

Veröffentlichungen des Instituts Wiener Kreis

Friedrich Stadler *(Hrsg.)*

# Ernst Mach – Zu Leben, Werk und Wirkung



Wiener Kreis  
Gesellschaft



Springer

# **Veröffentlichungen des Instituts Wiener Kreis, Bd. 29**

## **Herausgegeben von:**

Friedrich Stadler  
Institut Wiener Kreis, Universität Wien  
Wien, Österreich

Diese Reihe, begonnen bei Hölder-Pichler-Tempsky, wird im Springer-Verlag fortgesetzt. Der Wiener Kreis, eine Gruppe von rund drei Dutzend WissenschaftlerInnen aus den Bereichen der Philosophie, Logik, Mathematik, Natur- und Sozialwissenschaften im Wien der Zwischenkriegszeit, zählt unbestritten zu den bedeutendsten und einflußreichsten philosophischen Strömungen des 20. Jahrhunderts, speziell als Wegbereiter der (sprach)analytischen Philosophie und Wissenschaftstheorie. Die dem Wiener Kreis nahestehenden Persönlichkeiten haben bis heute nichts von ihrer Ausstrahlung und Bedeutung für die moderne Philosophie und Wissenschaft verloren: Schlick, Carnap, Neurath, Kraft, Gödel, Zilsel, Kaufmann, von Mises, Reichenbach, Wittgenstein, Popper, Gomperz – um nur einige zu nennen – zählen heute unbestritten zu den großen Denkern unseres Jahrhunderts. Gemeinsames Ziel dieses Diskussionszirkels war eine Verwissenschaftlichung der Philosophie mit Hilfe der modernen Logik auf der Basis von Alltagserfahrung und einzelwissenschaftlicher Emperie. Aber während ihre Ideen im Ausland breite Bedeutung gewannen, wurden sie in ihrer Heimat aus sogenannten „rassischen“ und/oder politisch-weltanschaulichen Gründen verdrängt und blieben hier oft auch nach 1945 in Vergessenheit. Diese Reihe hat es sich zur Aufgabe gemacht, diese DenkerInnen und ihren Einfluß wieder ins öffentliche Bewußtsein des deutschsprachigen Raumes zurückzuholen und im aktuellen wissenschaftlichen Diskurs zu präsentieren.

Weitere Bände in dieser Reihe <http://www.springer.com/series/3410>

Herausgegeben von:

Friedrich Stadler

Institut Wiener Kreis, Universität Wien

Wiener Kreis Gesellschaft

Kommission für Geschichte und Philosophie der Wissenschaften,

Österreichische Akademie der Wissenschaften (ÖAW)

Wien, Österreich

Friedrich Stadler  
(Hrsg.)

# Ernst Mach – Zu Leben, Werk und Wirkung

 Springer

*Hrsg.*  
Friedrich Stadler  
Institut Wiener Kreis  
Universität Wien  
Wien, Österreich

ISSN 2363-5118 ISSN 2363-5126 (electronic)  
Veröffentlichungen des Instituts Wiener Kreis  
in Zusammenarbeit mit der Kommission für Geschichte und Philosophie der Wissenschaften  
der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW).  
ISBN 978-3-030-03771-0 ISBN 978-3-030-03772-7 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-03772-7>

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

Springer

© Springer Nature Switzerland AG 2019

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

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

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

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Nature Switzerland AG und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland

# Editorial

*Ernst Mach (1838–1916) zählt zu den bedeutendsten Naturwissenschaftlern und Philosophen des 19. und 20. Jahrhunderts. In der Physik als Wegbereiter von Einsteins Relativitätstheorie und Kontrahent von Boltzmanns Atomistik, in der Biologie, Psychologie und Physiologie als Pionier einer empiristischen und gestalthaften „Analyse der Empfindungen“, in der Wissenschaftsphilosophie als Vorbild des Wiener Kreises mit dem Verein Ernst Mach sowie als Wegbereiter einer integrierten Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftstheorie.*

*Seine Wirkung reicht weit über die Naturwissenschaft hinaus – in die Wiener Medizinische Schule und Psychoanalyse (R. Bárány, J. Breuer, S. Freud), in die Literatur („Jung Wien“, R. Musil), in die Politik (Friedrich Adler, der Austromarxismus und die Wiener Volksbildung), in die Kunst zw. Futurismus und Minimal Art sowie in die Sozialwissenschaften zwischen der liberalen Schule (J. Schumpeter, F.A. von Hayek) und der empirischen Sozialforschung (P. Lazarsfeld und M. Jahoda). In der heutigen Pädagogik wird seine genetische Lerntheorie genauso beachtet wie seine Methode in der historischen Epistemologie. Machs internationale Wirkung zeigte sich bereits zu Lebzeiten im amerikanischen Pragmatismus (W. James) und im französischen Konventionalismus (P. Duhem, H. Poincaré).*

*Anlässlich der 100. Wiederkehr des Todestages von Ernst Mach fand ein internationales Symposium zu Leben, Werk und Wirkung dieses Naturforschers und Philosophen statt, der an der Universität Wien und an der Akademie der Wissenschaften viele Jahre lang gewirkt und mehrere Generationen in Wissenschaft, Kultur und Politik maßgeblich beeinflusst hat. Zielsetzung war eine kritische Bestandsaufnahme von Machs Lebenswerk auf dem Stand gegenwärtiger Forschung und Historiografie.*

In 2016, June 15–18, this Ernst Mach Centenary Conference was organized by the Institute Vienna Circle, University of Vienna and the Austrian Academy of Sciences. This was certainly the biggest international conference dealing with the life, work, and influence of one of the most fascinating man, as a scholar and scientists with impacts up to the present <https://mach16.univie.ac.at/>.

We were pleased to have received an enormous amount of submissions from all over the world, from which the Program Committee chose some 60 papers, so that in addition to the invited speakers there was the presentation of nearly 90 papers in four parallel sessions, including three plenary lectures. A selection of the talks in German is presented in this volume. The set of papers in English is being published in the series “Vienna Circle Institute Yearbook” with Springer entitled *Ernst Mach – Life, Work, Influence* at the same time.

It was not by accident that this conference took place also on the occasion of the 25th anniversary of the Institute Vienna Circle as a non-profit society, and the 5th anniversary of the same Institute as a Department (subunit) within the Faculty of Philosophy and Education of the University of Vienna. Pleasingly, also the Vienna International Summer School – Scientific World Conceptions (USS/SWC) – was organized for 15 years since its inception in 2001. As it is well known, Mach was one of the most important precursors of the later Vienna Circle around Moritz Schlick, which was also acknowledged by the naming of the “Verein Ernst Mach” (Ernst Mach Society) in parallel. This was only one reason why the Institute Vienna Circle served as the main local organizer for this huge event. In this regard let me thank again to Sabine Koch and Robert Kaller, together with the students supporting the organizational staff (Josef Pircher, Olga Ring, Saskia Haber, and Eren Simsek)

One day before the official opening of the conference was started with a public lecture in the main building of the University of Vienna (“Wiener Vorlesungen”) with a panel discussion on Mach’s obvious significance for the relation between the natural, cultural and social sciences, esp. his contributions to an interdisciplinary approach in the age of a growing specialization and differentiation in the sciences. In this regard, the historical and empiricist conception of his “neutral monism” opens still further developments and innovations. Independently, Mach’s significance in physics is still alive with the naming of the Fraunhofer Institute for High-Speed Dynamics, Ernst-Mach-Institut, in Freiburg/Br. (Germany), where his archives were located before its transfer to the German Museum in Munich. I do not want to anticipate the contributions of these proceedings, which are dealing more or less with most of these aspects of Mach’s lifework, mainly from a critical and present point of view.

I am grateful to the co-organizers and sponsors of the Centenary Conference: the University of Vienna, especially to the Rectorate and to the Deans of 7 Faculties for their support of this representative conference, above all the Faculty of Philosophy and Education with its Dean Elisabeth Nemeth as the leading organizational unit. Furthermore, to Anton Zeilinger, the President of the Austrian Academy of Sciences (ÖAW), who immediately appreciated the cooperation and co-hosting of the conference given the fact that Ernst Mach was Professor at the University of Vienna and also a longterm member of the “Kaiserliche Akademie der Wissenschaften” (Imperial Academy of Sciences). Therefore, the conference ran under the auspices of Rector Heinz Engl and President Anton Zeilinger. Pleasingly, the ÖAW had established a new “Commission for the History and Philosophy of Sciences” where Mach is one of the topics to be investigated following his historical approach in the philosophy of science. Last not least it was the pleasing cooperation with Johannes Feichtinger

and his collaborators like Cornelia Hülmbauer from the Institute of Culture Studies and Theatre History of the ÖAW, which enabled a smooth and productive planning and organization. It is not by accident that this Institute is running the so-called “Ernst Mach-Forum” for the sciences in dialogue. In this regard it is worth mentioning that the Austrian Agency for International Cooperation in Education and Research (OeAD) is awarding annually a worldwide Ernst Mach Stipend.

Ernst Mach was also a Professor at the Charles University of Prague (where he had served as Dean and Rector before the division in a German and Czech university). In this regard we could experience the ongoing appreciation of Mach in Czechoslovakia, where in February 2016 another commemorative plaque was unveiled in the centre of Prague by the Czech and European Physical Society, in addition to the already existing memorial site at Mach’s birthplace in Chrlice near Brno. In this context special thanks go to Martin Cernohorsky and his team in Brno for all these initiatives (e.g., the recurring “Ernst Mach Days”) and the cooperation with our conference by contributing papers and the concluding cultural tour to Mach’s birthplace and to the beautiful City of Brno at the end of the conference.

One more pleasing international cooperation was realized with Anastasios Brenner from the University of Montpellier, who organized a symposium on Mach, Pierre Duhem, and French philosophy of science as part of the conference, also on the occasion of the centenary of the death of this renowned French philosopher-scientist. Furthermore, we are looking forward to another promising cooperative project, the electronic publication of Mach’s correspondence at the *Leopoldina* in Halle/S. (Germany) conducted by Klaus Hentschel.

With reference to the publications of Mach I want to refer to the running “Ernst Mach Studienausgabe” (Ernst Mach Study Edition) published by the small Berlin publisher Xenomoi Verlag, with the publication of Mach’s six main books to date.

In the meantime, we have to mourn the death of three prominent Mach scholars who passed away during the preparation of the proceedings: Erik C. Banks (1970–2017), Hayo Siemsen (1970–2018), followed by his father Karl Hayo Siemsen (1944–2018). These colleagues contributed significantly to the research on Mach between neutral monism and genetic pedagogy. We are honoured that their last manuscripts are being published in this volume as a sort of testimony of their lifelong unique expertise in these fields.

The publication of both volumes of the proceedings was enabled with the help of Robert Kaller and Josef Pircher, to whom I am grateful for their continuous collaboration.

Vienna, May 2018

Friedrich Stadler  
(Institute Vienna Circle, University of Vienna)



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Nur ein philosophischer „Sonntagsjäger“? – Der Naturforscher Ernst Mach</b> .....	<b>1</b>
	Friedrich Stadler	
<b>2</b>	<b>Zur „historisch-kritischen Methode“ bei Ernst Mach</b> .....	<b>21</b>
	Elisabeth Nemeth	
<b>3</b>	<b>Ernst Mach und Sigmund Freud: Fortsetzung der Philosophie mit anderen Mitteln?</b> .....	<b>45</b>
	Patrizia Giampieri-Deutsch	
<b>4</b>	<b>Das bedrängte <i>Ich</i>. <i>Ich</i>-Konzepte bei Freud und Mach</b> .....	<b>75</b>
	Gerhard Donhauser	
<b>5</b>	<b>Vom Empiriekritizismus zum Empiriomonismus: Aleksander Bogdanovs Rezeption der Epistemologie von Ernst Mach</b> .....	<b>87</b>
	Maja Soboleva	
<b>6</b>	<b>Ernst Machs Bedeutung für die Herausbildung einer naturwissenschaftlichen Psychologie – Zur Geschichte eines Missverständnisses</b> .....	<b>99</b>
	Gerhard Benetka und Thomas Slunecko	
<b>7</b>	<b>Ernst Mach und Kinematographie</b> .....	<b>111</b>
	Regina Jonach	
<b>8</b>	<b>Ernst Mach und der wahre Inhalt von Newtons erstem Gesetz der Bewegung</b> .....	<b>123</b>
	Martin Černohorský	
<b>9</b>	<b>Mach, Boltzmann und die Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien</b> .....	<b>149</b>
	Wolfgang L. Reiter	
	<b>Personenregister</b> .....	<b>167</b>

# Kapitel 1

## Nur ein philosophischer „Sonntagsjäger“? – Der Naturforscher Ernst Mach



Friedrich Stadler

**Zusammenfassung** Ernst Mach war bereits ein international erfolgreicher Experimentalphysiker und Naturwissenschaftler, als er nach Professuren in Graz und Prag am Höhepunkt seiner Karriere im Jahre 1895 den für ihn neu geschaffenen Lehrstuhl für „Philosophie, insbesondere Geschichte und Theorie der induktiven Wissenschaften“ an der Universität Wien übernahm.

Was bewog den passionierten „Naturforscher“, der sich Zeit seines Lebens als „Sonntagsjäger“ in der Philosophie betrachtete, gerade diesen wichtigen Lehrstuhl zu übernehmen, der dann die Grundlage für seine Nachfolger Ludwig Boltzmann und Moritz Schlick, dem Begründer des Wiener Kreises, bildete?

Um diese Frage zu beantworten, muss man auf Machs geistige Sozialisation zurückgehen: sein Schlüsselerlebnis bei der Lektüre Kants, die Prägung durch den Kantianer Friedrich Beneke, sowie seine Auseinandersetzung mit den philosophischen Zeitgenossen: von Franz Brentano ausgehend, über Wilhelm Jerusalem, hin zu Theodor und Heinrich Gomperz, oder zu Pierre Duhem und William James.

Nicht zuletzt spiegelt die pluralistische und differenzierte Rezeption Machs im Wiener Kreis (mit Wittgenstein und Popper) dessen (anti-)philosophisches Erbe, das sich nicht nur in der Aktivität des Vereins Ernst Mach manifestierte. Die späte Entdeckung Machs durch Paul Feyerabend polarisierte genauso wie dessen Streitschrift „Wider den Methodenzwang“.

Vor dem Hintergrund dieser breiten und starken Wirkungsgeschichte in der Philosophie ist Machs pessimistisches Resümee erstaunlich, wonach am Beginn des 20. Jahrhunderts wieder eine dominante aprioristische Wende eingetreten sei.

Im Artikel werden die Umstände seiner Berufung beschrieben und Machs autobiografische Bestandsaufnahme im Vergleich zu seiner pluralistischen Wirkungsgeschichte aus heutiger Sicht neu bewertet – was ihn als Vorläufer einer aktuellen historischen Epistemologie und Wissenschaftsphilosophie jenseits von traditioneller „Schulphilosophie“ erscheinen lässt.

---

F. Stadler (✉)  
Universität Wien, Wien, Österreich  
E-Mail: [friedrich.stadler@univie.ac.at](mailto:friedrich.stadler@univie.ac.at)

**Schlüsselwörter** Ernst Mach · Wiener Kreis · Empirismus · Pragmatismus · Naturalismus · Neutraler Monismus · Logischer Empirismus · Evolutionäre Erkenntnistheorie · Historisch-kritische Methode · History and Philosophy of Science

## 1.1 Ernst Mach im Kontext – Eine außergewöhnliche Karriere (wider den Zeitgeist)

An Ernst Mach (1838–1916) schieden sich schon im *Fin de siècle* die Geister. Wer war dieser Forscher, der in Philosophie, Politik und Literatur gleichermaßen Aufmerksamkeit erregte und polarisierte – z. B. Materialismus vs. Idealismus, Realismus vs. Positivismus, Bolschewismus vs. Austromarxismus, Impressionismus vs. Naturalismus? Und der noch heute für heftige Kontroversen darüber sorgt, ob er als anerkannter Wegbereiter der Relativitätstheorie die Atomistik aus prinzipiellen Gründen abgelehnt habe? Ohne Zweifel steht der Machsche „Positivismus“ – er selbst hat diese Bezeichnung für seine Lehre nicht verwendet – am Beginn eines labyrinthischen Streites seit der Jahrhundertwende um 1900: ausgehend vom angeblichen Gigantenkampf zwischen Mach und Boltzmann, der heftigen Planck-Mach-Kontroverse, dem Frontalangriff von Lenin und Genossen bis hin zum „Positivismusstreit in der deutschen Soziologie“ der 1960er-Jahre. Neben diesen publikumswirksamen Schaukämpfen und Variationen eines ideologisierten „Positivismus-Streites“ vollzog sich in der Naturwissenschaft und Philosophie eine bemerkenswerte Renaissance des Machschen Werkes. Seine erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Arbeiten – über Maßbegriffe, das „Machsche Prinzip“, die „Machsche Welle“, die „Mach-Zahl“, die „Mach-Bänder“ oder das „Machsche Ökonomieprinzip“ – eröffnen noch immer fruchtbare Forschungsperspektiven. In der Psychologie wird Mach als Pionier der Gestaltpsychologie, wegen seiner historisch-kritischen Methode als Wegbereiter einer integrierten Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftsphilosophie und schließlich auch als Vorreiter der heutigen „Evolutionären Erkenntnistheorie“ (wieder-)entdeckt.

Mach erscheint demnach mindestens aus zwei Gründen bedeutsam: erstens als eine intellektuelle Zentralfigur des geistigen Wien der Jahrhundertwende, und zweitens als Naturwissenschaftler, Theoretiker *und* Historiker der Wissenschaften, nicht zuletzt auch als Didaktiker, Lehrbuch- und Lehrplanautor (genetische Lerntheorie). Machs Versuch einer historisch-sozialen und evolutionären Betrachtungsweise der Wissenschaften entspricht übrigens seiner sozialreformerischen Gesinnung und politischen Praxis. Es gelang ihm, zur Überwindung des mechanischen Materialismus und der metaphysischen Systemphilosophie inmitten der Krise der Naturwissenschaften seine Lehre als empirische Einheit von Physik, Physiologie und Psychologie im Rahmen eines monistischen Weltbilds zu formulieren (Mach 1872, S. 57 ff.):

„Die Aufgabe der Wissenschaft kann nur sein: 1. Die Gesetze der Verbindung der Vorstellungen zu bestimmen (Psychologie); 2. Die Gesetze der Verbindung der Empfindungen zu entdecken (Physik); 3. Die Gesetze der Verbindung zwischen Empfindungen und Vorstellungen zu erklären (Psychophysik).“

Und viel später bezeichnete er noch programmatisch als Aufgabe der wissenschaftlichen Erkenntnis die Anpassung der Gedanken an die Tatsachen und die Anpassung der Gedanken aneinander (Mach 1905, S. 164 ff.). Damit reagierte Mach auf die durch die „zweite naturwissenschaftliche Revolution“ verursachten erkenntnistheoretischen und methodologischen Probleme mit originellen Lösungsversuchen: Elementenlehre, Ökonomieprinzip und historisch-kritische Methode auf evolutionärer Grundlage bildeten zentrale Bestandteile seiner Wissenschaftsauffassung, wobei er in bewusst aufklärerischer Absicht die Wissenschaft als gesellschaftliches Phänomen in den Dienst der Menschheit gestellt wissen wollte. Wie sehr diese Innovation in der „scientific community“ aber auch auf Widerstand stieß, zeigen nicht nur die Auseinandersetzungen zwischen Mach, Boltzmann und Planck samt Anhängern oder die Briefwechsel mit der wissenschaftlichen Avantgarde seiner Zeit, sondern auch Machs eigene überraschend pessimistische Einschätzung der Wirkung seines Werkes (Mach 1883/Vorwort zur 7. Aufl. 1912, 1982, S. ix):

„Zu Ende des abgelaufenen Jahrhunderts hatten meine Ausführungen über Mechanik am meisten Glück; man mochte fühlen, daß die empirio-kritische Seite die am meisten vernachlässigte Seite der Wissenschaft sei. Nun aber machen sich wieder die Kantschen Traditionen geltend; man hat wieder das Bedürfnis nach einer Begründung der Mechanik a priori.“

So verweist die damalige wie gegenwärtige, oft emotionale bis polemische Aufnahme von Machs Werk zugleich auf das Problem eines fächerübergreifenden wissenschaftlichen Weltbildes mit praktischem Anspruch auf Humanisierung von Wissenschaft und Gesellschaft – dem Mach selbst als Förderer von Volksbildung, Frauenemanzipation, Sozial- und Schulreform gerecht wurde. (z. B. im Briefwechsel mit Bertha von Suttner).

### ***1.1.1 Ernst Mach – Zu Leben und Werk im Verhältnis zur Philosophie***

Ernst (Waldfried Josef Wenzel) Mach wurde am 18.02.1838 in Chirlitz in Mähren (heute: Chrlice in Tschechien) bei Brünn (Brno) in der Zeit tiefer politischer Unfreiheit geboren. Sein Vater Johann Nepomuk Mach (1805–1879) war Lehrer und Erzieher, seine Mutter Josefine, geb. Lanhaus (1813–1869), gebar noch zwei Töchter, Octavia und Marie, der wir das zeitdokumentarische Buch *Erinnerungen einer Erzieherin* (1912), herausgegeben mit einem Vorwort von Ernst Mach, verdanken. Mach selbst erinnert sich, „ein schwaches elendes Kind“ gewesen zu sein, „das sich sehr langsam entwickelte“ (Mach 1913, S. 411). Genauso bemerkenswert ist seine Angabe, vor dem zweiten Lebensjahr lebhaft visuelle Eindrücke gehabt zu

haben, da mehrere prägnante Kindheitserlebnisse einerseits Machs intellektuelle Entwicklung bestimmten, andererseits – lange vor Jean Piagets genetischer Erkenntnistheorie – die geistige Entwicklung des Kindes (speziell seiner eigenen Kinder) eine entscheidende Rolle für Machs Methodik und Didaktik spielen sollte. Beide Faktoren verdichteten sich zu einem der wichtigsten Machschen Prinzipien, nämlich zum historisch-genetischen und evolutionistischen Problemverständnis (ebd., S. 417):

„Die einfachen Fragen und Bemerkungen der Kinder gehörten zu dem Anregendsten, was ich erlebt habe. Mein ältester Knabe stellte im Alter von 4 Jahren die Frage: ‚wo das Licht hinkäme, wenn die Kerze gelöscht werde und das Licht nicht mehr in der Stube sei?‘ Ich habe einzelne dieser Fragen in meiner Analyse der Empfindungen notiert, wenn sie mir lehrreich schienen und Forschen nach den Motiven dieser Fragen antrieben. Der Erkenntniskritiker würde viel gewinnen durch den Umgang mit Kindern, deren Altklugheit noch durch keine Schule geweckt wäre. Meine kleine Tochter bemerkte im Alter von 2 Jahren, als sie zum ersten mal aufs Land kam: Wir sind in einer blauen Kugel! Die Welt ist eine blaue Kugel! Das Tapetenmuster der Zimmerwand erschien ihr klein und nahe, als sie die binokularen Bilder durch Schielen zur Deckung brachte. Bei windstillem Schneefall glaubte sie sich mit dem ganzen Haus aufwärts zu bewegen. Wie belehrend die Anfänge der Sprachbildung der Kinder sind, brauche ich dem Kundigen nicht auseinander zu setzen.“

Im Alter von zwei Jahren übersiedelte Mach mit seiner Familie in das niederösterreichische Marchfeld nach Untersiebenbrunn, wo sein Vater eine Landwirtschaft erwarb. Aus dieser Zeit schildert er ein intellektuelles Schlüsselerlebnis (ebd., S. 411):

„Es dürfte ungefähr in meinem fünften Lebensjahr gewesen sein, als ich unter Begleitung meines Kindermädchens durch Zufall einen Einblick in eine Windmühle erhielt. Wir hatten eine Post an den Müller zu bestellen. Die stehende Mühle kam bei unserem Eintritt in Gang. Der entsetzliche Lärm, der mich erschreckte, konnte mich nicht hindern, die Verzahnung der Welle zu sehen, welche in die Verzahnung des Mahlgangs eingriff und einen Zahn nach dem andern fort schob. Dieser Anblick wirkte bis in mein reiferes Denken von dem Niveau des wundergläubigen Wilden zum kausalen Denken empor.“

Diese Einsicht führte Mach von einem animistischen Naturverständnis zu rationalem Denken über den Begriff der Ursache im Allgemeinen, besonders thematisiert bei Kant und Lévy-Bruhl. Entscheidend für Machs frühkindliche Entwicklung war die Tatsache, daß er vom siebten bis zum neunten Lebensjahr von seinem Vater privat unterrichtet wurde. Der zarte Junge interessierte sich dabei weniger für Sprachen als für die praktische Technik (ebd., S. 412):

„So füllten Maschinen und Maschinenteile meinen kindlichen Kopf. Kaum waren die einfachen Experimente über die Körperlichkeit der Luft, die mir mein Vater an einem Gartenbotich mit Wasser und einem Blumentopf mit etwa 7 Jahren zeigte noch nötig um meine Phantasie im naturwissenschaftlichen Banne festzuhalten. Erst spät lernte ich die Experimente des Philo von Byzanz kennen, von welchen jene des Vaters einfache Modifikationen waren.“

Im Revolutionsjahr 1847/48 trat Ernst Mach in die Gymnasialklasse des Benediktinerstiftes Seitenstetten ein, was er im Nachhinein ironisch kommentiert (ebd.):

„Fehlte dem Knaben einerseits die Drillung im Lateinischen, so war andererseits seine Phantasie zu sehr angeregt, um ihn an Sätzen wie ‚Initium sapientiae est timor domini‘ an Deklinationen und Conjugationen den geringsten Geschmack gewinnen zu lassen.“

So kann es nicht verwundern, daß die Lehrer Machs Vater rieten, den Jungen ein Handwerk oder ein Geschäft erlernen zu lassen. Zum zweiten Mal wurde Ernst Mach zu Hause unterrichtet, wo er durch die Lektüre antiker Autoren einen besseren Zugang zu den klassischen Sprachen fand, jedoch Mathematik und Physik weiter favorisierte. Eine weitere Erinnerung scheint für Machs späteres Theorie-Praxis-Verständnis mit Wertschätzung des Handwerks bedeutsam (ebd.):

„Da die Vormittagsstunden für den Unterricht genügten, konnte der Zögling am Nachmittag verschiedene Feldarbeiten ausführen, durch welche Erfahrung er die gebührende Achtung vor dem Handarbeiter gewann.“

Hier scheint sowohl Machs These des Zusammenhangs von Alltag und Wissenschaft präformiert wie auch die aufklärerische und soziale Gesinnung durch die Liberalität seiner Familie gefördert worden zu sein, wenn er schreibt (ebd.):

„Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass die Jugend von E. Mach nach Niederwerfung der Revolution von 1848 in eine sehr reaktionär-klerikale Periode fällt. Deshalb bat der in einer liberalen Familie aufgewachsene Bursche den Vater, ihn das Schreinerhandwerk lernen zu lassen, um eventuell nach Amerika auswandern zu können. Dieser Wunsch wurde auch erfüllt.“

Die zweijährige Tätigkeit als Tischler vermittelte Mach das für seine wissenschaftshistorischen Arbeiten relevante Verständnis für Handarbeit, welches er später als Anhänger der Revolutionen von 1789 und 1848 durch die Solidarität mit der österreichischen Sozialdemokratie aktiv zeigen sollte. Seine aufgeschlossene Erziehung, die das Interesse an Natur und Gesellschaft gleichermaßen weckte, wurde mit dem Eintritt des Fünfzehnjährigen in die sechste Klasse des öffentlichen Piaristengymnasiums in Kremsier (in Mähren) von gymnasialem Schuldrill abgelöst. Als positive Ausnahme erwähnt Mach seinen Lehrer der Naturgeschichte, der die Lamarcksche Entwicklungslehre und die Kant-Laplacesche Kosmogonie unterrichtete, „ohne ein Wort über die Unvereinbarkeit dieser Lehren mit jenen der Bibel zu verlieren“ (ebd., S. 413). Seinem Geschichtslehrer konzidierte Mach umfangreiche Quellenlektüre, durch die niemand den Eindruck gewinnen konnte, „daß die weltlichen und geistlichen Führer der Menschen nur das ihnen ‚von Gott anvertraute‘ Wohl ihrer Untertanen ‚allein‘ im Sinne gehabt hätten“ (ebd.). Schließlich resümierte Mach in seiner freisinnigen Art (ebd.):

„Obwohl das gymnasiale Erziehungswesen damals im ganzen klerikalreaktionär angelegt war, gab es damals doch Männer genug, an welchen die Spuren der liberalen Ära Kaiser Josef II. nicht spurlos vorbei gegangen waren und welche in diesem Sinne ihren Lehrberuf auffassten. Das einzig Unangenehme waren die ewigen religiösen Exerzitien, welche übrigens das Gegenteil von dem erzielten, was sie beabsichtigten.“

Diese Erfahrungen bildeten einen wichtigen Motivationshintergrund für Machs wenig beachtete Tätigkeit als Lehrbuchautor, Lehrplanverfasser und Popularisierer wissenschaftlicher Erkenntnisse für die Schule und in der Volksbildung (Hohenester 1988). So schätzte er die Thun-Hohensteinsche Unterrichtsreform von Exner und Bonitz und ihre Auswirkungen auf das frühe österreichische Gymnasium.

In dieser Zeit war vor allem ein Buch aus seiner väterlichen Bibliothek eine der wichtigsten Anregungen für Machs kognitive Entwicklung, nämlich Kants *Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wissenschaft wird auftreten können* (Mach 1913, S. 414):

„Diese klar und verhältnismäßig leicht geschriebene Schrift verschlang der 15jährige Junge mit Begierde. Sie machte einen gewaltigen Eindruck auf ihn, zerstörte den naiven Realismus des Jungen und gewann sein Interesse für die Erkenntnistheorie und vernichtete durch den Einfluss des Metaphysikers Kant alle Neigungen zur Metaphysik bei ihm. Die Schrift regte in gleicher Weise mein naturwissenschaftliches und psychologisches Denken an. Vom Kantschen kritischen Idealismus kam ich bald ab. Das ‚Ding an sich‘ erkannte ich noch als Knabe als eine unnütze metaphysische Erfindung, als eine müßige metaphysische Illusion. Bald wandte ich mich den bei Kant latent enthaltenen Berkeleyschen Ideen und nach und nach einem kritischen Empirismus zu. Wenn ich nun auch Kants Gedanken nicht festhalten konnte, bleibe ich ihm doch für seine Anregung verbunden, die mich auch zur historisch-kritischen Bearbeitung der Mechanik geführt hat. Derselben Quelle entsprang die Wärmelehre, die Ansätze zur Optik usw.“

Im Alter von 17 Jahren legte Mach am Kremsierer Gymnasium die Reifeprüfung ab und inskribierte an der Wiener Universität Mathematik und Physik (bei von Ettinghausen, Grailich und Petzval), wo der ambitionierte Student Mängel in den naturwissenschaftlichen Fächern beklagte. So musste er sich autodidaktisch weiterbilden, und es gelang ihm im Physikalischen Institut ein erster experimenteller Erfolg mit der Konstruktion eines Apparates zum Nachweis der Existenz einer – damals bezweifelten – akustischen Erscheinung, des so genannten „Doppler-Effekts“.

Im Jänner 1860, nach fünf Jahren Studium, erlangte Mach den Doktorgrad der Philosophie mit seiner Dissertation „Über elektrische Entladung und Induktion“. In Anspielung auf den antiquierten Prüfungsmodus konnte sich Mach vorstellen, „*er sei durch den Nachweis umfassender Unwissenschaft ‚magister liberalium artium‘ geworden*“ (ebd.). Die existenzielle Lage des frischgebackenen Doktors war so miserabel, dass er sich mit Nachhilfestunden durchbringen musste – trotzdem konnte sich Mach 1861 als Privatdozent für Physik habilitieren. Er hielt private Vorlesungen über Fechners Psychophysik und Helmholtz’ Lehre von den Tonempfindungen. Durch den Kontakt mit den beiden Physiologen Ernst Brücke und Carl Ludwig wurde Machs Interesse an Sinnesphysiologie geweckt, was ihn nach eigenen Angaben zu erkenntnistheoretischen Untersuchungen ermunterte. Diese Verknüpfung von Physik, Physiologie und Psychophysik war und blieb eines der charakteristischen Merkmale von Machs Position des neutralen Monismus. In dieser Zeit als Privatdozent lernte er in Wien seinen lebenslangen Freund, den Literaten, Techniker und Sozialreformer Josef Popper-Lynkeus (1838–1921) kennen, mit dem ihn engste geistige Gemeinsamkeiten verbanden (Belke 1978). Beide unterstützten die Arbeiterbewegung und wirkten zusammen in der „Wiener Fabier-Gesellschaft“ (Feuer 1974, S. 28).

Die frühe Lehrtätigkeit führte Mach ferner auf die „*historische Darstellung als die einfachste und verständlichste, die allgemeine begriffliche Zusammenfassung enthielt das ökonomische Motiv der Erkenntnislehre, und die Auffassung der Wissenschaft als Teil einer allgemeinen Lebens- und Entwicklungserscheinung vollendete*



*schließlich den Charakter der biologisch-ökonomischen Erkenntnislehre“* (Mach 1913, S. 415).

Die Ausrichtung auf Medizin und Physiologie inspirierte den begabten Experimentalphysiker zur Theorie der Pulswellenzeichner und Registrierapparate, vor allem zu zahlreichen Arbeiten über das Gehörorgan, wofür er 1864 eine kleine finanzielle Förderung der Wiener Akademie der Wissenschaften erhielt. Dies ermöglichte indirekt die Erforschung des Labyrinths im Ohr, auf der Josef Breuer weiter aufbauen sollte (Hirschmüller 1978; Swoboda 1988) und die zu den bahnbrechenden Resultaten des späteren Nobelpreisträgers Robert Bárány (1914) führte.

Im Jahre 1864 begann Machs wissenschaftlicher Aufstieg mit der Berufung als Ordinarius für Mathematik und von 1866 bis 1867 für Physik an die „etwas vernachlässigte“ Universität Graz (Mach 1913, S. 415). Er las dort über Differential- und Integralrechnung sowie analytische Geometrie. Dort lernte er den Nationalökonom Emmanuel Hermann kennen, durch den er zum Ökonomieprinzip weiter angeregt wurde; er gewöhnte sich daran, „*die geistige Tätigkeit des Forschers als eine wirtschaftliche oder ökonomische zu bezeichnen*“ (Heller 1964, S. 15, 1988).

Der Lehrstuhl für Experimentalphysik in Prag, auf den Mach im Jahre 1867 berufen wurde, war für ihn eine ideale Position, die er bis zu seinem Abgang nach Wien 1895 innehatte. Hier legte er den Grundstein für seine internationale Reputation (Mach 1913, S. 415):

„Die Erkenntnislehre war in früher Jugend konzipiert, wurde aber spät reif; auch die didaktische Ordnung der Vorlesungen reifte langsam; die experimentellen Methoden, die ich selbst eigentlich erst zu lernen hatte, ergaben sich verhältnismäßig schnell durch das gemeinsame Arbeiten mit den Eleven, zunächst durch akustische Untersuchungen, die mir aus meiner physiologischen Zeit näher und geläufiger waren. Viele der auf diese Weise ausgeführten Arbeiten erschienen meist nur unter dem Namen meines Gehilfen in der Wiener Akademie.“

In Prag geriet Mach in den Jahren 1872/73 als Dekan der Philosophischen Fakultät und 1879/80 als Rektor der Prager Universität in den Sog des schwelenden Nationalitätenstreits, der 1882/83 mit der Teilung in eine deutsche und eine tschechische Universität seinen Höhepunkt erlebte. Mach selbst war – als Gegner jedes Nationalismus – vergeblich gegen die Teilung und für eine zweite tschechische Universität eingetreten (Heller 1964, S. 18 f.; Hoffmann 1991). In seinem ersten Prager Jahr veröffentlichte Mach eine kurze Mitteilung „Über die Definition der Masse“, die Friedrich Adler als die entscheidende Schrift in Machs Lebenswerk betrachtet, weil darin zum ersten Mal der mechanische Materialismus aus den Fugen gehoben worden sei, und zwar mit der Frage „Was ist Materie?“ aus vollständig neuer Sicht (Adler 1918, S. 15). Zu den wichtigsten Publikationen Machs aus der Prager Zeit zählen *Optisch-akustische Empfindungen* (1872), *Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen* (1875) sowie diverse stroboskopische Untersuchungen. Gleichzeitig nahm Mach – durch Krankheit veranlasst – seine historisch-kritischen Studien wieder auf, welche in die Veröffentlichung von *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes der Erhaltung der Arbeit* (1872) einmündete. Darin lehnte er jede metaphysische und einseitig mechanische Auffassung der Physik genauso ab wie



die apriorisch-synthetischen Kategorien der absoluten Bewegung, des absoluten Raumes und der absoluten Zeit als überflüssige Substanzbegriffe. In dieser grundlegenden Arbeit wird das Prinzip der Denkökonomie formuliert und die Vorarbeit für Machs nachfolgende Hauptwerke *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt* (1883) und *Die Prinzipien der Wärmelehre. Historisch-kritisch entwickelt* (1896) geleistet. Die *Mechanik* – in aufklärender, antimetaphysischer Absicht verfasst – sollte die historische Analyse der Erkenntnis als *die* Methode zum Verständnis der Mechanik herausstreichen. Durch die Einbeziehung der Arbeiten von Gustav R. Kirchhoff und Hermann Helmholtz konnte Mach seine Vorstellung von der „Natur der Wissenschaft als einer Ökonomie des Denkens“ (Mach 1883/1933, S. vi) weiter ausarbeiten (ebd.). Die anti-essentialistische Methodologie ist darin genauso vorbereitet wie die sprachkritische, und es wird eine fallibilistische Erkenntnislehre – lange vor Karl Poppers Falsifikationismus – vertreten, wie sie im Spätwerk *Erkenntnis und Irrtum* als Programm ausformuliert wurde (ebd., S. 465):

„Alle Wissenschaft hat nach unserer Auffassung die Funktion, Erfahrung zu ersetzen. Sie muß daher zwar einerseits in dem Gebiet der Erfahrung bleiben, eilt aber doch andererseits der Erfahrung voraus, stets einer Bestätigung, aber auch Widerlegung gegenwärtig. Wo weder eine Bestätigung noch eine Widerlegung ist, dort hat die Wissenschaft nichts zu schaffen. Sie bewegt sich immer nur auf dem Gebiete der unvollständigen Erfahrung.“

Zur Förderung dieser Zielsetzung verbindet Mach die wissenschaftstheoretischen Kriterien der Einfachheit und Schönheit mit dem Prinzip der Forschungsökonomie. Die historisch-kritische, evolutionäre Methode sowie biologisch-psychologische Erklärungsmuster lassen ihn die Mechanik aus den „*aufgesammelten Erfahrungen des Handwerks durch intellektuelle Läuterung*“ beschreiben und den ursächlichen Zusammenhang zwischen Geschichte, Alltag und Wissenschaft im Längsschnitt herstellen (ebd., S. 485; auch in Thiele 1969).

In seiner *Wärmelehre* explizierte Mach die Grundbegriffe der Temperatur und der Wärmekapazität aus historisch-genetischer Sicht und erläuterte die Prinzipien der Energieerhaltung und der Entropie (Mach 1986a). Bereits seit den 1870er-Jahren hatte er mit Unterbrechungen an einer Geschichte der Optik gearbeitet, deren Veröffentlichung aber immer wieder hinausgezögert, bis er schließlich die posthume Herausgabe durch seinen Sohn Ludwig bestimmte, die im Jahre 1921 mit dem umstrittenen, von Ludwig verfassten, Vorwort gegen die Relativitätstheorie erfolgte. (Wolters 1987).

Bereits in seiner Prager Zeit (1886) war das erkenntnistheoretische Hauptwerk *Beiträge zur Analyse der Empfindungen* (1886) erschienen. Die darin enthaltene Kritik am Kantschen „Ding an sich“ und am „unveränderlichen Ich“ war zugleich eine Absage an das christliche Dogma der persönlichen Unsterblichkeit und ließ Mach eine Verwandtschaft zum Buddhismus erkennen. Sein dortiges Grundanliegen und in dem reiferen Buch *Erkenntnis und Irrtum* (1905) war nach Mach die These,

„... dass sich das ganze Innenleben des Menschen in Elemente auflösen lässt, deren Abhängigkeit von zwei Gruppen dieser Elemente das gesammte Erleben des Menschen darstellt und zwar das Aussenleben, oder das physische oder Empfindungsleben und das Innenleben oder das psychische Leben als Vorstellungsleben. Dass ersteres Leben keine willkürliche

Schöpfung unserer Phantasie ist, habe ich, wie ich glaube hinreichend deutlich gesagt. Es war also nicht nötig, dass manche Physiker dies missverstehen mussten, noch weniger, dass gewisse Philosophen erstere zu dieser Auffassung anleiten mussten. Ich habe auch von einem Monismus des physischen und psychischen Geschehens gesprochen. Es sind nicht zwei verschiedene Welten, um die es sich hier handelt, sondern nur die Beachtung der Art der Abhängigkeit der einen und der anderen. Zu diesem Monismus bin ich auch gelangt, indem ich mir die Einheitlichkeit des Lebens vor der Unterscheidung des eigenen und des fremden Ich vorgestellt habe“ (ebd., S. 416).

Diese pointierte Selbstdarstellung belegt den klassisch gewordenen psychophysischen Monismus, einen dezidierten Anti-Idealismus (in Anspielung auf Lenin, Planck und andere), schließlich die natürliche, einheitliche Weltauffassung mit einem empiristischen Erkenntnisbegriff (mit Bezug auf Wilhelm Jerusalems Kritik):

„Den Fortschritt der Erkenntnis sehe ich, ob es sich nun um die physische oder die psychische Welt handelt, in der Anpassung der Gedanken an die Tatsachen und in logischer Beziehung in Anpassung der Gedanken (Vorstellungen) aneinander.“ (ebd., S. 417).

So einfach erläutert Mach die ökonomisch und biologisch angeregte Erkenntnistheorie und gesteht in seiner typischen Bescheidenheit die prinzipielle Unabgeschlossenheit seiner Lehre als Diskussionsgrundlage zu, die er in seinen *Populärwissenschaftlichen Vorlesungen* (1896) weiter präsentieren sollte – ein Sammelband, der zuerst in Englisch erschien und die Verwandtschaft mit dem amerikanischen Pragmatismus (Peirce, James, Dewey) dokumentiert. (Stadler 2017).

In der *Analyse der Empfindungen* (1886) behandelt Mach das zentrale Thema einer empirischen Fundierung der Wissenschaft durch Integration von Philosophie, Physik, Physiologie und Biologie. Die antimetaphysische Elementenlehre wird unter dem Einfluss von Berkeley und Hume sowie der Psychophysik Fechners ausgearbeitet und konstituiert den (fächerübergreifenden) neutralen Monismus (Mach 1918, 7. Aufl., S. vi):

„Die Ansicht, welche sich allmählich Bahn bricht, daß die Wissenschaft sich auf die übersichtliche Darstellung des Tatsächlichen zu beschränken habe, führt folgerichtig zur Auscheidung aller müßigen, durch Erfahrung nicht kontrollierbaren Annahmen, vor allem der metaphysischen (im Kantschen Sinne). Hält man diesen Gesichtspunkt in dem weitesten, das Physische und Psychische umfassende Gebiete fest, so ergibt sich als erster und nächster Schritt die Auffassung der ‚Empfindungen‘ als gemeinsame ‚Elemente‘ aller möglichen physischen und psychischen Erlebnisse, die lediglich in der verschiedenen Art der Verbindung dieser Elemente voneinander bestehen. Eine Reihe von störenden Scheinproblemen fällt hiermit weg. Kein System der Philosophie, keine umfassende Weltansicht soll hier geboten werden. Nur die Folgen dieses einen Schrittes, dem beliebige andere sich anschließen mögen, werden hier erwogen. Nicht eine Lösung aller Fragen, sondern eine erkenntnistheoretische Wendung wird hier versucht, welche das Zusammenwirken weit voneinander abliegender Spezialforschungen bei Lösung wichtiger Einzelprobleme vorbereiten soll.“

Darin wird einmal mehr Machs Abneigung gegen metaphysische Systemphilosophie dokumentiert und die prinzipielle Unvollständigkeit des wissenschaftlichen Weltbildes – mit einer interdisziplinären Ausrichtung – unterstrichen.

Im Jahre 1895 war Ernst Mach auf den eigens für ihn geschaffenen Lehrstuhl für „Philosophie, insbesondere Geschichte und Theorie der induktiven Wissenschaften“ an die Universität Wien berufen worden (Mayerhöfer 1967, S. 12–25;