Josef Honerkamp

Die Idee der Wissenschaft

Ihr Schicksal in Physik, Rechtswissenschaft und Theologie

Springer

Die Idee der Wissenschaft

Josef Honerkamp hat mehr als 30 Jahre als Professor für Theoretische Physik gelehrt, zunächst an der Universität Bonn, dann viele Jahr an der Universität Freiburg. Er ist Autor mehrerer Lehrbücher und der Sachbücher: *Die Entdeckung des Unvorstellbaren*, *Was können wir wissen?* und *Wissenschaft und Weltbilder*.

Im Rahmen seiner Forschungstätigkeit hat er auf folgenden Gebieten gearbeitet: Quantenfeldtheorie, Statistische Mechanik, Nichtlineare Systeme und Stochastische Dynamische Systeme. Er ist Mitglied der Heidelberger Akademie der Wissenschaften.

Josef Honerkamp

Die Idee der Wissenschaft

Ihr Schicksal in Physik, Rechtswissenschaft und Theologie

Springer

Prof. em. Dr. Josef Honerkamp
Fakultät für Mathematik und Physik,
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Freiburg, Deutschland

ISBN 978-3-662-50513-7 ISBN 978-3-662-50514-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-50514-4

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

Planung: Dr. Lisa Edelhäuser
Einbandentwurf: deblik Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer ist Teil von Springer Nature
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg

Vorwort

In den Sachbüchern, die bisher von mir erschienen sind, habe ich stets die Themen Physik und Wissenschaft umkreist. Mein Anliegen war zunächst, physikalischen Laien die Erkenntnisse der Physik näherzubringen. Aber bald merkte ich, dass eine andere Aufgabe noch wichtiger ist, nämlich zu erklären, worin die wissenschaftliche Methode besteht und was aus der Eigenart dieser Methode für die Einschätzung der Erkenntnisse einer Wissenschaft folgt. Es ging in den Büchern also immer um Physik und Wissenschaftstheorie, und da man letztere nicht losgelöst von einer geschichtlichen Entwicklung betreiben kann, ging es schließlich auch um die Entstehung und Geschichte der modernen Physik. Die Titel der Bücher – *Die Entdeckung des Unvorstellbaren*, *Was können wir wissen* und *Wissenschaft und Weltbilder* – spiegeln dieses Anliegen gut wider.

Es bleibt nicht aus, dass man sich mit der Zeit neugierig fragt, wie es denn bei anderen Wissenschaften aussieht, welche Gemeinsamkeiten, welche Unterschiede es gibt und wann man vielleicht nicht mehr von Wissenschaft reden kann. Dabei drängt sich natürlich gleich auch die Frage auf, ob es denn einen halbwegs klaren Begriff von Wissenschaft gibt. Man kann ja schwerlich die Physik oder eine andere spezielle Wissenschaft zum Maßstab nehmen.

Zu meinem Erstaunen ließ sich die Frage nach einem verbindlichen Kriterium für das, was man Wissenschaft nennen will, leicht beantworten, wenn man sich ein wenig in der Geistesgeschichte Europas umschaut. Es war die Idee, die schon Aristoteles formulierte, Euklid realisierte, die bei der Gründung der ersten Universitäten Pate stand und dort Philosophen, Juristen und Theologen als Ideal vor Augen stand: Wissenschaft als hypothetisch-deduktives System.

Da man als Physiker mit dieser Idee intellektuell sozialisiert worden ist, habe ich es mit diesem Buch gewagt, über das Gebiet der Physik hinauszugehen und mich mit der Wissenschaftstheorie anderer Fächer zu beschäftigen. Das sieht zunächst danach aus, dass man sich damit nur übernehmen kann. Man weiß ja aus Erfahrung, dass man ein Gebiet nur wirklich gut beherrscht, wenn man sich seit der Jugend damit intensiv beschäftigt hat, gewissermaßen dort hineingewachsen ist. Aber hier es ging ja darum, die Methode eines fremden Faches daraufhin abzuklopfen, wie weit die Idee des Aristoteles verfolgt bzw. realisiert worden ist und wie sie vielleicht noch weiter umgesetzt werden kann. Natürlich musste ich mich dabei in viele fremde Werke einlesen und viele neue Begriffe und Argumente kennen lernen. Ob mir das einigermaßen gut gelungen ist, mag der Leser beurteilen.

Viele Freunde und Kollegen haben mir bei der Arbeit an dem Buch Anregungen gegeben, sei es in Gesprächen oder durch Kritik an meinem Manuskript. Dafür danke ich vor allem Hans-Christian Öttinger, Heinz-Dieter Ebbinghaus, Edgar Morscher, Andreas Voßkuhle, Rainer Wahl, Michael Pawlik, Albert Schröder, Hans-Ulrich Pfeiffer, Ernst Weißer, Dietmar Bader und ganz besonders Hartmann Römer.

Selbstverständlich sind alle Ungereimtheiten und Unzulänglichkeiten mir zuzurechnen, und natürlich blieben wir in manchen Dingen unterschiedlicher Meinung.

Die Betreuung des Buchprojekts beim Springer-Verlag war wieder höchst professionell, ich danke insbesondere Frau Lisa Edelhäuser für das Interesse an diesem Thema.

Dieses Buch ist wiederum einem meiner Enkelkinder gewidmet. Ich wünsche mir, dass Thalia, meine vierte Enkelin, dieses Buch später auch mit Interesse lesen wird. Das Zeug dazu, denke ich, wird sie haben.

Emmendingen, im März 2016

Inhaltsverzeichnis

1 Die Idee der Wissenschaft

Alle schätzen die Wissenschaft. Der Staat fördert wissenschaftliche Organisationen und Universitäten, Politik und Industrie legen sich wissenschaftliche Beiräte zu. Die Ausbildung an wissenschaftlichen Hochschulen verspricht bessere Chancen auf dem Arbeitsmarkt, und engagierte junge Menschen träumen von einer Karriere in der Wissenschaft.

Alle Gebiete, in denen Wissen irgendeiner Art gewonnen, geflegt und tradiert wird, wollen heute auch als Wissenschaft bezeichnet werden. So wurde aus jeder Kunde eine Wissenschaft – aus der Volkskunde die Ethnologie, aus der Pflanzenkunde die Botanik und aus der Materialkunde die Materialwissenschaft. Es gibt mittlerweile die Theaterwissenschaft, die Pflegewissenschaft und die Therapiewissenschaft. Die meisten kennen nicht einmal mehr den Begriff „Kunde" als „von etwas Kunde haben", nur noch eine Kundin oder einen Kunden als einen Käufer einer Ware oder einer Dienstleistung.

Was ist eigentlich eine Wissenschaft? Wie alt ist die Idee einer solchen, und woher kommt diese? Welche Geschichte hat sie? Da heute, und eigentlich auch schon seit dem 19. Jahrhundert, so viel von einem wissenschaftlichen Zeitalter geredet wird, könnten manche meinen, der Begriff der

J. Honerkamp, *Die Idee der Wissenschaft*, DOI 10.1007/978-3-662-50514-4_1

Wissenschaft wäre eine Errungenschaft der Neuzeit. Aber das ist keineswegs der Fall.

1.1 Axiomatisch-deduktive Systeme, Begründungsnetze

In diesem Buch soll der Idee der Wissenschaft nachgegangen werden. Natürlich kann man darüber streiten, was genau man Wissenschaft nennen will. In der Zuerkennung eines Etiketts sind wir letztlich frei, und schließlich haben auch Begriffe ihre Geschichte wie Wörter der Sprache. Aber es gibt eine klar umschriebene Idee, die schon früh in der kulturellen Entwicklung der Menschheit geäußert wurde. Diese ist so wirkmächtig in der gesamten Geschichte der menschlichen Kultur gewesen und hat so viele Denker angezogen, dass sie nicht fahrlässig oder aus politischen Gründen verwässert werden sollte.

Aristoteles steht für den Anfang dieser Idee, Albert Einstein für die bisher höchste Form ihrer Verwirklichung. In der Zeit zwischen dem Leben und Wirken dieser Denker gab es vielfältige Realisierungen dieser Idee, aber noch mehr Absichtserklärungen und Versuche in dieser Hinsicht. In der Geistesgeschichte der westlichen Welt war diese Idee durchgängig lebendig, und sie war wohl die Idee, die am stärksten unsere Geistesgeschichte beeinflusst und letztlich zu unserer modernen Welt geführt hat.

Aristoteles schreibt in seinem Werk *Analytica posteriora* (Aristoteles, o.J.): „Ich behaupte dagegen, dass jede Wissenschaft zwar auf Beweisen beruhen muss, aber dass das Wissen der unvermittelten Grundsätze nicht beweisbar ist. Sie sind dem Weisen evident.“ Aristoteles spricht also von „unvermittelten Grundsätzen“ und von „Beweisen“. Die unvermittelten Grundsätze stellen den Ausgangspunkt einer Wissenschaft dar, sie können evident erscheinen oder durch Induktion, d. h. durch Übergang vom Einzelnen auf Allgemeines, gewonnen werden. Aus ihnen werden die Eigenschaften der einzelnen Gegenstände der Wissenschaft bewiesen, entweder strikt oder weniger strikt.

Wissenschaft ist also ein hierarchisches System von Aussagen. Diese Idee ist später in verschiedensten Bildern verdeutlicht worden. Immanuel Kant (1924, S. 557) spricht von einer Architektur: „Die menschliche Vernunft ist ihrer Natur nach architektonisch und betrachtet alle Erkenntnisse als gehörig zu einem möglichen System.“ Der französiche Mathematiker und Physiker Henri Poincaré (1904, S. 143) präzisiert dieses Bild, und mit Blick auf die empirischen Wissenschaften sagt er: „Man stellt die Wissenschaft aus Tatsachen her, wie man ein Haus aus Steinen baut; aber eine Anhäufung von Tatsachen ist so wenig eine Wissenschaft wie ein Steinhaufen ein Haus ist.“

Man kann viele Bilder für die Organisation eines Wissensgebiets bemühen. Heutzutage ist der Begriff des Netzwerks modern, vermutlich hat das Internet dazu beigetragen. Man redet vom Netzwerk seiner Freunde oder Kollegen; es gibt soziale Netzwerke, Beschaffungsnetzwerke, internationale, virtuelle oder neuronale Netzwerke. Die Knoten in einem solchen Netzwerk können für alles stehen, für Menschen, technische Geräte wie Computer, für Fabriken oder Neuronen. Sie können dünn oder dicht gesät und mehr oder weniger stark vernetzt sein (Abb. 1.1).

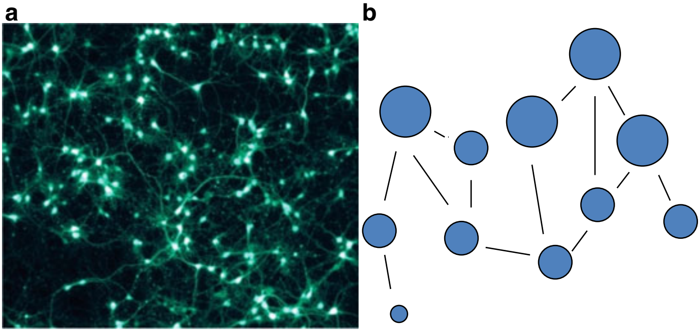
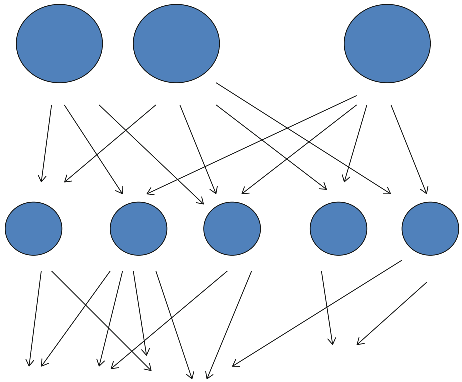


Abb. 1.1 Verschiedene Netzwerke. (**a** © Manuel Schottdorf, MPI for Dynamics and Self-Organization, http://www.ds.mpg.de/2793902/news_publication_9757638?c=26489)

Auch unsere Wissensgebiete können als ein Netz angesehen werden. Die Knoten stellen dann die Aussagen dar, die Verknüpfungen die Beziehung, in der die Aussagen zueinander stehen. Innerhalb eines Wissensgebiets wird es viele Verknüpfungen geben, zwischen zwei Wissensgebieten erheblich weniger: Zwischen Aussagen über Thomas von Aquin und denen der speziellen Relativitätstheorie wird es wohl kaum eine Verknüpfung geben, zwischen Aussagen der Physik über die Zeit und Augustinus wohl auch nur eine, wenn man den Begriff der Verknüpfung sehr weit fasst.

Das Bild eines Netzwerks hat Vorteile. Es trifft auf jegliche Organisation einer Menge von Aussagen zu, denn irgendwelche Verknüpfungen gibt es immer, und die Größe der Netze kann höchst unterschiedlich sein. Diese Bild trifft also auch auf Regelwerke zu, auf Harmonielehren in der Musik oder Katechismen in christlichen Religionen.

Abb. 1.2 Skizze der Struktur eines axiomatisch-deduktiven Systems



Es lässt sich in dem Bild eines Netzwerks auch die Art der Verknüpfung darstellen. In diesem Buch soll nur von solchen Netzwerken die Rede sein, in denen die Verknüpfung eine Begründung darstellen soll. „Aus dieser Aussage folgt jene“ wird nun durch einen Pfeil dargestellt (Abb. 1.2).

Wir geben also für jede dieser Aussagen eine Begründung an. Wir denken da zuerst an eine logische Begründung, an die strengste Form. Aber es werden auch oft andere Begründungen gegeben: Berufung auf Autoritäten, Hinweise auf Analogien oder teleologische Gründe.

Mathematische und physikalische Theorien sind als solche Begründungsnetze zu verstehen, aber auch in anderen Naturwissenschaften findet man sie, ebenso in Geisteswissenschaften wie der Philosophie, und sogar in esoterischen Gebieten, die sich einen wissenschaftlichen Anstrich geben wollen, z. B. in der Astrologie oder Homöopathie.

Auch historische Rekonstruktionen in den Naturwissenschaften wie die Kosmologie oder die Evolutionstheorien können als solche Netze verstanden werden. Hier wird ausgehend von Funden bzw. Beobachtungen mithilfe des Wissens der Wissenschaften auf frühere Ereignisse zurückgeschlossen.

Bei der Betrachtung eines ganzen Netzes fällt weiter auf, dass irgendwo – und im Bild am besten in der obersten Zeile – Aussagen stehen müssen, die keine Begründung vorweisen können, sondern nur Gründe für folgende Aussagen darstellen. Das sind die „unvermittelten Grundsätze", von denen Aristoteles spricht und die „nicht beweisbar" sind. Diese Aussagen müssen dann die Rolle von Prämissen (Grundannahmen) übernehmen, die nicht weiter begründet werden, von denen aber ein „Fluss" von Begründungen ausgeht. Wir wollen dann von einem aristotelischen Begründungsnetz sprechen. Im Idealfall ist dieses ein axiomatisch-deduktives System, in dem die Prämissen, die „unvermittelten Grundsätze", als ein Satz von Axiomen bezeichnet werden können und die Begründungen Deduktion sind, d. h. logisch strenge Ableitungen.

Die Architektur eines Begründungsnetzes bzw. eines axiomatisch-deduktiven Systems leuchtet heute fast jedem ein. Aber in welcher Form sind solche Netze in unseren akademischen Disziplinen verwirklicht? Wie groß sind sie dort jeweils, welche Teile des Wissensgebiets umfassen sie? Wie sehen die Beziehungen zwischen den Aussagen aus? Von welcher Art sind Prämissen, und wie werden sie gewonnen?

Eine besonders wichtige Frage: Was macht ein solches Netz bzw. eine solche Konstruktion menschlichen Geistes zu einer Wissenschaft? Aristoteles und Kant haben von einem System von Grundsätzen und Begründungen in Form von „Beweisen" gesprochen. Das ist sicher eine notwendige Bedingung. Man sollte doch verlangen können, dass eine Wissenschaft ihre Aussagen begründen will und dass sie dabei einen infiniten Regress durch bewusst formulierte Annahmen vermeiden kann. Aber ist diese Bedingung auch hinreichend? Ist mit dem aristotelischen Begriff von Wissenschaft schon vollständig beschrieben, was wir heute unter Wissenschaft verstehen wollen? Was hat man noch von der Art der Begründungen zu fordern, was von der „Qualität" der Aussagen, um den Begriff der Wissenschaft der Entwicklung unseres Wissens anzupassen?

Das sind interessante Fragen an das Selbstverständnis eines jeden Faches, nur leider werden diese von den Forschern im Trubel der Detailfragen und in der Konkurrenz um neue Einsichten selten gestellt. In vielen der heutigen akademischen Disziplinen haben solche Fragen nicht einmal eine Tradition. Wissenschaftstheorie ist eine relativ junge Disziplin.

In diesem Buch versuche ich, einige Anworten auf solche Fragen für drei grundverschiedene Gebiete zu geben: Physik, Jurisprudenz und Theologie. In allen drei Gebieten gibt es eine lange Tradition, sich mit solchen Fragen auseinanderzusetzen. Ich will dort die vier Elemente eines Begründungsnetzes studieren, und zwar die Bildung der Begriffe, der Charakter der Aussagen, die Genese der Prämisssen und die Art der Begründungen.

Mit Physik und Theologie werden Gebiete behandelt, die, wie sich zeigen wird, im Spektrum der akademischen Disziplinen hinsichtlich der Wissenschaftlichkeit als Extreme angesehen werden können, während die Jurisprudenz für die Mitte in diesem Spektrum repräsentativ sein mag. Durch den Vergleich so unterschiedlicher Fachgebiete können verschiedenste Facetten einer Disziplin herausgearbeitet, aber auch Maßstäbe gefunden werden. Ich werde im Folgenden den Begriff „Begründungsnetz“ synonym für ein axiomatisch aufgebautes System nach aristotelischer Art benutzen. Nach einer Analyse der vier Elemente werde ich fragen, ob deren „Qualität“ es berechtigt erscheinen lässt, das Wissensgebiet als Wissenschaft zu bezeichnen.

Zunächst wird aber die Idee der Wissenschaft in der Geschichte nach Aristoteles weiterverfolgt, bevor in Kap. 2 allgemeine Aspekte der vier Elemente diskutiert und in Kap. 3, 4 und 5 die Organisation und Art des Wissens in Physik, Jurisprudenz und Theologie besprochen werden.

1.2 Euklids Geometrie als erste Realisierung der Idee einer Wissenschaft

Eine erste konkrete Verwirklichung eines axiomatisch-deduktiven Systems ist uns aus dem 3. Jahrhundert v. Chr. von dem griechischen Mathematiker Euklid überliefert. In seinem Werk *Die Elemente* fasste er das damalige Wissen über geometrische Figuren zusammen, indem er zeigte, dass ihre Eigenschaften alle aus einem Satz von Postulaten ableitbar sind. Diesen stellte er noch eine Liste von Definitionen voran, in der Begriffe wie „Punkt“, „Linie“, „Gerade“ oder „Ebene“ eingeführt wurden, damit man wisse, um was es in den Postulaten gehen solle, und er erwähnte auch noch einige logische Sätze, z. B. „Wenn Gleichem Gleiches hinzugefügt wird, sind die Ganzen gleich“. Aber diese unterstreichen eigentlich nur, dass es bei den Schlussfolgerungen nach logischen Regeln zugehen soll.

In den Prämissen wird also ein vorgegebener Erkenntnisbestand formuliert. Dieser bezieht sich natürlich immer auf einen bestimmten Kontext, der zunächst beschrieben werden muss. Im Zentrum stehen dann die Postulate, und die sind bei Euklid anschaulich sofort einsichtig und naheliegend. Sie heißen z. B. „Durch zwei beliebige Punkte lässt sich eine Linie ziehen" oder „Alle rechten Winkel sind einander gleich". Alle damals bekannten Eigenschaften der geometrischen Objekte werden dann nur mithilfe dieser Postulate auf der Basis der Definitionen und logischen Sätze hergeleitet. Unter diesen Eigenschaften sind solche, die heute jeder aus der Schule kennt, wie der Satz des Pythagoras oder der Satz von Thales, aber auch etwas weiter gehende Einsichten wie ein Verfahren, ein regelmäßiges Fünfeck nur mit Zirkel und Lineal zu konstruieren oder die Aussage, dass Basis und Diagonale eines Quadrats inkommensurabel sind, d. h., dass es keine Strecke gibt, als dessen Vielfaches beide Größen dargestellt werden können.

Überarbeitungen und Bedeutung

Über 2000 Jahre waren *Die Elemente* von Euklid allen Gelehrten ein Vorbild für eine Wissenschaft. Natürlich konnte diese Vorlage auf die Dauer nicht allen modernen Ansprüchen an eine axiomatische Theorie genügen. Ende des 19. Jahrhunderts haben Mathematiker wie David Hilbert und Bertrand Russel die Geometrie Euklids in eine noch strengere und systematischere Formulierung überführt. In den Definitionen wird nur noch von verschiedenen

Systemen von Dingen gesprochen, die in bestimmten Beziehungen zueinander stehen können (Wikipedia 2014a). Die „Dinge" können dabei nicht nur Punkte, Gerade oder Ebenen sein, sondern alles Mögliche, wenn es nur diese Beziehungen zwischen ihnen gibt. Hier haben wir es also mit einer klassischen impliziten Definition zu tun. Die logischen Sätze, die Euklid noch glaubte extra erwähnen zu müssen, erübrigen sich, wenn man grundsätzlich die Logik zur Grundlage allen Schließens macht.

Im Hilberts Axiomensystem zeigte sich noch deutlicher, dass ein Begründungsnetzwerk eine logische Struktur hat, unabhängig von der Bedeutung der Dinge, die in den Definitionen eigentlich nur über ihre Beziehungen eingeführt werden. Jede Aussage in dem Netzwerk muss grundsätzlich allein aus den Postulaten folgen. Die Anschauung kann zwar eine Hilfe sein, darf aber nie als zusätzliches Beweismittel dienen. Damit hat sich schon früh in der Geschichte der Menschheit ein Weg gezeigt, auf dem man sicheres Wissen erlangen kann. Aber hier zeigt sich auch gleich der „Pferdefuß": Dieses Wissen ist nur ein sicheres auf der Basis der Postulate und der Logik.

Dass wir die logischen Regeln als „wahrheitsbewahrend" ansehen können, wollen wir nicht hinterfragen. Zöge man diese in Zweifel, könnte man alles Denken und Argumentieren lassen. Von den Postulaten, die den Ausgangspunkt des gesamten Begründungsnetzwerks darstellen, hängt es offensichtlich davon ab, welches Wissen mit dem Begründungsnetz geschaffen wird. Die Diskussion darüber, welche solcher Postulate bisher in bestimmten Wissensgebieten formuliert worden sind und auf welche Art dies geschehen ist oder noch geschieht, ist deshalb eines der wichtigen Themen in diesem Buch.

Überlieferung und Geschichte der Rezeption

Wir wissen nicht, wann die Menschen angefangen haben, über so etwas wie einen strengen Beweis einer Aussage auf der Basis einiger Annahmen nachzudenken. Manche vermuten, dass es zu Zeiten Pythagoras (um 550 v. Chr.) war, manche nennen Pythagoras selbst, andere denken dabei eher an Thales von Milet (um 600 v. Chr.). Offensichtlich aber gab es im antiken Griechenland, insbesondere in der Region um Alexandria, unter Gelehrten eine Tradition, über geometrische Probleme nachzudenken, und zwar nicht aus praktischen Gründen wie in Ägypten, sondern allein aus philosophischem Antrieb. Welche Rolle Euklid bei der Entwicklung dieses Denkens innehatte, kann man heute nicht sagen (vgl. aber Russo 2005, S. 56 ff.). Tatsache ist, dass er das Wissen der damaligen Zeit über die Geometrie zusammengefasst hat. Es soll aber schon 100 Jahre zuvor ein mathematisches Lehrbuch von Hippokrates von Chios gegeben haben; dieses ist aber verschollen. Auch kennen wir heute noch andere Werke bedeutender Mathematiker der hellenistischen Zeit, z. B. einige von Apollonius von Perga (Russo 2005). Aber kein Werk hat solch einen Einfluss auf die Nachwelt gehabt wie das von Euklid.

Die Geschichte der Rezeption der *Elemente* Euklids ist verwickelt. In der griechischen Antike gehörte es zu den wichtigsten Werken, danach ging es diesem wie vielen anderen antiken Werken: In der Spätantike wie im frühen Mittelalter war es in Europa kaum bekannt; zur Zeit Karls des

Großen gab es nur einen kleinen Auszug, der von Boethius (ca. 480–525 n. Chr.) stammte. Das antike Erbe wurde zu dieser Zeit im arabischen Raum gepflegt und kam erst Anfang des 12. Jahrhunderts über das maurische Spanien nach Europa. So lag dann bald eine Übersetzung des gesamten Werks aus dem Arabischen ins Lateinische vor. Anderseits erhielt man nach der Eroberung Konstantinopels im Jahre 1453 durch die Osmanen einen direkten Zugriff auf die antiken Quellen. Im byzantinischen Reich war das literarische antike Erbe besser bewahrt worden als im Westen. Intellektuelle, die nach Westeuropa flohen, brachten viele antike Schriftstücke in Kopien mit.

Im 16. Jahrhundert gehörten dann die *Elemente* zum Kanon der Werke, die in jeder Bibliothek eines Gelehrten zu finden waren. Bis ins 18. Jahrhundert hinein war es neben der Bibel das meist gelesene Werk.

Für Galileo Galilei war die Geometrie Euklids eine Quelle, die sein Lebenswerk entscheidend prägte. Wir werden darauf noch zurückkommen. Aber auch Philosophen wurden durch das Werk Euklids mehr oder weniger bewusst inspiriert. Um nur einige zu nennen: Meister Eckhart (etwa 1260–1328) konzipierte sein *Opus tripartitum* nach dem Muster der Euklid'schen Geometrie, sein erstes Axiom lautete: „Das Sein ist Gott." Der niederländische Philosoph Baruch Spinoza (1632–1677) versuchte eine rein rationale Begründung der Ethik und seiner gesamten Weltsicht nach Art der Geometrie (*more geometrico*) zu entwickeln. Bertrand Russel (1872–1970) studierte mit elf Jahren unter Anleitung seines älteren Bruders die Geometrie und bekannte in seiner Biografie: „Dies war eines der aufregendsten Ereignisse in meinem Leben, so strahlend schön und aufregend wie die erste Liebe. Ich hatte nicht erwartet, dass es so etwas Köstliches in der Welt geben könnte“ (Russel 1967, S. 36). Albert Einstein (1879–1955) erinnert sich: „Im Alter von 12 Jahren erlebte ich ein zweites Wunder [...]: an einem Büchlein über Euklidische Geometrie der Ebene [...]. Da waren Aussagen wie z. B. das Sichschneiden der drei Höhen eines Dreiecks in einem Punkt, die – obwohl an sich keineswegs evident – doch mit solcher Sicherheit bewiesen werden konnte, dass Zweifel ausgeschlossen zu sein schienen. Diese Klarheit und Sicherheit machte einen unbeschreiblichen Eindruck auf mich“ (Fölsing 1993).

Isaac Newton hat in seinen jungen Jahren zwar nicht so sehr die Geometrie Euklids studiert, dafür aber umso intensiver die von Descartes entwickelte analytische Geometrie (Westfall 1996). In dieser werden den Punkten der geometrischen Körper jeweils Adressen in einem Koordinatensystem (dem nach Descartes benannten cartesischen Koordinatensystem) zugeordnet. Mithilfe dieser lassen sich geometrische Probleme auch rechnerisch, also algebraisch, behandeln. Hier besticht ebenfalls die Sicherheit der Schlussfolgerungen, und nun werden diese nicht direkt auf der logischen Ebene, sondern auch auf der algebraischen, d. h. auf einer mathematischen, Ebene gezogen. Mit der analytischen Geometrie wird also die Mathematik statt der Logik zum Garant der Strenge der Schlussfolgerungen. Dass Newton die Idee der Euklid’schen Geometrie verinnerlicht hatte, sieht man daran, dass er bei seiner Mechanik auch bestimmte Postulate an den Anfang stellte, um aus diesen dann alles weitere zu folgern, z. B. die Eigenschaften der Planetenbahnen.

Die Liebe zur Geometrie und ihre Folgen

Der Einfluss der Euklid'schen Geometrie auf Galilei verdient eine besondere Betrachtung. Mit der „Euklid'schen Geometrie" ist im Folgenden immer das Werk von Euklid gemeint, nicht zu verwechseln mit der euklidischen Geometrie, jener Geometrie, die Euklid in seinem Werk darlegt.

Im Jahre 1583, als Galilei im zweiten Jahr Medizin studierte, lernte er den Ingenieur und Geometer Ostilio Ricci kennen und machte durch ihn die Bekanntschaft mit der Euklid'schen Geometrie. Dieses Erlebnis sollte fortan seinen Lebensweg und sein ganzes Lebenswerk bestimmen. Gegen den zunächst erbitterten Widerstand seines Vaters wechselte er zur Mathematik und widmete sich fortan den Werken des Euklid und insbesondere auch denen des Archimedes (Fölsing 1989).

Es ist nicht vermessen zu glauben, dass die Faszination, die die Mathematik und ihre Möglichkeit der sicheren Beweisführung auf Galilei ausgeübt hat, ihn später daran denken ließ, die Ergebnisse seiner Experimente mit dem freien Fall mathematisch zu formulieren. „Das Buch der Natur ist in der Sprache der Mathematik geschrieben", hat er im Saggiatore 1623 sinngemäß gesagt (lt. Wikipedia 2014b). Mit dieser Entdeckung, nämlich Ergebnisse von Experimenten oder Beobachtungen in der mathematischen Sprache zu formulieren und überhaupt in dieser Sprache zu argumentieren, hat er eine wissenschaftliche Revolution herbeigeführt, der hinsichtlich der Bedeutung und des Einflusses auf die Geschichte bisher nichts gleichkommt. Er hatte eine „neue Wissenschaft" entdeckt, wie er es in einem Brief an einen toskanischen Gesandten formulierte. Diese neue Wissenschaft von der Natur sollte bald zum Vorbild für alle Wissenschaften werden. Sie sollte auf die Dauer zu einer Verbesserung vorhandener technischer Vorrichtungen sowie zu vielen neuen technischen Maschinen und Geräten führen, zur westlichen Industrialisierung und schließlich zur heutigen von der Technik getriebenen Lebensweise in einer globalisierten Welt (Cohen 2010).

Wenn die meisten von Galilei hören, denken sie an seinen Kampf mit der Inquisition der katholischen Kirche um das kopernikanische Weltbild. Dieser gehört aber mehr in die Geschichte der katholischen Kirche als in die der Physik. Durch die Entdeckung einer „neuen Wissenschaft" ist Galilei zum Begründer der Physik und der Naturwissenschaft überhaupt geworden. Die Mathematik und das Experiment sind nun die Pfeiler, auf denen diese neue Wissenschaft steht und die bald zum Vorbild für jede empirische Wissenschaft wurden. Spekulationen naturphilosophischer Art sollten auf die Dauer nur noch den Stoff abgeben für Ideen und Motivationen, die Forscher weisen können, in eine bestimmte Richtung zu denken, aber allein noch keinen wissenschaftlichen Ansatz darstellen.

1.3 Mathesis universalis als Idee in der Geschichte der Philosophie

Mit der Euklid'schen Geometrie war zunächst nur gezeigt, dass in der Mathematik die Idee eines axiomatisch-deduktiven Aufbaus eines Wissensgebiets verwirklicht werden kann. Galilei hatte dadurch verstanden, wie bedeutsam die mathematische Sprache für die Strenge der Deduktionen ist, und entdeckt, dass auch in der Naturforschung Aussagen in mathematischer Form möglich sind. Er hatte damit eine bisher nicht gekannte Stringenz in der Begründung erhalten. Ein wesentliches Merkmal, das eine strenge Wissenschaft ermöglicht, war damit für die Naturforschung gefunden worden.

Auch der Philosoph und Mathematiker René Descartes (1596–1650) hatte die Macht der logischen bzw. mathematischen Strenge in der Deduktion erkannt. Er entwickelte die Idee einer „Mathesis universalis“, also einer Art Universalmathematik, die zur Sicherung des korrekten Schließens in allen Denkgebäuden nötig sei.

Der deutsche Universalgelehrte Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716), der Zeitgenosse Newtons war und unabhängig von diesem die Infinitesimalrechnung entwickelte, führte diese Idee weiter mit seiner „characteristica universalis“, die eine „scientia universalis“, eine Universalwissenschaft, ermöglichen sollte. Er sah deutlich, dass unsere Sprache wegen der Vagheit ihrer Begriffe und der Häufigkeit, mit der logische Fehlschlüsse vorkommen, ständig zu Verständigungsproblemen und damit zu Konflikten führen muss. Er glaubte, dass Denken eigentlich ein Rechenvorgang ist, also algorithmisch vor sich geht. Wenn man Aussagen auf eine Reihe von Symbolen abbilden und logische Schlussfolgerungen mit formalen Umformungen solcher Zeichenreihen verknüpfen könne, so könnte die logische Korrektheit einfacher kontrolliert und Denkvorgänge könnten fortan sogar rein mechanisch vollzogen werden. Die Bedeutung der Zeichenreihen spielt dabei gar keine Rolle. Solch ein Rechnen mit Symbolen nennt man auch einen Kalkül (vom lateinischen *calculus* für „Rechenstein“).

Das Rechnen mit den Fingern oder mit kleinen Steinen kannten die Menschen schon in den ganz frühen Hochkulturen. Dabei ging es immer nur um die Verrechnung konkreter Zahlen. Bei Leibniz aber waren es abstrakte Symbole, deren Bedeutung noch völlig offen war. Sie musste nur kompatibel sein mit den Regeln für die Umformungen. Die Symbole, mit denen wir heute Begriffe der Differenzialrechnung bezeichnen, sind übrigens von Leibniz geschaffen. Jeder, der die Differenzialrechnung kennt, weiß, wie gut er mit diesen Symbolen rein formal wichtige mathematische Schlussfolgerungen ziehen kann.

Da die Leistungsfähigkeit eines Kalküls von der Art der Symbole abhängt, machte Leibniz sich auch Gedanken über die Grundelemente, aus denen alle Symbole aufgebaut werden könnten. So erfand er noch das Dualsystem: Aus den Symbolen 0 und 1 lassen sich alle anderen Symbole aufbauen. Wir denken dabei an die Rechenvorgänge in einem Computer; in der Tat hatte Leibniz auf diese Weise damals schon ein Konzept einer Rechenmaschine entwickelt. Wir kennen heute den logischen und den mathematischen Kalkül und das maschinengestützte Beweisen, das im Kalkül einer bestimmten Logik vollzogen wird (Wikipedia 2016).

Die Idee der „Mathesis universalis“, also auch jenseits der Mathematik und Physik logisch kontrollierbare „Gedankenrechnungen“ machen zu können, hat in der Folgezeit viele Denker fasziniert.

Der berühmteste Schüler von Leibniz, Christian Wolff (1678–1754), habilitierte sich Anfang des 18. Jahrhunderts mit seiner Arbeit *De philosophia practica universali methodo* *mathematica conscripta*. Immanuel Kant (1724–1804), der von Wolff sehr beeinflusst war, schrieb in der Vorrede seines Werks *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*: „Ich behaupte aber, daß in jeder besonderen Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin Mathematik anzutreffen ist“ (Kant 1786).

Mitte des 18. Jahrhunderts fasste der Newtonianismus auch auf dem Kontinent Fuß. Dieser war eine durch den englischen Philosophen John Locke (1632–1704) begründete philosophische Richtung, die eine „wissenschaftliche“ Philosophie nach dem Vorbild der Newton'schen Mechanik anstrebte.

Der Philosoph und Mathematiker Jakob Friedrich Fries (1773–1843) begeisterte sich in jungen Jahren für die Philosophie Kants, insbesondere für seinen Anspruch, sie auf ein festes Fundament gründen zu wollen: „Das war eine andere Art zu philosophiren, als ich sie noch nirgendwo gefunden hatte; hier war, wie in der Mathematik, bestimmte und einleuchtende Wahrheit zu finden“, schreibt er (zit. nach Henke 1868, S. 389). Viele später erfolgreiche Schüler trugen seine Ansichten über das Vorbild der Mathematik weiter. Eine Fries'sche Schule entstand, und auch außerhalb der Philosophie genoss Fries großes Ansehen. Carl Friedrich Gauß (1777–1855) schätzte ihn sehr, und der Botaniker Matthias Jacob Schleiden schwärmte, dass Fries in „logisch consequenter Entwicklung“ die Theorie zu den von Kant gefundenen Gesetzen geliefert habe, „und zwar in solcher Vollendung, dass sein ebenfalls mathematisch-astronomisch gebildeter Schüler Apelt nur noch wenig hinzuzufügen und zu verbessern hatte“ (Schleiden 2012).

Der Göttinger Philosoph Leonard Nelson (1882–1927) promovierte 1904 mit der Dissertation „Jakob Friedrich Fries und seine Kritiker“ und gründete eine „Neue Fries’sche Schule“. „Sein ganzes Sinnen und Streben war darauf gerichtet, eine Methode des Philosophierens ausfindig zu machen, die mathematischen Anforderungen an Strenge standhielte, zugleich aber den spezifischen Charakter philosophischer Erkenntnis entspräche“ (Peckhaus 2011, S. 203).

Auch Heinrich Scholz (1884–1956), der zunächst evangelischer Theologe war, als solcher noch Mathematik und theoretische Physik studierte und später in Münster das erste Institut für mathematische Logik und Grundlagenforschung gründete, hatte diesen Anspruch, wie man aus seine Werken *Metaphysik als strenge Wissenschaft* (Scholz 1965) und *Logik, Grammatik, Metaphysik* (Scholz 1947) ersieht. Insbesondere widmete er sich der Frage „Wie ist eine evangelische Theologie als Wissenschaft möglich?“ (Scholz 1971). Ich werde in Abschn. 5.1 darauf zurückkommen.

Der Philosoph Edmund Husserl (1859–1938) hatte Mathematik, Physik und Philosophie studiert und sogar in Mathematik promoviert. Seine frühen Werke waren *Logische Untersuchungen* und *Philosophie der Arithmetik*. So war er zunächst auch von der Idee der „Mathesis universalis“ infiziert, der Gedanke einer „strengen Wissenschaft“ begleitete ihn bei seiner Entwicklung der „Phänomenologie“, nach der ein Wunsch nach Erkenntnis sich zunächst an der „Sache selbst“ zu orientieren hat. Er sieht gar die Phänomenologie als apriorische Wissenschaft und als eigene Methode, die erst die Philosophie als eine strenge Wissenschaft ermöglicht (Husserl 1911).

Nicht nur in der Philosophie, sondern auch in anderen Disziplinen versuchte man dem Vorbild der Euklid'schen Geometrie nachzueifern und das Wissen in Form eines Begründungsnetzes im Sinne von Aristoteles zu organisieren. Auf die Geschichte solcher Versuche in Jurisprudenz und in Theologie werde ich in Kap. 4 und 5 eingehen.