

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
PHILOSOPHISCH-HISTORISCHE KLASSE
SITZUNGSBERICHTE · JAHRGANG 2008, HEFT 2

C. ULISES MOULINES

Die Entstehung der Wissenschaftstheorie als interdisziplinäres Fach (1885–1914)

Vorgetragen in der Sitzung
vom 1. Juni 2007

MÜNCHEN 2008

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
IN KOMMISSION BEIM VERLAG C. H. BECK MÜNCHEN

ISSN 0342-5991
ISBN 978 3 7696 1646 0

© Bayerische Akademie der Wissenschaften München, 2008
Gesamtherstellung: Druckerei C. H. Beck Nördlingen
Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier
(hergestellt aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff)
Printed in Germany

Die Wissenschaftstheorie als mehr oder weniger selbstständiges Fach, das seinem Ursprung und seiner Grundorientierung nach zwar der Philosophie im klassischen Sinn angehört, jedoch von seiner spezifischen Thematik und der eingesetzten Methodologie her an der Schnittstelle zwischen der Erkenntnistheorie, der Logik und den Grundlagen der Naturwissenschaften als genuin interdisziplinäres Fach angesiedelt ist, existiert seit etwas mehr als hundert Jahren als institutionalisierte Disziplin. Seit ihrer Geburtsstunde in den 80er Jahren des 19. Jahrhunderts hat unsere Disziplin eine rasante, komplexe, teilweise auch sehr kontroverse Entwicklung erfahren, die allerdings als globaler historischer Prozess noch sehr ungenügend erforscht worden ist.

In den letzten Jahren habe ich mich verstärkt der ideengeschichtlichen Problematik meines eigenen Fachs gewidmet, in der Hoffnung einen Beitrag zur Schließung dieser historiographischen Lücke zu leisten. Ein erstes Ergebnis dieser Bemühungen ist eine vor zwei Jahren erschienene Monographie zur Entstehung und Entwicklung der modernen Wissenschaftstheorie, welche einen Überblick über ihre Geschichte von etwa 1890 bis 2000 anbietet.¹ Seitdem habe ich diese Untersuchungen vertieft, insbesondere hinsichtlich der Entstehungsphase der Disziplin. Der vorliegende Bericht stellt einen Auszug aus diesen Untersuchungen dar.

In der erwähnten Abhandlung habe ich zur ideengeschichtlichen Analyse und zur besseren Orientierung die Entwicklung der Wissenschaftstheorie seit den letzten Dekaden des 19. bis zum Ende des 20. Jahrhunderts grob in *fünf Phasen* eingeteilt. Diese Phasen können folgendermaßen charakterisiert werden:

Die Phase des *Aufkeimens* oder der *Präformation* der Disziplin Wissenschaftstheorie (von ca. 1885 bis zum Ersten Weltkrieg): Sie ist vor allem von erkenntnistheoretischen und methodologischen Ansätzen einiger Wissenschaftler (Physiker und Physiologen) und einiger Philosophen mit guten naturwissenschaftlichen Kenntnissen sowie von dem mehr oder weniger direkten Einfluss der Philosophie Kants und der Sinnesphysiologie des 19. Jahrhunderts geprägt.

¹ Vgl. C. U. Moulines, *La philosophie des sciences – l'invention d'une discipline* (Paris, 2006).

Die Phase der *Entfaltung* (1918–1935): Sie ist gekennzeichnet von der intensiven Verbreitung der Methoden formaler Analyse (formale Logik, Hilberts Axiomatik, Mengenlehre), von der Verbindung mit den Grundlagen der Mathematik und dem klaren Willen, mit allen vorhergehenden philosophischen Traditionen zu *brechen*, sowie von einer stark polemischen Stellungnahme gegen jede Form der Metaphysik. Es ist die Blütezeit des Wiener Kreises und verwandter Schulen.

Die *klassische* Phase (ca. 1935–1970): Im Großen und Ganzen erweist sich diese Phase als Fortsetzung, wenigstens in thematischer und methodologischer Hinsicht, der vorangehenden Phase; sie ist jedoch sowohl selbstkritischer als auch ‚ausgeglichener‘. Sie liefert eine große Anzahl sehr solider, formaler (aber oft negativer) Ergebnisse und weist eine Präferenz für manchmal extrem technische Detailstudien auf. In dieser Phase gibt es einen breiten Konsens darüber, dass die Wissenschaftstheorie als Disziplin endgültig etabliert ist. (Aus dieser Zeit stammen die meisten Institute, Zeitschriften, Anthologien, Kongresse etc. mit der Bezeichnung „Wissenschaftstheorie“ bzw. „Philosophy of Science“ und ihre Pendants in anderen Sprachen.)

Die *historizistische* Phase (ca. 1960–1985): Sie gibt sich dezidiert als frontale Opposition hinsichtlich der inhaltlichen und methodischen Voraussetzungen der vorausgehenden Phasen, indem der Wissenschaftsgeschichte eine herausragende Rolle für die Entwicklung einer ‚realistischen‘ Wissenschaftstheorie zugemessen wird.

Die *modellistische* Phase (in Ermangelung einer besseren Bezeichnung – ab den 1970er Jahren): Man kann auch diese Phase als ziemlich kritisch gegenüber den Voraussetzungen der zweiten und dritten Phase beschreiben, jedoch ohne den stark polemischen Charakter der vierten Phase. Jedenfalls spielt in dieser Phase der *Modellbegriff* (in verschiedenen Varianten) als grundlegende Einheit der empirisch-wissenschaftlichen Erkenntnis die Schlüsselrolle in den wissenschaftstheoretischen Analysen wissenschaftlicher Theorien.

In diesem Bericht will ich die wesentlichen Züge der ersten Phase, welche ich als die der Präformation bzw. des Aufkeimens der modernen Wissenschaftstheorie charakterisiert habe, näher beleuchten.

Die Wissenschaftstheorie als philosophische Disziplin mit eigenem institutionellem Profil, einer ziemlich klar abgegrenzten Thematik, eigenen universitären Lehrstühlen und Instituten etablierte sich um die Wende zum 20. Jahrhundert. Wenn man etwas genauer sein will, kann man sagen, dass sie sich in den Jahrzehnten zwischen dem Ende des 19. Jahrhunderts und dem Ersten Weltkrieg erstmals konstituiert hat, zuerst in den deutschsprachigen Ländern, und kurz darauf in allen Ländern West- und Mitteleuropas, den Vereinigten Staaten und schließlich auch in Kanada und Lateinamerika.

Die frühe Bezeichnung für das, was wir heute „Wissenschaftstheorie“ nennen, war in England und Deutschland „induktive Philosophie“ bzw. „Philosophie der induktiven Wissenschaften“, in Frankreich war es „*philosophie positive*“. Der erste explizit einer „Induktiven Philosophie“ gewidmete Lehrstuhl wurde 1870 an der Universität Zürich eingerichtet mit dem ausdrücklichen Ziel, zwischen der traditionelleren Erkenntnistheorie und den neuesten Entwicklungen in den Grundlagen der sog. „induktiven“ Wissenschaften eine Brücke zu schlagen. Der Ausdruck „induktive Wissenschaften“ wurde im Laufe des ganzen 19. und des ersten Viertels des 20. Jahrhunderts die Standardbezeichnung für die Gesamtheit der heutzutage als „empirische Wissenschaften“ bezeichneten Disziplinen, d.h. also für die Natur- und Sozialwissenschaften. Bereits der Grund für die Bezeichnung „induktive Wissenschaften“ war eine methodologische Annahme, die einige Zeit lang die Entwicklung der Wissenschaftstheorie selbst prägen sollte: Es erschien damals einleuchtend, dass die charakteristische Methode der Naturwissenschaften und der Sozialwissenschaften die *Induktion* war im Gegensatz zur *Deduktion* als typischer Methode der Logik und der reinen Mathematik. Es ist schon einige Jahrzehnte her, seit diese angenommene ‚Evidenz‘ aufgrund von Auseinandersetzungen innerhalb der Wissenschaftstheorie selbst aufgegeben worden ist. Heutzutage spricht niemand mehr von „induktiven Wissenschaften“; die Gründe für diesen terminologischen Wandel bilden einen wichtigen Teil der Geschichte der modernen Wissenschaftstheorie, auf die ich hier aber nicht näher eingehen kann. (Es sei nur darauf hingewiesen, dass dieser konzeptuelle Wechsel viel mit Karl Poppers systematischer Kritik am Verifikationismus und

Induktivismus der Wissenschaftstheorie des Wiener Kreises in den 1930er Jahren zu tun hat.)²

Die Gründung eines Lehrstuhls für Wissenschaftstheorie an der Universität Zürich hatte aufgrund interner hochschulpolitischer Entwicklungen nur geringe Bedeutung für den Aufbau der Disziplin.³ Dagegen ist der Einrichtung eines Lehrstuhls mit der Bezeichnung „Geschichte und Theorie der induktiven Wissenschaften“ an der Universität Wien im Jahre 1895 eine weitaus größere Bedeutung zuzumessen. Dieser Lehrstuhl wurde für Ernst Mach *ad personam* geschaffen, einem der bedeutendsten Wissenschaftler seiner Zeit, der rückblickend als einer der Pioniere der Wissenschaftstheorie im heutigen Sinn angesehen werden kann. Als Mach emeritierte, wurde der Lehrstuhl an Ludwig Boltzmann übertragen und schließlich 1922 an Moritz Schlick. Dieser nutzte die Gelegenheit, um eine ziemlich große Gruppe von philosophierenden Wissenschaftlern und wissenschaftlich orientierten Philosophen um sich herum zu scharen. 1928 wurde der *Verein Ernst Mach* gegründet, der wiederum zum ‚institutionellen Schaufenster‘ des berühmten *Wiener Kreises* wurde, einer Gruppe von Philosophen und Wissenschaftlern, die entscheidend zur Bildung des Profils der Wissenschaftstheorie des 20. Jahrhunderts beitragen sollten.

Die Anfänge der Wissenschaftstheorie haben ihre Wurzeln natürlich in der Geschichte der Philosophie und der Geschichte der Wissenschaften der vorangegangenen Epochen. Seit dem Zeitpunkt, als sich einige Wissenschaften von der Philosophie emanzipiert hatten und autonome Disziplinen wurden (und das war schon im antiken Griechenland der Fall, vor allem bei der Geometrie und der Astronomie), konnte man erwarten, dass die Philosophen sich Gedanken ‚zweiter Ordnung‘ über diese Disziplinen machen würden, d.h. dass sie methodologische und metatheoretische Deutungsmuster über Natur und Funktionsweise der neu entstandenen Fachdisziplinen entwickeln würden. Dies war spätestens bei Aristot-

2 Vgl. K. R. Popper, *Logik der Forschung* (Wien, 1934).

3 Die inhaltlichen und institutionellen Probleme, die mit der Einrichtung dieser Professur in Zürich verbunden waren, werden in der Abhandlung von P. Ziche, *Wissenschaftslandschaften um 1900 – Philosophie, die Wissenschaften und der nicht-reduktive Szientismus* (Zürich, 2008), Kap. III.1 ausführlich behandelt.

teles der Fall, in dem wir den ersten Wissenschaftstheoretiker sehen können und zwar in einem unserem heutigen Verständnis nahestehenden Sinn. Wir verdanken ihm ganz besonders die Idee des *axiomatischen Systems* als Ideal jeglicher Konstruktion wissenschaftlicher Theorien.

Man könnte natürlich vieles von der Entwicklung der philosophischen Reflexionen über die Wissenschaft seit Aristoteles bis zur Aufklärung berichten; Philosophen und Wissenschaftler wie Francis Bacon, René Descartes, Isaac Newton, David Hume sowie die französischen Enzyklopädisten und viele andere haben zweifellos Gedanken zweiter Ordnung über die wissenschaftlichen Kenntnisse ihrer Zeit geliefert, die man leicht mit der zeitgenössischen Thematik der Wissenschaftstheorie in Beziehung setzen könnte. Allerdings, im Hinblick darauf, dass mein Ziel die Erforschung der Entstehung der modernen Wissenschaftstheorie ist, wollen wir diese frühen Ansätze zur Wissenschaftstheorie ohne weitere Ausführungen beiseite lassen und einen Riesensprung bis zu Kant machen.⁴

Es gibt einen besonderen Grund, in unserer Geschichte Kant im Vergleich zu anderen, ihm vorausgehenden Denkern eine Sonderstellung einzuräumen. Die transzendente Philosophie Kants, vor allem die in der *Kritik der reinen Vernunft* (1781) und in den *Metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft* (1786) enthaltenen Thesen, haben einen Wendepunkt markiert hinsichtlich dessen, was man als „Frühgeschichte“ unserer Disziplin bezeichnen kann. Das ist nicht nur deshalb so, weil das *transzendente Denken* die philosophisch-wissenschaftlichen Auseinandersetzungen bis Mitte des 20. Jahrhunderts stark beeinflusst hat, sondern auch, weil man den Kantschen Ansatz als erstes Beispiel für eine systematische Metatheorie interpretieren kann, d.h. als Konstruktion eines Modells (in einem modernen Sinn) der begrifflichen Struktur wissenschaftlicher Theorien.

4 Der speziell an den philosophischen Konzepten wissenschaftlicher Erkenntnis vor Kant interessierte Leser kann detaillierte Angaben über die in dieser Hinsicht wichtigsten Philosophen im Sammelband *Les philosophes et la science*, herausgegeben von P. Wagner (Paris, 2002), finden sowie (weniger ausführlich) in J. Losee, *An Historical Introduction to the Philosophy of Science* (Oxford, 1972).

Bei seinen Überlegungen über die Natur wissenschaftlicher Erkenntnis ging Kant nämlich von zwei zu seiner Zeit bereits wohl etablierten Theorien aus, der euklidischen Geometrie und der Newtonschen Mechanik. Er fragte sich dann, welche die diesen Theorien zugrundeliegende Begriffsstruktur ist, die erklären kann, warum sie uns eine so genaue und effektive Kenntnis der empirischen Wirklichkeit bieten, obwohl sie so abstrakt sind. Kants Lehre der synthetischen Urteile *a priori*, der Kategorien und der reinen Formen der Anschauung (Raum und Zeit) kann als eine allgemeine Metatheorie empirischer, mathematisierter wissenschaftlicher Theorien betrachtet werden. Diese zugleich synthetischen (d.h. mit substanziellem Inhalt) und apriorischen (d.h. von der Erfahrung unabhängigen) Elemente erlauben uns nach Kant, die Tatsache zu verstehen, dass die Mathematisierung der Naturwissenschaften sichere und genaue Kenntnisse über die empirische, nicht-mathematische Wirklichkeit ermöglicht.

Es wäre ziemlich schwierig, heutzutage Wissenschaftstheoretiker zu finden, die alle Einzelheiten der Metatheorie Kants akzeptierten. Sicher ist jedoch, dass Kant bis zum heutigen Tag die Grundlagen für die Auseinandersetzung über eine große Anzahl zentraler Themen der Wissenschaftstheorie geschaffen hat, wie zum Beispiel die Funktion der Mathematik in den empirischen Wissenschaften, die Eigenheit naturwissenschaftlicher Gesetzmäßigkeiten, den Stellenwert des Kausalitätsprinzips oder das Wesen von Raum und Zeit.

Trotz seiner Bedeutung für die Reflexion über die Grundlagen der Naturwissenschaften blieb Kants Denkansatz im größten Teil des 19. Jahrhunderts ziemlich abseits. Das beruhte allerdings nicht nur auf der internen Entwicklung der Philosophie (wie oft unterstellt wird), sondern vielleicht noch mehr auf der Tatsache, dass die enorme Entwicklung, welche die empirischen Wissenschaften im Laufe des 19. Jahrhunderts erfuhren, sich vollkommen unabhängig von den von Kant aufgeworfenen Fragen über das Fundament der wissenschaftlichen Erkenntnisse vollzogen hat. Außerdem erschienen bestimmte, in diesem Zeitraum erhaltene wissenschaftliche Ergebnisse, ganz besonders das Aufblühen der nicht-euklidischen Geometrien in der Mitte des Jahrhunderts, wie eine endgültige Zurückweisung der Kantschen Idee eines synthetischen Elements *a*

priori in den Grundsätzen der Wissenschaften. Paradoxerweise war es allerdings die Diskussion über die Bedeutung der nicht-euklidischen Geometrien und anderer, Kant nicht bekannter wissenschaftlicher Ergebnisse, wie die neue Sinnesphysiologie, welche nach und nach bestimmte Denker dazu führte, ihr Interesse erneut auf Kant zu lenken. Mehr als der *Inhalt* der Kantschen Postulate war es die allgemeine *Art und Weise*, wie Kant seine Fragen gestellt hatte, die allmählich alle diejenigen anzog, die sich fragten, welches die wesentlichen Merkmale der wissenschaftlichen Erkenntnis sind. Als herausragendstes Beispiel dieses intellektuellen Einstellungswandels ist vielleicht Hermann von Helmholtz anzusehen, ein Physiologe, Physiker, Mathematiker und überdies Erkenntnistheoretiker, dessen Forschungen über die Psychophysiologie der Sinne, über Thermodynamik und Geometrie in seiner Zeit großes Aufsehen erregten. Seine Überlegungen ‚zweiter Ordnung‘ über seine eigenen Forschungen und die seiner wissenschaftlichen Zeitgenossen – Überlegungen, die mehr oder weniger von Kant inspiriert waren – sollten für die Phase des Aufkeimens der modernen Wissenschaftstheorie einschlägig sein.⁵

Die letzten Jahrzehnte des 19. und die ersten des 20. Jahrhunderts zeigten geradezu eine ‚Wiederauferstehung‘ des Interesses an Kant, sowohl in philosophischen Kreisen als auch bei Forschern, die sich mit den Grundlagen der Wissenschaften befassten. Genau zu diesem Zeitpunkt beginnt sich, wie wir gesehen haben, das Profil der Wissenschaftstheorie als selbstständiger Disziplin zu etablieren. Die herausragende Rolle bei der Konstituierung der modernen Wissenschaftstheorie haben einige Wissenschaftler mit philosophischer Orientierung gespielt, die, obwohl sie sich gegenüber den Kantschen Thesen kritisch äußerten, es verstanden, die von Kant gestellten Fragen erneut aufzugreifen, entweder auf direkte Weise oder über die Rezeption von Kants Gedankengängen durch Autoren der unmittelbar vorangegangenen Generation, in erster Linie Helmholtz. Genau an diesen ideengeschichtlichen Wende-

5 Vgl. dazu C. U. Moulines, Hermann von Helmholtz: A Physiological Approach to the Theory of Knowledge, in: H. N. Jahnke, M. Otte (Hrsg.), *Epistemological and Social Problems of the Sciences in the Early Nineteenth Century* (Dordrecht, 1981), S. 65–73.

punkt kann man die Geburtsstunde der modernen Wissenschaftstheorie setzen – wenigstens, was den deutschen Sprachraum anbelangt.

Die Mehrzahl der Protagonisten dieser Strömung sind Physiker und Physiologen philosophischer Ausrichtung, obwohl sich auch einige ‚institutionelle‘ Philosophen darunter befinden. Man kann die hauptsächlichen Ziele dieser Denker in drei Punkten zusammenfassen:

- (1) Neue Grundlagen für die Physik unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Sinnesphysiologie zu schaffen; man könnte sogar von dem Versuch sprechen, den Begriffen und Prinzipien der Physik eine psychophysiologische Grundlage zu geben.
- (2) Die Einheit aller empirischen Wissenschaften wiederherzustellen.
- (3) Die metaphysischen Spekulationen aus dem Bereich der Wissenschaft endgültig ‚auszumerzen‘.

Der Ursprung dieser Vorhaben ging im wesentlichen auf die im 19. Jahrhundert vollzogene interne Fortentwicklung der physikalischen Wissenschaften zurück, obwohl auch die neue Rezeption Kants eine Rolle spielte. Bereits einige Zeit vor der Erfindung der speziellen Relativitätstheorie (1905) wurden sich die herausragendsten theoretischen Physiker, vor allem in Deutschland, der Tatsache bewusst, dass die Fundamente der Physik nicht so solide waren wie man gedacht hatte. Das Aufblühen der Thermodynamik und der Elektrodynamik als von der Mechanik unabhängige Disziplinen ließen Zweifel an der klassischen Voraussetzung aufkommen, dass die Newtonsche Mechanik der universell gültige Rahmen zur Erklärung natürlicher Phänomene sei. Sogar die grundlegendsten Begriffe der Mechanik – Masse und Kraft – erwiesen sich bei einer tiefergehenden Analyse unklar und schienen eher ‚metaphysischer‘ Natur zu sein. Außerhalb der Physik schienen außerdem etablierte Disziplinen wie die Chemie und die Physiologie nicht auf die Grundsätze der Physik reduzierbar zu sein. Die Naturwissenschaften drohten, sich in eine Rumpelkammer zu verwandeln, die auf einer unsicheren Basis ruhte. Daher wollte man versuchen, ‚ganz von vorne anzufangen‘, um das einheitliche Gebäude der Wissenschaft mit Hilfe eines philosophisch-kritischen Geistes auf neue Grundlagen zu stellen.

Ernst Mach ist zweifelsfrei der typischste Denker dieser kritischen Haltung im Hinblick auf die Physik und für das Vorhaben, deren verlorengegangene Einheit auf einer sinnesphysiologischen Grundlage zu rekonstruieren. Im Vorwort zur ersten Auflage seines Werks *Die Analyse der Empfindungen* kann man gewissermaßen Machs ‚Geständnis‘ erkennen, welcher Anlass ihn dazu gebracht hat, seine spezialisierten naturwissenschaftlichen Arbeiten beiseite zu legen, und sich in das Abenteuer der Erkenntnistheorie zu stürzen:

„Durch die tiefe Überzeugung, dass die Gesamtwissenschaft überhaupt, und die Physik insbesondere, die nächsten großen Aufklärungen über ihre Grundlagen von der Biologie, und zwar von der Analyse der Sinnesempfindungen zu erwarten hat, bin ich wiederholt auf dieses Gebiet geführt worden“.⁶

Mach war anfänglich allein wegen seiner Arbeiten über die Thermodynamik, die Akustik und die Sinnesphysiologie bekannt, befasste sich aber später mehr und mehr mit den Grundlagen der Mechanik. Er war der Ansicht, dass diese physikalische Theorie ausschließlich auf streng empirische Begriffe aufgebaut werden sollte; das waren für ihn auf direkter Beobachtung basierende Begriffe. So entwickelte er nach und nach eine neue Erkenntnistheorie der Physik (und der Wissenschaften im allgemeinen) mit radikal empiristischem Charakter, die in den philosophisch-wissenschaftlichen Kreisen zu Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts zu einem unumgänglichen Bezugspunkt wurde. So anerkannte Heinrich Hertz, der Autor der *Prinzipien der Mechanik* (Leipzig, 1894), ausdrücklich seine Dankespflicht gegenüber Mach; und Albert Einstein sollte viel später in seiner *Intellektuellen Autobiographie* die Machsche Kritik der klassischen Mechanik als entscheidendes Element bei den Überlegungen in seiner Jugend beschreiben, die ihn zur Konzipierung der speziellen Relativität geführt hatten.

Die beiden bedeutendsten Werke Machs in diesem Zusammenhang sind: *Die Mechanik in ihrer Entwicklung – historisch-kritisch dargestellt* (Leipzig, 1883) und *Die Analyse der Empfindungen* (Jena, 1886).

6 Vgl. E. Mach, *Die Analyse der Empfindungen* (Jena, 1886) Nachdruck von 1985, S. XXVI.

Beide Abhandlungen sind ausschlaggebend für das Verständnis der späteren thematischen Entwicklung der Wissenschaftstheorie, wenn auch aus etwas unterschiedlichen Gründen. Der wichtigste Beitrag der Machschen *Mechanik* für die Wissenschaftstheorie ist der Versuch, die Newtonsche Mechanik als rein kinematische Theorie neu zu formulieren, was letzten Endes impliziert, dass die einzigen Grundbegriffe der Mechanik sich lediglich auf relative raumzeitliche Verhältnisse beziehen sollten; die dynamischen Begrifflichkeiten und Grundsätze dagegen sollten nicht als selbstständige Konzepte angesehen werden, weil sie keinen direkten empirischen Zugang erlauben. Die Konsequenz wäre dann, dass Kraft und Masse, die nach dem üblichen Verständnis der Mechanik als so zentral betrachtet werden, eben nicht als Grundbegriffe verstanden werden dürfen; bei einem ‚sauberen‘ Wiederaufbau der mechanischen Theorie sollten sie vielmehr mittels einfacher Definitionen auf rein beobachtbare Größen zurückführbar sein, d.h. auf die unmittelbare menschliche Erfahrung kinematischer Prozesse. Nach Mach ist die Kraft einfach als Produkt von Masse und Beschleunigung zu *definieren*, wodurch das sog. Zweite Prinzip Newtons, das angeblich einen zentralen Grundsatz der Mechanik darstellt, zu einer bloßen Nominaldefinition ‚degradiert‘ wird. Und was die Masse anbelangt, so ist sie nicht mehr als eine selbstständige innere Eigenschaft der Körper, sondern nur als Ausdruck von Beschleunigungsverhältnissen zwischen Körpern in unmittelbarer Nähe zu deuten, die in einem isolierten System miteinander in Wechselwirkung stehen. Selbstverständlich müssen der absolute Raum und die absolute Zeit Newtons als metaphysische Fiktionen aus der Wissenschaft entfernt werden. Letzterer Punkt ist aus naheliegenden Gründen die Inspirationsquelle für Einsteins Formulierung der Relativitätstheorie gewesen.

Machs Versuch, Masse und Kraft aus der Mechanik wegzudefinieren, litt allerdings an einigen formalen und methodologischen Ungereimtheiten. Einige Wissenschaftstheoretiker des 20. Jahrhunderts, wie etwa Herbert Simon in den 40er Jahren, Hans Hermes in den 50er Jahren und Günther Ludwig in den 70er Jahren, sollten Machs Grundidee einer ‚Kinematisierung‘ der Mechanik in verbesserter Form wieder aufgreifen, indem sie Axiomensysteme der Newtonschen Mechanik vorschlugen, die lediglich auf kine-

matischen Begriffen basierten.⁷ Auch wenn aufgrund grundlegender wissenschaftstheoretischer Erwägungen nach wie vor schwerwiegende Einwände gegen solche reduktionistischen Ansätze formuliert werden können, und auch wenn sie in die Praxis der Physik kaum Eingang gefunden haben, so sind sie doch als epistemologisch sehr interessant zu bewerten und zeugen vom nachhaltigen Einfluss, den Machs Metatheorie der Mechanik auf die spätere Wissenschaftstheorie geübt hat.

Das zweite wichtige Werk Machs, *Die Analyse der Empfindungen*, ist weitaus umfassender und explizit wissenschaftstheoretisch: Es handelt sich um die Rekonstruktion der gesamten wissenschaftlichen Erkenntnisse, insbesondere der Physik und Psychologie, ausgehend von einer sensoriellen Grundlage. Auf diese Weise können wir uns laut Mach von der ganzen, in der Naturwissenschaft noch ‚versteckten Metaphysik‘ befreien und zugleich die verlorene Einheit der Wissenschaften wieder etablieren. Diese einheitliche Grundlage muss sich ausschließlich aus unmittelbaren Empfindungen zusammensetzen (aus Farben, Tönen, tastbaren Eindrücken, etc.); alle anderen Objekte wissenschaftlicher Erkenntnis, die festen Körper zum Beispiel, oder mentale Zustände, müssen als Empfindungskomplexe Schritt für Schritt rekonstruiert werden. Auf diese Weise werden die Physik und die Psychologie zwar zu methodologisch, jedoch nicht ontologisch verschiedenen Zweigen eines gemeinsamen Stammes: der Psychophysiologie der Sinne. Diese ist dann die alleinige Grundlagenwissenschaft.

Machs Programm, die Einheit der Wissenschaften auf der Grundlage sensorischer Komplexe zu rekonstruieren, hatte eine nachhaltige Wirkung auf seine Zeitgenossen. Die Neuauflagen von *Die Analyse der Empfindungen* erfolgten in einem schwindelerregenden Rhythmus – es war ein wissenschaftlicher *Bestseller*. Mit der legendären Bescheidenheit, die ihn auszeichnete, bemerkte Mach im Vorwort der vierten Ausgabe seines Werks von 1902:

7 Vgl. etwa H. Hermes, „Zur Axiomatisierung der Mechanik“, in: L. Henkin, P. Suppes, A. Tarski (Hrsg.), *The Axiomatic Method* (Amsterdam, 1959); H. Simon, „The Axioms of Newtonian Mechanics“, *The Philosophical Magazine*, 38 (1947), S. 888–905; G. Ludwig, *Einführung in die Grundlagen der theoretischen Physik*, Bd. 1: *Raum Zeit, Mechanik* (Düsseldorf, 1974).

„Heute sehe ich nun, dass eine ganze Anzahl von Philosophen [...], und auch vereinzelte Naturforscher, ohne voneinander zu wissen, Wege eingeschlagen haben, welche bei aller individuellen Verschiedenheit fast in einem Punkte konvergieren. Wenn ich unter solchen Umständen den Wert meiner Einzelarbeit nur gering anschlagen kann, so darf ich dafür annehmen, dass ich nicht bloß ein subjektives Phantom verfolgt, sondern zur Erreichung eines allgemeiner angestrebten Zieles beigetragen habe.“⁸

Der Einfluss Machs war tatsächlich keine vorübergehende Modeerscheinung. Er hatte eine sehr starke Wirkung auf die Generation der ihm nachfolgenden Wissenschaftstheoretiker. Das Programm von Mach, ebenso wie ähnliche Ansätze seiner Zeitgenossen oder Nachfolger, wurden verschieden getauft: „radikaler Empirismus“, „Empiriokritizismus“, „neutraler Monismus“, „Phänomenalismus“. Hier kann ich nicht auf die zahlreichen Autoren eingehen, die zwischen 1890 und 1920 versucht haben, zu diesem Programm beizutragen, es zu verbessern oder zu verändern. Einige dieser naturwissenschaftlich orientierten Philosophen bzw. philosophisch interessierten Naturwissenschaftler, wie etwa William James oder Hugo Dingler, sind heute noch sehr bekannt und werden ausführlich diskutiert; andere hingegen, deren Schriften in jener Zeit eine ziemlich gute Rezeption fanden (Richard Avenarius, Günther Jacoby, Karl Pearson, Johannes Volkelt, um nur einige Namen zu nennen), sind gegenwärtig eher in Vergessenheit geraten. Jedenfalls will ich mich hier nur auf zwei Autoren aus der unmittelbaren Nachfolge Machs konzentrieren, die übrigens in ganz anderen Zusammenhängen berühmt wurden: den französischen Physiker und Mathematiker Henri Poincaré und den englischen Logiker und Philosophen Bertrand Russell.

Systematischer als bei Mach wurde der neutrale Monismus von Russell in seinem Werk *Our Knowledge of the External World* entwickelt, das zum ersten Mal 1914 erschien und 1929 wesentlich revidiert und erweitert neu aufgelegt wurde. Dieser Essay trägt den aufschlussreichen Untertitel „*As a Field for Scientific Method in Philosophy*“. Im Vorwort kündigte Russell das zentrale methodologische Prinzip an, welches seine Überlegungen leitete: die physikalische

⁸ Vgl. E. Mach, *Die Analyse der Empfindungen*, op. cit., S. XXXI.

Welt als (logische) *Konstruktion* zu interpretieren, statt sie als eine (intuitive) Folgerung aus den Sinnesdaten aufzufassen. Diese Methode eröffnete einen technischen Weg, der für das spätere Verständnis der Wissenschaftstheorie von entscheidender Bedeutung sein sollte: die Anwendung von Begriffen und Methoden der mathematischen Logik (in einem weiteren Sinne, der die Mengenlehre und die Topologie mit einschließt) auf philosophische und vor allem erkenntnistheoretische Fragen. Natürlich ging diese Idee schon seit einiger Zeit um. Russell war jedoch der erste, der sich nicht darauf beschränkte, über sie zu sprechen, sondern den Mut hatte zu versuchen, sie praktisch umzusetzen. Er verwendete hierzu Instrumente aus der Logik und der Mengenlehre, um materielle Teilchen, Raumpunkte und Zeitpunkte als Komplexe strukturierter Empfindungen gemäß bestimmter Relationen zu rekonstruieren. Die erste Ausgabe des Russellschen Werks 1914 darf also als die Geburt der Wissenschaftstheorie in Form einer „mathematischen Epistemologie“ gesehen werden (ähnlich wie wir auch von einer „mathematischen Psychologie“ sprechen). Die neue mathematische Logik (einschließlich der verwandten Mengenlehre) wurde von diesem Zeitpunkt an nicht nur als wesentliches Werkzeug bei den Untersuchungen über die Grundlagen der Mathematik (wie es vor allem Gottlob Frege, Georg Cantor und Russell selbst gezeigt hatten) verstanden, sie erlangte überdies zentrale Bedeutung für die Philosophie und ganz besonders für die Wissenschaftstheorie und das Machsche Programm zur Vereinheitlichung der Wissenschaften.

Man findet die Idee der Verwendung formaler Methoden zur Rekonstruktion physikalischer Objekte auf sensorischer Grundlage bereits einige Jahre vor Russell bei einem anderen Wissenschaftstheoretiker jener Zeit: Henri Poincaré, der im übrigen explizit seine Dankesschuld gegenüber Mach und Hertz bekundete. Die formalen Werkzeuge, die Poincaré vorschlug, unterscheiden sich jedoch von denen Russells: Statt der Logik und der Mengenlehre, denen Poincaré misstrauisch gegenüberstand, befürwortete er die Verwendung der Topologie, zu deren Entwicklung er selbst wesentlich beigetragen hatte. Man muss jedoch zugestehen, dass der Vorschlag Poincarés zunächst nur auf rein programmatische Weise und ohne konkrete Anwendung in seinem 1902 erschienenen wis-

senschaftstheoretischen Hauptwerk *La Science et l'Hypothèse* angeführt wurde. Erst gegen Ende seines Lebens hat Poincaré versucht, seine Idee in die Praxis umzusetzen: Er rekonstruierte in einer kurzen und schwierigen Abhandlung mit dem Titel „L'espace et ses trois dimensions“, die kurz nach seinem Tod 1912 erschien, aber lange Zeit verkannt wurde, den physikalischen Raum auf der Grundlage von Sinnesdaten.⁹

Auch wenn Poincarés Beispiel ein ausgezeichnetes Gradmesser für die Popularität jenes Projekts in dieser Zeit darstellt, die Physik auf sensorischer Grundlage zu begründen, so rührt die historische Bedeutung dieses Autors für die in dieser Epoche entstehende Wissenschaftstheorie aus seinen Untersuchungen auf einem anderen Gebiet. Poincaré, der sich selbst als Kantianer *sui generis* betrachtete, warf erneut die Kantsche Frage nach dem apriorischen oder aposteriorischen Charakter der Gesetze und Theorien der Physik auf und kam zu dem Schluss, dass die grundlegendsten Prinzipien der Physik keine Gesetzmäßigkeiten darstellen, die man durch Induktion und aus der Erfahrung erhalten kann: Sie besitzen einen *apriorischen* Charakter. Er behauptete jedoch im Gegensatz zu Kant, dass dieses *a priori* nicht von einer vorausgesetzten transzendentalen Notwendigkeit herrührt, sondern vielmehr von ihrem *konventionellen* Charakter. Die physikalischen Theorien sind nichts anderes als komplexe Konventionen, die wir übernehmen, um uns in möglichst wirksamer Weise in unserer Erfahrung zu orientieren, um die riesigen Datenmengen zu organisieren, die wir aus Beobachtungen und Experimenten gewinnen. Ohne diese Konventionen würden wir uns genauso verloren fühlen wie ein Bibliothekar, welcher seine zahlreichen Bücher nicht in alphabetischer Ordnung der Autoren, oder in chronologischer Reihenfolge der Veröffentlichung oder nach einem ähnlichen System ordnen würde. Diese Organisationsformen von Daten spiegeln jedoch keinerlei transzendente Wahrheit wider; sie können auch nicht das Spiegelbild einer angenommenen „Wirklichkeit an sich“ sein. Poincaré gab zu, dass wir im Wettstreit um das gleiche Erfahrungsgebiet mit der Wahl zwischen divergierenden Theorien konfrontiert sein können; jedoch ist das Kriterium zur Unterscheidung

9 Vgl. H. Poincaré, *Dernières Pensées* (Paris, 1913; Neuauflage 1968).

zwischen diesen Theorien nicht, welche in einem strengen Sinn die wahre (nicht einmal, welche die ‚weniger falsche‘) ist; es geht vielmehr darum herauszufinden, welche der übernommenen Konventionen die nützlichere ist, d.h. die zur Organisation der Erfahrung die am *einfachsten* manipulierbare. Die Einfachheit des verwendeten Begriffssystems stellt das einzig bedeutende Kriterium dar, um zwischen Hypothesen oder rivalisierenden Theorien eine Entscheidung zu treffen.

Poincaré drückte seinen methodologischen Konventionalismus bei der Interpretation der speziellen Relativitätstheorie besonders klar aus, zu deren Grundlagen er selbst beigetragen hatte. Nachdem er den Vorschlag „einiger Physiker“ – er erwähnt weder Einstein noch Minkowski namentlich – diskutiert hat, die euklidische dreidimensionale Geometrie durch Minkowskis vierdimensionale zu ersetzen, um die experimentellen Ergebnisse und das Relativitätsprinzip von Lorentz kompatibel zu machen, folgerte er, dass, selbst wenn dieser Ansatz eine neue, in sich kohärente „Konvention“ darstellte, es keinen stichhaltigen Grund dafür gäbe, die „alte Konvention“, d.h. die traditionelle euklidische Geometrie aufzugeben. Er wagte es sogar vorherzusagen, dass die Mehrzahl der Physiker bei dieser Tradition bleiben würden, da es die bequemere sei.

Es ist eine Ironie der Geschichte, dass einige Jahre nach der Veröffentlichung seiner Abhandlung diese methodologische Vorhersage Poincarés endgültig widerlegt werden sollte. Tatsächlich setzte sich nach dem Aufblühen der allgemeinen Relativitätstheorie ab 1916 eine große Mehrheit der Physiker zugunsten einer Art von Geometrie (genauer gesagt, der Riemannschen) ein, die sich noch mehr von der euklidischen Geometrie unterschied als das, was sich Poincaré für die Anwendung auf die Physik hatte vorstellen können. Konfrontiert mit der Alternative zwischen dem Erhalt der alten und bequemen euklidischen Geometrie zum Preis der Formulierung extrem komplizierter physikalischer Gesetze und der Entscheidung für eine weniger intuitive Geometrie, die eine bessere Formulierung physikalischer Gesetze erlaubte, wählten die Physiker schließlich die zweite Option. Das bedeutet jedoch nicht, dass Poincaré eine völlig falsche Position eingenommen hätte mit seiner These, dass ein wesentlich konventionelles Element (*a priori*,

aber nicht transzendental) stets die Wahl einer empirischen Theorie begleitet. Was dieses historische Beispiel wirklich zeigt, ist, dass die Beziehung zwischen Theorie und Erfahrung (ein zentrales Thema der Wissenschaftstheorie im 20. Jahrhundert) komplexer ist, als Poincaré das vorhergesehen hatte. Trotzdem ist sein „Konventionalismus“ deshalb noch nicht ganz falsch. Sein auch heute noch überzeugendes Argument entspringt einer logisch-methodologischen Tatsache, die der Logiker Willard Quine sehr viel später unter der Devise der „Unterbestimmtheit der Theorie durch die Erfahrung“ (das heißt, verschiedene, miteinander unverträgliche Theorien können den gleichen Erfahrungsbereich genauso gut abdecken) populär machen sollte.¹⁰ Andererseits rührt der widerlegte Teil des Konventionalismus Poincarés daher, dass das Prinzip der Unterbestimmtheit der Theorie durch die Erfahrung keineswegs einer vollständigen Freiheit bei der Theorienwahl gleichkommt, sozusagen ‚nach dem Geschmack des Verbrauchers‘. Zusätzlich zum *lokalen* Kriterium der Übereinstimmung der Theorie mit dem ihm entsprechenden Erfahrungsgebiet, muss man auch Kriterien *globalerer* Natur berücksichtigen, die bei der Auswahl eine wichtige Rolle spielen: Unter mehreren rivalisierenden Theorien wählen wir diejenige aus, die global am besten mit den bereits etablierten Theorien verbunden werden kann. Dies resultiert aus der Tatsache, dass die wissenschaftlichen Disziplinen (oder zumindest die physikalischen Wissenschaften) auf *holistische* Weise funktionieren: Es handelt sich immer um eine große Familie von Theorien, oder vielleicht sogar um die Physik insgesamt, um die es in einer letzten Analyse geht, wenn wir eine bestimmte Theorie mit einer empirischen Beobachtung oder einem Laborexperiment konfrontieren. Diese Lektion müssen wir aus dem historischen Beispiel der Relativitätstheorie und der Übernahme der Riemannschen Geometrie festhalten.

Die holistische Natur der Wissenschaft bildet eine zentrale These der späteren Wissenschaftstheorie. Diese These wurde bereits von einem Vorläufer in der Phase, die wir hier untersuchen, vertreten: Es handelt sich um Pierre Duhem, Physiker und Philosoph

10 Vgl. etwa W. V. O. Quine, „On Empirically Equivalent Systems of the World“, *Erkenntnis*, 9 (1975), S. 313–328.

genauso wie Poincaré. Die Quintessenz seiner Wissenschaftstheorie findet sich bereits in dem 1906 erschienenen Werk *La théorie physique, son objet, sa structure*. Darin stellte Duhem seine holistische Methodologie vor. Mittels der detaillierten Analyse einer Anzahl von Beispielen aus der Geschichte der Physik zeigte Duhem, dass entgegen allem Anschein es sich niemals um eine einzelne Hypothese handelt, die getestet wird, sondern stets um ein ganzes Netz von Gesetzen und Theorien. Auch wenn beim Testen einer bestimmten Hypothese die Laborexperimente oder die Beobachtungen zu einem negativen Ergebnis führen, ist es immer möglich, einen anderen ‚Schuldigen‘ innerhalb der Disziplin zu finden und so die getestete Hypothese zu retten. Auf subtile, aber sehr reale Weise stehen alle physikalischen Gesetze und Theorien miteinander in Beziehung. Eine negative Erfahrung zeigt uns nur, dass im Inneren der Disziplin etwas nicht stimmt; es ist jedoch nicht möglich, eindeutig festzustellen, was genau dieses Etwas ist. Dies ist eine andere, jedoch durchaus ähnliche Argumentationsweise wie die Poincarés zugunsten der These der Unterbestimmtheit der Theorie aufgrund der Erfahrung.

Ich komme zum Schluss. Mit diesem kurzen Rundblick auf die Entstehungsphase der modernen Wissenschaftstheorie habe ich versucht, nicht nur deren Hauptfiguren, sondern vor allem die einschlägigen Themen und Zielsetzungen auszumachen, die für diese ideengeschichtliche Entwicklung charakteristisch waren, und die auf die spätere Wissenschaftstheorie bis zum heutigen Tag prägend gewirkt haben. Wir wollen diese Elemente kurz zusammenfassen. Das alles überlagernde Thema war die Neubegründung aller wissenschaftlichen Disziplinen, vordergründig der Physik und der Psychologie, im Sinne einer Vereinheitlichung aller empirischen Erkenntnisse. Das war spätestens seit der Einrichtung des Machschen Lehrstuhls an der Universität Wien 1895 die grundlegende Problematik für die Pioniere der Wissenschaftstheorie. Ihre große Mehrheit fühlte sich einem starken Vereinheitlichungsprogramm verpflichtet. Eine notorische Ausnahme stellte Pierre Duhem dar, der den Vereinheitlichungsbestrebungen in den empirischen Wissenschaften eher skeptisch gegenüber stand. Jedenfalls hat diese Problematik die Entwicklung unserer Disziplin während des ganzen 20. Jahrhunderts bis heute begleitet.

Die konkrete Form der Durchführung des Vereinheitlichungsprogramms, die Mach, Poincaré, Russell und vielen anderen um 1900 vorschwebte, nämlich die Neugründung physikalischer und psychologischer Begriffssysteme auf der Grundlage einer fundamentalen Sinnesphysiologie, wurde schon in den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts in Anbetracht grundsätzlicher Schwierigkeiten aufgegeben. Aber vermutlich ist diesbezüglich noch nicht das letzte Wort gesprochen worden, und zwar in Anbetracht der vielversprechenden neueren Ansätze der Kognitionswissenschaften und der Gehirnforschung.

Auch die Themen der Unterbestimmtheit der Theorie gegenüber der Erfahrung und der holistischen Auffassung wissenschaftlicher Theorien sind im Wesentlichen geblieben, und werden noch heute ausführlich diskutiert.

Schließlich sei auf einen methodologischen Aspekt der Frühphase der Wissenschaftstheorie hingewiesen, der sich für deren Weiterentwicklung als entscheidend erweisen sollte: Ich meine die Idee, dass die wissenschaftstheoretische Analyse viel vom Einsatz formaler Instrumente aus Logik, Mengenlehre, Topologie und anderen mathematischen Disziplinen profitieren könnte. Diese Idee bekam spätestens mit dem zitierten Essay von Russell konkrete Konturen und sollte ab den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts systematisch ausgearbeitet werden.

Zweifellos hat die Disziplin Wissenschaftstheorie große Umwandlungen und Erweiterungen seit dem Ersten Weltkrieg erfahren. Dennoch hat sie auch im Großen und Ganzen eine thematische und methodologische Kontinuität bewahrt, die in den Ansätzen ihrer Entstehungsphase wurzeln. Auf diese Elemente der Kontinuität wollte ich hier hinweisen.