

§ 6.1. Ernst Mach

Christian Damböck

1. Einleitung. – 2. Leben. – 3. Werk im Überblick. – 4. Lehre. – 5. Wirkung. – 6. Bibliographie.

1. EINLEITUNG

Ernst Mach (1838-1916) hat, ähnlich Hermann von Helmholtz (1821-1894), bahnbrechende Arbeiten auf den drei Gebieten der Physik, der physiologischen Psychologie und der Philosophie geleistet. Er war der traditionellen (metaphysischen, idealistischen) Philosophie abgeneigt. Sein Ideal des Erkenntniskritikers umfasste die Beschäftigung mit Wissenschaftsgeschichte ebenso wie die Entwicklung einer antimetaphysischen Philosophie ohne Ding an sich, die ihrem Selbstverständnis nach so weit von Traditionen entfernt war, dass selbst der Name Philosophie nurmehr bedingt passend schien. Machs antimetaphysische Philosophie oder Erkenntniskritik war historistisch konzipiert. Wissenschaftsbetrachtung musste in der historischen Perspektive erfolgen, und zwar nicht als vom rezenten Lehrbuchwissen gespeiste Whig history, sondern als hermeneutische Forschung, die viele Ideen von Thomas Kuhn (1922-1996) und der modernen soziologischen Wissenschaftsbetrachtung vorwegnahm; Philosophie musste sich auf den empirischen Standpunkt stellen und, wie die Wissenschaft selbst, Beschreibungen statt Erklärungen liefern, immer im Bewusstsein, dass die jeweilige Beschreibung nur den momentanen Stand des Wissens widerspiegelt und daher fern von jeder denkbaren Endgültigkeit angesiedelt ist. Diesem historistischen Denken verpflichtet reflektierte Mach auf die Entwicklung seiner eigenen Lehren und die sie prägenden Einflüsse. Die Gliederung dieses Kapitels ergibt sich so aus dem Machschen Selbstverständnis. Nach einer kurzen biografischen Skizze gehen wir auf Machs intellektuelle Entwicklung ein, anhand der (vielfach durch Mach selbst dokumentierten) Einflüsse und Denkerfahrungen, um auf dieser Grundlage die wichtigsten Gesichtspunkte seiner Erkenntniskritik zu charakterisieren.

2. LEBEN

Machs Biografie (Blackmore 1972, Hentschel 1987, Swoboda 1988, Stadler 1988, 2019c) kann als erste Quelle auf autobiografische Texte zurückgreifen (Mach 1978) und auf die Selbstreflexion Machs an vielen Stellen seiner Schriften, die den biografischen und historischen Kontext der eigenen Ideen aufreißen (beispielsweise Analyse 35n35, 51-61, Die

Leitgedanken 225-227). Geboren wurde Ernst Mach 1838 in Chirlitz (Chrlice, heute Tschechien), im erzbischöflichen Palais in dem der Vater von Machs Mutter Josefa (1813-1869) als Rentmeister tätig war. Der Vater Johann Nepomuk Mach (1805-1879), Pädagoge und Erzieher im Dienst des Mährischen Barons Brethon, kaufte 1840 einen Bauernhof in Untersiebenbrunn (Niederösterreich), wo Ernst Mach, mit den Eltern und zwei Schwestern, „auf dem Lande aufwachsen und eine fröhliche Jugend genießen konnte“ (Mach 1978, 407), obwohl er sich auch „als ein schwaches elendes Kind“ charakterisiert, „das sich sehr langsam entwickelte“ (Mach 1978, 411). Auch um das Kind vor dem reaktionär-klerikalen Zeitgeist zu schützen (Mach 1978, 408, 412) unterrichtete der freigeistige Vater den Sohn bis zum Alter von 10 Jahren zuhause. Dann schrieb man den Sohn im Benediktinerstift Seitenstetten ein, aber die Patres, deren Erziehungsmethode in der Indoktrination in toten Fremdsprachen bestand, fanden den Knaben talentlos und rieten dem Vater ihn ein Handwerk lernen zu lassen (Mach 1978, 412). Der Sohn wurde vom darüber tief unglücklichen Vater weiter zuhause unterrichtet, hatte neben dem vormittäglichen Unterricht Zeit für Feldarbeiten und erwarb dadurch „bleibende Achtung vor dem körperlich arbeitenden Teil der Menschen“ (Mach 1978, 407). Für mehrere Jahre erlernte Mach auch an zwei Wochentagen die Tischlerei. Der in lateinischer Literatur und Geschichte bewanderte Vater wirkte anregend auf den Sohn und vermittelte diesem die Liebe zur Natur ebenso wie die Lehren antiker Forscher (Mach 1978, 408). Schließlich besuchte Mach doch noch für zwei Jahre das Piaristengymnasium in Kremsier (Mähren) – manchen der dortigen Lehrer, die im Geist der Aufklärung unterrichteten, gedachte er zeitlebens mit Anerkennung (Mach 1978, 408, 412f) – und bezog mit 17 Jahren die Universität Wien, wo er hauptsächlich Mathematik und Physik studierte (Swoboda 1988, 357) und 1860 promovierte, gefolgt von der Habilitation in Physik 1861. Mach schlug sich als unbesoldeter Privatdozent durch und gab Privatvorlesungen über die neuesten Lehren von Helmholtz und Gustav Theodor Fechner (1801-1887) (Mach 1978, 415), bis er 1864 an der „damals etwas stiefmütterlich behandelten“ Universität Graz (Mach 1978, 410) einen Lehrstuhl für Mathematik erhielt. Schon 1867 wechselte Mach auf einen Lehrstuhl für Physik nach Prag, wo seine wichtigsten Arbeiten entstanden. Das um ein Drittel höhere Gehalt (1300 Gulden, umgerechnet etwa 18.000 Euro jährlich) ermöglichte die Eheschließung mit Luise Marussig (1845-1919). Er gewann in Prag „einen Kreis von eifrigen Schülern und sah von 1868-1881 seine Familie um vier Söhne und eine Tochter sich vermehren.“ (Mach 1978, 410) In Prag fungierte Mach auch zeitweilig als Dekan der philosophischen Fakultät (1872/73) und als Rektor (1879/80 sowie, nach der Teilung der Universität, 1883/84 als erster

Rektor der deutschen Universität). 1895 wechselte Mach nach Wien, auf eine Professur für „Philosophie, insbesondere Geschichte und Theorie der induktiven Wissenschaften“ (Dahms und Stadler 2015, 88-91). Nach einem Schlaganfall im Jahr 1898 konnte er keine Vorlesungen mehr halten; er legte seine Professur 1901 offiziell zurück, lebte bis 1913 in Wien – seit 1901 als auf Lebenszeit bestimmter Vertreter des Herrenhauses, der aus Adel, Klerus und verdienten Bürgern zusammengesetzten Kammer des Parlaments in Österreich-Ungarn – und zog dann nach Vaterstätten bei München zu seinem Sohn Ludwig Mach (1868-1951), wo er 1916 starb.

3. WERK IM ÜBERBLICK

Machs Kindheit fiel in die reaktionär-klerikale Zeit des Vormärz, jedoch vom Vater abgeschirmt in einer ländlichen Insel der Aufklärung. „Am nachhaltigsten und entscheidend für meine Lebensrichtung sind wohl die Anregungen gewesen, die ich durch meinen Vater erhielt.“ (Mach 1978, 406) Der Vater unterwies den Sohn mit einfachen physikalischen Experimenten, lehrte ihn am Original Handwerk und Natur kennen und unterrichtete ihn in Geschichte und antiker Literatur. Die väterliche Bibliothek stand dem Sohn offen. Als philosophisch prägend wird von Mach vielfach (Mach 1978, 406, 414; Analyse 35n35) die frühe Lektüreerfahrung (im Alter von 15 Jahren) von Immanuel Kants (1724-1804) *Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik* geschildert: Die Schrift „vernichtete durch den Einfluss des Metaphysikers Kant alle Neigung zur Metaphysik“ bei ihm. (Mach 1978, 414) Das Ding an sich erkannte er „noch als Knabe als eine unnütze metaphysische Erfindung, als eine müßige metaphysische Illusion“ (ebd.). In der väterlichen Bibliothek standen neben den Werken Kants auch die Schriften des zu dieser Zeit in Österreich breit rezipierte Johann Friedrich Herbart (1776-1841) (Dahms und Stadler 2015, 79-82). Mach war direkt beeinflusst von dem Herbartianer Franz Karl Lott (1807-1874), einem Freund der Familie Mach (Swoboda 1988, 385-387). Kant begegnete Mach also von Vornherein in einem eher naturalistischen Gewand und unter einer dem Ding an sich und dem synthetischen a priori gegenüber kritischen Perspektive. Die väterliche Bibliothek hatte aber auch andere Gegengifte zum Vormärz zu bieten, etwa die Schriften Friedrich Eduard Benekes (1798-1854), dessen Mach noch spät gedenkt (Erkenntnis und Irrtum 178, 191 usw.); auch die Logik John Stuart Mills (1806-1873) scheint Mach früh studiert zu haben (Compendium 4-7), ebenso wie die Schriften Georg Christoph Lichtenbergs (1742-1799), die er immer wieder als wichtigen Einfluss hervorhebt (Analyse 34, Leitgedanken 234).

Mach war ein überaus aufnahmefähiger Denker, in der Lage, neue Texte rasch zu rezipieren. Seine „Erkenntnislehre“, die „in früher Jugend konzipiert“, aber erst „spät reif“ wurde (Mach 1978, 415) geht zum Teil zwar auf die Anregungen aus dem elterlichen Umfeld (Herbart, Beneke, Mill usw.) zurück. Entscheidend waren jedoch vor allem die 1860er-Jahre, also die Zeit als Privatdozent in Wien, die Grazer und die ersten Prager Jahre. In Wien verkehrte Mach mit den bedeutenden Physiologen Ernst Brücke (1819-1892) und Carl Ludwig (1816-1895), die ihm „Einblick in das wissenschaftliche Leben Deutschlands“ gaben“ (Mach 1978, 410), wodurch er mit den neuesten Arbeiten zur Sinnesphysiologie und zur Sprachwissenschaft vertraut wurde, was ihn „allmählig auf seine erkenntniskritischen Untersuchungen führte“ (ebd.). Mach, der anhand der Schriften von Johannes Müller (1801-1858) bereits während seines Studiums die Grundlagen der rezenten Entwicklungen in der experimentellen Psychologie kennengelernt hatte, studierte unmittelbar nach deren Erscheinen Fechners Psychophysik (1860), Helmholtz‘ Lehre von den Tonempfindungen (1862) und Wilhelm Wundts (1832-1920) Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmungen (1862) und verarbeitete diese Schriften schon 1863 in (Compendium) und (Psychophysik) zu der ersten Fassung seiner Erkenntnislehre, die bereits viele Aspekte der späteren Theorie enthält (Anklänge des Ökonomieprinzips und der Antimetaphysik etwa und der von Fechner herkommende psychophysische Standpunkt, den Mach nie verlassen hat), aber auch eine Fechner und Herbart kombinierende atomistische Metaphysik (Compendium 11-18; Psychophysik 363-365). Diese scheint Mach noch in die erste, Ende der 1860er-Jahre entstandene Fassung von (Analyse) einbezogen zu haben. Fechners kritische Bemerkungen dazu (Thiele 1978, 41f) ließen ihn das Manuskript erst zwei Jahrzehnte später in überarbeiteter Form publizieren (Vorlesungen 456). Mach erkannte seine eigene metaphysische Theorie als inkonsequent und erst so entstand die reife Fassung seiner Antimetaphysik (Heidelberger 1993, 202-216). Diese reife Theorie, die sich um das Ökonomieprinzip gruppiert und den Atombegriff strikt empiristisch deutet, wurde erstmals 1872 in (Erhaltung der Arbeit) vorgelegt.

Gleichzeitig mit der Konzeption seines Atombegriffs entwickelte Mach in den 1860er-Jahren die zweite Grundlage seiner späteren Elementenlehre, nämlich die Gestalttheorie (Lehre vom räumlichen Sehen): verschiedenfarbige gleiche Gestalten werden als gleich erkannt (Vorlesungen 100); gleiche räumliche Objekte repräsentieren durch Drehen und Spiegeln unterschiedliche Gestalten (d, b, p, q); vertikale und horizontale Linien werden anders aufgefasst als schräge (Vorlesungen 101); zwei Melodien sind gleich, wenn sie in

ihren Tonhöhenverhältnissen übereinstimmen, unabhängig von der absoluten Tonhöhe. Und es lässt sich an völlig unterschiedlichen Melodien derselbe Rhythmus erkennen. (Vorlesungen 102) Vorstellungen sind nichts Einheitliches, Monadenartiges, sondern etwas Zusammengesetztes. Das „Wiedererkennen und die Gleichheit“ qualitativ verschiedener Vorstellungen ist nur dadurch möglich, „dass wir uns die qualitativ ungleichen Vorstellungen zweier Reihen notwendig mit irgendwelchen qualitativ gleichen verbunden“ denken (Vorlesungen 103). Gleiche aber verschiedenfarbige Gestalten, gleiche aber unterschiedlich hoch gespielte Melodien müssen in irgendeiner Form gleiche Muskelgefühle hervorrufen: „so müssen auch allen Formen überhaupt, man könnte auch sagen, allen Abstraktionen, Vorstellungen von eigentümlicher Qualität zugrunde liegen.“ (ebd.)

Zu den genannten Einflüssen durch die rezente deutsche Physiologie und Sprachwissenschaft traten zwei weitere wichtige Einflusslinien hinzu, die auch in den früheren Arbeiten eine Rolle spielen, aber noch nicht so dominant sind wie später. Die moderne Nationalökonomie; Mach erwähnt hier als Einfluss den Nationalökonom Emanuel Herrmann (1839-1902), mit dem er 1864 die Relevanz wirtschaftlicher Fragen für alle Lebensbereiche diskutiert hatte. Dadurch „gewöhnte ich mich, die geistige Tätigkeit des Forschers als eine wirtschaftliche oder ökonomische zu bezeichnen“ (Die Leitgedanken 225, vgl. Erhaltung der Arbeit 55n5). Die zweite Einflusslinie, die Machs Ökonomieprinzip mitgeprägt hat, sind, vorbereitet durch die Lehre Jean-Baptiste de Lamarcks (1744-1829), die Mach schon im Gymnasium kennengelernt hatte, die Gedanken aus Charles Darwins (1809-1882) *Origin of Species* (1859). Schon in Machs Grazer Vorlesungen der Jahre 1864-1867 wird Darwins Lehre wirksam, was sich „durch Auffassung des Wettstreits der wissenschaftlichen Gedanken als Lebenskampf, als Ueberleben des Passendsten“ äußert. (Die Leitgedanken 226) Wichtig in Sachen der Auseinandersetzung mit der zeitgenössischen Naturforschung, von der Physiologie, über die Gestalttheorie, bis zur Evolutionstheorie, war für Mach auch die über zweieinhalb Jahrzehnte gehende Freundschaft und Zusammenarbeit mit Ewald Hering (1834-1918), gleichzeitig mit Mach als Physiologe an der Prager Universität tätig. Für Machs Monismus im Speziellen waren, neben Hering, auch Ernst Haeckel (1834-1919), Wilhelm Ostwald (1853-1932) und, in den USA, Paul Carus (1852-1919) und William James (1842-1910), wichtige Bezugspunkte (Thiele 1971; 1978, 106-124, 168-185).

Zu diesen Grundlinien – Psychophysik, Nationalökonomie, Evolutionstheorie, Monismus – traten nach und nach weitere Einflüsse: inspiriert durch den Wiener Kollegen

Brücke die moderne Sprachwissenschaft im Umfeld der Völkerpsychologie, in der Gestalt der Schriften von Lazarus Geiger (1829-1870) und Ludwig Noiré (1829-1889) (Wärmelehre 458f, Erkenntnis und Irrtum 91); und schließlich auch neue philosophische Konzeptionen im Umfeld des Empiriokritizismus, vor allem in der Gestalt der Theorien von Richard Avenarius (1843-1896). Dessen *Denken der Welt* lernte Mach kurz vor der Publikation der ersten Auflage der (*Mechanik*) kennen und entdeckte eine so nahe Verwandtschaft, „wie sie bei zwei Individuen von verschiedenem Entwicklungsgang und verschiedenem Arbeitsfeld, bei voller gegenseitiger Unabhängigkeit überhaupt erwartet werden kann“ (*Analyse* 52). In den 1890er-Jahren las Mach auch die weiteren Hauptwerke von Avenarius; die verblüffende zufällige Übereinstimmung der beiden Denker – im Grunde können erst die jeweiligen Spätwerke voneinander stärker beeinflusst sein – löste keine (in der Philosophie sonst gängige) Prioritätsstreitigkeiten aus, sondern hohe wechselseitige Wertschätzung (Thiele 1978, 70-75).

In Machs späteren Jahren trat zu diesen Einflusslinien die Auseinandersetzung mit einer ganzen Reihe kontemporärer Strömungen hinzu, allerdings zu einem Zeitpunkt als seine philosophischen Positionen bereits mehr oder weniger fertig entwickelt vorlagen (näheres dazu in Abschnitt 5). Schließlich ist als maßgeblicher Einfluss auf Machs Philosophie die seit seiner Zeit als Privatdozent in Wien bestehende lebenslange Freundschaft mit dem Physiker, Ingenieur, Sozialreformer und Philosophen Josef Popper-Lynkeus (1838-1921) zu nennen, der „aufgrund seiner naturwissenschaftlichen Ausbildung und persönlichen Erfahrung zu Einsichten gelangt [war], die mit denen seines Freundes Mach nahezu identisch waren“ (Belke 1978, 198), was nachgelesen werden kann in dem eindrucksvollen Fragment der Erkenntnistheorie (Popper-Lynkeus 1933).

Wenn Mach seine Erkenntnislehre als in früher Jugend konzipiert aber spät reif bezeichnet, dann korrespondiert dem eine auffällig späte Rezeption seines Werks durch Zeitgenossen. Nicht nur dass seine philosophischen Schlüsseltexte (*Mechanik*) und (*Analyse*) erst in den 1880er-Jahren erschienen sind, etwa zwei Jahrzehnte nachdem Mach die dort formulierten Ideen entwickelt hatte. Auch die Rezeption dieser Schriften fand verspätet statt, erst nach der Publikation der zweiten Auflage der (*Analyse*) (1900): Bis zur späten Berühmtheit, in einer Zeit, in der er gesundheitlich bereits schwer angeschlagen war, entwickelte Mach all seine bahnbrechenden Theorien als wissenschaftlicher und philosophischer Außenseiter, bedingt zum Teil durch die Randlage seiner Wirkungsstätten Prag und Wien (letzteres wurde erst zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts zu einem Zentrum der Weltwissenschaft mit massenhafter Produktion von Nobelpreisträgern), zum Teil

aber auch durch die häretische Natur seines Denkens, das hier das Schicksal mit anderen Empiriokritizisten teilen musste (siehe § 6).

4. LEHRE

1. Mach als Naturforscher und Historiker. – 2. Ökonomieprinzip und Atomismus. – 3. Neutraler Monismus. – 4. Die ökonomische Natur der Wissenschaft. – 5. Antimetaphysik, Wissenschaft und Praxis.

1. Mach als Naturforscher und Historiker

Auch wenn dieser Handbucheintrag der Erkenntniskritik gewidmet ist, so ist dies doch nur ein kleiner Teil von Machs wissenschaftlichem Gesamtwerk, das daneben zwei große weitere Bereiche umfasst. Einmal Machs Arbeiten als Naturforscher, von denen ca. 120, teilweise mit Coautoren verfasste Aufsätze zeugen (Haller und Stadler 1988, 511-522). Schon als Student hatte Mach experimentelle Arbeiten zum Doppler-Effekt (Frequenzänderung durch Bewegung), einer wichtigen Voraussetzung der Relativitätstheorie, gemacht (Swoboda 1988, 357-361). Er betrieb umfassende sinnesphysiologische Untersuchungen und entdeckte das Phänomen der Mach-Bänder: streifenartige Kontrastwahrnehmungen in Flächen kontinuierlich verlaufender Graufärbung (Pojman 2019, 3.2). Neben Arbeiten zur Optik und Akustik trat Mach auch mit Untersuchungen zum Gleichgewichtssinn und zur Schallgeschwindigkeit hervor. Seine Bedeutung für die theoretische Physik hingegen wurde nur teilweise durch experimentelle Arbeiten (etwa zum Dopplereffekt und zur Raumwahrnehmung) begründet. Hier stehen im Zentrum Machs wissenschaftshistorische Schriften (Erhaltung der Arbeit, Mechanik, Wärmelehre, Optik). Wenn Albert Einstein (1879-1955) Machs Leistung als Pionier der allgemeinen Relativitätstheorie würdigt, dann bezieht er sich vor allem auf die (Mechanik), in der Mach „an diesem dogmatischen Glauben [an die Mechanik als gesicherte Basis der Physik] rüttelte“ (zitiert nach Mechanik IX). Der Wissenschaftshistoriker Mach inspirierte die revolutionäre Entwicklung der Physik um und nach 1900 durch den relativistischen Blick auf historische Erscheinungsformen der Physik, der nicht von dem gegenwärtigen Lehrbuchwissen als Reservoir objektiver Wahrheit ausgeht und die Theorien der Vergangenheit aus dieser Perspektive als Irrtümer rekonstruiert, sondern jede wissenschaftliche Theorie (also auch den gegenwärtigen Stand der Forschung) als vorläufig erkennt, da sie sich als Anpassung der Gedanken an die Erfahrung darstellt: kommen neue Erfahrungen hinzu oder vereinigen sich mehrere wissenschaftliche Gebiete, „so reichen die überkommenen geläufigen Gedankenelemente für das weitere Gebiet nicht mehr aus.“ (Analyse 36) Es geht in der Wissenschaft nicht um die Erkenntnis von außerhalb der

Erfahrung liegenden abstrakten Zusammenhängen, sondern um einen rein empirischen Prozess der Anpassung. Neue empirische Daten und neue Rätsel erfordern neue Theorien. Umgekehrt aber bleiben alle alten Theorien dadurch, dass sie ihre ganz bestimmten empirischen Rätsel lösen, stets gültig: jede Denkform, die für einen bestimmten Zweck gebildet wurde, behält „für eben diesen Zweck einen *bleibenden* Wert.“ (Analyse 37) Machs Wissenschaftsgeschichte ist in der Machschen Erkenntniskritik verankert. Seine Bedeutung für die theoretische Physik ergibt sich aus der Anwendung dieser erkenntniskritischen Grundsätze auf die Wissenschaftsgeschichte. Genau in diesem Sinn ist Mach auch ein wichtiger Repräsentant der physikalischen Seite der Tradition der philosophierenden Physik: Physik als Erkenntniskritik, wie sie danach von Einstein weiter kultiviert wurde (Wolters 1987).

2. Ökonomieprinzip und Atomismus

Die erste Formulierung von Machs Ökonomieprinzip findet sich in (Erhaltung der Arbeit 30-33). Die Naturwissenschaft hat demnach zwei Aufgaben: Erstens die „Zusammenfassung möglichst vieler Thatsachen in eine übersichtliche Form“. (Erhaltung der Arbeit 31) Axiome, Formeln und Gesetze drücken keine größere Wahrheit aus als die Tatsachen, die sie erfassen. Der Wert des Gesetzes „liegt bloss in der Bequemlichkeit des Gebrauches. Es hat einen ökonomischen Wert.“ (ebd.) Gesetze sind relevant nur durch ihren ökonomischen Nutzen der Vereinfachung: Zusammenfassung vieler Tatsachen unter eine einfache Aussage.

Die zweite Aufgabe der Naturwissenschaft ist ebenfalls eine ökonomische. Es geht darum, komplexe Tatsachen in möglichst wenige und einfache zu zerlegen, sie in atomare Bestandteile aufzulösen. „Diese einfachsten Thatsachen, auf die wir die complicirteren zurückführen, sind an sich immer unverständlich, d.h. nicht weiter zerlegbar“. (ebd.) Machs Atomismus ist nicht in Substanzvorstellungen gegründet, sondern funktioniert relational: Atome haben für sich genommen keine Bedeutung, sind unverständlich, und werden – Mach nimmt hier das Verfahren der Quasianalyse in (Carnap 1928) vorweg – erst im Komplex mit anderen Atomen, durch deren Beziehungen, verständlich. „Das Verstehen besteht im Zerlegen. Man führt ungewöhnliche Unverständlichkeiten auf gewöhnliche Unverständlichkeiten zurück.“ (Erhaltung der Arbeit 31) Was genau die hier gewählten letzten Bestandteile sind, ist keineswegs von Vornherein feststehend: bei welchen Unverständlichkeiten man stehen bleiben will, „ist nun wieder nur eine ökonomische Frage einerseits und eine Frage des Geschmacks andererseits“ (Erhaltung der Arbeit 31). Oder,

vom Normativen (Ökonomie, Geschmack) ins historisch-Deskriptive gewendet: „Welche Thatsachen man als Grundthatsachen gelten lassen will, bei welchen man sich beruhigt, das hängt von der Gewohnheit und von der Geschichte ab“ (Erhaltung der Arbeit 32), die es also zu studieren gilt, um zu verstehen warum zu welchen Zeiten welche Atome angenommen wurden.

Machs Ansatz ist aber nicht nur einem auf Axiomen und Atomen basierenden Prinzip der Ökonomie verpflichtet, er ist drittens auch empiristisch. Tatsachen müssen für Mach der sinnlichen Wahrnehmung zugänglich sein. Ist das nicht der Fall, sind „die Hypothesen so gewählt, dass ihr Gegenstand nie in die Sinne fallen kann, also auch nie geprüft werden kann, wie dies bei der mechanischen Moleculartheorie der Fall ist, so hat der Forscher mehr gethan, als die Wissenschaft von ihm verlangt, deren Ziel die Thatsachen sind und dieses Mehr ist vom Uebel“. (Erhaltung der Arbeit 33) Machs für viele rätselhafte Ablehnung des Atomismus in der Physik gründet also in dem Umstand, dass es im 19. Jahrhundert keinen möglichen empirischen Nachweis der Atome gab.

Der in (Erhaltung der Arbeit) formulierte Kern der Machschen Erkenntniskritik bleibt ziemlich vage hinsichtlich der möglichen normativen Konsequenzen und Fragen der konkreten Umsetzung dieses Forschungsprogramms: Atome sind eine Frage der Ökonomie und des Geschmacks und ihre Wahl hängt von historischen Umständen ab. Was aber sind die Atome, die wir, nach Mach, in einer konkreten Situation der Wissenschaft wählen sollen? Durch welche Strategie erschließen sie sich uns? Um Antworten auf diese Fragen zu erlangen, muss man das spätere Werk Machs heranziehen, konkret die erkenntniskritischen Passagen aus (Mechanik) und (Analyse).

3. Neutraler Monismus

Erkenntniskritik ist für Mach, in einem ganz ähnlichen Sinn wie für Avenarius, Psychologie, und zwar eine auf einem monistischen Standpunkt stehende. In (Analyse) beschreibt er diesen Standpunkt anhand einer Art Genealogie der Dinge. Unsere Sinneseindrücke (Farben, Töne, Wärmen, Drücke, Räume, Zeiten) sind miteinander verknüpft und an Stimmungen, Gefühle, Wollungen gebunden. „Aus diesem Gewebe tritt das relativ Festere und Beständigere hervor, es prägt sich dem Gedächtnisse ein, und drückt sich in der Sprache aus.“ (Analyse 12) Relativ beständig sind aber nicht nur physische Körper (mein Arbeitstisch, auch wenn er bearbeitet, restauriert und umgebaut wird), sondern auch „der an einen besonderen Körper (den Leib) gebundene Komplex von Erinnerungen, Stimmungen, Gefühlen, welcher als *Ich* bezeichnet

wird.“ (Analyse 13) Auch das Ich ist jedoch, wie alle anderen empirischen Sachverhalte „nur von *relativer* Beständigkeit“ (ebd.). In Wahrheit findet auch hier eine „langsame Änderung“ statt, das Ich bleibt sichtbar nur „in der Kontinuität“ (ebd.). Andere werden einem fremd und man ist nicht in der Lage, sie wiederzuerkennen. Aber nicht nur das. „Man kennt sich persönlich sehr schlecht“ (ebd.) Mach beschreibt die Episode, wo er auf der Straße ein ihm widerwärtiges Gesicht im Profil entdeckte. „Ich erschrak nicht wenig, als ich erkannte, dass es mein eigenes sei, welches ich an einer Spiegelniederlage vorbeigehend durch zwei gegeneinander geneigte Spiegel wahrgenommen hatte.“ (Analyse 13n7) Anstelle des Dinges an sich existieren so nur relativ beständige, einer gewissen Kontinuität unterworfenen Dinge, die meinen und andere Körper und das Ich einschließen. Bloß sind diese Dinge nicht „das Primäre“ (Analyse 29), sondern sind aus elementarerer Tatsachen abgeleitet. Nur diese „Elemente“ (Analyse 23, 29f) sind für Mach geeignet die in (Erhaltung der Arbeit) postulierten Atome zu liefern. Elemente sind nichts anderes als die (im Grunde schon in dem früheren Text definitorisch umrissenen) Tatsachen der Wahrnehmung – eine Farbe, ein Ton, eine Helligkeit, eine Melodie, ein Rhythmus, eine Klangfarbe, eine Form, ein Buchstabe, ein Gesicht, eine Zahl, eine Funktion, ein Begriff, ein Wert, eine Liebe oder ein Hass –, wobei der Standpunkt monistisch ist, das heißt, jede Unterscheidung eines primären Innen und eines sekundären Außen wird ebenso abgelehnt wie ein (im Stil von Avenarius‘ Introjektionsfehler) in Eigenpsychisches und Fremdpsychisches aufgespaltenes Ich. All diese Unterscheidungen sind möglich und zulässig, aber eben nur relativ und vorläufig, ohne die mit ihnen traditionell verbundenen epistemischen Hierarchien (eines sekundären Außen, eines weniger zugänglichen Fremdpsychischen).

Wir befinden uns mit anderen Körpern, Pflanzen, Tieren und Menschen im Raum. Mein Leib hat seine eigenen Verhaltensweisen. Die Beobachtung anderer Menschen jedoch führt „durch eine unwiderstehliche Analogie zur Annahme, dass sie ganz ähnliche Beobachtungen machen wie ich, dass *ihr* Leib für sie dieselbe Sonderstellung einnimmt, wie für mich der *meinige*.“ (Die Leitgedanken 234f) So kommen wir zu wichtigen Unterscheidungen. „Das *allen* gemeinsam Gegebene nennen wir das *Physische*, das nur *Einem* unmittelbar Gegebene, allen andern nur Erschließbare nennen wir das *Psychische*. Das nur Einem Gegebene kann man auch das *Ich* nennen.“ (ebd.) All diese Unterscheidungen sind fundamental, aber ein neutraler Monismus wird dadurch erzwungen, dass nirgends in dem Wechselspiel aus Körpern, meinem und Deinem Leib, meinem und Deinem Ich, ein Primäres, ein absolut festes Gegebenes zu finden ist.

Die Erfahrung lehrt, dass die Welt nur mittelbar gegeben ist. Die Empfindung oder Wahrnehmung ist nur als das Endglied einer von der Umgebung bis ins Gehirn reichenden Kette bestimmt, deren Produkte in bestimmten Situationen auch den Charakter einer Halluzination annehmen können. „In diesem Fall ist eine Berichtigung durch andere Sinne oder auch andere Personen nötig, wenn es sich um ein Urteil handelt, welches wissenschaftlichen, also *sozialen* Wert haben soll.“ (ebd.) Zwar ergänzt Mach, dass man den Ausnahmefall der Halluzination nicht überschätzen soll, da dies wiederum leicht zu „monstreusen idealistischen oder selbst solipsistischen Systemen“ führt (ebd.), aber der Punkt ist, dass diese Betrachtung erzwingt, immer die Gesamtheit der Befunde, vom Physischen Objekt bis zum psychischen Eindruck, ins Kalkül zu ziehen und zueinander in Beziehung zu setzen. Deshalb müssen die empirischen Tatsachen (Elemente) neutral-monistisch, also ohne epistemische Hierarchien aufgefasst werden.

Halluzinationen sind Extrembeispiele ohne große Bedeutung, zumal in der Wissenschaft. Viel wichtiger als diese (vielleicht nur hypothetischen) Fälle von selbständig auftretenden Endgliedern der Wahrnehmungskette sind alle Arten von Variation, die unsere Wahrnehmung erfährt. Die sogenannten optischen Täuschungen, etwa das (scheinbare?) Geknickt-Sein eines Bleistifts, der teilweise über, teils unter der Wasseroberfläche liegt (Analyse 18) ermöglichen in der Elementen-Perspektive eine objektivere Betrachtung, die metaphysische Umwege vermeiden hilft. Ob der Bleistift nur scheinbar oder wirklich geknickt ist, hängt von der Perspektive ab. Der Gedanke von Schein und Wirklichkeit, den Mach auch anhand von Platons Höhlengleichnis illustriert (wir sehen in einer Höhle mit dem Rücken zum Feuer gekehrt sitzend nur die Schatten der Vorgänge), hat durchaus seine anregende Wirkung gehabt. Indem der Gedanke in der Parabel Platons aber nicht ganz zu Ende gedacht wurde, hat er sich ungünstig auf unsere Weltanschauung ausgewirkt. „Die Welt, von der wir doch ein Stück sind, kam uns ganz abhanden, und wurde uns in unabsehbare Ferne gerückt.“ (Analyse 19) Mach empfiehlt daher, der Ökonomie des Denkens gemäß, auf die Unterscheidung von Schein und Wirklichkeit zu verzichten und stattdessen nur von Elementen, die epistemisch alle gleichwertig sind, zu reden.

Es gibt für Mach keine unveränderlichen Substanzen, im Sinne von Kants Ding an sich. Weder die Unveränderlichkeit noch die scharfe Begrenzung von Dingen ist entscheidend, sondern etwas Schwächeres, nämlich die „Kontinuität“, die es unter gewissen Umständen sinnvoll macht, von Dingen oder vom Ich zu reden. „Das Ich ist unrettbar“, einfach „weil jeder nur von sich zu wissen [meint], indem er sich für eine untrennbare von

anderen unabhängige *Einheit* hält“ (Analyse 30). Befreien wir uns von diesen unzulässigen Substanzvorstellungen und überwinden wir die Idee von einem im Dreieck von Körper – Leib – Empfindung festzumachenden Primären und Absoluten, dann ist es kein Problem, im Sinne einer Abstraktion, vom Ich, vom Eigen- und Fremdpsychischen zu sprechen. Entscheidend ist nur, dass wir unter der Gesamtheit der Elemente keinen Teilbereich als ausgezeichnet oder epistemisch primär betrachten.

4. Die ökonomische Natur der Wissenschaft

Machs Elementenlehre ist eine psychologische und sprachtheoretische Angelegenheit, die sich als empirische Umsetzung des zunächst sehr allgemein formulierten Ökonomieprinzips darstellt. Die ursprüngliche Idee des Ökonomieprinzips war aber eine vor allem Wissenschaftstheoretische, in dem Axiom, das Mach dem Nationalökonom Emanuel Herrmann in den Mund legt: „Die Wissenschaft hat eine ökonomische oder wirtschaftliche Aufgabe“ (Erhaltung der Arbeit 56n5).

Grundidee ist die oben skizzierte hypothetisch-deduktive Wissenschaftsauffassung aus (Erhaltung der Arbeit), die Mach später präzisiert: „Alle Wissenschaft hat Erfahrung zu *ersetzen* oder zu *ersparen* durch Nachbildung und Vorbildung von Tatsachen in Gedanken, welche Nachbildungen leichter zur Hand sind als die Erfahrung selbst und diese in mancher Beziehung vertreten können.“ (Mechanik 503) Wissenschaft muss so zwar im Bereich der Erfahrung bleiben, eilt ihr aber mit ihren Einsparungen und Hypothesenbildungen voraus und muss dadurch immer zukünftiger Bestätigungen und Widerlegungen durch neue Tatsachen gewärtig sein. Dieser für den späteren logischen Empirismus charakteristische (und hier vielleicht historisch erstmals formulierte) Fallibilismus zeichnet die Wissenschaft aus: „Wo weder Bestätigung noch eine Widerlegung ist, dort hat die Wissenschaft nichts zu schaffen.“ (Mechanik 511)

Diese die Wissenschaft charakterisierende „unvollständige Erfahrung“ (ebd.) wird von Mach vor allem in (Wärmelehre) in ihrer psychologischen und historischen Dynamik beschrieben, als Prozess einer Anpassung der Gedanken an die Erfahrung (Analyse 36). „Das Ziel der wissenschaftlichen Wirtschaft ist ein möglichst vollständiges, zusammenhängendes, einheitliches, ruhiges, durch neue Vorkommnisse keiner bedeutenden Störung mehr ausgesetztes *Weltbild*, ein Weltbild von möglicher *Stabilität*“ (Wärmelehre 441). Nur von einem solchen Weltbild können wir erfolgreiche Prognosen und Vereinfachung erwarten; nur ein solches Weltbild dient dem menschlichen Streben nach Selbsterhaltung bestmöglich:

Mach vergleicht eine gute (ökonomische) wissenschaftliche Theorie mit einer Maschine mit hohem Wirkungsgrad (ebd.).

Um aber ein stabiles Weltbild mit hohem Wirkungsgrad zu erreichen, müssen wir erst einen Weg zur Anpassung der Gedanken an ein Erfahrungsgebiet finden. Und da muss uns das „Ungewöhnliche“, das „Unverständene“ leiten, von dem „aller Reiz zur Forschung“ ausgeht (Wärmelehre 413). Deswegen sind Zauberei und Wunderglaube für die Entwicklung der Wissenschaft wichtig (ebd.). Denn das Wunder liegt nicht in der zugrundeliegenden Tatsache, sondern im Betrachter. „Wunderbar erscheint eine Tatsache dem, dessen ganzes Denken durch dieselbe erschüttert, und aus der gewohnten geläufigen Bahn gedrängt wird.“ (Wärmelehre 414) Aber das Ungewöhnliche, das empirisch Neue ist nicht Selbstzweck. „Die Auflösung des Ungewöhnlichen in Alltägliches, die *Beseitigung* des *Wunderbaren* ist die notwendige Ergänzung des ersteren“ (Wärmelehre 424), da nur so wissenschaftliche Einsparungen des Empirischen entstehen können. Wissenschaftliche Theorien können auch zu einem Hemmnis und einer Gefahr für die Wissenschaft werden, „sobald man denselben mehr traut und ihren Inhalt für realer hält, als die Tatsachen selbst“ (Wärmelehre 435) Starre Denkgewohnheiten behindern den Fortschritt. „Im Kampfe, im Kompromiss des Urteils mit dem Vorurteil, wenn man so sagen darf, wächst unsere Einsicht.“ (ebd.) Hier geht es also um einen weiteren Aspekt der Anpassung in der Wissenschaft: nicht von Gedanken an die Tatsachen, sondern von Gedanken aneinander.

Mach verlangt einerseits das Streben nach Stabilität und die Suche nach möglichst störungsfreien Weltbildern, andererseits mahnt er die fallibilistische Offenheit für Neues ein, die Theorien nicht über die Tatsachen stellt. Die Wissenschaft ist ein Anpassungsprozess, der keinen nachweislichen Anfang hat, weil jede Problemlösung schon eine feste Denkgewohnheit voraussetzt. Die Wissenschaft hat aber auch kein denkbare Ende insofern immer neue Erfahrungen hinzutreten können. „Die Wissenschaft steht also mitten in dem natürlichen Entwicklungsprozess, den sie zweckmäßig zu leiten und zu fördern, aber nicht zu ersetzen vermag.“ (Wärmelehre 434)

Vorstellungen wie das Kausalprinzip widersprechen diesem ebenso archaischen wie entwicklungsoffenen Blick auf die Wissenschaft und wurden von Mach daher schon früh kritisiert (Erhaltung der Arbeit 33-46). Ursache und Wirkung sind willkürliche Abstraktionen. Die Natur ist dagegen einmalig. „Wiederholungen gleicher Fälle [...] existieren nur in der Abstraktion, die wir zum Zweck der Nachbildung der Tatsachen vornehmen“ (Mechanik 506). Wie Avenarius weigert sich Mach der Wissenschaft ein anderes Ideal zuzugestehen als

das der Beschreibung. Wenn wir eine Ursache angeben, beschreiben wir eine Tatsache. Wenn wir von Gravitation reden, dann mag es zwar so scheinen, als ob wir mit dem Ausdruck den entsprechenden Tatsachen etwas hinzufügen. Was wir aber hinzufügen „ist sicherlich müßig und nutzlos“. (Wärmelehre 484) „Strebt man die Spuren von Fetischismus zu beseitigen, welche dem Begriff Ursache noch anhaften, [...] so führt dies dazu, den Begriff Ursache ganz aufzugeben.“ (Wärmelehre 485) In ähnlicher Weise ist der Begriff der Erklärung metaphysisch aufgeladen. Der Eindruck, dass eine Erklärung mehr liefert als eine Beschreibung entsteht dadurch, dass eine Beschreibung durch eine andere, vielleicht gewohntere ersetzt wird. „Die Sache kann mir dadurch geläufiger werden, es kann sich dadurch eine Vereinfachung ergeben, im Wesen derselben tritt aber keine Änderung ein“ (Wärmelehre 486). Erklärungen und Kausalaussagen sind Beschreibungen und sie fügen auch den vorhandenen Tatsachen keine höhere Sicherheit oder Notwendigkeit hinzu: „Eine andere als eine *logische* Notwendigkeit, etwa eine physikalische, existiert eben nicht.“ (Wärmelehre 487)

5. Antimetaphysik, Wissenschaft und Praxis

Das Ökonomieprinzip Machs postuliert ein epistemisches Ideal, das die Elementenlehre (mit den Mitteln der Psychologie und der Sprachwissenschaft) empirisch umsetzt und das in der Wissenschaft durch einen historischen Standpunkt realisiert wird. In allen Fällen ist die resultierende Betrachtungsweise eine die sich vom Common Sense bzw. vom „Standpunkt des gemeinen Mannes“ und dessen „naivem Realismus“ (Analyse 41) unterscheidet, aber auch von der Metaphysik. Mach unterscheidet hier letztlich drei Dinge. Erstens eine natürliche Weltbetrachtung. Dieser Standpunkt „hat sich ohne das absichtliche Zutun des Menschen in unmessbar langer Zeit ergeben; er ist ein *Naturprodukt* und wird durch die Natur erhalten.“ (ebd.) Zweitens stellt er dieser Anschauung ihr genaues Gegenteil gegenüber: die Metaphysik. „Alles, was die Philosophie geleistet hat – die biologische Berechtigung jeder Stufe, ja jeder Verirrung zugestanden –, ist dagegen nur ein unbedeutendes *ephemeres Kunstprodukt*.“ (ebd.) Komplex ist nun Machs Kritik an der Metaphysik dadurch, dass auch der dritte Standpunkt, nämlich der von ihm empfohlene Wissenschaftliche, künstlich ist oder zumindest nicht wie der Common Sense ein Naturprodukt. Der ökonomische Standpunkt der Wissenschaft ist vielmehr eine normative Empfehlung, die sowohl den natürlichen als auch den metaphysischen Standpunkt transzendiert.

Der natürliche Standpunkt ist der einer Welt von Zusammenfassungen. „Durch ihre hohe praktische Bedeutung nicht nur für das Individuum, sondern für die ganze Art machen sich die Zusammenfassungen ‚Ich‘ und ‚Körper‘ instinktiv geltend und treten mit elementarer Gewalt auf.“ (Analyse 29) In der Welt der Praxis sind diese Zusammenfassungen auch die richtige Wahl, weil sie die Stabilität bringen, die man dort benötigt. „So kann auch das Standesbewusstsein und das Standesvorurteil, das Gefühl für Nationalität, der bornierteste Lokalpatriotismus für gewisse *Zwecke* sehr wichtig sein“ (Analyse 29n30), weil es Einstellungen sind, die bestimmte praktische Aufgaben lösen helfen: In einem borniert lokalpatriotischen Umfeld kann man nur mit einer borniert lokalpatriotischen Argumentation borniert lokalpatriotischen Ziele erreichen. Die weitblickende Forschung denkt anders, auch wenn selbst der Forscher mitunter Egoist sein mag. Die „kleinen gelehrten Lumpereien“ usw. zeigen, „dass auch der Forscher den Kampf ums Dasein kämpft, dass auch die Wege der Wissenschaft noch zum Mund führen, und dass der *reine* Erkenntnistrieb bei unseren heutigen sozialen Verhältnissen noch ein Ideal ist“ (ebd.).

Praxis ist bei Mach negativ besetzt, weil und insofern sie eine wissenschaftlich, künstlerisch und politisch abzulehnende soziale Realität repräsentiert. Um sich in einer schlechten Wirklichkeit behaupten zu können muss man sich ihr anpassen und ihre Regeln akzeptieren. Nur ist dies kein Weg, der irgendeinen Fortschritt bewirken kann. Erst wenn es gelingt, sich von den Zwängen der Praxis freizumachen, kann man Wege entwerfen, die aus den Zwängen und Unvollkommenheiten der Gegenwart hinausführen und die Welt zu neuen Ufern bringen. In diesen „*besonderen* Fällen [...], in welchen es sich nicht um praktische Zwecke handelt, sondern die *Erkenntnis* Selbstzweck wird“, können sich die sonst funktionstüchtigen Zusammenfassungen „als ungenügend, hinderlich, unhaltbar erweisen“ (Analyse 29). Dieses Konzept ist klar zu unterscheiden von der Vorstellung eines interessenlosen Forschens im Elfenbeinturm, wie es etwa von (Textor 2021) bei Mach identifiziert wird. Der interessenlose Nerd im Elfenbeinturm distanziert sich von der Praxis, weil ihm die Welt da draußen gleichgültig ist und er eine transzendente ideale Welt imaginiert, die Mach aber als müßige Illusion empfindet, als in der Aufklärung vergessene „Schimmelflocke [...], die seither mächtig gewuchert hat“ (Sinnliche Elemente 274). Der dem Ideal Machs Folgende dagegen wendet sich nur von den zwar zum momentanen Überleben nötigen, aber auch jeden Fortschritt verhindernden Zwängen des Praktischen ab. Er ist ein Visionär, der durch den reformerischen Blick der Ökonomie des Denkens neue Pfade erschließt, eine neue und bessere Praxis etablieren hilft. „Bewusstseinsinhalte von allgemeiner

Bedeutung“ durchbrechen die Schranken des an überkommene praktische Zwänge gebundenen Individuums „und führen, natürlich wieder an Individuen gebunden, unabhängig von der Person, durch die sie sich entwickelt haben, ein allgemeineres *unpersönliches, überpersönliches* Leben fort“ (Analyse 30). Zu diesem beizutragen „gehört zu dem größten Glück des Künstlers, Forschers, Erfinders, Sozialreformators usw.“ (ebd.)

Die Objektivität, die Mach hier vorschwebt, hat einen allgemeinmenschlichen, nicht auf die Wissenschaft beschränkten Charakter. Sie entsteht in dem Individuum, das sich von den Zwängen einer unvollkommenen Praxis befreit und zum Visionär wird, indem es das ökonomische Denken anwendet, sei es um die Wissenschaft, die Kunst oder die Gesellschaft zu neuen Ufern zu bringen. Die Unrettbarkeit des Ichs ist deshalb die zentrale antimetaphysische Einsicht Machs (hier in größter Nähe zu Avenarius), weil das Ich im Zentrum der rückwärtsgewandten Denkweisen steht, die (in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts in Mitteleuropa) den Fortschritt in Wissenschaft, Kunst und Gesellschaft verhindern. Lassen wir uns von der Psychologie und ihren neuen physiologischen Einsichten belehren und erkennen wir die nur relativ beständige Natur des Ichs und anderer Dinge an, dann führt dies zu einem Umbruch auf vielen Ebenen. Die wissenschaftliche Einsicht führt zu einer neuen Weltauffassung, die uns zwingt auf andere Rücksicht und uns selbst nicht zu wichtig zu nehmen. Es geht um ein „ethisches Ideal“, das Mach gleichermaßen abgrenzt von der Askese und der Egozentrik des Nietzscheschen Übermenschen (Analyse 31). Und, wie er hinzufügt: „So weit auch der Weg ist von der theoretischen Einsicht zum praktischen Verhalten, so kann letzteres der ersteren auf Dauer doch nicht widerstehen.“ (Analyse 31n32)

Machs antimetaphysische Philosophie ist zutiefst reformorientiert. Das Reformersche tritt aber bei Mach nur in Ausnahmefällen in der Gestalt konkreter Vorschläge für Änderungen auf – das wichtigste Beispiel dafür ist die Elementenlehre. Im Wesentlichen ist Machs Ansatz aber der einer Änderungen auf unterschiedlichen Gebieten zwar ermöglichenden, nicht aber selbst konkret ins Werk setzenden Metaphilosophie. Ähnlich dem späteren lebensreformerischen Ansatz im linken Flügel des Wiener Kreises spezifiziert Mach eine bestimmte Weltanschauung oder Lebenseinstellung – die Ökonomie des Denkens – als Algorithmus zur Etablierung neuer Denkweisen in Wissenschaft, Kunst und Politik. Er exerziert diesen Algorithmus vor, am Beispiel der Philosophie, der Psychologie und der Wissenschaftsgeschichte. Der Gesamtanspruch geht jedoch darüber hinaus. Und eben dadurch, dass er eine vollständige Ethik oder Theorie der Praxis mitliefert – akzeptiere die

Praxis, so lange Du sie mitgestalten und Dich in ihr behaupten musst, aber setze Dich dann auch nach Möglichkeit über sie hinweg und entwirf sie nach den Grundsätzen der Denkökonomie neu – wird seine Philosophie zu einer politischen, ästhetischen und moralischen Angelegenheit, mit Reformpotential auf allen Ebenen: Wissenschaft, Kunst, Gesellschaft und Politik.

5. WIRKUNG

Machs Wirkung überlappt sich mit den in § 6 beschriebenen allgemeinen Gesichtspunkten der Wirkungsgeschichte von Empiriokritizismus, Positivismus und philosophierender Physik (siehe dort). Auf Machs Bedeutung für die Experimentalphysik, Technik, Pädagogik, Psychologie und Wissenschaftsgeschichte kann hier nicht näher eingegangen werden (vgl. Stadler 2019b,c). Stattdessen hier nur ein paar Worte zur spezifisch von Mach ausgehenden Wirkung auf die Philosophie. Diese kann, den Empiriokritizismus im engeren Sinn außen vor lassend, in vier Hauptbereiche geteilt werden: (1) wissenschaftsphilosophische Debatten an denen Mach beteiligt war, (2) Brentano, Husserl und Strömungen in deren Umfeld, (3) der Pragmatismus, (4) der Wiener Kreis und der Logische Empirismus.

(1) Die wissenschaftsphilosophischen Debatten, an denen Mach, von der schon erwähnten Debatte der Relativitätstheorie Einsteins abgesehen, beteiligt war (Thiele 1966), umkreisen alle das Realismusproblem und die Atomismusfrage. Machs Kritik an der Atomhypothese wurde von Ludwig Boltzmann (1844-1906), Machs Nachfolger auf dem Wiener Lehrstuhl, zurückgewiesen, obwohl dieser ansonsten durchaus dem Empiriokritizismus nahestand (Scheibe 2006, 80-99). Weiter polarsisierend wirkte die Kritik von Max Planck (1858-1947), der Machs Monismus einen wissenschaftlichen Realismus entgegenhielt (Die Leitgedanken, Scheibe 2006, 51-79). In der Mach-Schule führten zum Teil bizarre Interpretationen seiner Theorien bei manchen Vertretern zur Ablehnung der Relativitätstheorie sowie einer Verpflichtung auf die Ideen der „deutschen Physik“ (Wolters 1987). Die wissenschaftsphilosophische Mach-Rezeption versickerte danach und erhielt, vorbereitet durch die biografischen und wirkungsgeschichtlichen Arbeiten von Joachim Thiele (1966, 1968, 1978), Robert Cohen (Cohen und Seeger 1970), John T. Blackmore (1972) und Klaus Hentschel (Blackmore und Hentschel 1985) durch Paul Feyerabend (Feyerabend 1988), Rudolf Haller, Friedrich Stadler (Haller und Stadler 1988, Stadler 1997), Michael Heidelberger (1993) und Gereon Wolters (1987) neue Impulse, bevor die HOPOS

(Geschichte der Wissenschaftstheorie) Szene in den vergangenen drei Jahrzehnten begann, sich auf Mach zu besinnen (zur Bestandsaufnahme Stadler 2019a,b, Preston 2021).

(2) Machs Wirkung auf die oft so genannte österreichische Philosophie nimmt dadurch eine Sonderstellung ein, dass zwar die Mehrzahl der in (Smith 1994, 2-3) dieser Strömung zugeschriebenen Features tatsächlich auch für Mach und seine Nachfolger im Wiener Kreis gelten – nämlich Orientierung an den empirischen Wissenschaften, Sympathie für den britischen Empirismus, kritische Einstellung zu Kant, eine Art von mereologischem Denken – , während Mach und der Wiener Kreis sich aber von der österreichischen Philosophie um Franz Brentano (1838-1917) und Edmund Husserl (1859-1938) durch ihre antimetaphysische Einstellung und ihren Empirismus unterscheiden. Das hatte zur Folge, dass Mach selbst stets die Distanz wahrte, zu Denkern wie Brentano und Husserl, die nie Aufnahme in die zahlreichen Listen von ihm nahestehenden Denkern gefunden haben, die über Machs Schriften verstreut sind; wohl aber gibt es Bemerkungen kritischer Distanz zu Husserl (Mechanik 516-518) und Carl Stumpf (1848-1936) (Sinnliche Elemente 267-270). Der Apriorismus und die metaphysische Einstellung bei Husserl und Brentano waren mit Mach inkompatibel, der darin nur die mächtige Wucherung einer in der Aufklärung vergessenen Schimmelflocke sah, was aber nichts daran ändert, dass Mach mit der Gestalttheorie eine für die Philosophie und Psychologie des zwanzigsten Jahrhunderts zentrale Strömung mitinspiriert hat, die ihrerseits in einem Zusammenhang zur österreichischen Philosophie steht (Mulligan und Smith 1988).

(3) Der amerikanische Pragmatismus (in der Gestalt von James) und seine europäischen Ableger wurden von Mach durch seine langjährigen Interaktionen mit James und Wilhelm Jerusalem (1854-1923) beeinflusst (Klein 2021). Die Nähe von Machs neutralem Monismus zu den monistischen Anschauungen bei James und Bertrand Russell (1872-1970) wurde neuerdings zu einem originellen Brückenschlag zwischen Österreich, England und den USA ausgewertet (Banks 2014), auch wenn direkte Bezüge Machs zur britischen Philosophie am Beginn des 20. Jahrhunderts fehlen: Hier lag die Inspiration eher bei der Auseinandersetzung Machs mit früheren Denkern wie Mill, Darwin, Herbert Spencer (1820-1903) und, mit Einschränkungen, David Hume (1711-1776). Die Übereinstimmungen mit James haben auch eher den Charakter von zufälliger Familienähnlichkeit und gehen weniger auf einen direkten Einfluss Machs zurück: es sind eben diese Familienähnlichkeiten, die den Brückenschlag rechtfertigen.

(4) Die wichtigste Wirkungslinie der Philosophie Machs ist ohne Zweifel die im Wien der Jahrhundertwende ausgehende lokale. Ludwig Wittgensteins (1889-1951) Wien ist vor allem Machs Wien gewesen (Hintikka 2001, 82f) und Mach hat nicht zuletzt auch Wittgenstein stark beeinflusst (ebd., 90-98), aber etwa auch Robert Musil (1880-1942) (Musil 1908), Fritz Mauthner (1849-1923), Theodor Gomperz (1832-1912) und Heinrich Gomperz (1873-1942) sowie Friedrich Adler (1849-1960) (Haller und Stadler, 212-305). Viel mehr aber waren es der Wiener Kreis und dessen öffentliche Erscheinungsform, der Verein Ernst Mach (Stadler 1997), durch die Mach den Logischen Empirismus und in weiterer Folge die gesamte Wissenschaftstheorie des zwanzigsten Jahrhunderts mitgeprägt hat (Stadler 2021). Grundlegende philosophische Konzepte und Theorien gehen, nicht zuletzt durch die Prägung im ersten Wiener Kreis (Stadler 2021, 185-196, Uebel 2000), auf Mach zurück bzw. beziehen sich auf diesen. Das gilt für Otto Neuraths (1882-1945) Theorien über Protokollsätze, Ballungen, Einheitswissenschaft und seine Auffassung der Wissenschaftsgeschichte insgesamt; Hans Hahns (1879-1934) Ideen über überflüssige Wesenheiten; Philipp Franks (1884-1966) Kritik am Kausalgesetz; selbst in Rudolf Carnaps (1891-1970) *Aufbau* spielt Mach wie erwähnt eine wichtige Rolle im Hintergrund. Aber Machs Einfluss liegt auch in einem allgemeineren, subkutanen Sinn vor, indem zentrale Konzepte des (linken) Wiener Kreises wie die Antimetaphysik und die Einheitswissenschaft, gemeinsam mit der diesen zugrundeliegenden lebensreformerischen und marxistischen Einstellung (vgl. § 6) einen Machschen Kern aufweisen. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass der Einfluss Machs auf den Wiener Kreis weniger auf der Ebene der Wissenschaftstheorie zu finden ist – mit der Ausnahme des allerdings zum Teil Mach-kritisch eingestellten Moritz Schlick (1882-1936) – als auf der Ebene metaphilosophischer, ethischer und politischer Konzepte.

6. BIBLIOGRAPHIE

1. Primärliteratur. – 2. Sekundärliteratur.

1. PRIMÄRLITERATUR

Compendium der Physik für Mediciner (Wien 1863)

Vorträge über Psychophysik, in: Oesterreichische Zeitschrift für praktische Heilkunde 9 (1863), 146-148, 167-170, 202-204, 225-228, 242-245, 260-261, 277-279, 294-298, 316-318, 335-338, 352-354, 362-366

Bemerkungen zur Lehre vom räumlichen Sehen, in: Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik 46 (1865), 1-5, auch in: Vorlesungen 99-103

- Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit (Prag 1872)
- Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Historisch-kritisch dargestellt (Leipzig 1883, die 7. Auflage Leipzig 1912 hier zitiert nach Ernst Mach Studienausgabe Bd. 3, Hrsg. Gereon Wolters und Giora Hon, Berlin 2012)
- Die Analyse der Empfindungen (Jena 1886 als „Beiträge zur Analyse der Empfindungen“, die 6. Auflage Jena 1911 hier zitiert nach Ernst Mach Studienausgabe Bd. 1, Hrsg. von Gereon Wolters, Berlin 2008)
- Populärwissenschaftliche Vorlesungen (Leipzig 1896, die 5. Auflage Leipzig 1923 hier zitiert nach Ernst Mach Studienausgabe Bd. 4, Hrsg. Elisabeth Nemeth und Friedrich Stadler, Berlin 2014)
- Die Prinzipien der Wärmelehre. Historisch-kritisch entwickelt (Leipzig 1896, die 2. Auflage Leipzig 1900 hier zitiert nach Ernst Mach Studienausgabe Bd. 5, Hrsg. Michael Heidelberger und Wolfgang Reiter, Berlin 2016)
- Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung (Leipzig 1905, die 2. Auflage Leipzig 1906 hier zitiert nach Ernst Mach Studienausgabe Bd. 2, Hrsg. Elisabeth Nemeth und Friedrich Stadler, Berlin 2011)
- Die Leitgedanken meiner naturwissenschaftlichen Erkenntnislehre und ihre Aufnahme durch die Zeitgenossen, in: *Scientia* 7 (1910), 225-240
- Sinnliche Elemente und naturwissenschaftliche Begriffe, in: *Pflüglers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere* 136 (1910), 263-274, auch in: *Vorlesungen* 463-476
- Die Prinzipien der physikalischen Optik. Historisch und erkenntnispsychologisch entwickelt (Leipzig 1921, hier zitiert nach Ernst Mach Studienausgabe Bd. 6, Hrsg. Dieter Hoffmann und Josef Pircher, Berlin 2020)
- Ernst Mach Nachlass: Deutsches Museum, München (2.600 Briefe, wiss. Notizbücher, Manuskripte, Fotografien)
- <https://www.deutsches-museum.de/archiv/bestaende/nachlaesse/verzeichnis/m/mach-ernst/>

2. SEKUNDÄRLITERATUR

- Banks, Erik C.: *Ernst Mach's World Elements. A Study in Natural Philosophy* (Dordrecht 2003)
- Banks, Erik C.: *The Realistic Empiricism of Mach, James, and Russell. Neutral Monism Reconceived* (Cambridge 2014)
- Belke, Ingrid: *Die sozialreformerischen Ideen von Josef Popper-Lynkeus (1938-1921)* (Tübingen 1978)
- Blackmore, John: *Ernst Mach. His Life, Work, and Influence* (Berkeley 1972)
- Blackmore, John und Klaus Hentschel (Hrsg.): *Ernst Mach als Außenseiter. Machs Briefwechsel über Philosophie und Relativitätstheorie mit Persönlichkeiten seiner Zeit* (Wien 1985)
- Carnap, Rudolf: *Der logische Aufbau der Welt* (Berlin 1928)
- Cohen, Robert S. und Raymond J. Seeger: *Ernst Mach. Physicist and Philosopher* (Dordrecht 1970)
- Dahms, Hans-Joachim und Friedrich Stadler: *Die Philosophie an der Universität Wien von 1848 bis zur Gegenwart*, in: Katharina Kniefacz et al. (Hrsg.): *Universität – Forschung – Lehre* (Göttingen 2015), 77-131
- Feyerabend, Paul: *Machs Theorie der Forschung und ihre Beziehung zu Einstein*, in: Rudolf Haller und Friedrich Stadler (Hrsg.): *Ernst Mach – Werk und Wirkung* (Wien 1988), 435-462
- Haller, Rudolf und Friedrich Stadler (Hrsg.): *Ernst Mach. Werk und Wirkung* (Wien 1988)

- Heidelberger, Michael: Die innere Seite der Natur. Gustav Theodor Fechners wissenschaftlich-philosophische Weltauffassung (Frankfurt/Main 1993)
- Hentschel, Klaus: Mach, Ernst, in: Neue Deutsche Biografie 15 (1987), 605-609
- Hentschel, Klaus: Proposal for a Complete Edition of Ernst Mach's Correspondence, in: Friedrich Stadler (Hrsg.): Ernst Mach. Life, Work, Influence (Cham 2019), 675-680
- Hintikka, Jaakko: Ernst Mach at the Crossroads of 20th Century Philosophy, in: Juliet Floyd und Sanford Shieh (Hrsg.): Future Pasts. The Analytic Tradition in Twentieth-Century Philosophy (Oxford 2001), 81-100
- Klein, Alexander: On the Philosophical and Scientific Relationship between Ernst Mach and William James, in: John Preston (Hrsg.): Interpreting Mach. Critical Essays (Cambridge 2021), 103-122
- [Mach, Ernst]: Three Autobiographical Manuscripts by Ernst Mach [3 Manuskripte von 1880 (405-406), 1910 (406-410) und 1913 (411-417), ediert und kommentiert von John T. Blackmore], in: Annals of Science 35 (1978), 401-418
- [Mach, Marie]: Erinnerungen einer Erzieherin. Nach Aufzeichnungen von *** mit einem Vorwort herausgegeben von Ernst Mach (Wien 1912)
- Mulligan, Kevin und Barry Smith: Mach and Ehrenfels. The Foundations of Gestalt Theory, in: Barry Smith (Hrsg.): Foundations of Gestalt Theory (München 1988), 124-157
- Musil, Robert: Beitrag zur Beurteilung der Lehren Machs (Dissertation Universität Wien 1908)
- Pojman, Paul: Ernst Mach, in: The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2020 Edition) <https://plato.stanford.edu/archives/win2020/entries/ernst-mach/>
- Popper-Lynkeus, Josef: Über die Grundbegriffe der Philosophie und die Gewißheit unserer Erkenntnisse, in: Erkenntnis 3 (1932/1933), 301-324
- Preston, John (Hrsg.): Interpreting Mach. Critical Essays (Cambridge 2021)
- Scheibe, Erhard: Die Philosophie der Physiker (München 2006)
- Smith, Barry: Austrian Philosophy. The Legacy of Franz Brentano (Chicago 1994)
- Stadler, Friedrich: Ernst Mach – Zu Leben, Werk und Wirkung, in: Rudolf Haller und Friedrich Stadler (Hrsg.): Ernst Mach. Werk und Wirkung (Wien 1988), 11-57
- Stadler, Friedrich: Studien zum Wiener Kreis (Frankfurt/Main 1997, 2. Auflage Cham 2015)
- Stadler, Friedrich: Nur ein philosophischer „Sonntagsjäger“? – Der Naturforscher Ernst Mach, in: Friedrich Stadler (Hrsg.): Ernst Mach. Zu Leben, Werk und Wirkung (Cham 2019c), 1-20
- Stadler, Friedrich: Ernst Mach and the Vienna Circle. A Re-evaluation of the Reception and Influence of His Work, in: John Preston (Hrsg.): Interpreting Mach. Critical Essays (Cambridge 2021), 184-207
- Stadler, Friedrich (Hrsg.): Ernst Mach. Zu Leben, Werk und Wirkung (Cham 2019a)
- Stadler, Friedrich (Hrsg.): Ernst Mach. Life, Work, Influence (Cham 2019b)
- Stadler, Friedrich und Thomas Uebel (Hrsg.): Wissenschaftliche Weltauffassung. Der Wiener Kreis. Hrsg. vom Verein Ernst Mach (1929) (Wien 2012)
- Swoboda, Wolfram: Physik, Physiologie und Psychophysik – Die Wurzeln von Ernst Machs Empiriekritizismus, in: Rudolf Haller und Friedrich Stadler (Hrsg.): Ernst Mach. Werk und Wirkung (Wien 1988), 356-403
- Textor, Mark: Mach's Neutral Monism, in: HOPOS 2021 <https://doi.org/10.1086/712943>
- Thiele, Joachim: Zur Wirkungsgeschichte der Schriften Machs, in: Synthese 20 (1966), 118-130
- Thiele, Joachim (Hrsg.): Briefe deutscher Philosophen an Ernst Mach, in: Synthese 18 (1968), 285-301

Thiele, Joachim: Paul Carus und Ernst Mach. Wechselbeziehungen zwischen deutscher und amerikanischer Philosophie um 1900, in: *Isis* 62 (1971), 208-219

Thiele, Joachim (Hrsg.): *Wissenschaftliche Kommunikation. Die Korrespondenz Ernst Machs* (Kastellaun 1978)

Uebel, Thomas: *Vernunftkritik und Wissenschaft. Otto Neurath und der erste Wiener Kreis* (Wien 2000)

Wolters, Gereon: *Mach I, Mach II, Einstein und die Relativitätstheorie. Eine Fälschung und ihre Folgen* (Berlin 1987)