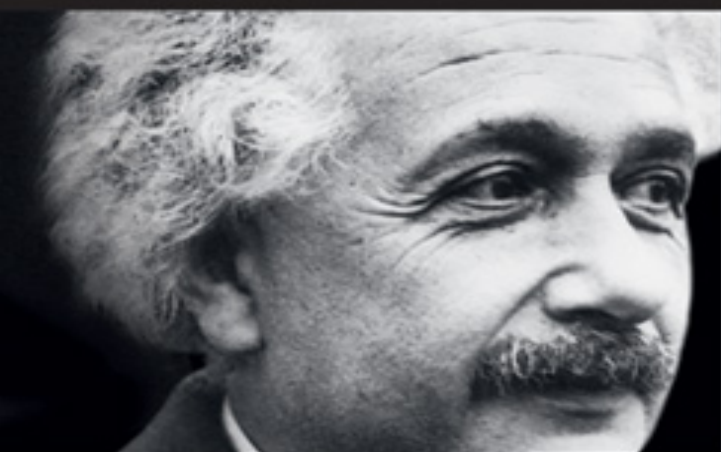


ERHARD SCHEIBE



DIE PHILOSOPHIE



DER PHYSIKER



beck^{ische}reihe

Erhard Scheibe

Die Philosophie der Physiker

Verlag C.H.Beck

beck^{Ische}
reihe

Zum Buch

In die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts fielen nicht nur die Umwälzungen der Physik durch Relativitätstheorie und Quantentheorie. Es war auch eine Zeit, in der die Physiker zu Philosophen wurden – und dies aus Notwendigkeit und mit Konsequenzen, wie dieses Buch zeigt. Zu Unrecht klagt man darüber, daß unsere Generation keine Philosophen habe, soll schon Adolf von Harnack gesagt haben: «Die Philosophen sitzen jetzt nur in der anderen Fakultät, sie heißen Planck und Einstein.» Einstein hat auch die Begründung dafür vorgezeichnet, warum er und seine Kollegen die Philosophie nicht den Philosophen überlassen konnten. In einer Zeit, in der die Physiker über ein festes, nicht angezweifelt System verfügten, möge dies wohl in Ordnung gewesen sein, schreibt er, «nicht aber in einer Zeit, in welcher das ganze Fundament der Physik problematisch geworden ist». Nur der Physiker selbst jedoch fühle und wisse am besten, wo ihn der Schuh drückt. In einer aufwendig recherchierten, auf die Originalquellen zurückgreifenden und umfassenden Darstellung analysiert der Naturwissenschaftler und Philosophiehistoriker Erhard Scheibe dieses neue Verhältnis von Physik und Philosophie und den dazugehörigen Typus des philosophierenden Physikers, der die Physik bis heute nachhaltig prägt.

Über den Autor

Erhard Scheibe (1927–2010) war Professor für Philosophie der Naturwissenschaften an der Universität Heidelberg.

Für meine Tochter Maria

Inhalt

Vorwort

Einleitung

I. Die Philosophie und die Physiker

- A) Traditionelle Philosophie
- B) Zeitgenössische Philosophie
- C) Wissenschaftstheorie

II. Positivismus und reale Außenwelt (Planck versus Mach)

- a) Philosophische Beweise des Realismus
- b) Der wissenschaftliche Realismus und die Physiker
- c) Positivismus und reale Außenwelt: Die Planck-Mach-Debatte
- d) Die Position Plancks: Aufbau eines physikalischen Weltbildes
- e) Die Position Machs: Neutraler Monismus

III. Für und gegen Atome (Boltzmann versus Mach)

IV. Theorien und Bilder

- a) Boltzmanns Bilder
- b) Lübeck 1895
- c) Hertz und der heutige Strukturbegriff
- d) Plancks physikalisches Weltbild

V. Theorie und Erfahrung

- A) Duhems Instrumentalismus
- B) Deduktive und induktive Physik
- C) Theoriegeladenheit des Experiments
- D) Poincarés Konventionalismus

VI. Zur Relativitätstheorie

- A) Vom Positivismus zum Rationalismus
- B) Zur speziellen Theorie (SRT)
- C) Zur allgemeinen Theorie – Das Äquivalenzprinzip
- D) Zwischen Kantianern und Empiristen

VII. Kausalität, Determinismus, Wahrscheinlichkeit

- a) Arten von Kausalität
- b) Ereigniskausalität und Determinismus
- c) Wesensursachen
- d) Kausalität und Funktionsbegriff
- e) Kausalität in offenen Systemen (Unfalltheorie)
- f) Die Rolle statistischer Gesetze (Exner versus Planck)
- g) Indeterminismus und Chaos (Born versus von Laue)

VIII. Quantenmechanik: Die Kopenhagener Schule

- a) Quantenphänomene
- b) Dynamik
- c) Voraussage und Determinismus
- d) Eigenschaften und Observable
- e) Zustände
- f) Messungen
- g) Komplementarität

IX. Kritik an der Kopenhagener Deutung

- A) Frühe Gegner: Einstein
- B) Frühe Gegner: Schrödinger
- C) Theorien verborgener Parameter und Unmöglichkeitbeweise

X. Fortschritt, Reduktion und Einheit der Physik

- A) Die Boltzmann-Tradition
- B) Die Widerlegungsversion
- C) Transitivität, Zusammenführung und Einheit
- D) Begriffswandel und Theorien ohne Nachfolger
- E) Quasikumulativer Fortschritt

Anmerkungen
Literatur
Personenregister

Vorwort

Das vorliegende Buch hat eine lange Geschichte: Ursprünglich geht es auf Vorlesungen zurück, die ich in den neunziger Jahren an der Universität Heidelberg gehalten habe.

Es behandelt einen kaum berührten Gegenstand: die Rechenschaft der Physiker über ihre eigene Arbeit, soweit sie die Philosophie betrifft. Da man nach einer Darstellung dieser Philosophie der Physiker bislang vergeblich sucht, fühle ich mich gerechtfertigt, das Zitat zu einem methodischen Werkzeug zu machen: die Physiker sollen sich selbst über die philosophischen Teile ihrer Arbeit artikulieren.

Als Leserkreis dieses Buches kommen daher natürlich insbesondere Physiker, Physiklehrer sowie an der Physik interessierte Wissenschaftsphilosophen in Frage. Fremdsprachliche Kenntnisse werden nicht verlangt, in einigen Kapiteln wohl aber mathematische Kenntnisse. Ursprünglich englische Texte sind von mir ins Deutsche übersetzt worden.

Es ist mir ein Bedürfnis, jenen Dank zu sagen, die mir bei der Abfassung des Buches geholfen haben. Ich danke meinen Kindern Burkhard und Richard für Hilfe bei der Formatierung des Textes und insbesondere Maria für unermüdlichen Beistand bei der Redaktion und Korrektur, für letzteres danke ich auch Brigitte Falkenburg, Universität Dortmund. Ferner danke ich Philipp Anneck und Sascha Teske für wertvolle Unterstützung bei der Texteingabe und technischen Fragen.

Hamburg, im März 2006

Erhard Scheibe

Einleitung

Man klagt darüber, daß unsere Generation keine Philosophen habe.
Mit Unrecht: Die Philosophen sitzen jetzt nur in der anderen Fakultät,
sie heißen Planck und Einstein.
Adolf von Harnack

Gegenstand dieses Buches sind die von Physikern einer bestimmten Epoche geäußerten Gedanken philosophischen Inhalts, die gleichwohl in einem wesentlichen Zusammenhang mit der Physik stehen. Zweierlei ist daran sogleich zu betonen. Einmal ist dies keine Abhandlung, in der ich in systematischer Weise die Grundlagen der Physik und ihre philosophischen Probleme behandeln werde und dementsprechend meine eigene Sichtweise der Dinge oder die anderer Philosophen maßgebend wären. Vielmehr geht es um die Vermittlung von Meinungsbildern zu grundlegenden philosophischen Fragen der Physik, wie sie sich *unter Physikern* herausgebildet haben. Zweitens möchte ich von vornherein betonen, daß es sich dabei gleichwohl um *philosophische Gedanken* handelt; denn Physiker im heutigen Sinne des Wortes machen sich normalerweise keine philosophischen Gedanken über ihre Disziplin, und das ist ja auch nicht ihre Aufgabe. Aber einige haben es getan, haben es sich zur Aufgabe gemacht, und es ist zunächst zu fragen, welche Physiker das waren und aus welchen Gründen sie sich dazu getrieben sahen zu philosophieren, statt Experimente zu machen und physikalische Theorien aufzustellen.

Wollen wir nun in *dieser Frage* bei den alten Griechen anfangen, bei Aristoteles oder den Stoikern? Immerhin hatte das Wort «Physik» in diesen Kreisen eine klare Verwendung, und ein Werk aus dem *corpus aristotelicum* ist noch in der Antike mit diesem Wort benannt

worden. Doch wird der Leser ahnen, daß von den Griechen nicht die Rede sein soll. Für ihre Zeit und noch lange danach bis ins ausgehende Mittelalter würde man sich scheuen, ansonsten einschlägige Autoren als Physiker zu bezeichnen. Man würde sagen: Eigentlich waren sie ja Philosophen, vielleicht auch Theologen, und ihre Physik – damals noch ein Teil der Philosophie – haben sie eben als solche entwickelt. Genau deswegen wäre dann auch gar nichts Besonderes dabei. Eher könnte man einen Witz in der Frage sehen, was eigentlich die Physik dieser Autoren gewesen sei. Und diese Frage wird von heutigen Philosophiehistorikern in der Tat behandelt und beantwortet. Man kann ruhig etwas paradox sagen: Es gab in diesen alten Zeiten eine Physik, aber es gab, von Ausnahmen wie Archimedes abgesehen, keine Physiker. Eben deswegen kommt einem heute diese alte Physik auch etwas merkwürdig vor.

Das Gesagte läßt sich auch dahingehend ausdrücken, daß die Physik damals noch in der Philosophie aufging und keine Fachwissenschaft war.[1] Das ist deswegen bemerkenswert, weil es andere Fachwissenschaften sehr wohl gab, darunter der Physik heute so nahestehende Disziplinen wie Mathematik und Astronomie, ferner auch Geographie, Medizin, Linguistik und weitere. Aber die Physik war nicht darunter, und die Astronomie, von der die große wissenschaftliche Revolution des 17. Jahrhunderts ihren Ausgang nahm, war damals kein Teilgebiet der Physik. Noch Kopernikus und Kepler waren keine Physiker, sondern Fachastronomen im Sinne der damaligen Ordnung der Wissenschaften.

Wer aber war der erste Physiker? Ich denke, daß heute nicht nur unter den Physikern selbst, sondern auch unter den Historikern der Physik Einigkeit darüber besteht, daß diese Ehre Galilei gebührt – zumindest als einer Symbolfigur für die Geburt einer neuen Fachwissenschaft, deren Erfolge allmählich so bedeutsam für die ganze Menschheit werden sollten. Galilei war der erste Physiker im modernen Sinne, wonach die Physik von Physikern und niemandem sonst gemacht wird. In der Zeit nach Galilei gab es allerdings noch einige Gelehrte wie Descartes und Leibniz, die in der Hauptsache Philosophen waren, aber als Träger einer Übergangserscheinung die Physik ihrer Zeit, die Physik Galileis, Huygens', Newtons, nicht nur

verstanden hatten, sondern durch eigene Beiträge bereichert haben. Aber diese Kategorie stirbt bald danach aus. Und von nun an wird es immer interessanter, in Umkehrung der Frage nach der Physik der Philosophen nach der Philosophie dieser neuen Physiker zu fragen: Was hat den auf diese Weise verselbständigten Fachphysikern, Generation auf Generation, die Philosophie noch bedeutet, und zwar bedeutet *im Zusammenhang mit ihrer Wissenschaft?*[2] Inwieweit haben die neuzeitlichen Physiker die Philosophie ihrer Zeit, aber auch die jeweilige Tradition gekannt, und inwieweit haben sie sich von ihrer Wissenschaft her gedrängt gesehen, selbst zu philosophieren? Immerhin war die ältere Einbettung der Physik in die Philosophie ja nicht durchweg ein Irrtum. Es gab da sachlich begründete Beziehungen. Aber die Frage, was die Physiker *als Physiker* damit anzufangen wußten, läßt sich sinnvoll erst für die neue Zeit stellen.

Heidegger hat optimistisch bemerkt:[3]

Die Größe und Überlegenheit der Naturwissenschaft im 16. und 17. Jahrhundert beruht darauf, daß jene Forscher alle Philosophen waren; sie begriffen, daß es keine bloßen Tatsachen gibt, sondern daß eine Tatsache nur ist, was sie ist, im Lichte des begründeten Begriffes ... Dort, wo die eigentliche, aufschließende Forschung geschieht, ist die Lage nicht anders als vor 300 Jahren, auch jene Zeit hatte ihren Stumpsinn, so wie umgekehrt die heute führenden Köpfe der Atomphysik, Niels Bohr und Heisenberg, durch und durch philosophisch denken ...

Hier erhält der beschriebene Sachverhalt beinahe schon den Rang einer Gesetzmäßigkeit: Philosophierende Physiker tauchen immer dann auf, wenn die Physik interessant und «für die Physiker zu schwer» wird.[4] Neben der wissenschaftlichen Revolution des 17. Jahrhunderts nennt Heidegger die für ihn zeitgenössische Physik. In der Tat haben wir es hier mit einer Epoche der neuzeitlichen Physik zu tun, für die man nicht nur als neutraler Beobachter (Heidegger eingeschlossen) mit einem besonderen Recht von einer Philosophie der Physiker sprechen kann, sondern in der

sich die Physiker selbst als Philosophen verstanden haben. Gänzlich unmißverständlich und gewissermaßen unverblümt hat Arnold Sommerfeld dies in einem Vortrag von 1948 ausgesprochen:[5]

Im 19. Jahrhundert war das Verhältnis zwischen Philosophie und Physik gespannt. Zuerst dominierte die Philosophie und wollte der Physik den Weg vorschreiben ... Später waren die Physiker mißtrauisch geworden, sie lehnten jede Philosophie ab ...

Im 20. Jahrhundert änderte sich das Verhältnis ... grundlegend. Gleich zu Beginn im Jahre 1900 entdeckte Planck das Wirkungsquantum ... Damit gab er der Philosophie die härteste Nuß zu knacken, mit der sie noch lange zu tun haben wird ... Der entscheidende Schritt zu einer philosophisch vertieften Physik [wurde] von Einstein im Jahre 1905 getan ...

Seit Einstein gibt es keine Entfremdung mehr zwischen Physikern und Philosophen. Die Physiker sind zu Philosophen geworden, und die Philosophen hüten sich, mit der Physik in Konflikt zu geraten ...

Aber auch Geisteswissenschaftler haben die Sache ähnlich gesehen: Im Zusammenhang mit einer Würdigung Einsteins berichtet Sommerfeld um etwa dieselbe Zeit:[6]

Adolf von Harnack sagte einmal, wie mir berichtet wurde, im Sprechzimmer der Berliner Universität: Man klagt darüber, daß unsere Generation keine Philosophen habe. Mit Unrecht: Die Philosophen sitzen jetzt nur in der anderen Fakultät, sie heißen *Planck* und *Einstein*.

Es ist aber nicht bei Bonmots geblieben. Höffding hat in der kleinen Fortsetzung seiner *Geschichte der neueren Philosophie* einigen, wie er sie vorsichtig nennt, «philosophierenden Naturforschern» ein eigenes Kapitel eingeräumt, und dort erfährt man Näheres über Maxwell, Mach, Hertz und Ostwald.[7] Besondere Hervorhebung verdient daneben ein Kapitel aus Passmores *A Hundred Years of Philosophy* (1957), das den Zeitraum von John Stuart Mill bis zur Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts behandelt. Das Kapitel ist überschrieben

«Natural Scientists Turn Philosophers», und in der Tat bringt Passmore in diesem Kapitel ein gutes Dutzend von Physikern und Mathematikern zusammen, die diese Bezeichnung verdienen, da sie als solche akademisch ausgebildet waren, ihre Wissenschaft durch eigene Leistungen weitergebracht haben, sich schließlich aber im Kontext ihrer Fachwissenschaft der Philosophie zugewandt haben, so daß Passmore unter anderem zu Recht von ihnen sagen kann:[8]

Aber wie groß auch immer die Meinungsverschiedenheiten zwischen ihnen waren, es bleibt die Tatsache, daß sehr viele der traditionellen Probleme der Philosophie nunmehr im Kontext der Physik freimütig diskutiert werden. Die Physiker sehen sich selbst als Einbringer von Fachwissen, das relevant ist in Disputen, die sie in früherer Zeit als unfruchtbare Metaphysik abgewiesen hätten.

Wann geht die von Sommerfeld angesprochene philosophische Epoche der Physik zu Ende? Ich fürchte, daß wir in dieser Frage den Worten Fritz Rohrlichs glauben müssen, der in seinem Beitrag zur Dirac-Festschrift sagt:[9]

Ich glaube, daß die Generation der theoretischen Physiker, welche die Relativitätstheorie und die Quantenmechanik entwickelten, besser in Wissenschaftsphilosophie erzogen war, als es die gegenwärtige Generation ist. Diese Physiker waren sich völlig im klaren über die Notwendigkeit philosophischen Fragens, wenn sie gute theoretische Physiker sein wollten. In der Tat haben Theoretiker von Poincaré bis Philipp Frank wesentliche Beiträge zur Wissenschaftsphilosophie geliefert, ganz zu schweigen von der positivistischen Schule und ihrem Wiener Kreis, für den sie eine Schlüsselrolle spielten.

Meine Ausführungen zur Philosophie der Physiker will ich jedenfalls in etwa auf die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts beschränken, wobei Grenzüberschreitungen in beiden Richtungen erlaubt sein sollen, wenn sie zum Verständnis der zentralen Themen beitragen können. Von *der* Philosophie der Physiker dieser Zeit spreche ich im

übrigen nicht in dem Sinne, daß Einheitlichkeit in der Beantwortung der aufgetretenen philosophischen Fragen geherrscht hätte, was natürlich nicht der Fall war. *Die Philosophie der Physiker* im Sinne einer einheitlichen Doktrin gab es in dieser Zeit und in diesem Kreis genausowenig wie in irgendeinem anderen Fall dieser Art. Aber man redet eben auch von *der Philosophie der Griechen*, *der Philosophie der Aufklärung* usw., ohne damit auf einheitliche Lehrmeinungen hinweisen zu wollen. Es muß uns genügen, eine *philosophische Aktivität* nachweisen zu können, und schon das war unter Physikern etwas Besonderes.

Ehe ich die beiden im letzten Zitat gefallenem Stichworte «Relativitätstheorie» und «Quantenmechanik» aufgreife, sollte aber noch ein letztes Wort über den (zeitlich nun schon eingeschränkten) Begriff des Physikers gesagt werden. Natürlich war Einstein ein Physiker, und Heidegger war es nicht. Aber es gibt Grenzfälle, bei deren unangemessener Berücksichtigung ein schiefes Bild entstehen könnte. Der soeben schon erwähnte Philipp Frank ist ein Beispiel. Er war Professor der theoretischen Physik in Prag, und auch seine spätere Anstellung an der Harvard University war die eines Lecturers in Mathematik und Physik. Unter Physikern bekannt geworden ist das von ihm zusammen mit Richard von Mises bearbeitete Buch *Die Differentialgleichungen der mathematischen Physik* von 1927.[10] All dies weist Frank als einen Physiker von Beruf aus, und das wäre in seinem Jahrhundert ja auch ein gutes Kriterium: Entscheidend ist, womit jemand sein Geld verdient. In weiteren Kreisen bekannt geworden ist Frank nun aber nicht als Physiker, sondern als Philosoph der Physik, vor allem durch sein Buch *Das Kausalgesetz und seine Grenzen*. [11] Andere Grenzfälle liegen anders. Carl Friedrich von Weizsäcker etwa war zunächst, beruflich gesehen, Physiker, wenn auch immer schon mit gleichsam unbezahltem philosophischen Interesse. Dann aber wurde er Professor für Philosophie und schließlich Direktor des Max-Planck-Instituts zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt. Neben rein physikalischen Arbeiten, die ihn in Fachkreisen bekannt gemacht haben, hat Weizsäcker auch viele philosophische Arbeiten geschrieben,

darunter solche, die sich nicht auf die Physik beziehen. Manche seiner Fachkollegen würden daher sagen: Er war eigentlich immer schon ein Philosoph. Es lassen sich noch weitere Grenzfälle dieser Art finden, und die Frage, wie sie zu berücksichtigen sind, ist nicht rein akademischer Natur. Sie scheint zumindest dann wichtig zu werden, wenn man, wie wir, in erster Linie wissen will, welche Physiker *als Physiker* philosophiert haben und es wohl nicht getan hätten, wenn nicht die Lage ihres Faches sie dazu gezwungen hätte. Die in der folgenden Liste aufgeführten Physiker und Mathematiker[12] haben jedenfalls mehr oder weniger Anteil an der Entstehung der hier zu thematisierenden philosophischen Aktivität.

Physiker als Philosophen

I. (Geburtsdatum vor 1850)

Hermann von Helmholtz (1821–1894)

James Clerk Maxwell (1831–1879)

Ernst Mach (1838–1916)

Ludwig Boltzmann (1844–1906)

William Kingdon Clifford (1845–1879)

II. (Geburtsdatum in den 1850er und 1860er Jahren)

Wilhelm Ostwald (1853–1931; Nobelpreis für Chemie 1909)

Henri Poincaré (1854–1912)

Heinrich Rudolf Hertz (1857–1894)

Max Planck (1858–1947; Nobelpreis für Physik 1918)

Pierre Duhem (1861–1916)

David Hilbert (1862–1943)

Wilhelm Wien (1864–1928; Nobelpreis für Physik 1911)

Walther Hermann Nernst (1864–1941; Nobelpreis für Chemie 1920)

Arnold Sommerfeld (1868–1951)

III. (Geburtsdatum in den 1870er und 1880er Jahren)

James Jeans (1877–1946)

Albert Einstein (1879–1955; Nobelpreis für Physik 1921)

Max von Laue (1879–1960; Nobelpreis für Physik 1914)
Max Born (1882–1970; Nobelpreis für Physik 1954)
Percy Williams Bridgman (1882–1961; Nobelpreis für Physik 1946)
Arthur Eddington (1882–1944)
Richard von Mises (1883–1953)
Philipp Frank (1884–1966)
Niels Bohr (1885–1962; Nobelpreis für Physik 1922)
Hermann Weyl (1885–1955)
Erwin Schrödinger (1887–1961; Nobelpreis für Physik 1933)

IV. (Geburtsdatum nach 1890)

Michael Polanyi (1891–1976)
Louis Victor Raymond de Broglie (1892–1981; Nobelpreis für Physik 1929)
Wolfgang Ernst Pauli (1900–1958; Nobelpreis Physik 1945)
Werner Heisenberg (1901–1975; Nobelpreis für Physik 1932)
Pascual Jordan (1902–1980)
Eugene Wigner (1902–1995; Nobelpreis für Physik 1963)
Johannes von Neumann (1903–1957)
Carl Friedrich von Weizsäcker (*1912)
Ilya Prigogine (1917–2002; Nobelpreis für Chemie 1977)
David Bohm (1917–1992)
Günther Ludwig (*1918)

Ich kann nun der *anderen Frage* nähertreten, warum Planck, Einstein und weitere Physiker unserer Liste sich genötigt sahen, neben den Tagesfragen der Physik auch Fragen eher philosophischen Inhalts ihre Aufmerksamkeit zu schenken. Wie ist es dazu gekommen, daß man zu Beginn des 20. Jahrhunderts mit Recht sagen konnte, daß das Verhältnis von Physik und Philosophie, nachdem es lange Zeit sehr schlecht gewesen war, sich nunmehr zu bessern begann? Inwiefern ist hier ein Einschnitt, der eine neue Epoche, wenn nicht der Philosophie, so doch der Physik, abzugrenzen erlaubt? Warum wurden – wie Sommerfeld es ausdrückt – «die Physiker zu Philosophen» oder, in der etwas vorsichtigeren Terminologie

Höfddings, «philosophierende Naturforscher»? Über die Antwort kann es eigentlich keinen Zweifel geben: Das Verhältnis hat sich nicht etwa in dem Sinne gebessert, daß die maßgeblichen Physiker mit den maßgeblichen Philosophen in einen Dialog eingetreten wären. Abgesehen von einigen Neukantianern wie Cassirer, einigen logischen Empiristen wie Reichenbach und dem kritischen Rationalisten Popper, die in die Diskussion eingegriffen haben, hat keine Annäherung der Philosophie auf breiter Front stattgefunden. Vielmehr sind die Physiker in einem gänzlich unakademischen Sinne Philosophen geworden. Sie haben selbst angefangen zu philosophieren, und sie sind dazu veranlaßt worden durch die von ihnen selbst gesteuerte Entwicklung ihrer Wissenschaft. Diese Entwicklung war *revolutionär* vor allem durch die Schaffung der *Quantenmechanik* (1927) und vorher schon der beiden *Relativitätstheorien* (1905 und 1916). Sie sahen sich mit dem Umstand konfrontiert, daß diese neuen Theorien in Widerspruch zu gewissen vorphysikalischen Auffassungen standen, die Grundlage der klassischen Physik geworden waren. In einer solchen Lage hilft nichts anderes, als daß zunächst einmal die Fachleute selbst den anstehenden Problemen zu Leibe rücken. Das hören wir auch von Einstein, der eine der Hauptfiguren in diesem Prozeß gewesen ist: [13]

Oft und gewiß nicht ohne Berechtigung ist gesagt worden, daß der Naturwissenschaftler ein schlechter Philosoph sei. Warum sollte es also nicht auch für den Physiker das Richtige sein, das Philosophieren dem Philosophen zu überlassen? In einer Zeit, in welcher die Physiker über ein festes, nicht angezweifelt System von Fundamentalbegriffen und Fundamentalgesetzen zu verfügen glaubten, mag dies wohl so gewesen sein, nicht aber in einer Zeit, in welcher das ganze Fundament der Physik problematisch geworden ist, wie gegenwärtig. In solcher Zeit des durch die Erfahrung erzwungenen Suchens nach einer neuen solideren Basis kann der Physiker die kritische Betrachtung der Grundlagen nicht einfach der Philosophie überlassen, weil nur er selber am besten weiß und fühlt, wo ihn der Schuh drückt; auf der Suche nach einem neuen

Fundament muß er sich über die Berechtigung beziehungsweise Notwendigkeit der von ihm benutzten Begriffe nach Kräften klarzuwerden versuchen.

Für Einstein lagen im übrigen die Hauptprobleme nicht in den von ihm selbst geschaffenen Relativitätstheorien, sondern in der Quantentheorie, zu der er zwar ebenfalls wichtige physikalische Beiträge geliefert hat, über deren philosophische Bedeutung er sich aber mit den orthodoxen Vertretern nicht einigen konnte.

In der Relativitätstheorie (RT) war das «neue Fundament» eine Auffassung von Raum und Zeit, durch die schon in der speziellen Theorie (SRT) Newtons absolute Zeit (und natürlich auch sein absoluter Raum) durch eine relative, vom Bezugssystem abhängige Zeit (bzw. einen relativen, von demselben abhängigen Raum) ersetzt und in der allgemeinen Theorie (ART) die Metrik der Raumzeit mit der Gravitation in Verbindung gebracht wird. Diese Theorien sind fundamental, weil sie Raum und Zeit betreffen, in denen sich nach bisherigem Verständnis *alle* Geschehnisse abspielen. In der Quantenmechanik (QM) geht es demgegenüber um eine sehr allgemeine Änderung des klassischen Objektbegriffs: Man kann über Objekte oder physikalische Systeme nicht mehr so reden, als ob die Objekte gewisse (kontingente, insbesondere zeitabhängige) Eigenschaften *besitzen* (oder: *haben*) und andere (Eigenschaften) nicht. Statt dessen kann man nur noch Wahrscheinlichkeiten dafür angeben, daß bei einer *Messung* jene Eigenschaften auftreten bzw. nicht auftreten. Die Wahrscheinlichkeiten sind irreduzibel, weil die Meßmöglichkeiten dadurch eingeschränkt sind, daß es zu jeder Eigenschaft andere Eigenschaften gibt, die mit der gegebenen nicht gleichzeitig gemessen werden können. Davon ist dann schon die anschauliche und zugleich vollständige Objektbeschreibung in Raum und Zeit betroffen. Dieser Eingriff ist fundamental, weil er *alle* materiellen Dinge betrifft, an denen sich die Geschehnisse in Raum und Zeit abspielen.

Es gibt Historiker, die meinen, die fragliche, durch RT und QM bestimmte Revolution der Physik müsse, was ihren Anfang angeht, weit ins 19. Jahrhundert zurückverlegt werden.[14] Dabei denken

sie wohl in erster Linie an die Schöpfung der Elektrodynamik sowie an den Umstand, daß diese Entwicklung ja erst mit der SRT von 1905 einschließlich der Verwerfung der Ätherhypothese beendet war. Zugleich war damit aber der *klassische Feldbegriff* eingeführt, der dann 1916 in der ART noch einmal eine wichtige Verallgemeinerung erfahren hat. Neben der Erweiterung der Physik durch den klassischen Feldbegriff hat die klassische Physik etwa seit der Mitte des 19. Jahrhunderts den Wahrscheinlichkeitsbegriff in sich aufgenommen; dieser Vorgang ist auch als *probabilistische Revolution* bezeichnet worden.[15] Sie hat auch andere Disziplinen betroffen, nachhaltig jedenfalls die Physik. In der Tat erfolgte die statistische Begründung der Thermodynamik schon in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, und es war im höchsten Grade verwunderlich, wie auf einmal alle möglichen Wahrscheinlichkeiten dort auftraten, wo früher nichts dergleichen zu sehen war. Auch diese Revolution hat ihre volle Entfaltung erst im 20. Jahrhundert durch die Quantentheorie gefunden, da erst hier *irreduzible* Wahrscheinlichkeiten auftraten.

Mithin haben wir allen Grund, die philosophische Diskussion der Physiker schon vor dem «Paukenschlag» des Planckschen Wirkungsquantums aufzugreifen. Im Hinblick auf die QM bedeutet dies in erster Linie ein Eingehen auf das Problem des Realismus in der Physik, der vor allem durch den Versuch von Ernst Mach, eine einheitliche phänomenalistische Begründung der Physik und Psychologie zu geben, in Gefahr geraten war; zweitens aber muß auch die Rede sein von der Wiederbelebung der Atomistik in der Physik, wie sie von Boltzmann, Maxwell und anderen mit Erfolg zur Begründung der Thermodynamik herangezogen wurde.

In einem Unternehmen wie dem vorliegenden erwartet man mit einem gewissen Recht eine Beantwortung der Frage nach Gemeinsamkeiten unter den Physikern in der Auffassung von dem, was Physik ist. Da die Physik ein relativ gut «definiertes» Wissensgebiet des Menschen ist, das er überdies selbst geschaffen hat, sollte man meinen, daß sich solche Gemeinsamkeiten relativ leicht finden lassen. Aber wie so oft steckt auch hier der Teufel im Detail, und die sicherste Gemeinsamkeit, die sich entdecken läßt, ist

die negative, daß wohl alle Physiker sich wehren würden, mit ihrem Weltbild einschließlich seiner intellektuellen Vermittlung unter einen der gängigen ‹Ismen› gesteckt zu werden. Hier ist zunächst das Urteil des philosophisch orientierten Physikhistorikers Max Jammer von Bedeutung:[16]

Physiker lehnen es aus Tradition ab, sich als Angehörige einer besonderen philosophischen Schule zu erklären, selbst dann, wenn sie sich bewußt sind, zu ihr zu gehören.

Carl Friedrich von Weizsäcker beschreibt die allgemeine Lage mit den Worten:[17]

Es ist ein empirisches Faktum, daß fast alle führenden theoretischen Physiker unserer Zeit philosophieren. Es ist ein zweites empirisches Faktum, daß ihre Philosophie im allgemeinen weitgehend ihre eigene Erfindung ist und sich mit den überlieferten Meinungen der Philosophen manchmal schlecht zusammenreimt. Beide empirischen Tatsachen scheinen mir aus einer sachlichen Notwendigkeit hervorgegangen zu sein, nämlich daraus, daß die moderne Physik ohne Philosophie nicht adäquat verstanden werden kann und daß es eine Philosophie, die dieses adäquate Verständnis liefern könnte, bis heute noch nicht gibt.

Ein ganz persönliches Bekenntnis hierzu gibt Wolfgang Pauli:[18]

Zur Orientierung der Philosophen möchte ich von vornherein klarstellen, daß ich nicht zu einer der philosophischen Schulen gehöre, deren Namen mit einer Art von ‹Ismus› enden. Darüber hinaus bin ich sehr dagegen, irgendeine spezielle physikalische Theorie, wie die Relativitätstheorie oder die Quanten- oder Wellenmechanik, unter einen dieser ‹Ismen› zu bringen, obwohl dies von Zeit zu Zeit sogar von Physikern so gemacht worden ist.

Pauli hat das speziell mit Bezug auf die Gegensätzlichkeit von Phänomenalismus und Realismus geäußert und sagt dazu im

unmittelbaren Anschluß: «Meine allgemeine Tendenz ist, die Mitte einzuhalten zwischen den beiden Extremen.» Dies dürfte wohl für alle ähnlich gelagerten Fälle gelten: Vermeidung extremer philosophischer Positionen. Sie sind alle unhaltbar; und das stellt sich meist ziemlich schnell heraus. Auch Einstein hat den Physiker in dieser Lage gesehen und gemeint, daß «die äußeren Bedingungen, die ihm durch die Erlebnistatsachen gesetzt sind [es ihm nicht erlauben], sich bei der Konstruktion seiner Begriffswelt allzusehr durch Festhalten an *einem* erkenntnistheoretischen System beschränken zu lassen». Er fährt fort:[19]

Er [der Physiker] muß dann dem systematischen Erkenntnistheoretiker als eine Art skrupelloser Opportunist erscheinen. Er erscheint als Realist insofern, als er eine von den Akten der Wahrnehmung unabhängige Welt darzustellen sucht; als Idealist insofern, als er die Begriffe und Theorien als freie Erfindungen des menschlichen Geistes ansieht (nicht logisch ableitbar aus dem empirisch Gegebenen); als Positivist insofern, als er seine Begriffe und Theorien nur insoweit für begründet ansieht, als sie eine logische Darstellung von Beziehungen zwischen sinnlichen Erlebnissen liefern. Er kann sogar als Platoniker oder Pythagoreer erscheinen, insofern er den Gesichtspunkt der logischen Einfachheit als unentbehrliches Werkzeug seines Forschens betrachtet.

Die Rolle des Opportunisten, in die Einstein hier den Physiker notwendig versetzt sieht, braucht dieser offenbar desto weniger zu spielen, je verträglicher die aufgeführten Positionen sind. So bewahrt ihn bereits die Beachtung der inneren Konsistenz vor zu extremen Positionen. Mag er auch unter dieser Bedingung noch Opportunist sein, so ist er es *faute de mieux*.

I. Die Philosophie und die Physiker

Nichts kommt der Ignoranz moderner Philosophen in Sachen der Naturwissenschaft gleich außer der Ignoranz moderner Wissenschaftler in Sachen Philosophie.

É. H. Gilson

Den Titel zu diesem ersten Kapitel borge ich mir von Susan Stebbings Buch *Philosophy and the Physicists* aus dem Jahr 1937.^[1] Dort protestiert eine Philosophin im Namen der Philosophie gegen die Art und Weise, in der zumindest zwei Physiker ihrer Zeit – Eddington und Jeans – *als Physiker*, d.h. im Zusammenhang mit ihrer Wissenschaft, mit der Philosophie umgehen. Auf dieses Buch werde ich zurückkommen. Ich werde versuchen, das Verhältnis der Physiker zur Philosophie zu charakterisieren, und zwar zunächst allgemein, wenn auch anhand einiger ausgesuchter Beispiele. Meine grobe Unterteilung berücksichtigt das Verhältnis der Physiker (der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts)

1. zur traditionellen Philosophie,
2. zur zeitgenössischen Philosophie,
3. zur Wissenschaftsphilosophie ihrer Zeit.

Schon in dieser allgemein gehaltenen Einführung wird auch die Reaktion von Philosophen auf das Eindringen der Physiker in ihren geheiligten Bezirk zu erwähnen sein. Der Fall Stebbing war eine solche Reaktion. Weder hier noch anderswo wird jedoch die Frage erschöpfend behandelt, inwieweit das Verhalten der Physiker zu einer echten Auseinandersetzung mit den jeweils zeitgenössischen Philosophen geführt hat. Gelegentlich werde ich darauf zu sprechen

kommen, und bereits in der Einleitung wurden Philosophen wie Cassirer, Reichenbach und Popper erwähnt, die explizit auf den tiefgreifenden Wandel in der neuen Physik reagiert haben. Aber mein eigentlicher Untersuchungsgegenstand ist dies nicht. Allerdings ist diese Zurückhaltung auch von dem Umstand diktiert, daß die fragliche Auseinandersetzung zumindest nicht sehr intensiv war, sofern sie überhaupt stattgefunden hat.

A) Traditionelle Philosophie

Die in ihrer Gesamtheit philosophiefreundliche Phase der Physik ab der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert ist aus einer seitens der Physiker ausgesprochen philosophiefeindlichen Zeit hervorgegangen. Die Behauptung, daß es sich so verhalten habe, entnahmen wir schon den Zitaten Sommerfelds, der als Student und angehender Wissenschaftler das Ende der «schlimmen Zeit» noch miterlebt hat. Wir wollen aber für einen Augenblick noch weiter zurückgehen bis in die Zeit des deutschen Idealismus und seiner Naturphilosophie. Denn die Opposition gegen diese romantische Naturphilosophie[2] hatte vorübergehend zu einer gänzlichen Entfremdung zwischen Physik und Naturforschung einerseits und Philosophie und Metaphysik andererseits geführt.

Um anschaulich zu bleiben und die Abscheu der Naturwissenschaftler einsichtig zu machen, will ich einige Zitate von Schelling bringen, obwohl das in dieser Isoliertheit etwas unfair ist. Man muß entschuldigend oder wenigstens erklärend hinzufügen, daß sich Schelling und seine Weggenossen in dieser Sache nichts weniger vorgenommen hatten als die Etablierung der Identität von Natur und Geist in der Naturphilosophie. Vor diesem Hintergrund waren für Schelling die von einer empirischen Physik zu liefernden Ergebnisse, die zeigen konnten, wie die Natur im einzelnen beschaffen ist, ziemlich uninteressant. Da er als Idealist bei dem Nachweis der Identitätsthese primär vom Geistigen ausging, erstreckte sich dieses Desinteresse auch auf jegliche naturwissenschaftliche Erklärung von Wahrnehmung und Denken.

Schelling ging sogar so weit, seine Spekulationen, soweit sie sich auf die Natur bezogen, als «spekulative Physik» zu bezeichnen und eine scharfe Grenze zwischen dieser und einer empirischen Physik aufzurichten. Nach einem Text von 1799[3] unterscheidet sich seine spekulative Physik von der empirischen dadurch,

daß jene einzig und allein mit den ursprünglichen Bewegungsursachen in der Natur, ... diese hingegen, weil sie nie auf einen letzten Bewegungsquell in der Natur kommt, nur mit den sekundären Bewegungen ... sich beschäftigt, da jene überhaupt auf das innere Triebwerk, ... diese hingegen nur auf die Oberfläche der Natur und das, was an ihr ... gleichsam Außenseite ist, sich richtet.

Und an einer anderen Stelle des genannten Werkes bemerkt Schelling, es komme ihm

auf die Überzeugung an, daß zwischen Empirie und Theorie ein solcher vollkommener Gegensatz ist, daß es kein drittes geben kann, worin beide zu vereinigen sind, daß also der Begriff einer Erfahrungswissenschaft ein Zwitterbegriff ist, bei dem sich nichts Zusammenhängendes oder der sich vielmehr überhaupt nicht denken läßt ...

Obwohl die Naturphilosophie des deutschen Idealismus auch zu einigen Anregungen in der Physik geführt hat, verwundert es nicht, daß sich Naturwissenschaftler gegen die durch solche Texte ausgezeichnete spekulative Physik Schellings zur Wehr setzten. Wir besitzen sogar Zeugnisse von zeitweiligen Anhängern, etwa dem Chemiker Liebig, der bekennt:[4]

Auch ich habe diese an Worten und Ideen so reiche, an wahren Wissen und gediegenen Studien so arme Periode durchlebt, sie hat mich um zwei kostbare Jahre meines Lebens gebracht; ich kann den Schreck und das Entsetzen nicht schildern, als ich aus diesem Taumel zum Bewußtsein erwachte.

Die Situation um die Mitte des Jahrhunderts haben Gauß und Helmholtz beklagt. Am 1. November 1844 schreibt Gauß an seinen Freund Schumacher:[5]

Daß Sie einem Philosophen ex professo keine Verworrenheiten in Begriffen und Definitionen zutrauen, wundert mich fast. Nirgends mehr sind solche ja zu Hause als bei Philosophen ... Sehen Sie sich doch nur bei den heutigen Philosophen um, bei Schelling, Hegel ... und Consorten, stehen Ihnen nicht die Haare bei solchen Definitionen zu Berge?

In seiner Heidelberger Rektoratsrede von 1862 nimmt Helmholtz mit folgenden Worten sogar selbst zur Sache Stellung:[6]

Daß in den Geisteswissenschaften sich die Spuren der Wirksamkeit des menschlichen Geistes und seiner Entwicklungsstufen wiederfinden mußte, war selbstverständlich. Wenn aber die Natur das Resultat der Denkprozesse eines ähnlichen schöpferischen Geistes abspiegelte, so mußten sich die verhältnismäßig einfacheren Formen und Vorgänge in ihr um so leichter dem System einordnen lassen. Aber hier gerade scheiterten die Anstrengungen der Identitätsphilosophie, wir dürfen wohl sagen, vollständig. Hegels Naturphilosophie erschien den Naturforschern wenigstens absolut sinnlos. Von den vielen ausgezeichneten Naturforschern jener Zeit fand sich nicht ein einziger, der sich mit den Hegeischen Ideen hätte befreunden können.

Wie wir gesehen haben, war der junge Liebig tatsächlich eine Ausnahme, aber eben nur für zwei Jahre. Helmholtz fährt fort:

Die Naturforscher wurden von den Philosophen der Borniertheit geziehen; diese von jenen der Sinnlosigkeit. Die Naturforscher fingen nun an, ein gewisses Gewicht darauf zu legen, daß ihre Arbeiten ganz frei von allen philosophischen Einflüssen gehalten seien, und es kam bald dahin, daß viele von ihnen, darunter Männer

von hervorragender Bedeutung, alle Philosophie als unnütz, ja sogar als schädliche Träumerei verdammt.

Wir werden sehen, daß wir um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert eine einflußreiche positivistische Strömung in der Physik zu verzeichnen haben. Diese läßt sich natürlich nicht nur mit dem von Helmholtz Gesagten erklären. Ohne Frage wollten damals jedoch viele Physiker, selbst wenn sie philosophisch aufgeschlossen waren, ihre *Physik* von Spekulationen und unsauberer Methoden freihalten. Die Abscheu vor der idealistischen Naturphilosophie darf allerdings nicht als eine Ablehnung der Philosophie überhaupt angesehen werden, wenn eine solche Reaktion auch bei einzelnen Naturforschern der damaligen Zeit zu verzeichnen ist. Schließlich sind die beiden klassischen Traditionen der empiristischen und der rationalistischen Philosophie zwischen Descartes und Kant auch im 19. Jahrhundert weitergeführt worden, wenn auch nicht von so illustren, aber zugleich etwas verdrehten Geistern wie Schelling und Hegel. In diesem Sinne warnt uns F. A. Lange in seiner profunden *Geschichte des Materialismus* vor Einseitigkeit in der Beurteilung der Lage:[7]

Diese ganze Anschauungsweise [nämlich die Ablehnung des Idealismus durch die Physiker] beruht auf einer einseitigen Rücksicht auf unsere nachkantische Philosophie unter völliger Verkennung des Charakters der modernen Philosophie von Cartesius bis auf Kant. Das ganze Treiben der Schellingianer, der Hegelianer, ... ist nur zu sehr dazu angetan, den Abscheu zu rechtfertigen, mit welchem die Naturforscher sich von der Philosophie abzuwenden pflegen; dagegen ist das ganze Prinzip der modernen Philosophie, wenn man nur nicht diese Ausartungen der deutschen Begriffsromantik darunter versteht, ein total verschiedenes. Wir haben hier überall ... eine streng naturwissenschaftliche Denkweise vor uns, über alles, was uns durch die Sinne gegeben ist; aber fast ebenso allgemein auch den Versuch, die Einseitigkeit des auf diesem Wege sich ergebenden Weltbildes durch die Spekulation zu überwinden.

Auch Physiker von entgegengesetzter erkenntnistheoretischer Haltung sind sich um die Zeit der Jahrhundertwende darin einig, daß erstens die idealistische Naturauffassung abzulehnen sei, zweitens jedoch ein geeignetes philosophisches Denken für eine Grundlegung der Naturwissenschaften unerläßlich und davon untrennbar sei. Ein Beispiel bilden Wilhelm Ostwald und Ludwig Boltzmann. Beide haben Anfang des 20. Jahrhunderts – Ostwald in Leipzig und Boltzmann in Wien – Vorlesungen über Naturphilosophie unter diesem Titel gehalten und haben sich dafür gleich zu Beginn entschuldigt. Ostwald sagt in seiner Einleitung:[8]

Der Name Naturphilosophie, mit dem ich den Inhalt unserer bevorstehenden Besprechungen zu bezeichnen versucht habe, besitzt einen üblen Klang. Er erinnert an eine geistige Bewegung, welche vor hundert Jahren in Deutschland herrschend war; ihren Führer hatte sie in dem Philosophen Schelling, der durch die Macht seiner Persönlichkeit bereits in sehr jungen Jahren einen ungeheuren Einfluß gewonnen hatte und die Denkweise seiner Zeitgenossen in weitestem Maße bestimmte. Doch ... dauerte in Deutschland ihre Herrschaft nicht sehr lange; die unbestrittene im Ganzen höchstens zwanzig Jahre. Insbesondere die Naturforscher, für welche in erster Linie die Naturphilosophie gemeint war, wendeten sich bald vollständig von ihr ab, und die Verurteilung, welche sie später erfuhr, war ebenso leidenschaftlich, wie vorher ihre Verhimmelung gewesen war.

Nachdem er dann das von mir schon gebrachte Liebig-Zitat zur Illustration verwendet hat, kommt Ostwald auch auf die Kompetenzfrage zu sprechen, also für seinen Fall die Frage, wodurch er, der er ja nun eine ganze philosophische Vorlesungsreihe halten will, in der Philosophie überhaupt ausgewiesen sei. Dazu sagt er:[9]

... ich habe als Entschuldigung meines Unterfangens nur die Thatsache, daß auch der Naturforscher beim Betrieb seiner Wissenschaft unwiderstehlich auf die gleichen Fragen geführt wird,

welche der Philosoph bearbeitet. Die geistigen Operationen, durch welche eine naturwissenschaftliche Arbeit geregelt und zu erfolgreichem Ende gebracht wird, unterscheiden sich ihrem Wesen nach nicht von denen, deren Ausführung die Philosophie untersucht und lehrt. Das Bewußtsein dieses Verhältnisses ist zwar in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zeitweilig verdunkelt gewesen; es ist aber gerade in unseren Tagen wieder zu lebendigster Wirkungskraft erwacht, und allerorten regen sich im naturwissenschaftlichen Lager die Geister, um ihren Antheil zu dem philosophischen Gesamtwissen beizutragen.

Hier haben wir das Zeugnis eines Zeitgenossen von der «Wende», und schon hier heißt es zugleich, daß sich die philosophischen Probleme aus der Arbeit des Naturwissenschaftlers heraus entwickeln.

Vom entgegengesetzten philosophischen Ende her und dennoch in ganz ähnlichem Sinne äußerte sich Ostwalds großer Widersacher Boltzmann. War Ostwald in der Hauptsache Chemiker, so haben wir in Boltzmann den vielleicht ersten wirklich bedeutenden rein theoretischen Physiker deutscher Sprache vor uns. Nicht lange vor seinem Tode erhielt er 1903 als Professor der theoretischen Physik in Wien vom Ministerium einen zusätzlichen Lehrauftrag über (wörtlich!) «Philosophie der Natur und Methodologie der Naturwissenschaften».[10] Damit sollte eine Lücke geschlossen werden, welche durch die seit Ernst Machs Abgang bestehende Vakanz der Lehrkanzel für «Philosophie, insbesondere für Geschichte und Theorie der induktiven Wissenschaften» bestand. Zu Beginn der ersten Vorlesung zeigt sich Boltzmann, genau wie Ostwald, in großer Verlegenheit in der Frage seiner philosophischen Kompetenz. Dann aber sagt er in seiner direkten, manchmal akademisch-naiven Art:[11]

Bin ich nur mit Zögern dem Ruf gefolgt, mich in die Philosophie hineinzumischen, so mischten sich desto öfter Philosophen in die Naturwissenschaft hinein. Bereits vor langer Zeit kamen sie mir ins Gehege. Ich verstand nicht einmal, was sie meinten, und wollte

mich daher über die Grundlehren aller Philosophie besser informieren.

Um gleich aus den tiefsten Tiefen zu schöpfen, griff ich nach Hegel; aber welch unklaren, gedankenlosen Wortschwall sollte ich da finden. Mein Unstern führte mich von Hegel zu Schopenhauer. In der Vorrede des ersten Werkes, das mir in die Hände fiel, fand ich folgenden Passus ...: «... Die Köpfe der jetzigen Gelehrten Generation sind desorganisiert durch Hegelschen Unsinn. Zum Denken unfähig ... werden sie die Beute des platten Materialismus ...» Damit war ich nun freilich einverstanden, nur fand ich, daß Schopenhauer seine ... Keulenschläge ganz wohl auch selbst verdient hätte ...

Mein Widerwille gegen die Philosophie wurde übrigens damals von fast allen Naturwissenschaftlern geteilt. Man verfolgte jede metaphysische Richtung und suchte sie mit Stumpf und Stiel auszurotten; doch diese Gesinnung dauerte nicht an ... Der Trieb zu philosophieren scheint uns unausrottbar eingeboren zu sein ... Maxwell, Helmholtz, Kirchhoff, Ostwald und viele andere opferten [der Metaphysik] willig und erkannten ihre Fragen als die höchsten an, so daß sie heute wieder als die Königin der Wissenschaften dasteht.

Wir entnehmen diesen Bekundungen, daß das Ansehen der Philosophie bei den Physikern – nach ihrem eigenen Urteil – zu Beginn des vorigen Jahrhunderts bereits wieder im Steigen begriffen war, noch ehe die weitere, durch Relativitäts- und Quantentheorie bestimmte Entwicklung der Physik die Physiker zwang, eigene erkenntnistheoretische Überlegungen anzustellen. Eine zeitliche Überlappung gab es hinsichtlich des Streits um die Atome, der gegen Ende des 19. Jahrhunderts erneut auflebte. Wegen der empirischen Abgelegenheit des einzelnen Atoms ist der Atomismus seit der Antike ein (wenigstens) halbphilosophisches Thema geblieben, und anläßlich der kinetischen Gastheorie Maxwells und Boltzmanns war das nun wiederum der Fall. So kann man sagen, daß die wirklich unabweisbaren Schritte in Richtung auf eine neue Grundlegung der Physik zu einem Zeitpunkt erfolgten, an dem ein