirkungen der Natur dar. Die Suche scheint ein Projekt der jüngeren Geschichte der modernen Physik zu sein. Im Grunde aber ist sie ein Menschheitsprojekt, das schon vor 2500 Jahren in Angriff genommen wurde, und zwar von den „Vorsokratikern“, jenen antiken griechischen Philosophen, die vornehmlich in der Zeit vor Sokrates, genauer in den Jahren von -600 bis -400 gewirkt haben.

Die Menschen spüren wohl stets den Drang, die Komplexität ihrer Eindrücke von der Welt zu reduzieren, und versuchen schon immer, sich einen Reim auf die Welt zu machen. Zunächst geschah das in Form von Erzählungen über das Wirken von Göttern und Geistern, welche die Welt und Menschen regierten. Wir kennen solche Mythen als Gilgamesch-Epos oder aus den Werken von Homer und Hesiod.

Thales von Milet (ca. -624 bis ca. -545) gilt uns als der Erste der Vorsokratiker, als der erste Philosoph der griechischen Antike überhaupt, der einen ganz anderen Weg ging, um die Welt zu erklären. In den Geschichten „über Gott und die Welt“ traten jetzt Begründungen auf: Für Aussagen über die Welt als Ganzes knüpfte man nun an alltägliche Beobachtungen an. Die Götter waren nicht mehr Übermenschen, die schalten und walten konnten, wie sie wollten. Man konnte sie sich sogar ganz anders

¹<https://home.cern/science/accelerators/future-circular-collider>.

als in menschlichen Kategorien denken, brauchte ihre Geschichten eigentlich nicht mehr. Es zählten nun eigene Erfahrungen und darauf aufbauend Argumente, mit denen man seine Aussagen begründen konnte.

Man könnte die Vorsokratiker somit die ersten Physiker nennen, da sie sich bei diesen Begründungen auf die Natur (*ἡ φύσις* = *physis*, gr.: die Natur) beriefen und eben nicht mehr mythische Vorstellungen ins Feld führten. Die Physik betrieben sie dabei als Kosmologen, denn mit ihren Fragen gingen sie gleich aufs „Ganze“, wie es heute in dieser Direktheit nur noch die Theologen halten. Die Kosmologie stand somit am Anfang der antiken Physik, während sie in der modernen Physik eine späte Entwicklung darstellt. Erst vor 100 Jahren entstanden, steht diese moderne Kosmologie allerdings heute im Fokus vieler Physiker.

1.1 Die Frage nach dem Einen

Die erste Frage der Vorsokratiker entstand aus dem Gefühl, dass es „hinter“ dem Vielen, welches wir in unserer Alltagswelt entdecken, etwas geben muss, aus dem dieses Viele besteht oder entstanden ist. Die Vorsokratiker nannten es *ἀρχή* (*arché*), den „Urstoff“ aller Dinge bzw. das „Eine“. In der Welt, in der wir leben und Erfahrungen sammeln können, zeigt sich das „Eine“ aber als das „Viele“. Das „Eine“ stellte man sich dabei als eine Existenz auf einer höheren Ebene vor, während die Menschen auf einer unteren Ebene leben, wo sie dem „Vielen“ begegnen. Dieses „Eine“ konnte aber auch ein Prinzip sein oder das, was man in Religionen „Gott“ nennt. Manche reden in diesem Zusammenhang auch vom „Sein“ und vom „Seienden“.

Die erste Frage war also: Was ist der Urstoff, und was hat dieser mit dem Stoff, den wir mit unseren Sinnen wahrnehmen, zu tun? Oder: Was ist das Grundprinzip, das „zugrunde Liegende“. Diese Frage betrifft die Beschaffenheit der Welt, das, was in der Welt existiert und was sie ausmacht. Es geht um eine Ontologie, eine Lehre vom „Seienden“.

Hier sehen wir den Zusammenhang mit der Suche der Physiker nach einer vereinheitlichten Theorie aller fundamentalen Kräfte der Natur. In dieser Theorie soll es dann nur eine fundamentale Kraft geben, aus der sich unter jeweils bestimmten Umständen alle anderen Kräfte wie die Gravitationskraft und die Kräfte des zu Anfang erwähnten Standardmodells ergeben. Nachdem man diese verschiedenen fundamentalen Kräfte identifiziert und „verstanden“ hat, kann man heute, etwa 2500 Jahre später, die Frage nach dem „Einen“ und dessen Beziehung zum „Vielen“ bzw. die Frage nach einem Grundprinzip auf ganz neue Art stellen. Man hat gute Hoffnung, irgendwann die „eine“ Theorie zu finden, welche die vielen anderen Theorien für die einzelnen fundamentalen Kräfte enthält.

In den ersten Kapiteln dieses Buches will ich zunächst schildern, wie die Vorsokratiker nach dem „Einen“ gesucht haben. Es ist verständlich, dass ihre Antworten auf die ontologischen Fragen im Hinblick auf die Welt als Ganzes nur sehr vorläufig und vordergründig sein konnten. Es ist aber höchst interessant, diese im Lichte des heutigen Wissens zu betrachten.

1.2 Die Fragen nach der Erkenntnismöglichkeit

Im Zusammenhang mit der Frage nach dem „Einen“ traten aber bei den Vorsokratikern auch schon grundsätzliche Fragen auf, die sich nicht auf die Welt beziehen, sondern

auf uns selbst als menschliche Wesen. Das sind Fragen, die wir auch heute in einer Erkenntnistheorie stellen. Es sind Fragen wie die folgenden:

Auf welchem Weg kann man Erkenntnis erlangen? Wie müssen Begründungen aussehen, damit sie für alle überzeugend sind? Kann man überhaupt sicheres Wissen erlangen?

Für die Frage, auf welchem Weg man Erkenntnis erlangen kann, ist durch die Vorsokratiker zunächst schon eine klare Alternative aufgezeigt worden: Offenbarung einerseits oder eigene Suche nach immer „besserem“ Wissen andererseits. Während eine Offenbarung ein geschichtliches Ereignis ist und „Unterwerfung“ verlangt, ist die Suche nach „Besserem“ ein geschichtlicher Prozess, der eigene geistige Anstrengung verlangt und bei dem kein Ende abzusehen ist.

So zeigte sich diese Alternative bald als Gegensatz von Mythos und Logos und später von Religion und Wissenschaft. Das Christentum wurde in Europa zum Beispiel zu einer Religion, die moderne Physik dagegen zum Paradebeispiel für den Erfolg einer allmählichen Annäherung beim Suchen nach immer besseren Theorien im Rahmen einer Wissenschaft.

Die Menschheit hat nach dem Untergang der antiken Kultur zunächst für 2000 Jahre ganz auf den Weg der Offenbarungen gesetzt. Wenn es Versuche gab, sich auf den Logos zu besinnen, dann standen diese, wie in der Scholastik, nur in Diensten des Mythos. Erst in der Renaissance konnte man an das antike Wissen, den Logos der Antike, anschließen und daran anknüpfen.

Ich will mich hier nur für den Weg der Wissenschaft interessieren, und für diesen Weg haben die Vorsokratiker im Hinblick auf erkenntnistheoretische Fragen erste Antworten geliefert und dabei sogar schon Bleibendes geschaffen.

Auf die Frage, wie Begründungen aussehen müssen, damit sie überzeugend sind, haben sie nämlich ein Gebiet entdeckt, in dem sie erfahren konnten, dass es in der Tat so etwas wie unanfechtbare Begründungen gibt. Dieses Gebiet ist die Mathematik. Bei den Babyloniern und Ägyptern gab es ja schon eine rudimentäre Form von Mathematik, denn in Handel und Verwaltung musste man zählen, messen, addieren, subtrahieren, multiplizieren und dividieren können, und man wird schon gewusst haben, dass man bei dieser Art des Denkens zu unanfechtbaren Ergebnissen kommen kann. In meinem Buch *Denken in Strukturen und seine Geschichte – Von der Kraft des mathematischen Beweises* (Honerkamp 2018) habe ich u. a. von solchen ersten mathematischen Ansätzen im frühen Ägypten und Mesopotamien berichtet, und auch davon, wie durch den Handel diese Mathematik auch die griechische Kultur erreichte.

Vorsokratiker wie Thales und Pythagoras brachten dieses Wissen nach Griechenland, und hier entwickelte sich die Mathematik zu einer ersten Blüte. Insbesondere entdeckte man den mathematischen Beweis (Pichot 2000, S. 340). Man wusste damals also schon, wie man aus Wissen, das man als sicher ansieht, wieder sicheres Wissen ableitet.

Das führte dazu, dass man auch außerhalb der Mathematik nach Schlussregeln suchte, die „notwendig“, also unabweisbar sind. Aristoteles (-384 bis -322), gewissermaßen ein früher „Nachsokratiker“, war wohl der Erste, der Schlussregeln solcher Art formulierte und damit eine Lehre von den Denkgesetzen, eine „Logik“, begründete. Die Beschäftigung mit der Mathematik und vor allem die Kenntnis des mathematischen Beweises mag Aristoteles wohl zu dieser Entwicklung inspiriert haben.

In den beiden Kap. 4 und 5 werden diese Anfänge einer Logik dargestellt und auch das, was sich bis heute daraus

entwickelt hat. Man weiß damit heute sehr genau, wie man aus sicherem Wissen auf verlässliche Weise wieder sicheres Wissen ableiten kann, hat also einen „Umgang mit sicherem Wissen“ gelernt. Damit hat man dabei auch entdeckt, in welcher Form die Strenge der Mathematik auf den Schlussregeln der Logik basiert.

Aber auch für Sätze, die lediglich glaubwürdig sind, konnte man im Laufe der Zeit Schlussfolgerungen entwickeln. Dabei ist sichergestellt, dass nicht irgendwelche neue Information unbewusst in die Argumentation einfließt. Insofern kann man hier von einem sicheren „Umgang mit unsicherem Wissen“ sprechen. Wichtige Erkenntnisse dieser Entwicklung werden in Kap. 6 dargestellt.

1.3 Die Frage nach sicherem Wissen und die moderne Physik

Bleibt die Frage, ob man überhaupt sicheres Wissen erlangen und die Frage nach einem „Einen“, einem Urprinzip, beantworten kann. Für den Weg einer Offenbarung ist das einfach zu beantworten, denn in einer Offenbarung soll der Mensch ja gerade dieses Wissen empfangen.

In den Kap. 7 und 8 dieses Buches wird gezeigt, wie man dieser Frage in der Neuzeit nachging, indem man die Ansätze der Vorsokratiker und ihrer antiken Nachfolger für eine Wissenschaft wieder aufgriff und weiterentwickelte. Aus einer Berufung auf die Natur wurden dabei wohlüberlegte Befragungen der Natur, sorgfältig konzipierte Experimente und Beobachtungen. Damit wurde klar, dass man sicheres Wissen erlangen kann und wo: bei der Natur selbst.

Die Mathematik wurde dabei durch mächtige Methoden bereichert und immer bessere Theorien für immer größere Bereiche von Naturphänomenen entstanden. Die Struktur solcher Theorien war immer jene, die schon in der Antike als ein Ideal erkannt worden war: Man geht von bestimmten Grundprinzipien aus, von denen alle anderen Aussagen der Theorie abzuleiten sind. Diese werden in der Neuzeit aber meistens nicht direkt, sondern nur mit Blick auf die Ergebnisse sorgfältig konzipierter Experimente und Beobachtungen erdacht. Dabei entsteht in den Grundprinzipien eine „Verdichtung“ des Wissens über die Natur. Die Sprache der Mathematik, in der die Grundprinzipien formuliert sind, garantiert dann mit ihrer Strenge die Unanfechtbarkeit der Ableitungen. Damit lässt sich kontrollieren, ob die Grundprinzipien auch wirklich zu dem sicheren Wissen führen, das sich aus den Befragungen an die Natur ergibt.

In der Physik stehen also die Axiome in der Regel nicht am Anfang einer Entwicklung einer Theorie, wie es häufig in der Mathematik der Fall ist. Hier spiegelt sich wider, dass „Wahrheit“ sich einmal als „Übereinstimmung mit den Tatsachen“ zeigen kann, wie in Aussagen über die Natur, aber auch als Möglichkeit einer strengen Deduktion aus Axiomen, die als wahr „gesetzt“ werden. In physikalischen Theorien müssen die Aussagen in beiderlei Bedeutung wahr sein. Sie müssen mit Tatsachen übereinstimmen und aus den Axiomen ableitbar sein. Das ist stets eine Bewährungsprobe für die Axiome.

In Kap. 8 wird so nach einer Übersicht über die verschiedenen fundamentalen Theorien der Physik berichtet, wie in diesen jeweils die Axiome gefunden worden sind. Insbesondere wird dargelegt, wie sich der Gedanke der Vereinheitlichung früh gezeigt hat und wie dieser immer wieder mit Erfolg verwirklicht werden konnte – bis hin zum heutigen Standardmodell.

Die Frage nach dem „Einen“ wurde in der Geschichte des Logos dabei zu einer Frage nach einer einheitlichen physikalischen Theorie für eine einzige fundamentale Kraft bzw. Wechselwirkung, auf die alle Phänomene der Welt letztlich zurückgeführt werden können. Solch eine Ableitung wird vermutlich oft nur sehr indirekt möglich sein.

Mit dem Standardmodell ist man in dieser Richtung schon weit gekommen. Der Fortschritt in diese Richtung ist beachtlich. Dennoch hat man offensichtlich grundsätzliche Phänomene noch nicht verstanden und nicht einmal die richtigen Fragen dazu finden können. Es geht dabei, wie schon bei den Vorsokratikern, um die Bewegung, um einen Prozess in Raum und Zeit, wobei wir mit „Raum“ und „Zeit“ also Vorstellungen vorlegen müssen, welche „die Bedingungen unserer Erfahrung“ darstellen. Eine einheitliche Theorie, in der auch die heutige Gravitationstheorie wie auch immer einen Platz hat, müsste auf Axiomen für konstitutive Merkmale auch von Raum und Zeit aufbauen können.

Begeben wir uns nun auf den langen Weg von den Fragen der Vorsokratiker zu den Antworten der modernen Physik.



2

Die Vorsokratiker

„Die Größe der Vorsokratiker ... liegt nicht nur in dem Faktum begründet, dass die Philosophie mit ihnen angefangen hat. Denn darüber lässt sich streiten und ist tatsächlich auch gestritten worden. Sie liegt vielmehr darin, dass viele wesentliche Fragen, Themen und Bedingungen der Wissenschaft und der Philosophie erstmalig in den uns erhaltenen Äußerungen dieser Pioniere aufzufinden sind“ (Mansfeld und Primavesi 2011, S. 9).

Mit diesen Sätzen führen Mansfeld und Primavesi ihre Neubearbeitung einer Sammlung von Texten ein, die uns von den Vorsokratikern selbst und von den wichtigsten sekundären Zeugnissen ihres Lehrens und Wirkens überliefert sind. Und in einem etwas späteren Satz charakterisieren sie diese Fragen und Themen wie folgt (ibd.):

„Wenn es eine Vorbildhaftigkeit der Vorsokratiker gibt, so ist sie vor allem in einer kritischen und rationalen Haltung begründet, die nicht bloße kulturgeschichtliche

Tatsache sein sollte, sondern heute kaum weniger als damals errungen werden muss.“

Die Vorsokratiker zeigten diese neue Haltung im Umgang mit Fragen nach Ursprung und Beschaffenheit der Welt. Statt Geschichten mit übernatürlichen Akteuren zu erfinden oder auszuschmücken, gingen sie von Beobachtungen der Natur aus, um Antworten auf ihre Fragen zu finden. Dabei setzten sie auf Gesetzmäßigkeiten in der Natur und nutzten Analogien und Verallgemeinerungen. Sie erfanden gewissermaßen die rationale Begründung, entdeckten den „Logos“ als Denkwerkzeug bei der Suche nach der Wahrheit über die Beschaffenheit und Ordnung der Natur. Mit dem heutigen Wissen ausgestattet erkennen wir hier die ersten Anfänge unseres wissenschaftlichen Zeitalters.

2.1 Die Vorsokratiker in ihrer Zeit

Man wird sich zunächst fragen, warum man denn gerade jene Philosophen zu einer Gruppe zusammenfasst, die in der Zeit vor Sokrates gewirkt haben. Insbesondere drängt sich diese Frage auf, wenn man bemerkt, dass z. B. Zenon (-490 bis -430) und Demokrit (-440 bis -370) schon als Zeitgenossen von Sokrates (-469 bis -399) angesehen werden können.

Entscheidend ist wohl, dass mit Sokrates ein ganz neues Thema in dieser so jungen Philosophie aufkam. Die Philosophen vor Sokrates waren Naturphilosophen, es ging ihnen um die Ordnung in der Welt und um deren Anfang, um die „Physis“ – sie waren gewissermaßen die ersten Physiker. Sokrates dagegen „rief als Erster die Philosophie vom Himmel auf die Erde“, wie Cicero (-106 bis -34) in seinen *Gesprächen in Tusculum* (Cicero 2008, S. V, 10–11) gesagt hat, und Diogenes Laertius hat über

mehrere Mittelsmänner erfahren, dass Sokrates erkannt habe, dass die Naturphilosophie für „uns“ (damit meinte er wohl sich und seine Diskussionspartner) nichts taue. So habe er sich der Sittenlehre zugewandt (Diogenes 2015, S. 77). Die Ethik wurde also das neue Thema sowie Fragen nach den besten Regeln für ein Zusammenleben der Menschen und für ein „gutes“ und glückliches Leben. Man spricht dabei von einer sokratischen Wende: weg von der Physik – hin zur Ethik. Damit begann eine neue Epoche der Philosophie.

2.1.1 Überlieferung und Lebensdaten

Von den Werken der meisten Vorsokratiker sind nur wenige Fragmente erhalten geblieben. Unser Wissen über ihre Lehren beziehen wir aus oft auch nur fragmentarisch vorliegenden Werken von Platon, Aristoteles, Theophrastos und vielen späteren Doxographen¹.

Über die Vorsokratiker ist viel geschrieben und gerätselt worden. Als besonders erhellend habe ich neben der Sammlung von Mansfeld und Primavesi die Bücher von Schupp (2003a) und Pichot (2000) empfunden. Auch das in der Zeit um 220 verfasste Werk *Leben und Meinungen berühmter Philosophen* von Diogenes Laertius ist lesenswert (Diogenes 2015). Man bekommt dort auch einen Eindruck davon, wie viel Fantasie bei solchen Berichten im Spiel gewesen sein muss.

Aus Abb. 2.1 kann man die Lebensdaten prominenter Vorsokratiker entnehmen.

¹Ein Doxograph ist jemand, der über die Lehre eines Philosophen berichtet, während ein Biograph über dessen Leben schreibt (γράφειν, *graphein*, gr: schreiben, δόξα, *doxa*, gr: Meinung, βίος, *bios*, gr: Leben).

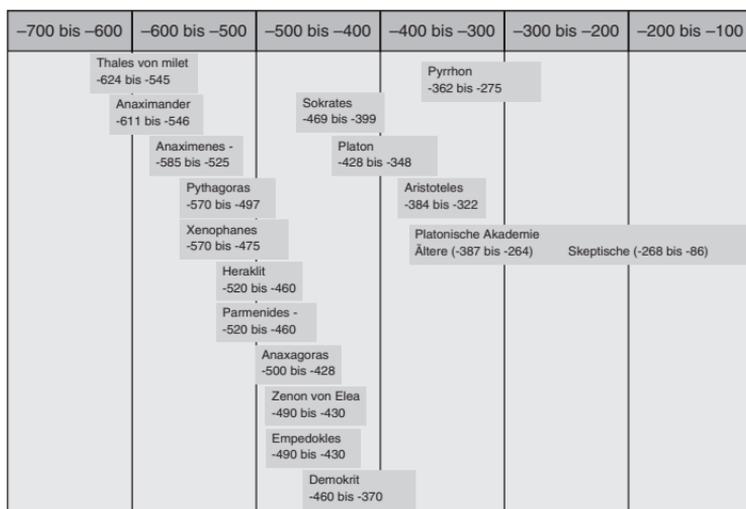


Abb. 2.1 Chronologie prominenter griechischer Philosophen vom 7. bis zum 2. Jahrhundert v. Chr.

Thales und seine Nachfolger Anaximander und Anaximenes wirkten in Milet, einer griechischen Hafenstadt an der Westküste der heutigen Türkei gelegen. Ihre Lehrtradition bezeichnet man deshalb als Schule von Milet oder als milesische Schule. Manchmal spricht man auch von der ionischen Schule, da man das Siedlungsgebiet um Milet damals Ionien nannte. Die Schule um Pythagoras spielte eine ebenso einflussreiche Rolle wie die Schule von Elea, deren bedeutendste Vertreter Parmenides und Zenon sind. Elea war eine griechische Siedlung in Süditalien, in der auch Xenophanes lehrte. Er wird aber heute dieser Schule nicht mehr zugerechnet. Der Philosoph Heraklit, der hier noch aufgeführt wird, lässt sich eigentlich keiner Schule zuordnen. Die Philosophen Anaxagoras, Empedokles und Demokrit sind prominenteste Vertreter der Pluralisten und Atomisten. Diese wirkten vorwiegend in Athen.

2.1.2 Wirkungsstätten

Wie man in Abb. 2.2 sieht, lebten und wirkten die meisten bedeutenden Philosophen und Mathematiker der griechischen Antike nicht im griechischen Mutterland, sondern in den Küstenstädten griechischer Siedlungen, ob in Süditalien, Sizilien, der heutigen Türkei oder in Ägypten. Erst mit Anaxagoras wurde Athen zum Zentrum der Philosophie der Griechen.

Man kann das verstehen. Grundlage einer jeden Zivilisation waren auch damals schon Handel, Verwaltung und Bautätigkeit. Insbesondere der Handel zog Leute an, die mutig genug waren, die Gefahren einer Reise auf sich zu nehmen, und die sich auch an die Lehren, Sitten und Gebräuche anderer Länder gewöhnen konnten. Von den Küstenstädten aus muss es über den Handel wohl auch einen regen kulturellen Austausch mit dem jeweiligen Hinterland, z. B. mit Babylonien oder mit Ägypten, gegeben haben. All das mag eine gewisse Wachheit und Aufgeschlossenheit bewirken und unkonventionelle Gedanken begünstigen. Außerdem waren die Küstenstädte gerade wegen des Handels reich geworden und gestatteten eine Lebensweise, die auch Nonkonformisten ertragen oder gar würdigen konnten.

Das war eine Atmosphäre, in der philosophisches Denken gedeihen und die Philosophen anziehen konnte. So wissen wir von manchen Vorsokratikern, dass sie in ihren jungen Jahren in der damaligen Welt viel herumgekommen waren, ob als Händler, ob als Flüchtling vor politischer Verfolgung oder auf der Suche nach einem Lehrer. Hier kann man also auch sehen, dass kultureller Austausch auf die Dauer Früchte tragen kann.²

²Unwillkürlich fällt einem hier der Aufstieg einer überseeischen Siedlung der Europäer im 16./17. Jahrhundert ein: Die Vereinigten Staaten von Amerika sind auch seit der Mitte des 20. Jahrhunderts bis heute kulturell und wirtschaftlich dominierend.

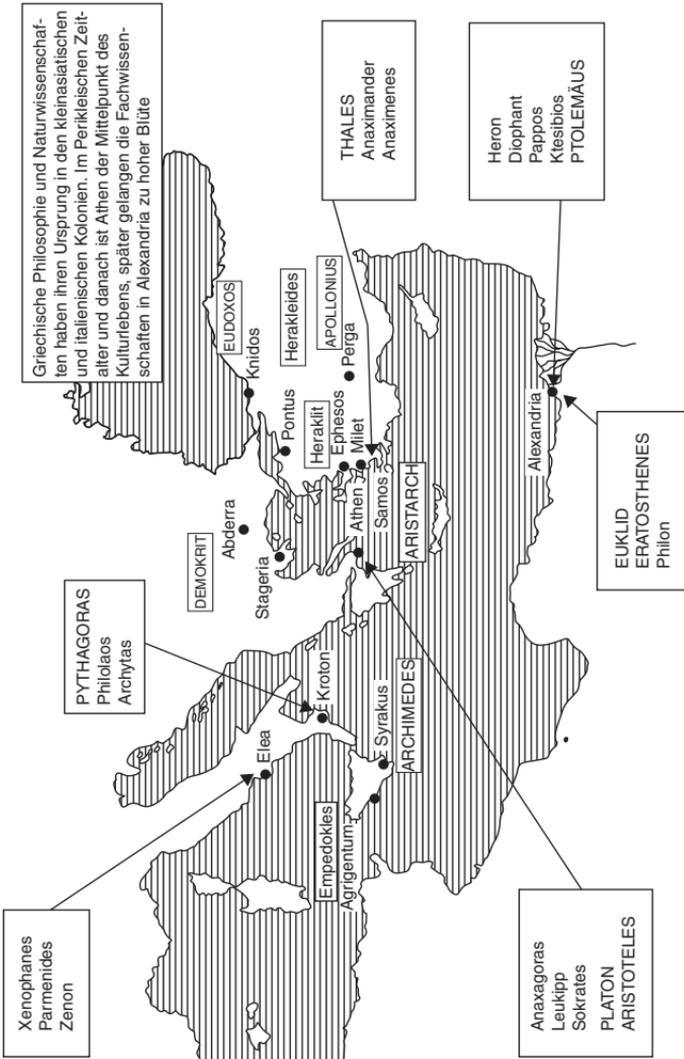


Abb. 2.2 Wirkungsstätten antiker griechischer Philosophen (nach Simonyi 1990, S. 59)