



universität
wien

MASTERARBEIT/ MASTER'S THESIS

Die Funktion der Phantasie
in der Erkenntnistheorie Ernst Machs

verfasst von/ submitted by

Robindro von Gierke

angestrebter akademischer Grad/ in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Master of Arts (MA)

Wien, 2018 / Vienna, 2018

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066 944

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Interdisziplinäres Masterstudium
Wissenschaftsphilosophie und
Wissenschaftsgeschichte

Betreut von /
Supervisor

Univ.Prof.i.R.Dr.Friedrich Stadler

Einleitung.....	3
Teil I	4
Psychologie der Forschung.....	4
Kontext des Entdeckens und Kontext der Rechtfertigung	4
Heuristik.....	5
Werkschau.....	7
Teil II	15
Mach und die Naturforschung	15
Antimetaphysik.....	15
Die Läuterung der Wissenschaften	15
Metaphysikfreie psychische Vorgänge	16
Einheit von Physik und Psychologie.....	17
Leib-Seele-Problem und Kausalität	17
Elemente und Ich	20
Neutraler Monismus	22
Historisch-kritische Methode und evolutionäre Wissenschaftstheorie.....	25
Überleben und Fortschritt	25
Innerpsychische Vorgänge und deren Erforschung.....	26
Kritische Darstellungsweise	28
Biologische Natur der Erkenntnis	29
Denkökonomie.....	30
Ersparnis, Kausalität und Theorieskepsis.....	31
Ökonomie und das Gedankenexperiment.....	33
Die ökonomische Methode.....	34
Psychisches.....	36
Gedanken und deren Erforschung.....	36
Abstraktion, Heuristik und Logik.....	38
Begriffe und Sprache.....	39
Vorstellung und Empfindungen	41
Assoziationen und ihre Gesetzmäßigkeit.....	42
Teil - III	46
Phantasie.....	46
Der Mensch, die äußeren Bedingungen und die Phantasie	46

Phantasie als Arbeit	47
Wucherung und Anschaulichkeit	50
Künstlerische Halluzinationen und wissenschaftliche Begriffe	51
Lenken und Stimulieren der Phantasie	54
Gedankenexperiment als angewandte Phantasie	56
Phantasie und Denkökonomie	57
Die Funktion der Phantasie	60
Teil - IV	63
Machs Phantasie und interdisziplinäre Kreativitätsforschung.....	63
Literaturverzeichnis.....	67
Kurzzusammenfassung.....	73
Abstract	74

Einleitung

Wer die Entwicklungsgeschichte der Wissenschaft kennt, oder wer an der Forschung teilgenommen hat, wird nicht bezweifeln, dass die wissenschaftliche Forscherarbeit eine recht starke Phantasie erfordert.¹

In vorliegender Arbeit ist es meine Absicht den Begriff der Phantasie in den Werken Ernst Machs herzuleiten und in seine Erkenntnistheorie einzubetten.

Der erste Teil der Arbeit verortet die Erkenntnistheorie Machs vor dem konzeptuellen Bruch in der Wissenschaftsphilosophie zwischen dem Kontext der Rechtfertigung und dem Kontext des Entdeckens. In einer kurzen bibliographischen Skizze gehe ich auf den Inhalt der Hauptwerke Machs ein und weise auf die kontinuierliche Ausarbeitung der psychologischen Aspekte hin.

Im zweiten Teil erläutere ich die Naturforschung Machs. Hier kann ich mich auf eine mannigfaltige und exzellente literarische Vorarbeit stützen. Meine Betrachtung soll besonders den Bereich der psychologischen Vorgänge beleuchten. Beginnend mit Machs antimetaphysischer Einstellung, werden der neutrale Monismus, die historisch-kritische Methode und die evolutionäre Wissenschaftstheorie erläutert. Das Prinzip der Denkökonomie wird als Teil der Machschen Erkenntnistheorie und Methode ausgeführt. Zuletzt gehe ich auf die Bausteine der menschlichen Gedankenwelt ein.

Im dritten Teil beschreibe ich die Phantasie als menschliches, beeinflussbares Vermögen. Ihre Funktion, Erfahrung gedanklich zu ersetzen dient dem Auffinden neuer Relationen in den Umweltvorgängen. Für die wissenschaftliche Arbeit ist eine bestimmte Art der Phantasietätigkeit notwendig. Diese findet eine konkrete Anwendung im Gedankenexperiment. Durch die relative Unabhängigkeit der Phantasie von der Erfahrung ist es notwendig ein Regulativ - die Denkökonomie - zu installieren. Dieses Spannungsfeld wird erläutert. Zum Schluss gebe ich einen kurzen Einblick in die moderne Kreativitätsforschung und weise auf die Vorteile interdisziplinärer Forschung hin, die in den Darstellungen Machs bezüglich der Phantasie bereits in grundlegender Weise vorhanden sind.

¹ Ernst Mach, *Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung*. Neudruck der 2. Auflage von 1906. Mit einer Einleitung hrsg. von Elisabeth Nemeth und Friedrich Stadler. Berlin: xenomoi 2011, (=Ernst-Mach-Studienausgabe hrsg. von Friedrich Stadler, Band 2), S.163.

Teil I

Psychologie der Forschung

Kontext des Entdeckens und Kontext der Rechtfertigung

„Ernst Mach war ein Wissenschaftler. Er war ein Physiker, ein Psychologe, ein Wissenschaftshistoriker und ein Ideenhistoriker.“² So beginnt Paul Feyerabend seine kurze Zusammenschau der Verdienste Ernst Machs. Besonders hervorgehoben wird „Machs Auffassung von der Natur der Forschung“. Durch einen monistischen Standpunkt, welcher die Zweige der Physik, der Psychologie, der Physiologie und letztlich aller Erfahrungswissenschaften als Teile eines Stammes der Wissenschaften in ihrem Auseinandersetzungsgebiet eint, werden Aussagen über das Forschen ermöglicht. Dieses ist insbesondere das Entdecken und Auffinden von Zusammenhängen in der Natur und das Beschreiben von Vorgängen. Gepaart mit einer antimetaphysischen Haltung, die alle Erkenntnisse auf empirisch gewonnene Sinnesdaten reduzierbar macht, gelangt Mach so zu einem Punkt, an dem „Erkenntnistheorie und Wissenschaft (...) nach langer Zeit wieder zusammen [arbeiten].“³ Der Vorteil einer solchen Vereinigung liegt darin, dass eine Beschreibung des Erkenntnisprozesses als möglich gedacht wird und hoffnungsvollen Forschern auf dem Weg zum Erlangen neuer Erkenntnisse theoretisch und methodisch geholfen werden kann.

Mach befindet sich historisch gesehen vor einem konzeptuellen Bruch in der Wissenschaftsphilosophie; zwei Grundprobleme wurden später isoliert und versucht voneinander abzugrenzen: Einerseits der Kontext des Entdeckens und andererseits der Kontext der Rechtfertigung. Popper stellt diese Trennung anschaulich dar, wenn er argumentiert, dass der Moment der Eingebung und die ihm zugrundeliegenden Prozesse weder einer logischen Analyse bedarf, noch dieser unterzogen werden kann⁴. Wenn die Ursachen für Inspiration verstanden werden sollen, dann als Teil der empirischen Psychologie, nicht der Logik. Popper meint eine rationale Rekonstruktion der Wege der Erkenntnis ausschließen zu können und betont, dass irrationale Bestandteile, wie zum Beispiel Intuition

² Paul Feyerabend, *Ausgewählte Schriften. 2. Probleme des Empirismus: Schriften zur Theorie der Erklärung, der Quantentheorie und der Wissenschaftsgeschichte*. Braunschweig [u.a.]: Vieweg 1981, S.51.

³ Ebd., S.53.

⁴ Karl R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery*. Tenth impression (revised) February 1980. London: Hutchinson & Co. 1980, S.31f.

oder Einfühlung Grundlage für Entdeckungen bilden. An dieser Stelle verweist Popper auch auf Machs Ansichten bezüglich seiner Empfehlungen an Forscher⁵. Mach hingegen verweist auf die Rolle des Zufalls und empfiehlt „oftmalige und vielfache Durcharbeitung des Forschungsgebietes“ und schreibt weiter, dass Gedanken „ohne Anstrengung, wie eine Inspiration“ eintreten können.⁶ Gleichzeitig versucht er - wie der Untertitel von *Erkenntnis und Irrtum* verdeutlicht - eine Skizze der Psychologie der Forschung anzufertigen, geht also davon aus eine annähernde Rekonstruktion der gedanklichen Prozesse bei der Entdeckung wissenschaftlicher Erkenntnisse versuchen und darstellen zu können. Mach weiß trotzdem, dass eine genaue Vorlage zum Forschen nicht gegeben werden kann, wie schon vor ihm unter anderem John Stuart Mill feststellte. „Invention, though it can be cultivated, cannot be reduced to rule; there is no science which will enable a man to bethink himself of that which will suit his purpose“⁷

Heuristik

Dementsprechend kann Machs Rekonstruktion als ein Versuch gelesen werden die Kunst des Entdeckens und Erfindens anzudeuten und dadurch zu beflügeln; eine abschließende Beschreibung ist sicherlich nicht sein Ziel. Keine bestimmte Logik wird als Grundgerüst der Erkenntnis anerkannt; für ihn sind „Syllogismus und Induktion“ Werkzeuge zur Erleichterung, Vereinfachung und „Herstellung der Widerspruchslosigkeit zwischen unseren Erkenntnissen“ und nicht in Stein gemeißelte Denkschemata⁸. Das Gegenteil wird zum Beispiel vom frühen Reichenbach und von Mill behauptet, zudem von Apelt und Whewell, deren Philosophien Mach kritisiert. Diese erheben den logischen Vorgang der Induktion zum Prinzip der Erkenntnisgewinnung und stellen sie als die gültige wissenschaftliche Methode dar.⁹ Wenn man einer bestimmten Art der Schlussfolgerung einen deutlichen heuristischen Wert zuschreiben will, so greift man besser auf Charles S. Peirce zurück. Dieser erkannte neben der

⁵ Ebd., S.32, Fussnote 1.

⁶ Ernst Mach, *Prinzipien der Wärmelehre. Historisch-kritisch entwickelt*. Neudruck der 2. Auflage von 1900. Mit einer Einleitung hrsg. von Michael Heidelberger und Wolfgang Reiter. Berlin: xenomoi 2016, (= Ernst-Mach-Studienausgabe hrsg. von Friedrich Stadler, Band 5), S.493.

⁷ John Stuart Mill, *A System of Logic, Ratiocinative and Inductive: Being a Connected View of the Principles of Evidence, and the Methods of Scientific Investigation. Books I-III*. Neudruck der 8. Auflage von 1872. Mit einer Einleitung von R.F. McRae, hrsg. von John M. Robson. Toronto und London: University of Toronto Press/ Rutledge and Kegan 1974, (= Collected Works of John Stuart Mill Volume VII hrsg. von J.M. Robson), S.285.

⁸ Vgl. Ernst Mach, *Erkenntnis und Irrtum*. S.323, Fussnote 553.

⁹ Vgl. Mill, *System* und Hans Reichenbach „Kausalität und Wahrscheinlichkeit“, in: *Erkenntnis*, 1(1)/1930, S. 158-188. Vgl. insbesondere S.186. Vgl. auch Ernst Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.320 ff.

Deduktion und Induktion auch die Abduktion, die einen Schluss auf eine Regel ausgehend von Einzelfall und dem vorliegenden Ergebnis beinhaltet¹⁰. Im Kontext der Entdeckung wurde die Hypothesenbildung und der aus ihr gesprossene Schluss auf die beste Erklärung¹¹ genutzt um eine rationale Rekonstruktion, unter konsequenter Ausklammerung psychologischer Aspekte, zu versuchen.

Die Hypothese ist bei Mach ein historisch gewordener Begriff der wissenschaftlichen Annäherung zur Erschließung der Zusammenhänge von Tatsachen und besteht darin, mittels „der vorläufigen Ergänzung der Tatsache in Gedanken (...) zunächst eine raschere Erweiterung der *Erfahrung*“ zu bewirken.¹² Die Erfahrung ist bei Mach immer die Grundlage zur Überprüfung von Aussagen und Beschreibungen; bestimmte innerpsychische Vorgänge können dieser allerdings vorauslaufen, zum Zwecke des Erschauens von Zusammenhängen. Historisch und evolutionär stellt „die naturwissenschaftliche Hypothesenbildung nur eine weitere Entwicklungsstufe des instinktiven primitiven Denkens“ dar¹³ und beruht auf der „*Gedankenerfahrung*, welche zur Erprobung durch die *physische Erfahrung* antreibt“¹⁴. Gereon Wolters erläutert, dass Mach „die Unterscheidung von Wissenschaft als Forschung und Wissenschaft als Darstellung“ kennt und in seiner Theorie der Forschung einen „pragmatisch-kohärenztheoretischen Standpunkt vor dem Hintergrund einer biologisch-instrumentalistischen Wissenschaftsauffassung“ einnimmt.¹⁵ Deshalb sieht Wolters in Machs Ausführungen keinen Kodex der korrekten Forschung, sondern weist darauf hin, dass „[z]u lernen also nur *Leitmotive*, *Topoi* der Forschung, *keine Algorithmen* [sind]. Es gibt m. a. W. keinen logisch-verfahrensmäßigen Königsweg zu Forschung und Fortschritt. Es gibt *keine Verfahrensheuristik*, die man *lernen*, sondern nur *Beispiele*, an denen man *üben* kann.“¹⁶ In diesem Sinne lassen sich die Beschreibungen der gedanklichen Vorgänge in Machs Werken als nicht streng definierte Anleitung zum Forschen lesen, ohne dogmatische Pflicht, wohl aber mit

¹⁰ Charles S. Peirce, *Illustrations of the Logic of Science*. Hrsg. von Cornelis de Waal. Chicago: Open Court 2014, S.168-170.

¹¹ Peter Lipton, *Inference to the best explanation*. 2nd edition, London [u.a.]: Routledge 2004, S.56 ff.

¹² Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.245.

¹³ Ebd., S.243.

¹⁴ Ebd., S.245.

¹⁵ Gereon Wolters, „Topik der Forschung: Zur wissenschaftstheoretischen Funktion der Heuristik bei Ernst Mach“, in Clemens Burrichter, Rüdiger Inhetveen, Rudolf Kötter (Hrsg.), *Technische Rationalität und rationale Heuristik*. Paderborn: Ferdinand Schöningh 1986, S.133.

¹⁶ Ebd., S.140.

historischer Vorbildfunktion, feiner Selbstbeobachtung und der Mahnung zu fortwährender Mühe.

Der Prozess, der diese Gedankenerfahrungen und Hypothesenbildungen ermöglicht, ist - wenn man diesen auf einer höheren Stufe als dem Instinkt betreibt und abstrakte Vorstellungen in Gedanken nutzt - die Phantasie. Sie ist ein Teil des Begründungszusammenhangs in der Erkenntnislehre Machs, der „die Dualismen von Entstehungs- und Begründungszusammenhang sowie von Erklären und Verstehen zu überwinden¹⁷“ versucht.

Die Phantasie ist ein heuristisches Mittel in Machs Erkenntnistheorie, die nicht in den Begriffen der Logik zu fassen, aber mit der monistischen Methode wissenschaftlich beschreibbar ist. „Es ist das Werk und die Rolle der *Phantasie*, die nach Mach allein in der Lage ist, uns aus den Bahnen des Gewohnten, immer wieder Erwarteten zu führen.“¹⁸ Diese Arbeit versucht den Begriff der Phantasie im Werk Ernst Machs herzuleiten, ihre Funktion zu beschreiben und diese in die Erkenntnislehre einzuordnen.

Werkschau

Die Beschreibung der Phantasietätigkeit ist durch Ernst Machs erkenntnistheoretische Vorstellungen im Laufe der Jahre konkretisiert und verfeinert worden. Dies gilt für alle Aspekte seiner Auseinandersetzung mit dem Ziel einer möglichst umfassenden und detaillierten Orientierung in der Welt. Anhand des Erscheinens der Hauptwerke lässt sich die Entwicklung grob zusammenfassen.

In „Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit“, das Mach während seiner Zeit in Prag 1872 schrieb¹⁹, wird bereits jede Form von Metaphysik abgelehnt und die historisch-kritische Methode zu der sinnvollsten Art und Weise erklärt, um sich mit dem Zustandekommen naturwissenschaftlicher Begriffe zu beschäftigen.

¹⁷ Friedrich Stadler, „History and Philosophy of Science. Zwischen Deskription und Konstruktion.“ In: *Berichte Zur Wissenschaftsgeschichte*, 35(3)/2012, 217-238, S.222.

¹⁸ Rudolf Haller, „Poetische Phantasie und Sparsamkeit“, in Rudolf Haller und Friedrich Stadler (Hrsg.), *Ernst Mach - Werk und Wirkung*. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky 1988, S.352.

¹⁹ Ernst Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Historisch-kritisch dargestellt*. Neudruck der 7. verbesserten und vermehrten Auflage Leipzig 1912. Mit einer Einleitung und Anmerkungen von Gereon Wolters und Giora Hon. Berlin: xenomoi 2012, (=Ernst-Mach-Studienausgabe hrsg. von Friedrich Stadler, Band 3), S. X.

Ich muss mich hier gleich dagegen verwahren, dass diese Untersuchung etwa für eine metaphysische gehalten werde. Metaphysisch pflegen wir diejenigen Begriffe zu nennen, von welchen wir vergessen haben, wie wir dazu gelangt sind. Man kann nie den thatsächlichen Boden unter den Füßen verlieren oder gar mit den Thatsachen in Collision gerathen, wenn man stets auf den Weg zurückblickt, den man gegangen.²⁰

In diesem Sinne wird auch „[d]er Masse-Begriff von Newton als Maß der Materie (...) als metaphysisch kritisiert und auf den Begriff der Beschleunigung reduziert.“²¹ Die antimetaphysische Haltung ist klar gegeben und die Wahl der historisch-kritischen Methode eine sinnvolle, um diese zu untermauern. „Die Geschichte hat alles gemacht, die Geschichte kann alles verändern“²², und ist damit die einzige Möglichkeit die aktuellen Ansichten zu durchdringen und deren Ursprünge auf den Grund zu gehen. Schon in diesem Werk, welches „bloss die schlichte Betrachtung einiger naturwissenschaftlich-historischer Thatsachen [enthält].“²³, geht Mach in seiner Analyse von „der durchaus ökonomisch angelegten Menschennatur“ aus, seine späteren Ausführungen über die Denkökonomie ankündigend.²⁴

Die ersten Ansätze einer Verquickung von physikalischen Fortschritten mit bestimmten Annahmen zu psychischen Vorgängen, welche die Forschertätigkeit begleiten und diese konstituieren, finden sich im zweiten Hauptwerk, „Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt“ erschienen im Jahr 1883. Dieses gilt als „das wohl wirkmächtigste Werk Machs zur Geschichte der Physik“²⁵, „[d]ie bedeutendste wissenschaftsgeschichtliche Arbeit“²⁶, da neben der Ausarbeitung einer antidogmatischen, antimetaphysischen und damit streng empirischen Haltung zur historischen Entwicklung der Mechanik, „der Untersuchung der Bewegung und des Gleichgewichts der Massen“²⁷, der Einfluss auf andere Wissenschaftler und Philosophen - allen voran Albert Einstein - klar belegt

²⁰ Ernst Mach, *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit: Vortrag gehalten in der K. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften am 15. Nov. 1871*. Prag: Calve 1872, S. 2f.

²¹ Friedrich Stadler, *Vom Positivismus zur "wissenschaftlichen Weltauffassung": Am Beispiel der Wirkungsgeschichte von Ernst Mach in Österreich von 1895 bis 1934*. Wien [u.a.]: Löcker 1982, S. 29.

²² Mach, *Erhaltung der Arbeit*, S. 3.

²³ Ebd., S.3.

²⁴ Ebd., S.45.

²⁵ Mach, *Mechanik*, S.VII.

²⁶ Stadler, *Positivismus*, S. 29. Das erste Kapitel dieses Buches, „Ernst Mach: Philosophie als empirische Einheit von Physiologie, Psychologie und Physik“ und das zweite „Zur Wirkung und Rezeption Ernst Machs in der zeitgenössischen Philosophie, Wissenschaft, Literatur und Kunst“ geben einen extensiven Einblick auf die mannigfaltigen Auswirkungen der Werke Ernst Machs.

²⁷ Mach, *Mechanik*, S.11.

ist. „Es ist nicht unwahrscheinlich, daß *Mach* auf die Relativitätstheorie gekommen wäre, wenn in der Zeit, als er jugendfrischen Geistes war, die Frage nach der Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit schon die Physiker bewegt hätte²⁸“ schreibt Einstein in seinem Nachruf Mach und seinem „Autobiographisches“.²⁹ Ein weiteres Beispiel ist der Einfluss auf „die amerikanischen Denker pragmatisch-instrumenteller Ausrichtung sowie naturwissenschaftlich-monistischer und antimetaphysischer Prägung“³⁰, der sich in den folgenden Jahren fortsetzt.

In der Mechanik schlägt die Herausstellung der Rolle des Instinkts eine erste Brücke hinzu der methodischen Einheitlichkeit von Physischem und Psychischem, namentlich den „Prozesse[n], durch welche die Naturwissenschaft überhaupt zustande kommt.“ Die für Mach typische Haltung, teils durch die historisch-kritische Methode, teils durch seine evolutionäre Erkenntnistheorie bedingt, den Übergang zwischen Alltag und Wissenschaft als fließend zu erachten wird deutlich herausgestellt: „Die *instinktive* unwillkürliche Kenntnis der Naturvorgänge wird wohl stets der wissenschaftlichen willkürlichen Erkenntnis, der *Erforschung* der Erscheinungen, vorausgehen“. Mach fährt fort und unterstreicht den biologisch-evolutionären Gesichtspunkt: „Erstere wird erworben durch die Beziehung der Naturvorgänge zur Befriedigung unserer Bedürfnisse. Die Erwerbung der elementarsten Kenntnisse fällt sogar sicherlich nicht dem Individuum allein anheim, sondern wird durch die Entwicklung der Art vorbereitet.“³¹ Die zwei Hauptanliegen sind „aufklärende, oder um es noch deutlicher zu sagen, (...) antimetaphysische“³², sowie die begriffliche Präzisierung und Etablierung Machs „Grundansicht über die Natur der Wissenschaft als einer *Ökonomie des Denkens*.“³³

Die endgültige Verknüpfung von Physischem und Psychischem, erfolgt in dem Werk „Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen“, das 1886 erscheint. Es enthält neben einer verstärkt ausgeführten, zum Teil autobiographisch

²⁸ Ernst Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Historisch-kritisch dargestellt*. Hrsg. u. mit einem Anhang versehen von Renate Wahsner und Horst Heino von Borzeszkowski, H.-H. Berlin: Akad.-Verl. 1988, S.688.

²⁹ Vgl. Ernst Mach *Mechanik*, S. IX, Fussnote 2., mit Bezug auf: Paul A. Schilpp (Hrsg.), *Albert Einstein: Philosopher – Scientist*, Evanston Ill. 1949, S. 2-95, S. 2, 20 (The Library of Living Philosophers, Bd. 7. (1979), dt. *Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher*, Braunschweig, S. 1, 8.)

³⁰ Stadler, *Positivismus*, S. 32.

³¹ Ebd., S. 11 f.

³² Ebd., S.1.

³³ Ebd., S.2.

begründeten antimetaphysischen Haltung, eine Auseinandersetzung mit dem historischen Einfluss „verschiedener Philosophen und philosophisch denkender Naturforscher“³⁴, sowie einer Stellungnahme zu der Aufnahme der ersten Auflage der *Analyse*;³⁵ das Hauptanliegen hier ist jedoch eine Beschreibung der Sinnesempfindungen und deren Relation zu physischen und psychischen Bestandteilen der Welt, welche die Basis für Machs „erkenntnistheoretisches Kernkonzept der „Elementen-Lehre““ darstellen.³⁶

Daraus resultieren Beschreibungen der psychischen Vorgänge der Abstraktion, Assoziation, des Willens, Gedächtnisses und der in dieser Arbeit im Interesse stehenden Phantasie. Durch die Grundlage der Elementenlehre und der Verschränkung von Psychischem und Physischem steht die Phantasie in engem Zusammenhang mit den biologischen Voraussetzungen des Menschen, namentlich den Apparaten der Sinnesphysiologie und dem Nervensystem. Innerhalb Machs Konzeption des psychischen Innenlebens gehört das Phantasieren zu den relationalen Prozessen für die „dem höheren psychischen Leben angehörigen Elemente, die Erinnerungsbilder [und] Vorstellungen, darunter auch diejenigen, welche wir uns von dem psychischen Leben der Mitmenschen bilden“.

Die *Vorstellungen hängen* zwar untereinander wieder in anderer Weise zusammen (Assoziation, Phantasie) als die sinnlichen Elemente ABC ... KLM, doch lässt sich nicht zweifeln, dass sie mit den letzteren in der intimsten Verwandtschaft stehen, und dass ihr Verhalten in letzter Linie durch ABC ... KLM, die gesamte *physikalische Welt*, insbesondere durch unseren Leib, und das Nervensystem bestimmt ist.³⁷

Den Namen Phantasie verwendet Mach auch mit Bezug auf Johannes Müller, dessen „Beobachtungen (...) in seiner schönen Schrift“ „Über die phantastischen Gesichterscheinungen“³⁸ er als „lehrreichst“ bezeichnet; die Meinung, dass die Phantasie

³⁴ Ernst Mach, *Die Analyse der Empfindungen*. Neudruck der 6. Vermehrten Auflage Jena 1911. Mit einer Einleitung herausgegeben von Gereon Wolters. Berlin: xenomoi 2008. (=Ernst-Mach-Studienausgabe hrsg. von Friedrich Stadler, Band 1), S.51.

³⁵ Ebd, S. 323.

³⁶ Stadler, *Positivismus*, S.34.

³⁷ Mach, *Analyse*, S.40.

³⁸ Johannes Müller, *Ueber die phantastischen Gesichterscheinungen. Eine physiologische Untersuchung mit einer physiologischen Urkunde des Aristoteles über den Traum, den Philosophen und Aerzten gewidmet*. Koblenz: Hölscher 1826. Eine große Ähnlichkeit zwischen Mach und Müller ergibt sich z.B. im Vorwort. Vorhanden sind die programmatischen Gesichtspunkte von Sinnesphysiologie, historischer Aufbereitung und der Analyse des Psychischen, nicht aber eine strenge antimetaphysische Haltung: „Der erste [Teil der Untersuchung; Anm. RvG] enthält von der Physiologie der Sinne ausgehend, die Theorie der Sinneserscheinung im Allgemeinen und ist in seinem Vorgang durchaus nur in dem engern Sinne physiologisch. Der zweite Theil hat in der Lebensgeschichte

„unvereinbar mit den so genannten Assoziationsgesetzen“³⁹ sei, teilt Mach nicht und führt andernorts aus: „Sein metaphysischer Hang hindert ihn aber, dieselben [Beobachtungen, Anm. RvG] konsequent zu Ende zu führen.“ Mit Bezug auf die Elementenlehre erwähnt Mach auch die Nähe zu den Thesen Herings, Avenarius⁴⁰ und Fechners Werken⁴¹, insbesondere der zwei Teile der „Elemente der Psychophysik“⁴², dessen Einfluss gut dokumentiert ist⁴³. Für diese Arbeit ist wichtig, dass die Phantasie als Begriff festgestellt und in die Ausführungen über das Psychische eingebettet wird.

Die konsequente Weiterentwicklung folgt 1896 im nächsten Hauptwerk Machs, das mit derselben „Aufgabe“ einer historisch-kritischen Beschreibung der Entwicklung der naturgesetzlichen Erkenntnisse wie in der *Mechanik* verfasst wurde. „Die Prinzipien der Wärmelehre“ waren allerdings „durch einige Vorarbeiten erleichtert.“⁴⁴ Die historische Forschungsmethode wird weiterhin angewandt: „Die Entwicklung, Wandlung, das Vergehen der Ansichten lehrt uns unsere eigenen *unbewusst* sich bildenden Meinungen in Bezug auf ihren Bildungsvorgang entschleiern, beobachten und kritisieren.“ Der evolutionäre und soziale Aspekt der wissenschaftlichen Entwicklung sticht in der *Wärmelehre* stärker als in der *Mechanik* hervor.

der phantastischen Gesichterscheinungen den Umfang dieser Phaenome zu ermitteln. Hier war es zunächst Hauptzweck, das Genetische in der Entwicklung und Ausbildung des Phaenomens von seiner ersten, vielleicht jedem Menschen zugänglichen Form aus darzustellen. (...) Der letzte Theil untersucht die Phantasmen, inwiefern sie durch das Geistige bestimmt sind. Die Lebensform des Sinnes war Gegenstand der physiologischen Untersuchung. Die Lebensform dieses in den Phantasmen wirkenden Geistigen ist psychologisch.“, S. VI f.

³⁹ Mach, *Analyse*, S.195.

⁴⁰ Ebd, S.32, Fussnote 33.

⁴¹ Ebd, S. 236, Fussnote 276.

⁴² Gustav Theodor Fechner, *Elemente der Psychophysik*. Erster Teil von zwei Bänden. Leipzig: Breitkopf & Härtel 1860.

⁴³ Vgl. Stadler, *Positivismus*, S. 34. Vgl. auch die Arbeiten Heidelbergers, z.B. Michael Heidelberger, „Functional relations and causality in Fechner and Mach.“, in: *Philosophical Psychology*, 23(2)/2010, 163-172. Vgl. auch Wolfram W. Swoboda, „Physik, Physiologie und Psychophysik – Die Wurzeln von Ernst Machs Empiriekritizismus“, in: Haller und Stadler (Hrsg.), *Werk und Wirkung*, S.399. Swoboda betont die zeitnahe Verarbeitung der Fechnerschen Ausführungen: „Mach muß Fechners „Elemente der Psychophysik“ beinahe unmittelbar nach ihrem Erscheinen gelesen haben – und Fechner spielt sicherlich eine zentrale Rolle in der Darstellung, die Mach der Psychophysik im Rahmen seiner veröffentlichten Vorlesung gab.“. Richard Staley stellt Mach sehr anschaulich als an einer praktischen der Erkenntnisgewinnung dienlichen Lösung interessiert dar: „He began by noting that we experience both an inner and an outer side of nature, and that given such experience we may attribute, by analogy, an inner life to others. He then compared an extension of gravity to all matter with Fechner’s generalization of a soul inherent in all matter. But the value of such generalizing was, for Mach, practical.“ Richard Staley: „Ernst Mach on bodies and buckets.“, in: *Physics Today*, 66(12)/2013, S.44.

⁴⁴ Mach, *Wärmelehre*, S.8.

Während drei Männer in etwa einem Jahrhundert die Mechanik, in den Principien wenigstens, ausgebaut haben, nahm die Wärmelehre einen andern Weg. Viele Forscher beteiligten sich an dem Ausbau. Langsam, suchend, vermuthend, vielfach fehlend fügten sie einen kleinen Fortschritt zum andern, und nur sehr allmähig erreichen unsere Kenntnisse ihre heutige Ausdehnung und relative Festigkeit.⁴⁵

Diese geringere Greifbarkeit liegt an der physiologischen Korrespondenz zwischen verschiedenen Sinnen. Gesichtssinn und Tastsinn sind dem Mechanischen zugänglich, während „die Wärmevorgänge viel weniger anschaulich [sind].“ Dadurch ergibt sich ein höherer Abstraktionsgrad dieser Vorgänge und bedingt damit die Phantasie, welche hier auch als etwas den Sinnen Entkoppeltes präsentiert wird:

Zunächst nur einem Sinn direct zugänglich, und nur mit Unterbrechungen in besonderen Fällen wahrnehmbar, meist nur, wenn sie absichtlich verfolgt werden, spielen sie in unserm ganzen psychischen Leben, in unserer Phantasie eine geringere Rolle.⁴⁶

Trotz der Anerkennung „unbewußter psychischer Vorgänge“⁴⁷, bleibt die aufklärerische und antimetaphysische Haltung eindeutig:

Die *intellektuellen* Mittel der Untersuchung fallen deshalb hier schon in den Anfängen mehr ins Gewicht, und mit diesen schleichen sich darum schon in die ersten Beobachtungen unbewusst gewonnene, unaufgeklärte, scheinbar der Erfahrung vorausgehende und über dieselbe hinausreichende (metaphysische) Ansichten und Vorurtheile ein.⁴⁸

Durch die Konkretisierung der psychischen Vorgänge werden die Situationen vielfältiger und unterschiedlicher, in denen der Prozess der Phantasie zum Tragen kommt. Neben der Zuschreibung als Talent bestimmter Forscher,⁴⁹ einem Vorhandensein in einer „seltene[n]“ Reinform,⁵⁰ erscheint die Phantasie als Impetus für Experimente,⁵¹ Mittel zur mathematischen Erkenntnisgewinnung,⁵² ohne Messen an der Empirie verwendbar im halluzinogenen und künstlerischen Bereich⁵³, sogar der Physiologie zuschreibbar⁵⁴ und als treibende Kraft des

⁴⁵ Ebd., S.2.

⁴⁶ Ebd, S. 2.

⁴⁷ Vgl. Stadler, *Positivismus*, S.35.

⁴⁸ Mach, *Wärmelehre*, S.2.

⁴⁹ Ebd, S.154.

⁵⁰ Ebd, S.140.

⁵¹ Ebd, S.410.

⁵² Ebd, S.328.

⁵³ Ebd, S.427.

⁵⁴ Ebd, S.443.

Gedankenexperiments⁵⁵, dessen begriffliche Prägung Mach zugeschrieben wird.⁵⁶ Dem denkökonomischen Anspruch genügt sie, da sie physikalische Erfahrungen ersetzen kann und überprüfbar bleibt.⁵⁷ Durch diese Vielzahl der Verwendung des Phantasiebegriffs, ist eine genauere Analyse des Prozesses und des heuristischen Stellenwerts von Interesse, insbesondere vor dem Hintergrund, dass Mach 1895 in Wien „auf den eigens für ihn geschaffenen Lehrstuhl für „Philosophie, insbesondere Geschichte und Theorie der induktiven Wissenschaften““ berufen wurde.⁵⁸ Das Moment des Erschauens war für Mach weit von Prinzipien logischer Natur wie der Induktion entfernt.

1896 erscheint der Sammelband „Populär-Wissenschaftliche Vorlesungen“, dessen Inhalt verschiedene Vorträge und Artikel zu Physik, Sinnesphysiologie, Psychologie, wissenschaftliche Methodologie und Erkenntnistheorie sind. Diese erste deutsche Ausgabe, ein Jahr nach der englischen Veröffentlichung herausgegeben, enthielt bereits vier Vorlesungen mehr. 1923 erschien die fünfte Ausgabe, die 33 Artikel enthielt. Bei Letzteren finden sich verstärkt erkenntnistheoretische Inhalte.⁵⁹ Hervorzuheben ist der „öffentlichkeitsorientierte“⁶⁰ Ansatz, welcher das Publikum belehren, aber hauptsächlich motivieren soll sich in die naturwissenschaftliche Forschung einzufühlen. Stadler fasst die augenscheinliche Freude und Hingabe Machs zu diesen Vorlesungen, sowie deren Einfluss auf den amerikanischen Pragmatismus prägnant zusammen.⁶¹ Mach zitiert das Vorwort der englischen Erstausgabe:

⁵⁵ Ebd, S.422.

⁵⁶Vgl. John Robert Brown, „Why Thought Experiments Transcend Empiricism.“ In: John Robert Brown, Christopher Hitchcock. (Hrsg.), *Contemporary Debates in Philosophy of Science* (1. veröffentlichte Auflage), Malden, Mass.: Blackwell 2004, S.24-43. S.27.

⁵⁷ Mach, *Wärmelehre*, S.495.

⁵⁸ *Positivismus*, S.35.

⁵⁹ Vgl. Friedrich Stader, „Ernst Mach and Pragmatism The Case of Machs’s *Popular Scientific Lectures* (1895)“, in Sami Pihlström, Friedrich Stadler und Niels Weidtmann (Hrsg.), *Logical Empiricism and Pragmatism*. Springer International Publishing Switzerland 2017, S.13.

⁶⁰ Ernst Mach, *Populär-Wissenschaftliche Vorlesungen*. Neudruck der 5. Vermehrten und durchgesehenen Auflage von 1923. Mit einer Einleitung herausgegeben von Elisabeth Nemeth und Friedrich Stadler. Berlin: xenomoi 2014, (=Ernst-Mach-Studienausgabe hrsg. von Friedrich Stadler, Band 4), S.III.

⁶¹ Vgl. Stadler, „Ernst Mach and Pragmatism“, S.13: „As appears, a continuous growth of this collection of writings can be noted since the first edition, which reflects Mach’s strong identification with this publication project (he also expressly stipulated further additions for the edition that was published after his death in 1923).“ Laut Stadler hatte Mach in seiner eigenen Epistemologie und Methodologie bereits vor seiner Auseinandersetzung mit den Arbeiten von Charles S. Peirce und William James pragmatische Ansichten angenommen, diese jedoch nicht begrifflich als solche bezeichnet. Dies stimmt auch mit dem Artikel von Thomas Uebel überein, der Machs wissenschaftliche Methode als klar positivistisch und pragmatistisch erkennt; William James Einfluss auf Mach war dementsprechend gering, nicht aber umgekehrt. Vgl. Thomas Uebel, „American Pragmatism, Central-

Populäre Vorlesungen können mit Rücksicht auf die vorausgesetzten Kenntnisse und die zur Verfügung stehende Zeit nur in bescheidenem Maße belehrend wirken. (...) Nichtsdestoweniger kann durch geeignete Wahl des Gegenstandes die *Romantik* und die *Poesie* der Forschung fühlbar gemacht werden.⁶²

Neben der ökonomischen Natur der physikalischen Forschung⁶³ wird Machs Kausalitätskepsis präzisiert⁶⁴, während der Beschreibung psychischer Vorgänge viel Raum geboten wird, besonders in Artikeln, die in den folgenden Auflagen der *Vorlesungen* hinzugefügt wurden. Ihr Zusammenhang mit der Physik wird beschrieben⁶⁵, evolutionären Fragen der Psychologie nachgegangen⁶⁶, bedeutenden Forschern Tribut gezollt⁶⁷ und scheinbar Metaphysisches auf die Erfahrung zurückgeführt. Für diese Arbeit sind die Vorlesungen sehr ergiebig, da die Phantasie ausführlicher als in den vorhergehenden Werken beschrieben wird⁶⁸.

„Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung“ erscheint 1905, und „ist weitgehend eine Zusammenfassung seiner bisherigen Arbeit“ an der Universität Wien.⁶⁹ Mach ist zu diesem Zeitpunkt von einem Schlaganfall des Jahres 1898 betroffen und seit 1901 frühpensioniert⁷⁰. Die „Gesamtschau der faktischen Forschung“⁷¹ enthält die antimetaphysische und antidogmatische Bedingung, die Verschränkung von Physischem und Psychischem, die Elementenlehre, die historisch-kritische Methode und das denkökonomische Prinzip. Zusätzlich werden wissenschaftliche Grundbegriffe, wie das Problem, Deduktion und Induktion, Experimente und weitere expliziert und die epistemische Gleichstellung von Erkenntnis und Irrtum festgestellt.⁷² Hauptinhalt bildet die Analyse und Beschreibung der psychischen Vorgänge, insbesondere in der Forschungstätigkeit. „Erkenntnis und Irrtum“ ist ein Versuch Machs, „die Psychologie der Forschung nach Möglichkeit auf autochthone Gedanken der Naturwissenschaft zurückzuführen.“⁷³

European Pragmatism and the First Vienna Circle“, in Pihlström, Stadler und Weidtmann (Hrsg.), *Logical Empiricism and Pragmatism*, S.96.

⁶² Mach, *Vorlesungen*, S. XV.

⁶³ Ebd., S. 181-202.

⁶⁴ Ebd., S. 333.

⁶⁵ Ebd., S. 477.

⁶⁶ Ebd., S. 377.

⁶⁷ Ebd., S. 427.

⁶⁸ Ebd., S. 435. Vgl. auch Stadler, „Ernst Mach and Pragmatism“, S.12-14.

⁶⁹ Stadler, *Positivismus*, S.36.

⁷⁰ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S. VIII.

⁷¹ Stadler, *Positivismus*, S. 37. Für eine Übersicht der Vorlesungen, S.38.

⁷² Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.133.

⁷³ Ebd., S.2.

Teil II

Mach und die Naturforschung

Antimetaphysik

Die Läuterung der Wissenschaften

Mach selbst geht davon aus, dass er kein Spezialist, sondern ein „Sonntagsjäger“ auf dem Gebiet der Philosophie ist. „Das Land des Transzendenten ist mir verschlossen. (...) Ich habe schon deshalb ausdrücklich erklärt, dass ich *gar kein Philosoph, sondern nur Naturforscher bin.*“ Dementsprechend ist seine Arbeit im Bereich der „naturwissenschaftlichen Methodologie und Erkenntnispsychologie“ anzusiedeln und dient der Emanzipation und Abgrenzung von den philosophischen Domänen, welche er nicht auszuarbeiten oder neu zu definieren sucht. Vielmehr liegt ihm daran, „nicht etwa eine *neue* Philosophie in die Naturwissenschaft einzuführen, sondern eine *alte abgestandene* aus derselben zu entfernen“.⁷⁴

Genau diese Arbeit der Loslösung und Entfernung ergibt die antimetaphysische Haltung, die als Voraussetzung zum Lesen der erkenntnistheoretischen Werke installiert und durch historisch-kritische Beispiele kontinuierlich untermauert wird. Durch diese Beharrlichkeit lässt sich das Vorhaben besser verstehen, „Philosopheme, welche in der Naturwissenschaft nicht nur nutzlos sind, sondern schädliche müßige Pseudoprobleme erzeugen“, ⁷⁵ auszumerzen. Die Beschreibung von Vorgängen der Erfahrungswissenschaften bar jeder Metaphysik ist der eigentliche Auftrag der Forschung; denn es gilt bei der Betrachtung und dem Hinterfragen von Naturvorgängen: „Die *Erklärung* kann ihr Ende finden, das *Aufklärungsbedürfnis* nicht.“⁷⁶ Zwar ist eine Rückführung bestimmter Tatsachen auf andere von Nutzen, doch diese beschränkt sich auf „Einfachheit, Einheitlichkeit, Übersichtlichkeit, rationeller Bequemlichkeit und praktischer Brauchbarkeit“.⁷⁷ Außerdem ist damit die Forschungsarbeit nicht erledigt:

⁷⁴ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.2-4.

⁷⁵ Ebd. S.4.

⁷⁶ Mach, *Vorlesungen*, S.341.

⁷⁷ Ebd, S.341f.

Die Zurückführung des noch Unbekannten auf schon Bekanntes ist also nicht immer dasjenige, was der Forscher bei seinem Erklärungsstreben erreicht. Immer aber ist es: die *Konstatierung von Tatsachen und ihres Zusammenhanges*.⁷⁸

Wichtig ist hier nochmals zu betonen, dass Mach die antimetaphysische Haltung auf die Naturwissenschaften bezieht, da diese eine empirische Überprüfbarkeit benötigen. Dieser Umstand erstreckt sich dementsprechend auch auf psychologische Vorgänge, wie die Phantasie, oder deren evolutionäre Vorstufe, den Instinkt.

Metaphysikfreie psychische Vorgänge

Bereits in der *Mechanik* - dem ersten dezidiert erkenntnistheoretischen Werk in Verbindung mit der historisch-kritischen Methode - wird der Instinkt und damit in Konsequenz alle Stufen der psychischen Vorgänge als unabhängig von metaphysischen Ansichten verteidigt:

Es ist schon besprochen worden, dass die instinktiven Erkenntnisse ein ganz besonderes Vertrauen genießen. (...) Sie erscheinen uns als etwas von Subjektivität Freies, Fremdes, das wir aber doch stets zur Hand haben und das uns näher liegt als die einzelnen Naturtatsachen. Alles dies hat zuweilen dazu geführt, diese Art Erkenntnisse aus einer ganz anderen Quelle abzuleiten, dieselben wohl gar als a priori (vor aller Erfahrung) vorhanden zu betrachten. Dass diese Ansicht nicht haltbar sei, wurde bei Besprechung der Stevinschen Leistungen ausführlicher erläutert.⁷⁹

Die Herleitung der Gesetze der schiefen Ebene durch Stevin führt Mach auf das instinktive Erschauen der Tatsache zurück, dass ein Seil, welches auf einem aufgebockten Dreieck aufliegt und darunter durchhängt, nicht wie bei einem perpetuum mobile in Bewegung sein kann. Dieses Vorgehen verteidigt Mach als ein für die Forschung Notwendiges und gleichzeitig Fallibeles.

Stevins Vorgang ist kein Fehler. Läge darin auch ein Fehler, so würden wir ihn alle teilen. Ja es ist sogar gewiss, dass nur die Verbindung des stärksten Instinkts mit der größten begrifflichen Kraft den großen Naturforscher ausmacht. Dies nötigt uns aber keineswegs, aus dem Instinktiven in der Wissenschaft eine neue Mystik zu machen und dasselbe etwa für unfehlbar zu halten. (...) Selbst instinktive Erkenntnisse von so großer logischer Kraft wie das von Archimedes verwendete Symmetrieprinzip können irreführen.⁸⁰

⁷⁸ Ebd., S.342f.

⁷⁹ Mach, *Mechanik*, S.91.

⁸⁰ Ebd., S.39-41.

Hier werden die psychischen Vorgänge der Erkenntnis auf die Erfahrung zurückgeführt und gleichzeitig die potentielle Fehlerhaftigkeit derselben betont. Dies stellt einen Grundsatz von beeindruckender Flexibilität dar, welcher keinerlei bestehendes Wissen als etwas Absolutes und Unveränderliches ansieht. Gerade die Starrheit von bestehenden Aussagen hindert die Forschungsarbeit und endet in dogmatischen Situationen.

Und welches Forschungsergebnis könnte durch lange Gewohnheit nicht zum Dogma werden? Dieselbe Gewandtheit, welche wir uns für oft wiederkehrende intellektuelle Situationen erworben haben, benimmt uns ja die Frische und Unbefangenheit, deren wir in neuen Situationen so sehr bedürfen.⁸¹

Ein Dogma und fehlerhaftes Vorgehen erkennt Mach in der Vorstellung, physikalische Denkweisen auf psychologische Ausführungen rücksichtslos zu übertragen; dieses Verhalten kann er zwar nachvollziehen, da in der Physik sehr abstrakte Begriffe verwendet werden, stellt jedoch klar, dass selbst aufgrund von Begriffen wie „1 Ampere in der Minute 10 ½ ccm Knallgas von 0° C und 760mm Quecksilberdruck“ nicht auf „eine von (...) Sinnesempfindungen ganz unabhängige Realität“ zu schließen ist.⁸²

Einheit von Physik und Psychologie

Leib-Seele-Problem und Kausalität

Für Mach bedarf es einer Einheit der physikalischen, physiologischen und psychologischen Vorgänge und der Erforschung derselben. Damit werden Widersprüchlichkeiten zwischen den begrifflichen Auffassungsweisen der Physik und der Psychologie aufgehoben und bestimmte metaphysische Probleme aus dem Bereich der Naturwissenschaft verbannt. Das prominenteste ist das Leib-Seele-Problem, welches zum Beispiel von Descartes durch einen Dualismus gelöst wird. Heidelberger erläutert sehr prägnant, wie Fechners Psychophysik von Mach zu einem Monismus weiterverarbeitet wird, dessen Resultat die Elementenlehre ist⁸³.

⁸¹ Mach, *Analyse*, S.45.

⁸² Ebd., S.46.

⁸³ Erik C. Banks beschreibt, wie die Ausarbeitung einer einheitlichen methodologischen Grundlage der Erfahrungswissenschaften für Mach einen Prozess der antimetaphysischen Reinigung von Theorien seiner Zeitgenossen darstellte: „At this time, Mach perceived difficulties with contemporary atomic views, but had not yet proposed an alternative. In the second stage of his “Vorträge über Psychophysik” (1863), Mach put forward a “monadology” modeled to some degree on Johann Friedrich Herbart’s theory of intelligible space and on Gustav Theodor Fechner’s conception of an “inner side” of nature analogous to sensation. In the third stage, Mach eliminated these Herbartian monads and arrived at an early version of his theory of elements in a philosophical article “Über die Entwicklung der Raumvorstellungen (1866).“ In: Erik C. Banks, „Ernst Mach’s

Anstatt aber nun wie Fechner die Beziehung der Eigenschaften *zum wahrnehmenden Wesen*, die Art ihrer Perspektivität in Bezug auf die sie erfahrende Person, zum Unterscheidungskriterium zu machen, nimmt Mach die Beziehung *zu anderen Eigenschaften* als entscheidend an.⁸⁴

Gleichzeitig kann hier eine „kausalitätsskeptische Ausrichtung“ eindeutig belegt werden und mittels des neutralen Monismus „[d]er Ursachenbegriff (...) ohne irgendeine Einbuße durch den metaphysikfreien Begriff der funktionalen Abhängigkeit ersetzt werden“.⁸⁵

Wichtig für eine erkenntnistheoretische Interpretation der Werke Machs ist, dass die monistische Elementenlehre nicht einer Eingrenzung der Forschung dient, oder gar dogmatisch einzustufen ist. Sie entspringt der Notwendigkeit die gemeinsame Grundlage naturwissenschaftlicher Forschung, die Erfahrung, widerspruchsfrei und ohne eine hierarchische Stufung der Spezialwissenschaften auf Physik, Psychologie und Physiologie gleichermaßen anzuwenden. Michael Heidelberger fasst dies kompakt zusammen: „Der tiefere Grund für Machs Erkenntniskritik liegt also nicht schon in seinem Empirismus, sondern in seiner Einstellung zum Leib-Seele-Problem, die allerdings dann ihrerseits einen Empirismus erzwingt.“⁸⁶

Eine andere Interpretation gibt Paul Feyerabend vor, in der die monistische Anschauungsweise instrumentell beschrieben wird, da sie einen wissenschaftlichen Nutzen in sich birgt. Er geht von der antidogmatischen Haltung und dem „partiellen Erfolg“ als Ergebnis „gemischter Forschungsstrategien“ aus, und folgert:

„new theory of matter“ and his definition of mass.“, in: *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* (33)/2002, S.605-635, S.605.

Auf der „Ernst Mach Centenary Conference in Vienna 2016, June 15-18, 2016 (<http://mach16.univie.ac.at>) hatte ich die Freude Banks zuhören zu dürfen. Er referierte über den gegenseitigen Einfluss der amerikanischen Pragmatisten Peirce, James, dem Verleger des *Monist* Paul Carus und Mach, und hatte einen erleuchtenden Einfluss für mein Verständnis für die Feinheiten von Epistemologie und wissenschaftlicher Methode, sowie die Darstellung derselben. Außerdem war seine Rhetorik für mich beeindruckend. Christoph Limbeck-Lilienau (Intitut Wiener Kreis. Verein zur Förderung Wissenschaftlicher Weltauffassung) machte mich auf Banks frühzeitigen und überraschenden Tod aufmerksam. Er starb am 18. August 2017.

⁸⁴ Michael Heidelberger, M. (2000). „Zum Leib-Seele-Problem seit Fechner und Mach“ in: Friedrich Stadler (Hrsg.), *Elemente moderner Wissenschaftstheorie*. Wien (u.a.): 2000, S. 98.

⁸⁵ Ebd., S.99.

⁸⁶ Ebd.

Dieser Monismus war kein Teil von Machs *allgemeinen* Ansichten über die Forschung, er war eine *besondere Theorie*, die in Übereinstimmung mit jenen Ansichten aufgestellt *und ihnen untergeordnet wurde*. Er war daher keine *notwendige Grenzbedingung der Forschung*, wie von fast allen Kritikern Machs, einschließlich Einstein, angenommen wird.⁸⁷

Damit verschiebt sich das Anliegen des Beschreibens auf die Relation zwischen den wissenschaftlichen Teilgebieten, während die grundlegende Zusammengehörigkeit den Ausgangspunkt aller weiteren Betrachtungen bildet. „Auf unserem Standpunkt haben wir keinen Grund, uns weiter mit dem Gegensatz des Physischen und Psychischen zu beschäftigen. Was uns allein interessieren kann, ist die Erkenntnis der Abhängigkeit der *Elemente voneinander*.“⁸⁸

Die Elemente sind den menschlichen Sinnen zugänglich. Nur diese können mittels Empfindungen zu einer Interaktion mit der Welt führen; wenn man nun als Konsequenz der Anwendung gleicher methodischer Grundsätze für die verschiedenen Erfahrungswissenschaften davon ausgeht, dass es nur eine, beziehungsweise eine Einheit zwischen physischer und psychischer Welt gibt, müssen die funktionalen Relationen innerhalb dieser beschrieben werden. Im Gegensatz zu Popper existiert dementsprechend nur eine einzige, einheitliche Welt und kein Unterschied zwischen realer Außenwelt, physisch erfahrbare Umwelt und psychischer Gedankenwelt. „Diese Verknüpfung von Physik, Physiologie und Psychophysik war und blieb eines der charakteristischen Merkmale von Machs Monismus.“⁸⁹

⁸⁷ Paul Feyerabend, *Irrwege der Vernunft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp 1989. S.291.

⁸⁸ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.37.

⁸⁹ Friedrich Stadler, „Ernst Mach – Zu Leben, Werk und Wirkung“, in: Haller und Stadler (Hrsg.), *Werk und Wirkung*, S.17.

Elemente und Ich

Der Zusammenhang zwischen den möglichen Sinneserfahrungen und der Ableitung der Elemente wird von Mach schon in den antimetaphysischen Vorbemerkungen konstatiert:

Von den Körpern trennt sich das Sichtbare, Hörbare, Tastbare ab. Das Sichtbare löst sich in Farbe und Gestalt. In der Mannigfaltigkeit der Farben treten wieder einige Bestandteile in geringerer Zahl hervor, die Grundfarben usw. Die Komplexe zerfallen *in Elemente, d.h. in letzte Bestandteile, die wir bisher nicht weiter zerlegen konnten*. Die Natur dieser Elemente bleibe dahin gestellt; dieselbe *kann* durch künftige Untersuchungen weiter aufgeklärt werden. Dass der Naturforscher nicht die *direkten* Beziehungen dieser Elemente, sondern Relationen von Relationen derselben leichter verfolgt, braucht uns hier nicht zu stören.⁹⁰

Wichtig ist die Unterscheidung zwischen Weltelementen, Leibelementen und innerpsychischen Elementen. Die Begriffe Körper und Ich werden als Elemente nur insoweit dargestellt, als eine Zusammenfassung bestimmter Elemente für bestimmte Untersuchungen dienlich ist. Letztlich sind aber leibliche wie psychische Elemente - oder wie Wolters sie nennt „Befunde“⁹¹ - immer auf Weltelemente rückführbar.

Hier wird klar herausgestellt, dass die erkannten und damit wissenschaftlich behandelbaren Elemente die Grundlage für jede Erkenntnis bilden, andererseits auf eine Fixierung der Struktur und des Begriffs der Elemente bewusst verzichtet. Dies hat zur Folge, dass eine weitere Erforschung und Analyse derselben möglich und erwünscht ist, um nicht durch ein stures Festhalten an diesen in die dogmatische Erkenntnisfalle zu tappen.

Gerade das Vorhandensein von Ähnlichem bietet sich aufgrund der Erfahrung als Basis Beschreibung der Naturvorgänge an, wie schon bei einem von Machs Vorbildern, David Hume⁹², kann aber dazu verleiten voreilig die empirische Vorgehensweise der Erkenntnisgewinnung in den Erfahrungswissenschaften durch metaphysisch durchtränkte Begriffe abzulehnen. Vielmehr muss man entweder das Metaphysische entfernen oder sich eingestehen, dass alle verwendeten wissenschaftlichen Begriffe notwendigerweise ihren Ursprung in der sinnlich wahrnehmbaren Welt haben. Mit Bezug auf Conwy Lloyd Morgans Beispiele zum assoziativen Lernverhalten von jungen Hühnern führt Mach diese Problematik anschaulich am Begriff des Ichs aus:

⁹⁰ Mach, E. (2008). *Analyse*, S.14.

⁹¹ Ebd., S.XVII.

⁹² Ebd., S.51.

Die Erfahrung hat uns Stabilitäten kennen gelehrt, unsere psychische Organisation paßt sich denselben leicht an und gewährt uns Vorteile. Wir führen dann die Voraussetzung weiterer Stabilitäten bewußt und willkürlich ein, in der Erwartung weiterer Vorteile, *wenn* sich dieselbe bewährt. Die Annahme eines a priori gegebenen Begriffes zur Begründung dieses methodischen Verfahrens haben wir weder nötig, noch würde sie uns irgend welchen Nutzen gewähren. Sie wäre eine Verkehrtheit, angesichts der augenscheinlich empirischen Bildung dieses Begriffes.⁹³

Ein weiterer Fehlschluss ist es folglich den Begriff des Ichs dafür zu nutzen den Monismus widerlegen zu wollen. Für die wissenschaftliche Tätigkeit nutzlos und schädlich ergibt sich die Vorstellung des Ichs nur durch eine letztlich biologisch motivierte Anpassung, die eine hohe Effizienz des Überlebens ermöglicht⁹⁴.

Die Abgrenzung des Ich stellt sich daher instinktiv her, wird geläufig und befestigt sich vielleicht sogar durch Vererbung. 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. In *besonderen* Fällen aber, in welchen es nicht um praktische Zwecke handelt, sondern die *Erkenntnis* Selbstzweck wird, kann sich diese Abgrenzung als ungenügend, hinderlich, unhaltbar erweisen.⁹⁵

Wolters beschreibt die Machsche Gliederung der Wissenschaften sehr klar:

So untersucht die *Sinnesphysiologie* regelmäßige Beziehungen zwischen Weltelementen und Leibelementen, die *physikalischen Wissenschaften* beschäftigen sich mit regelmäßigen Beziehungen zwischen Weltelementen untereinander. Falls man sich auf innerpsychische Elemente alleine konzentriert, dann treibt man *Psychologie*. (...) Diese rein psychologische Untersuchung ist jedoch (...) immer nur vorläufig, da die innerpsychischen Elemente letztlich immer durch Leib- oder Weltelemente bestimmt werden.⁹⁶

⁹³ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.40, Fussnote 35. Das erwähnte Werk ist: Conwy Lloyd. Morgan, *Comparative Psychology*, London, 1894. Vgl. Mach, *Analyse*, S.81, Fussnote 78: „[Morgan war] einer der Pioniere der Tierpsychologie (...)“

⁹⁴ Vgl. auch die Darstellung in: Sandra Janßen, *Phantasmen. Imagination in Psychologie und Literatur. 1840-1930. Flaubert -Čechov – Musil*. Göttingen: Wallstein 2013, S.108f. Janßen fasst den Monismus sehr eindringlich zusammen und weist darauf hin, dass „Mach jedoch nicht den möglichen Wesensunterschied zwischen bildlichem und sprachlichem Denken [reflektiert]“. Weiter erkennt sie Machs psychophysischen Parallelismus „als von idealistischen Erbschaften unbeschwert“ an. Zudem wird das Verhältnis von Musil zu Mach eingehend thematisiert, welches aber nicht an diese Stelle gehört (S.413f.).

⁹⁵ Mach, *Analyse*, S.29.

⁹⁶ Mach, *Analyse*, S.XVII.

Neutraler Monismus

Auch Banks, der gelegentlich auf Heidelberger zurückgreift, führt die Konzipierung des Monismus auf die Leib-Seele-Problematik zurück. Insbesondere erklärt er anschaulich, weshalb die wissenschaftliche Anschauung als neutral bezeichnet wird. Durch die Generalisierung der Erfahrungswissenschaften bezüglich ihrer Grundlagen, nämlich der Elemente, ergeben sich Unterschiede nur aufgrund des Blickwinkels, den ein Forscher einnimmt, während der Gehalt derselbe bleibt. Anders ausgedrückt sind die Unterschiede zwischen psychologischer und physikalischer Erkenntnisgewinnung höchstens praktischer, nicht aber grundlegender Natur. Deshalb sind die Elemente stets dieselben, gleich welcher Art das Forschungsvorhaben ist, und werden nur einmal physikalisch oder psychologisch verwertet. Die Struktur der Elemente ist keines von beidem, da eine Unterscheidung zwischen psychischen Eindrücken und physikalischen Entitäten sinnlos ist. Daher sind sie neutral. Banks betont, dass diese Ableitung einer Neutralität der Elemente, eine Art Freiheit von menschengemachten disziplinären Einteilungen, durch Machs antimetaphysische Haltung ins Spiel gebracht wurde.⁹⁷

Durch die Ausgrenzung metaphysischer Begrifflichkeiten fallen Probleme weg, die nicht der Erfahrung zugänglich sind. Hierzu gehören auch Fragen nach dem Wesen des Dings an sich, deren Vorhandensein Mach in der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung vor allem auf Kant zurückführt, von dem er sich bereits als Kind emanzipierte⁹⁸. Besteht keine Notwendigkeit mehr sich mit den spekulativen und nicht überprüfbaren Gefilden der Metaphysik auseinanderzusetzen⁹⁹, kann man nur bestimmte Eigenschaften bestimmter Elemente und Elementenkomplexe feststellen und sich auf die Beschreibung funktionaler Zusammenhänge zwischen diesen beschränken. Diese stellen laut Banks einen Kernpunkt der Machschen Argumentation dar:

⁹⁷ Erik C. Banks. „Neutral monism reconsidered“, in: *Philosophical Psychology*, 23(2)/2010, S.173-187, S.173.

⁹⁸ Mach, *Analyse*, S.35, Fussnote 35.

⁹⁹ Ralf Goeres fasst die Läuterungsarbeit und den Wegfall von Scheinproblemen zusammen: „Darüber hinaus trifft sich sein Denken mit der Konzeption des als ‚Ich‘ bezeichneten Komplexes von Perzeptionen, die von David Hume – den Mach für den konsequentesten der Empiristen hält – entwickelt worden ist. Mach bietet durch seine phänomenalistische Auflösung der Begriffe ‚Materie‘ und ‚Ich‘ einen Ansatz, der das alte und endlos diskutierte Leib-Seele-Problem als ein ‚störendes Scheinproblem‘ der Philosophie entlarvt.“ Vgl. Ralf Goeres, „Sensualistischer Phänomenalismus und Denkökonomie. Zur Wissenschaftskonzeption Ernst Machs“, in: *Journal for general philosophy of science*, Jg. 35 Nr.1/2004, S.41-70, S.57.

Mach's ideal for physics, then, was to replace the object-property ontology with a world of powers, or world elements, linked to each other in functional relations, a power-ontology which Mach believed held all the way down to a basic structure of nature even more fundamental than atoms.¹⁰⁰

Eine Zusammenfassung bestimmter Elementenkomplexe ist nur für eine Auseinandersetzung zur Untersuchung der funktionalen Abhängigkeiten nützlich, und diese Komplexe sind nicht als etwas in der Natur in besonderer Weise verknüpft anzusehen. „Mach's elements push, pull and impede one another in dynamical complexes and can only be isolated from these complexes provisionally“.¹⁰¹

Psychische Prozesse sind Ergebnisse der sinnlichen Empfindungen, welche Reaktionen auf die neutralen Elementen der einzig uns umgebenden Welt sind. Die menschliche Gedankenwelt kann nur Abbilder der Elemente und Elementenkomplexe beinhalten und damit auf diese reduziert werden.

Dennoch bieten die Elemente in Machs Konzeption eine große Angriffsfläche, zum Teil sicherlich aus einer zu oberflächlichen Analyse der Verwendung dieses Begriffs durch Mach, andererseits durch den Streit um die Anerkennung der Existenz von Atomen. So sieht zum Beispiel Čapek eine Diskrepanz in der Anwendung des neutralen Monismus durch Mach, wenn er im Bereich der Physik Atome ablehnt, in der Psychologie allerdings Assoziationen und Erinnerungsbilder als atomistische Bestandteile verwendet. Er zitiert unterstreichend William James humoristische Bemerkung, dass sogar die Machschen psychologischen Begrifflichkeiten Gefahr laufen metaphysischer Natur zu sein: "[A] permanently existing 'idea' or 'Vorstellung' which makes its appearance before the footlights of consciousness at periodical intervals, is as mythological an entity as the Jack of Spades“.¹⁰² Einen ähnlichen Standpunkt nimmt auch Moritz Schlick ein, dessen Grundanliegen einer von Metaphysik bereinigten, exakten Wissenschaft auch von Machs Programm abgeleitet ist¹⁰³; dennoch sieht er im menschlichen Bewusstsein mehr als eine ökonomische, pragmatische Lösung und betont die Wichtigkeit eines festen Begriffs des Bewusstseins.¹⁰⁴ Weitere Kritik kam von Seiten der Phänomenalisten

¹⁰⁰ Banks, „Neutral monism reconsidered“, S.174.

¹⁰¹ Ebd., S. 175.

¹⁰² Milič Čapek, „Ernst Mach's Biological Theory of Knowledge“, in: *Synthese*, 18 2/3/1968, S. 171-191, S.172. Mit Bezug auf W. James, *The Principles of Psychology*, I, S.236.

¹⁰³ Moritz Schlick, „Allgemeine Erkenntnislehre“, in Wendel, Hans und Engler, Fynn (Hrsg.), *Allgemeine Erkenntnislehre*. Wien: Springer Vienna 2009, S.21.

¹⁰⁴ Ebd., S.364. Vgl. ebd., Fussnote 54.

Franz Brentano und Edmund Husserl, welche ausführten, dass neben physischer und psychischer Umgebung eine dritte¹⁰⁵ existieren muss, welche einen Ort für nicht psychologisch und empirisch begründbare Phänomene, zum Beispiel Metaphysik und Logik, darstellt¹⁰⁶. Banks fasst dieses Spannungsfeld kompakt zusammen. Er weist auf die Position Machs hin, die Logik als Instrument auffasst, während natürlich seine antimetaphysische Einstellung, welche alle Phänomene auf die Erfahrung reduziert, deutlich genug herausgestellt wurde.¹⁰⁷ Feyerabends oben erwähnte Interpretation bevorzuge ich, da es mir einleuchtet Ernst Mach als Forscher aufzufassen, dessen Absicht es war sinnvolle Ausarbeitungen grundlegender wissenschaftlicher Konzepte voranzutreiben und zu akzeptieren, sofern diese nur frei von Metaphysik und damit empirisch überprüfbar sind. Der neutrale Monismus ist praktisch und ermöglicht eine erkenntnisfördernde Beschreibung der Naturvorgänge. Gerade durch das Absehen von endgültigen Definitionen, wie bei den Elementen, gelingt es Mach nicht nur andere Wissbegierige für sich zu gewinnen, sondern auch heute noch aktuell und verwertbar zu bleiben. Gerade der Umgang mit nicht Erklärbaren ist für die heutige Physik wesentlich. Unerklärliches sollte aber weder eine Begrenzung der Neugier, noch des Ehrgeizes die theoretischen Grundkomponenten genauer zu analysieren nach sich ziehen. Zudem ist ein zu hoher Abstraktionsgrad für Mach nicht wünschenswert, da dieser verwirren kann und eine sinnvolle und effiziente Auseinandersetzung mit den Naturvorgängen behindert.

¹⁰⁵ Vgl. Karl R. Popper und John C. Eccles, *Das Ich und sein Gehirn*. 5. Auflage, 1985. München: R. Piper & Co. 1982, S.61-77 zur Ausführung der physischen Welt I, der psychischen Welt II und der Wirklichkeit der Welt III, inklusive der nichtmaterialisierten Gegenstände. Zum neutralen Monismus ist Poppers Haltung ablehnend. Er argumentiert, dass dieser grundsätzlich stets auf psychologische Bausteine reduzierbar ist und demnach nicht Parallelismus zwischen Physik und Psychologie herzustellen vermag. Vielmehr sieht er in ihm einen „subjektive[n] Idealismus, ganz nach der Art Berkeleys“ (S.247).

¹⁰⁶ Vgl. Franz Brentano, *Über Ernst Machs „Erkenntnis und Irrtum“*, Aus dem Nachlaß herausgegeben und eingeleitet von Roderick M. Chisholm und Johann C. Marek. Amsterdam: Rodopi 1988.

Vgl. auch Rudolf Haller, „Grundzüge der Machschen Philosophie“, in Haller und Stadler (Hrsg.), *Werk und Wirkung*, S.82-85: Haller zeigt, dass Machs „naturalistische Philosophie“ durchaus „Schwächen und ungelöste Probleme“ beinhaltet, und verteidigt dessen Position im Weiteren. Er verweist auch auf die praktische Qualität der Behauptung Machs, dass Erkenntnis und Irrtum aus denselben psychischen Quellen [fließen]“. Ebd., S.86.

Vgl. auch Manfred Sommer, „Denkökonomie und Empfindungstheorie bei Mach und Husserl – Zum Verhältnis von Positivismus und Phänomenologie“, in *Werk und Wirkung*, S.328. Die Auseinandersetzung zwischen Husserl und Mach hat Manfred Sommer in sehr schöner Sprache erläutert. Insbesondere der Unterschied mit Bezug auf die Wahrnehmung, beziehungsweise Postulierung mehrerer Welten bringt er auf den Punkt. Er referiert auf Machs „Erweckungsszene“ einer Auflösung des Ichs, die Husserl eher „finster-bedrohlich“ bei Kant wahrnimmt: „Was in diesem Erlebnis von mystischer Qualität instantan gegenwärtig ist, wird zum „analytischen“ Ziel dem alles zuzuführen die Arbeit Machs dient. Husserl dagegen setzt auf Selbsterhaltung, Identität, Sicherheit.“

¹⁰⁷ Vgl. Erik C. Banks, *Ernst Mach's World Elements. A Study in Natural Philosophy*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers 2003, S.160 f.

Die Naturwissenschaft oder die Physik im weitesten Sinne lehrt uns die stärksten Zusammenhänge von Gruppen von Elementen kennen. Auf die einzelnen Bestandteile dieser Gruppen dürfen wir vorerst nicht zuviel achten, wenn wir ein faßbares Ganzes behalten wollen.¹⁰⁸

Historisch-kritische Methode und evolutionäre Wissenschaftstheorie

Überleben und Fortschritt

Bei der Analyse der beschriebenen funktionalen Relationen greift Mach auf historische Beispiele zurück. Diese sind von Mach immer in einen zeitlichen Rahmen gesetzt, der vorgibt, wann ein Forscher mit welchem vorhandenen Wissen eine einfachere oder besser verständliche Ausführung eines Naturvorgangs zustande brachte. Tief verwoben damit ist die Vorstellung einer sich kontinuierlich entwickelnden Wissenschaft, die sich in diesem Punkt wiederum nicht von dem allgemeinen Leben der Menschen unterscheidet. Der evolutionäre Gedanke, der hier zum Ausdruck kommt, bedingt maßgeblich die Entwicklung neuer Gedanken und findet konsequenterweise auch ihren Ausdruck in der Gedankenwelt, in welcher die Phantasie beheimatet ist.

Die kritische Auseinandersetzung mit historischem Material ist bei Mach nicht nur auf die Betrachtung vergangener Entwicklungen beschränkt, sondern eher Handlungsanleitung zu einer sorgfältigen Analyse jeglicher Situationen. In einer Stellungnahme zum „Streit um Beschreibung und Erklärung, der durch KIRCHHOFFS Ausspruch von 1874 eingeleitet wurde“, weist Mach darauf hin, dass die „Situation des Sprechenden und der Angeredeten dem Sinne nach näher bestimmt werden müssen.“¹⁰⁹ Gleichzeitig ist ein Individuum nicht entscheidend für die Entwicklung der menschlichen Gattung, deren Überleben das einzige ist, was eine biologische Motivation über das Ableben des Einzelnen hinaus darstellt. Zwar enthält Machs Werk eine Fülle an Beispielen prominenter Forscher, dennoch ist der Fortschritt der Wissenschaft sozial und kulturell bedingt und vollzieht sich schrittweise auf beharrliche Art durch jeden, der sich daran beteiligen und mitteilen will. „Aber ist die Geschichte auch gerecht? Sind wirklich nur jene auserwählt, welche sie nennt? Haben die umsonst gelebt und gekämpft, die keinen Preis errungen?“ Diese Frage beantwortet Mach mit dem optimistischen Ausruf:

¹⁰⁸ Mach, *Vorlesungen*, S.200.

¹⁰⁹ Mach, *Vorlesungen*, S.333.

Kein Gedanke wurde da *umsonst* gedacht, jeder, auch der unbedeutendste, der falsche sogar, der scheinbar unfruchtbarste diene dazu, den folgenden fruchtbaren vorzubereiten. Wie im Denken des Einzelnen *nichts* umsonst, so auch in jenem der Menschheit!¹¹⁰

Innerpsychische Vorgänge und deren Erforschung

Die Idee einer evolutionären Entwicklung ist von Spencer und Darwin entliehen. Das menschliche Leben und Zusammenleben, mit der Wissenschaft als Spezialfall, schreitet kontinuierlich fort. Im neutralen Monismus gilt dies gleichermaßen für „[a]lles biologische Geschehen, zeige es sich als ein psychisches erkennendes, *theoretisches* Tun, oder als ein physisches motorisches, *praktisches* Tun“¹¹¹. Diese evolutionäre Symmetrie der physischen und psychischen Komponenten stellt laut Čapek eine sinnvolle Erweiterung der empiristischen Ideen Spencers und Darwins dar. Er kritisiert allerdings, dass der Einfluss Spencers auf Mach mit Hinblick auf die Entwicklungsstufe des menschlichen Geistes ein zu starker gewesen sei; mit der Annahme Spencers, dass der gegenwärtige menschliche Geist gewissermaßen die Krone der Schöpfung darstelle, begehe Mach den Fehler keine weitere Entwicklung in der Leistung und Effizienz der psychischen Vorgänge feststellen zu können und fordert eine Reevaluierung dieser Position.¹¹²

Dennoch lassen sich Gegenbeispiele bei Mach finden, wenn er der Frage nachgeht, ob Vorstellungen und Gedanken vererblich sind¹¹³. Mit seinen häufig verwendeten und augenscheinlich durch die Evolutionstheorie motivierten Beobachtungen von Tieren, welche auf Menschen per Analogie übertragbar sind, stellt Mach mit Hinblick auf die Domestizierung von Tiergattungen fest, dass „[d]ie angeborenen Instinkte (...) also keineswegs unveränderlich [sind].“¹¹⁴ Die höheren psychischen Vorgänge des Willens, der Erinnerung und der Phantasie sind somit Ableitungen aus den Erfahrungen, die „den primitiven Menschen“ durch Beobachtung zukamen¹¹⁵. Rudolf Haller sieht sogar eine Stärke Machs in der Aufnahme evolutionärer Gedanken bei der Beschreibung des Erkenntnisgewinns:

¹¹⁰ Ebd., S.65.

¹¹¹ Ebd., S.372.

¹¹² Čapek, „Ernst Mach’s Biological Theory of Knowledge“, S. 173f.

¹¹³ Mach, *Vorlesungen*, S.377-391.

¹¹⁴ Ebd., S.379.

¹¹⁵ Ebd., S.382.

Wollen wir den fortgeschrittensten Stand der menschlichen Erkenntnis in Bezug auf einen bestimmten Gegenstandsbereich – seien es z.B. die Himmelskörper oder unsere eigenen Körper, oder sei es das psychische Geschehen – kennenlernen, so dürfen wir nicht übersehen, daß auch das Forschen und Erkennen selbst dem Wandel, also Veränderung, Umbildung und Verwerfung, unterworfen sind. Haben sich viele Naturwissenschaftler des 19. Jahrhunderts von der Strömung des Historismus gänzlich ferngehalten, so übernimmt Mach einen seiner wichtigen Gedanken, nämlich, daß die Entwicklungsidee nicht nur für die Beschreibung der Entstehung der natürlichen Arten, sondern auch für die Beschreibung der Entstehung der Gedanken und ihres Wandels herangezogen werden kann und muß.¹¹⁶

Ich bin geneigt lieber Hallers Auffassung zu folgen, als davon auszugehen, dass Mach die psychischen Vorgänge als etwas Fixiertes sieht. Gleichzeitig leuchtet mir ein, dass ein nüchterner Blick auf die historische Dimension der Entwicklungsvorgänge zeigt, dass die psychischen Instrumente der Abstraktion und der Phantasie sich nicht rasch entwickeln.

Mach war mit den Anfangsstadien einer sich rasch entwickelnden wissenschaftlichen Herangehensweise an die Psyche konfrontiert und gab zu, dass die Existenz innerpsychischer Vorgänge wie „Gedächtnis, Assoziation, Erinnerung“ nicht „durch objektiv physikalische Forschung allein“ feststellbar ist.¹¹⁷ Vielmehr ist man auf Introspektion angewiesen.

Ist auch die Beobachtung am eigenen Leib, insbesondere die psychische Selbstbeobachtung nicht von derselben Exaktheit und allgemeinen Kontrollierbarkeit, wie jene an den Objekten der Umgebung, so ist sie doch die intimste, durch keine andere ersetzbar. Denn nichts ist uns näher als der eigene Leib. Auf dieses Erkenntnismittel verzichten heißt die halbe Welterkenntnis aufgeben.¹¹⁸

Er setzte trotzdem seine Hoffnung, gemäß seines ontologischen Monismus¹¹⁹ und seinem „Prinzip des vollständigen Parallelismus des Psychischen und Physischen“¹²⁰ darauf, „dass einmal die psychologische und physikalische Forschung einander soweit entgegenkommen, dass man die physikalischen Vorgänge des Leibes kennen lernt, welche den feinsten Prozessen der zugehörigen Psyche entsprechen.“¹²¹

¹¹⁶ Rudolf Haller, „Grundzüge der Machschen Philosophie“, in Haller und Stadler (Hrsg.), *Werk und Wirkung*, S.69.

¹¹⁷ Mach, *Vorlesungen*, S.355 f.

¹¹⁸ Ebd., S. 355.

¹¹⁹ Mach, *Analyse*, S.XVIII.

¹²⁰ Ebd., S.66.

¹²¹ Mach, *Vorlesungen*, S.356.

Kritische Darstellungsweise

Bei historischen Beschreibungen ist eine kritische Haltung maßgeblich. Sie stellt eine geeignete Möglichkeit dar, psychische Vorgänge der Forschung und Entdeckung, die großteils einer introspektiven Methode zugänglich sind, zu interpretieren und Irrtümer festzustellen; auch ist der kritische Zugang insofern wichtig, als dass bestimmte Entwicklungen zufälliger Art sein können, aber dennoch bis in den heutigen Stand der Forschung hineinwirken. Hans Motz fasst dies treffend zusammen und weist auch auf Machs stets respektvollen Ton hin:

Die Darstellungsweise hebt die Beiträge der großen Forscherpersönlichkeiten zum Fortschritt der Physik hervor. Sie ist aber nicht nur historisch, sondern eben auch kritisch, und Mach schreckt nicht davor zurück, auch jeweils (pietätvoll) die Schranken aufzuzeigen, die den Fortschritt gehemmt haben. Dabei wird schrittweise das begriffliche Skelett der Physik von unten bis oben durchleuchtet, und aus der Kritik entstehen, wie hier gezeigt werden soll, grundlegend neue Auffassungen, die bis in unsere Zeit außerordentlich anregend wirken.¹²²

Gleichzeitig ist neben diese Interpretation der Leistung Einzelner immer der soziale und kulturelle Kontext von Bedeutung für den weiteren Verlauf der Wissenschaft. Nur durch die Entwicklung bestimmter Geräte war zum Beispiel die Messung der Geschwindigkeit des Lichts möglich. Galilei hatte schon das Vorhaben diese zu quantifizieren, nicht aber die technischen Mittel.¹²³ In der *Wärmelehre* weist Mach auf die Dimension der historischen Begriffsbildung hin, die mit der Entwicklung neuer Instrumente und dem Fortschritt der Gedankenanpassung verwoben ist. Dies bringt wieder Motz auf den Punkt:

Er vergleicht die Begriffsbildung im Falle der Wärmelehre mit der bei der Elektrizitätslehre. (...) Hätte aber Riess sein Thermometer früher erfunden als Coulomb die Drehwaage (die beiden Erfindungen sind ja voneinander ganz unabhängig), so hätten wir die Energie als die Menge der Elektrizität angesehen in Analogie zur Wärmemenge. Die Begriffsbildung war historisch bedingt.¹²⁴

¹²² Hans Motz, „Ernst Mach als Physiker und Historiker der Physik mit Zukunft“, in: Haller und Stadler (Hrsg.), *Werk und Wirkung*, S.90f.

¹²³ Mach, *Vorlesungen*, S.62-65.

¹²⁴ Motz, „Ernst Mach als Physiker“, S.93.

Biologische Natur der Erkenntnis

Für Mach ist das Suchen nach Ursache und Wirkung und das Feststellen von Beständigkeiten notwendig, um eine wissenschaftliche, die Natur ausforschende Tätigkeit des Menschen in ihren Anfängen keimen zu lassen. „Die aufgedrungene Ansicht, dass derartige Beständigkeiten in der Natur *existieren*, dass es förderlich ist diese zu suchen und zu verfolgen, begründet die ersten naturwissenschaftlichen Fortschritte.“¹²⁵ Die Erfahrung bleibt die Grundlage für das Erkennen solcher veränderungsresistenten Tatsachen in der Natur. Bei der Analyse der Psyche müssen die Zusammenhänge dementsprechend auf die instinktive, biologisch motivierte Anpassung des Menschen an die Natur zurückzuführen sein. Dennoch wird die Einheit der Natur nicht wie bei Mill zu einem methodologischen Prinzip, wie dessen Induktionsprinzip weiterverarbeitet, sondern als eine notwendige Nebenbedingung der Naturforschung beschrieben.

Die Forderung Beständigkeit und Bestimmtheit in der Natur vorauszusetzen und diesen forschend nachzugehen, macht uns zunächst den Eindruck einer Art *intellektuellen kategorischen Imperativs*. Eine Stunde nüchterner Überlegung belehrt uns aber, dass dies Postulat doch nur durch die Erfahrung nahe gelegt wird, dass ohne dasselbe die Naturforschung überhaupt keinen *Sinn* und *kein Ziel* hätte.¹²⁶

Wie oben bereits ausgeführt wird Kausalität und mit ihr die Begriffe von Ursache und Wirkung als etwas Metaphysisches entfernt und durch funktionale Abhängigkeit ersetzt. Hier zeigt sich sehr gut, dass für Mach lange bestehende und tief verankerte, biologische Charakteristika des Menschen und seiner Wissenschaft trotz ihrer irrtümlichen, metaphysischen Befangenheit nützlich sind und gleichzeitig solche Fundierungen angezweifelt und verändert werden müssen, um einen weiteren Fortschritt der Forschung herbeizuführen. Für die psychischen Prozesse bedeutet dies zusammenfassend Folgendes. Erstens sind diese biologisch bedingt und haben ihren Ursprung in der instinktiven Auseinandersetzung mit der Natur. Zweitens sind sie als Teil der Natur der Veränderung und der Evolution ausgesetzt. Drittens ist eine Beschreibung derselben möglich, und zwar anhand der Introspektion und historisch-kritischer Beispiele. Den Ursprung der historisch-kritischen Methode als ein sinnstiftendes und effektives Mittel zur Erkenntnisgewinnung erklärt Stadler mit einem Teil Machs Biographie:

¹²⁵ Mach, *Vorlesungen*, S.382.

¹²⁶ Ebd., S.383.

Die frühe Lehrtätigkeit führte Mach ferner auf die Historische Darstellung als die einfachste und verständlichste, die allgemeine begriffliche Zusammenfassung enthüllte 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.¹²⁷

Denkökonomie

Dieser biologisch begründete ökonomische Charakter der Erkenntnislehre Machs ist ein Grundpfeiler, der heftig umstritten ist. Zur Abrundung seiner biologisch-teleologischen Beschreibung des menschlichen Handelns benötigt Mach nämlich ein Kriterium, welches Sinn und Ziel in konkrete Bahnen lenkt, und benennt hierfür die ökonomische Natur des menschlichen Handelns und Denkens.

Das theoretische und das praktische Tun sind ja die zusammengehörigen Teile *einer und derselben* biologischen Reaktion; das zweite ist vom ersten angeregt, von diesem durchdrungen und dessen natürliche Fortsetzung. Suchen doch beide dasselbe biologische Ziel mit dem geringsten Gedanken und materiellem Aufwande zu erreichen.¹²⁸

Diese Vorstellung wird von Mach immer wieder bei der Beschreibung historischer Entwicklungen oder zeitgenössischer Forschung betont, ausgeführt und verfeinert. Der Sammelbegriff für diese Annahme über menschliche Verhaltensweisen ist Denkökonomie. Da der Mensch auch Natur ist, kommt ökonomisches Vorgehen nur durch einen Zweck zum Vorschein. Ökonomie ist für Mach ein menschliches Merkmal und kein Grundbaustein der Natur¹²⁹. Die Denkökonomie ist in Kombination mit dem neutralen Monismus sowohl in der zweckmäßigen Auseinandersetzung mit Naturvorgängen, als auch bei der zielgerichteten Erkundung psychischer Vorgänge stets vorhanden. Ohne den regulativen Nutzen, den die Denkökonomie in sich birgt wäre eine Einordnung der Phantasie und eine Analyse ihrer Leistungsfähigkeit nicht möglich.

¹²⁷ Stadler, „Leben, Werk und Wirkung“, S.19.

¹²⁸ Mach, *Vorlesungen*, S.373.

¹²⁹ Mach, *Wärmelehre*, S. 440 f.

Vgl. auch die kompakte und klare Zusammenfassung der verschiedenen Facetten denkökonomischer Aufgabenbereiche in Vgl. Auch John T. Blackmore, (1972). *Ernst Mach. His Work, Life and Influence*. Berkeley, Calif. (u.a.): Univ. of California Press 1972, S.173-174: Diese sind Ökonomie der Gedanken – die für diese Arbeit die bedeutendste ist -, der Energie, von Arbeit und Zeit, der Methode – insbesondere für die Forschung und Entdeckung-, als mathematische Einfachheit, im Sinne von Abkürzungen, mittels Abstraktion, in unvollständiger Form als Logik, im ontologischen Sinne und im Linguistischen.

Ersparnis, Kausalität und Theorieskepsis

Mach vertrat die Annahme einer grundlegenden ökonomischen Eigenschaft der Wissenschaft seit Beginn seiner Lehrtätigkeit und übernahm die Zielsetzung wissenschaftlicher Tätigkeit von dem befreundeten Nationalökonom Herrmann, wie er im Vortrag „Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit“ erwähnt.¹³⁰ In diesem „wird das Prinzip der Denkökonomie formuliert und die Vorarbeit für“ die *Mechanik* 1883 und die *Wärmelehre* 1896 geschaffen.¹³¹ Ähnliche Konzepte finden sich bei Richard Avenarius, dessen Thesen Mach wohlwollend auffasste¹³². Gomperz fasst die Theorieskepsis und den ökonomischen Charakter der wissenschaftlichen Methode bei Mach kurz zusammen:

Mach faßt die wissenschaftlichen Sätze als *denkökonomische* Hilfsmittel: sie symbolisieren die Tatsachen, *soweit* diese zu *praktischen* Zwecken überhaupt aufgefaßt werden müssen, mit *hinreichender* Genauigkeit; was praktisch unwichtig ist, wird vernachlässigt; alle wissenschaftlichen Sätze gelten daher nur *annähernd* und zeitweilig.¹³³

Damit ergeben sich Kriterien wie Einfachheit als anzustrebende Ziele der Darstellung von Naturtatsachen und bedingen die antimetaphysische Haltung. Denn „[a]lle Wissenschaft hat Erfahrungen zu ersetzen oder zu *ersparen* durch Nachbildung und Vorbildung von Tatsachen in Gedanken“.¹³⁴ Akzeptiert man als Wissenschaftler diese Aufgabenstellung, folgert Mach, dass gewisse Gegenstände und Fragen, zum Beispiel nach Ursache und Wirkung, aufgrund ihres nicht empirischen und damit unüberprüfbaren Charakters wegfallen. „Mit der Erkenntnis des ökonomischen Charakters verschwindet auch alle Mystik aus der Wissenschaft.“¹³⁵ Gerade Problemstellungen zum Wesen und der Konzipierung von Kausalität werden von Mach zu unnötigen und verfehlten Bemühungen erklärt. Ursache und Wirkung sind nur ökonomische, weil idealisierende und abstrahierende Begrifflichkeiten, die dem Zweck der Nachbildung der unübersichtlichen Erfahrung dienen.

¹³⁰ Ernst Mach, *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit: Vortrag gehalten in der K. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften am 15. Nov. 1871*. Prag: Calve 1872., S.55, Endnote 5.

¹³¹ Stadler, „Leben, Werk und Wirkung“, S.20.

¹³² Mach, *Analyse*, S.53.

¹³³ Heinrich Gomperz, „Ernst Mach“, in: *Archiv Für Geschichte Der Philosophie*, 29(4)/1916, S.321-328, S.322.

¹³⁴ Mach, *Mechanik*, S.503.

¹³⁵ Ebd., S.503.

Wenn wir von Ursache und Wirkung sprechen, so heben wir willkürlich jene Momente heraus, auf deren Zusammenhang wir bei Nachbildung einer Tatsache in der für uns wichtigen Richtung zu *achten* haben. In der Natur gibt es keine Ursache und keine Wirkung. Die Natur ist nur *einmal* da.¹³⁶

Die ökonomische Methode unterstützt eine kritische, skeptische Haltung gegenüber wissenschaftlichen, verallgemeinernden Theorien. In der beschreibenden Darstellung der Elemente und deren Zusammenhänge kommt es darauf an „die besten und einfachsten Regeln für die Ableitung der Erscheinungen auseinander zu finden“¹³⁷. Findet man eine solche Regel, ist diese nicht als etwas Fixiertes oder Unveränderliches zu sehen. Dies wäre eine dogmatische Haltung, die weitere Erfolge hindert. Solide Skepsis wird zu einer guten Handlungsanweisung, wenn Mach unterstreicht: „Die Wissenschaft ist fast mehr durch das gewachsen, was sie zu ignorieren verstanden, als durch das, was sie berücksichtigt hat.“¹³⁸ Dementsprechend stellen gültige Theorien und Annahmen über die Abhängigkeiten der Elemente voneinander nur vorläufige Regeln oder Gesetze dar¹³⁹. Sie können jederzeit in eine einfachere, sinnvollere Form gebracht werden. Für Mach gilt: „Das Ziel der Naturwissenschaft ist der Zusammenhang der Erscheinungen. Die Theorien aber sind wie dürre Blätter, welche abfallen, wenn sie den Organismus der Wissenschaft eine Zeit lang in Athem gehalten haben.“¹⁴⁰ Die Theorieskepsis und das Ökonomieprinzip ergeben sich demnach „genau aus der kausalitäts-skeptischen Ausrichtung des psychophysischen Parallelismus.“¹⁴¹

¹³⁶ Ebd., S.506. Auch das Ich kann mittels der Annahme einer ökonomisierenden Haltung erklärt werden. Es muss konsequenterweise als Symbol oder Idealisierung erkannt und für die wissenschaftliche, empirische Auseinandersetzung eliminiert werden. Vgl. Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.30. „Wenn *ich* aufhöre Grün zu empfinden, wenn *ich* sterbe, so kommen die Elemente nicht mehr in der gewohnten geläufigen Gesellschaft vor. Damit ist alles gesagt. Nur eine ideelle denkökonomische, keine reelle Einheit hat aufgehört zu bestehen“.

¹³⁷ Mach, *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit*, S.32.

¹³⁸ Ebd., S.38.

¹³⁹ Vgl. John T. Blackmore, *Ernst Mach's philosophy : Pro and con ; with contributions by Brentano, Carnap, Einstein, Husserl, Lenin, Mach, Planck, Popper, and others*. Bethesda, Md. (u.a.): Sentinel Open Press 2009, S.50: Blackmore verdeutlicht, dass gerade die Skepsis gegenüber Kausalität und absoluten Gesetzmäßigkeiten von Mach nicht nur übernommen, sondern eigenständig präzisiert wurde: „People often forget that it is rarely necessary to generalize broadly or without qualification or believe more strongly than the weight of evidence justifies, that is, they over-generalize or overbelieve and hence become one-sided, irrational, or dogmatic. Thus, while most other phenomenalists following Hume identified causes with relations among appearances, Mach qualified his position. He did not reject scientific laws but like many historians he felt they were idealized and seems to have preferred what he called „mathematical functions“ which tend to be applied more to particular situations and unlike many laws seem to make few or no universal claims.“

¹⁴⁰ Mach., *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit*, S.46.

¹⁴¹ Michael Heidelberger, „Zum Leib-Seele-Problem seit Fechner und Mach“, in *Elemente einer zukünftigen Wissenschaftstheorie*, S.104.

Ökonomie und das Gedankenexperiment

Die Anwendung des ökonomischen Prinzips zielt auf Ersparnis von Erfahrung ab. Diese wird einmal durch die Vermittlung von Wissen erreicht, sei dies für den Einzelnen durch die Lehre, oder für ganze Generationen „durch die schriftliche Aufbewahrung in Bibliotheken“¹⁴². Sprache und damit auch mathematische Entitäten wie Zahlen werden so „eine ökonomische Einrichtung“, und entwickelten sich im wissenschaftlichen Bereich gemäß dem Wunsch nach größerer Ersparnis weiter¹⁴³. Verschiedene Tatsachen können damit zu Gesetzen oder Regeln zusammengefasst werden; die Zerlegung von diesen Tatsachen in „möglichst wenige und möglichst einfache“ Bestandteile und das Vermitteln derselben stellt eine weitere ökonomische Handlung dar: Das Erklären.¹⁴⁴

Im Bereich der Gedankenwelt führt Mach ein weiteres wesentliches Instrument der ökonomischen wissenschaftlichen Methode ein, die gemäß dem Monismus selbstverständlich direkt auf die physische Umwelt anwendbar ist, das Gedankenexperiment. Da Wissenschaft die Aufgabe hat Erfahrungen zu ersparen, muss die effiziente, ökonomische Einstellung auch auf die psychischen Ressourcen übertragen werden. Wulz drückt dies sehr schön aus:

Durch das Ökonomieprinzip erfolgt ein Ordnen und Organisieren der Gedanken, wissenschaftliche Forschung wird demnach von Mach als ein ökonomisches Unternehmen vorgestellt, das darin besteht, wissenschaftliche Erkenntnisse möglichst vollständig und mit dem geringsten Gedankenaufwand darzustellen.¹⁴⁵

Wichtig ist diese beschneidende, abstrahierende und idealisierende Arbeit aus biologischen Gründen. Hätte der Mensch keine Möglichkeit aus der Flut der Sinneseindrücke bestimmte Regularitäten und Zusammenfassungen herauszufiltern, wäre er nicht imstande irgendeine

¹⁴² Mach, *Mechanik*, S.504.

¹⁴³ Ebd., S.504.

¹⁴⁴ Mach, Ernst: (1872): *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit*, S.37.

¹⁴⁵ Monika Wulz „Gedankenexperimente im ökonomischen Überschuss. Wissenschaft und Ökonomie bei Ernst Mach“, in: *Berichte Zur Wissenschaftsgeschichte*, 38(1)/2015, 59-76. S.59. Wulz vertritt die These, dass erst der durch eine fortschreitende Arbeitsteilung erzielte sozioökonomische Überschuss zu dem Forschen nach Erkenntnis um der Erkenntnis willen und nicht aus biologischer Notwendigkeit führte. Gedankenexperimente kombinieren daher in paradigmatischer Weise zwei ökonomische Funktionsweisen, die für Machs Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie relevant sind: Zum einen den meist unter dem Begriff der „Denkökonomie“ verhandelten effizienten Umgang mit den psychischen wie physischen Ressourcen und zum zweiten die theoretischen Annahmen, dass der Mensch auf ein Übermaß an mannigfaltigen und ungeordneten Eindrücken mit einer möglichst sparsamen, ökonomischen Erfassung reagiert, was ihm neue Verknüpfungen und Assoziationen ermöglicht. Darüber hinaus thematisiert Mach auch die sozioökonomischen Bedingungen von Wissenschaft insbesondere in Bezug auf die in der experimentellen Praxis und im experimentellen Denken wirksame Beobachtung und Phantasie., Vgl. Ebd, S.67.

Orientierung in der Welt zu erlangen. Stattdessen liegt der Nutzen der Wissenschaft eben im Ersatz von Erfahrung und dem Versuch über diese hinaus zu denken, natürlich einer empirischen Überprüfung harrend. Im Falle der Bestätigung ihrer vermutenden Forschung ist das Ergebnis eine bessere Beschreibung der Welt, im Falle der Falsifizierung die Ausgrenzung falscher relationaler Annahmen.¹⁴⁶

Die ökonomische Methode

Der Stellenwert der Denkökonomie in Machs Erkenntnislehre ist sehr umstritten und war ein Hauptkritikpunkt Plancks¹⁴⁷ und Einsteins, aber auch befreundeten Sympathisanten wie James¹⁴⁸. Ohne auf diese Kontroversen genauer eingehen zu können soll hier kurz dargestellt werden, inwiefern der Stellenwert ökonomischer Prinzipien und deren Verwendung in der Erkenntnistheorie Machs zu bewerten sind. Planck zum Beispiel sieht in einer Überbetonung des ökonomischen Prinzips eine fehlerhafte Grundeinstellung in Bezug auf naturwissenschaftliche Forschung. In Kombination mit der weiteren biologischen Komponente Machs, der Rückführung alles Wissens auf Sinnesdaten, führt dies für Planck zu einem irreführenden Ausschluss von Erkenntnis über nicht empfindbare Bestandteile einer realen Außenwelt¹⁴⁹. Wolters erklärt jedoch überzeugend mit den Äußerungen Machs, dass die Annahme einer die Erkenntnis beschränkenden ökonomischen Einstellung nicht vorliegt. Wolters schreibt, um eine fehlerhafte Aufnahme der ökonomischen Gedanken Machs zu verhindern:

¹⁴⁶ Vgl. Mach, *Mechanik*, S.511.

¹⁴⁷ Vgl. Max Planck, *Vorträge und Erinnerungen*. 5. Auflage der *Wege zur physikalischen Erkenntnis* als Volksausgabe. Ein Vortrag gehalten im Jahr 1908. Stuttgart: S.Hirzel 1949.

Ernst Mach, „Die Leitgedanken meiner naturwissenschaftlichen Erkenntnislehre und ihre Aufnahme durch die Zeitgenossen“ in *Scientia*, Vol.VII, Anno IV/1910 und Max Planck, „Zur Machschen Theorie der physikalischen Erkenntnis. Eine Erwiderung.“ finden sich in Mach, *Mechanik*. Hrsg. u. mit einem Anhang versehen von Renate Wahsner und Horst Heino von Borzeszkowski. In Band 2 der Ernst Mach Studienausgabe, *Erkenntnis und Irrtum* finden sich extensive Verweise zu Machs Kontroversen mit Planck, Boltzmann, Atomistik und Relativitätstheorie in der Fussnote 12, auf S.XIV.

¹⁴⁸ Vgl. Uebel, „American Pragmatism, Central-European Pragmatism and the First Vienna Circle“, S.94. Der grundlegende Einfluss auf James wird hier gut belegt, auch wenn dieser die ökonomischen Prinzipien Machs nicht gänzlich aufnahm.

¹⁴⁹ Vgl. Planck, *Zur Machschen Theorie*, sowie Planck, *Einheit*. Für den historischen Kontext erhebt Wegener die These, dass Planck nicht nur erkenntnistheoretisch, sondern auch politisch motiviert eine öffentliche Abgrenzung seines Realismus von Machs Ökonomieprinzip inszenieren wollte. Vgl. Daan Wegener, „De-anthropomorphizing energy and energy conservation: The case of Max Planck and Ernst Mach“, in *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 41(2)/2010, S.146-159.

Man beachte Einsteins komplettes Mißverständnis des Machschen Ökonomieprinzips als der Forderung nach möglichst einfacher Tatsachenbeschreibung. Nirgends behauptet Mach, daß das Streben nach Denkökonomie das treibende *psychologische* Motiv des individuellen Wissenschaftlers sei. Denkökonomie ist vielmehr Selektionskriterium im Wissenschaftsprozeß und heuristischer Leitfaden der Theoriebildung und des Verstehens des wissenschaftlichen Fortschritts.¹⁵⁰

Mach betont selber: „Die *Methoden*, durch welche das Wissen *beschafft* wird, sind *ökonomischer* Natur.“¹⁵¹

So ergibt sich eine ökonomische Methode der wissenschaftlichen Forschung bei Mach, die empirisch und monistisch ist und auf alle Naturwissenschaften angewandt wird. Als Folge der ökonomischen Haltung ergibt sich die Notwendigkeit Metaphysisches, der Erfahrung nicht Zugängliches und damit Nutzloses aus der Forschung zu verbannen, zum Beispiel das Ich, das Leib-Seele-Problem und die Kausalität. Durch die historische Erläuterung der Entwicklung der Wissenschaften wird beschrieben wie der Mensch sich instinktiv und in Gedanken spielend mittels seiner durch Erfahrung gewonnenen Empfindungen in den Naturvorgängen zurechtfindet und die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Elementen zu verstehen versucht. Eine kritische Haltung unterstützt den antimetaphysischen und ökonomischen Charakter der Wissenschaft und sorgt für Fortschritt. Ziel der Wissenschaft ist es Erfahrung zu ersetzen und zu ersparen und die Zusammenhänge zwischen Elementen zu beschreiben.

Im Folgenden gehe ich diesem Faden nach und versuche zu beschreiben wie das instinktive Erkennen von Zusammenhängen der Naturvorgänge mittels Abstraktion und Begriffsbildung durch die menschliche Psyche weiterentwickelt wird, um gewonnene Vorstellungen und im Gedächtnis verankerte Erinnerungen im Spiel der Assoziation zu variieren. Diese Entwicklung mündet in dem, was die Phantasietätigkeit laut Mach umfasst.

¹⁵⁰ Gereon Wolters, *Mach I, Mach II, Einstein und die Relativitätstheorie: Eine Fälschung und ihre Folgen*. Berlin [u.a.]: De Gruyter 1987. Fussnote 21, S.117 f.

¹⁵¹ Mach, *Vorlesungen*, S.439.

Psychisches

Gedanken und deren Erforschung

Im Zuge meiner Ausführung der geistigen Mittel des Menschen bei Mach rückt der Betrachtungswinkel von einem erkenntnistheoretischen und methodischen auf einen stärker psychologischen. Die fließende Verbindung zwischen der Forschung der Physik, Physiologie und Psychologie wurde bereits beschrieben. Es sind alle institutionellen Differenzierungen zwischen diesen speziellen Erfahrungswissenschaften auf gleichartige Elemente und Elementenkomplexe rückführbar, einzig die Perspektive entscheidet über den Bereich, in dem man sich mitzuteilen wünscht. „Für mich ist das Physische und Psychische dem Wesen nach *identisch*, unmittelbar *bekannt* und *gegeben*, nur der Betrachtung nach verschieden“¹⁵², schreibt Mach. Eine Überbetonung dieser Ansicht ist kaum möglich, da eine äußerst intime Verschränkung der Wissenschaften mit dem Ziel von mannigfaltigen synergetischen Effekten sich ständig feststellen lässt.¹⁵³ Durch die monistische Konzeption sind für Mach gelegentliche Sprünge oder großflächigere Übernahmen aus den verwandten Gebieten der Physik und der Physiologie nicht nur möglich, sondern erwünscht und notwendig, um psychologische Fragestellungen zu beantworten. Eine Problematik die in der Rezeption der Werke Machs und anderer Vertreter des Monismus, wie James thematisiert wurde ist die Schwierigkeit gedankliche Entitäten - die Vorstellungen, Erinnerungen, Assoziationen und Ideen - sinnvoll zu integrieren. Für Mach haben diese mentalen Phänomene genau den Realitätsgehalt, welchen die Empfindungen auf physische oder psychische Weise annehmen konnten. Einzig bestimmte psychische Vorgänge, wie zum Beispiel die Abstraktion können diese von der Erfahrung entfernen, nicht aber isolieren. Mach verwendet auf praktische Weise den Monismus als Methode, die es ermöglicht Physisches und Psychisches, sowie Produkte des letzteren wie die

¹⁵² Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.12, Fussnote 20.

¹⁵³ Vgl. Richard Staleys Artikel „„Beyond the Conventional Boundaries of Physics“: On Relating Ernst Mach's Philosophy to His Teaching and Research in the 1870s and 1880s“ in Friedrich Stadler (Hrsg.), *Integrated History and Philosophy of Science: Problems, Perspectives, and Case Studies*. Springer International Publishing AG 2017., S.69-80. Staley resümiert auf S.79: „For Mach, the boundaries between disciplines and between self and world are not fixed, and inertial masses, human bodies and selves are all more intimately related to the rest of the universe than is usually recognized. His insistence on this point in considering the ego was as radical as it was in considering the law of inertia; and both of these arguments stemmed from a common approach to the sciences. They should be considered alongside each other too. Doing so will change our understanding of Mach, but it may also give us new perspectives on the disciplines to which he contributed.“

Idee, für eine erkenntnisfördernde Auseinandersetzung gleichzustellen und als nutzbar zu erachten¹⁵⁴.

Grundsätzlich ist die gängigste Methode der Psychologie die der Selbstbeobachtung, wobei diese nicht ausreichen wird, um eine umfassende Beschreibung der geistigen Tätigkeit herbeizuführen. Auch die Physiologie wird benötigt und für gewisse Fragen muss der physikalische Zusammenhang zwischen Elementen und Empfindungen klargestellt werden. Mach führt dies an dem Elementenkomplex der roten Farbe aus, die unter Ausklammerung des menschlichen Leibs einen Bereich der Physik darstellt, durch die Betrachtung der biologischen Komponenten, wie Netzhaut und Sehnerven, der Physiologie zuzuordnen ist, und sobald man die Vorstellungen, den Willen und „[w]as dann noch an unserem Körper hängt, die Gedanken,“ betrachtet in den Bereich der Psychologie fällt¹⁵⁵.

Gerade die Verortung der Gedanken stellt sich als offene Fragestellung für Mach dar. Die Antwort auf dieselbe, wie die „Beherrschung des Tatsächlichen in Gedanken¹⁵⁶“ erfolgt, vermutet er notwendigerweise im Einnehmen verschiedener Perspektiven, weit über eine rein psychologische Betrachtung hinaus.

Unser optisches Gesichtsfeld ist uns sehr geläufig. Wir wissen aber gewöhnlich nicht anzugeben, wie wir zu einem Gedanken gekommen, aus welcher Ecke des intellektuellen Gesichtsfeldes er hereingebrochen, noch durch welche Stelle der Impuls zu einer Bewegung hinausgesendet worden. Dieses geistige Gesichtsfeld werden wir auch durch Selbstbeobachtung allein nie kennen lernen. Die Selbstbeobachtung im Verein mit der physiologischen Forschung, welche den physikalischen Zusammenhängen nachgeht, kann dieses Gesichtsfeld klar vor uns legen, und wird damit unseren inneren Menschen erst eigentlich offenbaren.¹⁵⁷

¹⁵⁴ Vgl. Erik C. Banks, *Ernst Mach's World Elements*, S.145. „If sensations had both mental and physical variations, why not the ideas, memories, and other so-called mental phenomena? Mach had addressed the same problem in the Analysis and he too held that the α , β , γ ... had reality *an sich*. Despite the „paleness“ of ideas, their equal claim to reality in dreams and sensory hallucinations serves as a proof of this“.

¹⁵⁵ Mach, *Vorlesungen*, S.198-200.

¹⁵⁶ Ebd., S.200.

¹⁵⁷ Ebd., S.200.

Abstraktion, Heuristik und Logik

Der grundlegendste Prozess zur Ordnung der sinnlichen Empfindungen, die durch die Wahrnehmung der Weltelemente und der Elementenkomplexe zustande kommen, ist die Abstraktion.

Diese hängt sehr eng mit der Bildung von Begriffen zusammen, wobei diese als ein bestimmtes Ergebnis des Abstraktionsprozesses angesehen werden müssen. Mach sieht die Prozesse der Abstraktion als heuristisches Mittel und schreibt diesen einen höheren Gehalt zu als den logischen Methoden der Induktion und Deduktion. Auch wenn Mach Inhaber eines Lehrstuhls war, der sich mit den induktiven Wissenschaften befasste, war er gegenüber einer rein induktiven Methode sehr skeptisch eingestellt und betonte die Wichtigkeit psychischer Prozesse der Forschung, die nicht rein logisch eingrenzbar sind.

Hier wird klar, dass Machs Psychologie der Forschung vor der konzeptuellen Trennung zwischen dem Kontext der Rechtfertigung und dem Kontext der Entdeckung entwickelt wurde, andererseits die Nähe zu seinem induktionskritischen Vorbild Hume. Zudem wird ersichtlich, dass der Zweck der Forschung in Machs Erkenntnislehre die Beschreibung der Zusammenhänge zwischen gegebenen Elementen ist. Die Ordnung der gefundenen und beschriebenen Relationen stellen für den Forscher einen zweiten Schritt dar. Ersteres kann nicht in den Bereich der logischen Schlussfolgerungen fallen, letzteres kann sich derselben bedienen. Wolters fasst dies mit Bezug auf Feyerabends Ansicht einer „erhebliche[n] Diskrepanz zwischen der Forschung und ihrer ‚Logik‘, zwischen Wissenschaft und Wissenschaftstheorie“ in äußerst klarer Weise zusammen: „Ja, der Vielfalt der Wissenschaftsbereiche und Forschungsmethoden entspricht eine fast einfältige ‚Logik der Forschung‘. Wie z.B. Induktionslogik auf den Forschungsprozeß zurückwirken soll, womöglich noch mit *heuristischen* Impulsen, ist schwer vorstellbar.¹⁵⁸“ Mach selber spricht der Logik sogar jeglichen heuristischen Wert ab:

¹⁵⁸ Wolter, „Topik der Forschung: Zur wissenschaftstheoretischen Funktion der Heuristik bei Ernst Mach“, S.133.

Syllogismus und Induktion schaffen also keine neue Erkenntnis, sondern sichern nur die Herstellung der Widerspruchslosigkeit zwischen unseren Erkenntnissen, legen deren Zusammenhang klar, lenken unsere Aufmerksamkeit auf verschiedene Seiten einer Einsicht und lehren uns *dieselbe* Einsicht in verschiedenen Formen wiedererkennen. Es ist also klar, dass die eigentliche Erkenntnisquelle des Forschers anderswo liegen muss.¹⁵⁹

Mach betont die Bedeutung der Abstraktion, die Apelt und Mill zwar angesprochen, in ihrer Wichtigkeit allerdings nicht verstanden haben. Mit Bezug auf die „*Baconschen Tafeln*“ „oder die *Millschen Schemata der Übereinstimmung und Differenz*“, definiert Mach den Vorgang, der dafür sorgt, „uns auf einen bisher unbeachteten Zusammenhang aufmerksam“ zu machen, als Abstraktion. „Ist die *Aufmerksamkeit* auf die voneinander abhängigen Merkmale *konzentriert*, von den minder wichtigen *abgelenkt*, so nennen wir dies *Abstraktion*“. Die heuristische Rolle dieser „*Situation*“ wird sogleich bestimmt und gleichzeitig in einer Vorwegnahme des Unterschieds zwischen Verifikation und Falsifikation als Quelle für „*Entdeckung*“ und „bei fehlerhafter Leitung der Aufmerksamkeit auch (...) *Irrtum*“ angesehen.¹⁶⁰

Begriffe und Sprache

Der Prozess der Abstraktion, der zu der Situation der Entdeckung neuer Zusammenhänge zwischen Tatsachen führen kann, ist abhängig von der Aufmerksamkeit und von dem bereits vorhandenen Wissen. Sie ist ein Prozess der psychologischen Idealisierung. Durch das Filtern unzähliger Natureindrücke und das Hervorheben der relevanten Merkmale bestimmter Elementenkomplexe ergibt sie den aktuellen Stand der Forschung, zum Beispiel etablierte Gesetze. Auch wenn in der Forschung bestimmte Zusammenhänge instinktiv erschaut werden, besteht eine Abhängigkeit vom denkökonomischen Mittel der Sprache. Diese hantiert mit Begriffen, welche das Produkt der Abstraktion sind und stellt ein Instrument zur Vermittlung und Verarbeitung bereits gemachter Erfahrungen dar. Mach schreibt deshalb die Fähigkeit der Begriffsbildung – ohne eine Versprachlichung - auch Tieren zu und definiert diese als das Ergebnis der Reaktionen von bestimmten Elementenkomplexen, wie zum Beispiel ein Hase, auf bestimmte Elementenkomplexe, wie zum Beispiel ein Krautkopf. So kann sich der Hase durch das Ausrichten seiner Aufmerksamkeit auf ganz spezielle Merkmale von Krautköpfen beschränken, um sein Überleben zu sichern, ohne sich mit jedem einzelnen ihm

¹⁵⁹ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.323, Fussnote 20.

¹⁶⁰ Ebd., S.323f.

unterkommenden Krautkopf auseinandersetzen zu müssen; die abstrahierende Begriffsbildung sichert also sein Überleben. Insofern ist die Abstraktion abhängig von der Erfahrung und der „nächsten Assoziationen, welche sich an die betreffenden Wahrnehmungen oder die zugehörigen typischen Vorstellungen knüpfen.“¹⁶¹

Durch das Mittel der Sprache kann der Mensch hingegen Wörter verwenden, die allerdings nicht die strenge Reaktion von den höherstehenden Begriffen nach sich ziehen. Diese werden von verschiedenen Berufsgruppen definiert und etabliert, indem Worte „durch umschreibende Einschränkung (Definition) eine von der Vulgärsprache verschiedene, engere Bedeutung“ erhalten.¹⁶²

Damit ist die Entwicklung der Sprache mit einer sich kontinuierlich differenzierenden Abstraktion von immenser Bedeutung für die Forschung, da mit Begriffen in Gedanken effizient hantiert werden kann. „Die beiden erwähnten ordnenden, vereinfachenden ökonomischen Motive der *Permanenz* und der *zureichenden Differenzierung* können erst am begrifflich gegliederten Stoff recht zur Geltung kommen.“¹⁶³ Die Sprache besitzt eine ökonomische und heuristische Eigenschaft, da sie die Erfahrung durch Gedanken intersubjektiv ersetzen kann.

Der Hauptwert der Sprache liegt in der Vermittlung der Gedankenübertragung. Dadurch aber, dass die Sprache uns nötigt, das Neue durch Bekanntes darzustellen, also das Neue mit dem Alten vergleichend zu analysieren, gewinnt nicht nur der Angesprochene, sondern auch der Sprechende. Ein Gedanke klärt sich oft dadurch, dass man sich in der Phantasie in die Lage versetzt, denselben einem Anderen mitzuteilen.¹⁶⁴

Die Phantasie hängt also von den verfügbaren Begriffen und damit von instinktiv gewonnenen und durch Abstraktion aufbereiteten Reaktionen auf bestimmte Gegebenheiten ab. Gleichzeitig sieht man hier, dass Mach die Phantasie als einen höherstehenden Vorgang im innerpsychischen Leben betrachtet, da zumindest im wissenschaftlichen Bereich ein bestimmter Grad an Abstraktion erreicht werden muss, der die Herausbildung von Begriffen nach sich zieht, um mit diesen in Gedanken spielen zu können. Die Bestandteile, mit denen umgegangen werden kann, sind in der Vorstellungswelt vorhanden. Wie diese in

¹⁶¹ Ebd., S.136.

¹⁶² Ebd., S.137.

¹⁶³ Ebd., S.144 f.

¹⁶⁴ Mach, *Wärmelehre*, S.460.

Zusammenhang treten können bestimmt das Gesetz der Assoziation. Um die Phantasie in ihrer Tätigkeit klar darzustellen, muss der Begriff der Vorstellung erläutert werden, genauso inwiefern mit dieser unbewusst, zum Beispiel im Traum, oder bewusst, zum Beispiel in der Kunst und in der Wissenschaft verfahren werden kann.

Vorstellung und Empfindungen

Tiere und Menschen stehen durch ihre Sinnesorgane in Interaktion mit der Umwelt, in der sie zu überleben versuchen. Die Fülle an Erscheinungen, die sich durch die sinnlich gewonnenen Empfindungen in den Organismen abbilden, werden durch Abstraktion zum Zwecke der Übersichtlichkeit und Emanzipation vom Augenblicklichen idealisiert und damit auch für ähnliche, zukünftige Fälle von Vorkommnissen ergänzend aufbereitet. Dies ist insbesondere bei der sprachlichen Begriffsbildung der Fall und erfüllt eine ökonomische Funktion. „Die Vorstellungen haben also die Sinnesempfindungen, soweit sie unvollständig sind, *zu ersetzen*, und die durch letztere anfänglich *allein* bedingten Prozesse weiterzuspinnen.“¹⁶⁵ Mach versucht klarzustellen, dass es ein von den Sinnesempfindungen losgelöstes Gedankenleben gibt, welches zwar auf diese zurückführbar sein muss, nicht aber von diesen streng beschränkt ist. Die Entdeckung neuer Zusammenhänge beruht darauf vorhandene Erfahrung anzuerkennen, diese aber gedanklich zu überschreiten.

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.¹⁶⁶

Genau dieses Potential neuen Relationen nachzuspüren, indem Erfahrung transzendiert wird, diese aber stets in letzter Instanz als Richterin über den Wahrheitsgehalt anzusehen, ist das geistige Mittel mit dem Menschen Fortschritte in ihrer Erkenntnis über die Naturvorgänge erzielen können. Insofern liegt es auf der Hand, dass es neben den Sinnesorganen noch andere biologische Bestandteile des menschlichen Körpers gibt, die es ermöglichen die Erscheinungen der Natur „im Medium des Denkens“¹⁶⁷ zu manipulieren, interpretieren und variieren.

¹⁶⁵ Mach, *Analyse*, S.192.

¹⁶⁶ Mach, *Mechanik*, S.511.

¹⁶⁷ Feyerabend, *Irrwege*, S.288.

Mach geht davon aus, dass diese Bestandteile Organe darstellen. Diese sind, ausgehend vom damaligen Stand der psychologischen Betrachtung der Denkvorgänge nur ungenau bestimmt. Fest steht, dass sie sich evolutionär von den Tieren zu einer sehr leistungsfähigen Form bei Menschen entwickelt haben.¹⁶⁸ Das Konzept eines Vorstellungsorgans übernimmt Mach zu einem großen Teil von Johannes Müller. Die Unterschiede zwischen Mach und Müller hat Ursula Baatz sehr treffend formuliert. Sie betont die empiristische und antimetaphysische, physiologische und psychologische Haltung Machs gegenüber einer eher apriorisch geprägten philosophischen Einstellung Müllers zu den Prozessen des menschlichen Geistes. „Statt solcher metaphysischen Konzeptionen sieht Mach in der Bewegung das Charakteristikum der Lebewesen, und das begriffliche Denken ist rückgebunden an Sinnlichkeit, d.h. an Wahrnehmung und Empfindung.“¹⁶⁹ Genau diesen Verbindungspunkt zwischen sinnlichen Empfindungen und psychisch-abstrahierender Begriffsbildung stellen die Vorstellungen dar.¹⁷⁰ Mach beschreibt gemäß seiner Konzeption einer kontinuierlichen anpassenden Auseinandersetzung der Gedanken an Tatsachen und der Gedanken aneinander ein dialektisches Verhältnis zwischen Empfindungen und Vorstellungen.

Es lassen sich alle Übergänge von der Empfindung zur Vorstellung nachweisen. Nirgends kommen wir auf ein *psychisches* Element, welches mit der Empfindung, die wir unzweifelhaft auch als ein *physisches* Objekt ansehen müssen, ganz unvergleichbar wäre. Der (assoziative) Zusammenhang der Vorstellungen ist allerdings ein anderer als jener der Empfindungen.¹⁷¹

Assoziationen und ihre Gesetzmäßigkeit

Mach beschreibt den assoziativen Vorgang als ein Verknüpfen von sinnlichen Erlebnissen und Vorstellungen und von Vorstellungen untereinander. Die monistische Natur der Erkenntnislehre, in der physisch wie psychisch Erlebtes nur durch die Perspektive unterschiedlich ist, wird hier besonders klar und stellt für Mach Regel und Gesetz dar:

¹⁶⁸ Mach, *Analyse*, S.194.

¹⁶⁹ Ursula Baatz, „Die Sinne und die Wissenschaften. Zur Erkenntnistheorie bei Johannes Müller und Ernst Mach“, in Michael Hagner (Hrsg.), *Johannes Müller und die Philosophie*, Berlin: Akademie-Verlag 1992, S.255-274, S.266.

¹⁷⁰ Ebd., S.268.

¹⁷¹ Mach, *Analyse*, S.198.

Ein sinnliches Erlebnis aus den Bestandteilen *ABCD...* bringt ein früheres sinnliches Erlebnis mit den Bestandteilen *AKLM...* in Erinnerung, d.h. letzteres tritt als Vorstellung auf, wird *reproduziert*. Da nun die Reproduktion von *KLM...* durch *BCD...* im Allgemeinen *nicht* erfolgt, so ergibt sich die natürliche Ansicht, dass dieselbe durch den gemeinsamen Bestandteil *A* eingeleitet wird und von diesem ausgeht. An die Reproduktion von *A* schließt sich jene von *KLM...*, die mit *A* unmittelbar oder mit anderen bereits reproduzierten Gliedern *gleichzeitig* (in zeitlicher Berührung) sinnlich gegeben waren. Auf dieses *einzig* Assoziationsgesetz lassen sich alle hierher gehörigen Vorgänge zurückführen.¹⁷²

Die Reproduktion stellt gewissermaßen den rückwirkenden und vergangenheitsbezogenen Ersatz der Erfahrung dar. Weitere, korrespondierende Sinnesdaten werden angeregt und bereits vorhandene Empfindungen und Vorstellungen vernetzt. Brentano kritisiert diese mangelnde Klarheit in Bezug auf das Assoziationsgesetz¹⁷³. Gleichzeitig sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass Gesetze für Mach keine absoluten Wahrheiten darstellen und eine kontinuierliche, anpassende Revision derselben an Tatsachen erwünscht ist.

Die „psychische Anpassung an die Umgebung“ stützt sich auf die Assoziationen.¹⁷⁴ Diese erhalten wiederum Sinnhaftigkeit durch das Erkennen von Stabilitäten und Ähnlichkeiten. Damit sind sie abhängig von Abstraktion. Ohne Regelmäßigkeiten wäre die Erfahrung nutzlos, da keine Zusammenhänge aufgedeckt werden könnten. Sie bilden somit die pragmatische Grundlage für eine erkenntnisorientierte Auseinandersetzung mit der Umwelt, wenngleich ohne die Strenge einer prinzipiellen, induktiven Haltung.

Eine annähernde Stabilität macht die Erfahrung möglich, und die tatsächliche Möglichkeit der Erfahrung lässt umgekehrt auf die Stabilität der Umgebung schließen. Der *Erfolg* rechtfertigt unsere *wissenschaftlich-methodische* Voraussetzung der Beständigkeit.¹⁷⁵

Die Funktionsweise der Assoziation ist eine zweifache. Diese ermöglicht „nicht nur die *Analyse*, sondern auch die *Kombination*.“¹⁷⁶ Die Analyse sorgt dafür, dass bestimmte Empfindungen und Vorstellungen auf verschiedene Elementenkomplexe angewandt werden können. Die Kombination sorgt für die Verknüpfung gegenwärtiger Empfindungen mit bereits

¹⁷² Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.39, Fussnote 20.

¹⁷³ Vgl. Franz Brentano, *Über Ernst Machs „Erkenntnis und Irrtum“*, Aus dem Nachlaß herausgegeben und eingeleitet von Roderick M. Chisholm und Johann C. Marek. Amsterdam: Rodopi 1988, S.33f.

¹⁷⁴ Ebd., S.39.

¹⁷⁵ Ebd., S.40.

¹⁷⁶ Ebd., S.44.

gemachten Erfahrungen. Diese Verbindungen können mannigfaltig sein und bilden eine Art Netz. In „der modernen Assoziationstheorie, von Hume bis zur heutigen Lerntheorie, in den Gedächtnistheorien, in der Gestalttheorie, in der Psycholinguistik und in den heutigen Theorien der Wahrnehmungs- und der kognitiven Prozesse und der Neuronentätigkeit des Gehirns“¹⁷⁷ ist diese Darstellungsweise vorhanden. Die Beschäftigung mit den „von vorausgehenden Erlebnissen herrührend[en]“ Vorstellungen und „den aktuellen Empfindungen“ sorgt für eine Bündelung und Fixierung derselben. „Dadurch kommt es, wie wir gesehen haben, sowohl zu einer fortschreitenden Zerlegung in die Bestandteile dieser Erlebnisse, als auch zu einer fortgesetzten Bildung neuer Synthesen aus denselben.“¹⁷⁸

Genau die Beschreibung der Vorgänge und Eigenschaften, welche das Neue hervorzubringen vermögen ist ein Ziel der Psychologie der Forschung. Mach wählt für diesen Vorgang den Begriff der Phantasie. Diese wird in verschiedenen Zusammenhängen genannt und ist je nach Anwendungsgebiet zu differenzieren. Zudem gibt es bestimmte Voraussetzungen, welche eine kreative Phantasietätigkeit nach sich ziehen und beruhen auf den Empfindungen, Erinnerungen und Vorstellungen, die assoziativ gesetzmäßig verknüpft sind¹⁷⁹. Wichtig für die wissenschaftliche Forschung sind Möglichkeiten die Phantasie bewusst steuern und anwenden zu können. Mach hält es für möglich diese zu untersuchen, sofern man anerkennt, „dass psychologische und physiologische Untersuchungen nicht voneinander getrennt werden können“.¹⁸⁰ Zudem erkennt Mach die Rolle der introspektiven Selbstbeobachtung und den Nutzen der Betrachtung historischer Beispiele. Der Kontext des Entdeckens war für Mach ein integraler Bestandteil seiner Erkenntnistheorie:

¹⁷⁷ Werner Leinfellner, „Physiologie und Psychologie – Ernst Machs „Analyse der Empfindungen“, in Haller und Stadler (Hrsg.), *Werk und Wirkung*, S.127.

¹⁷⁸ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.44.

¹⁷⁹ Vgl. Sarnoff A. Mednick, „The associative basis of the creative process“, in *Psychological Review*, 69(3)/1962, S.220-232. Mednick führt aus, dass die Darstellung des assoziativen Merkmals der Kreativität - die der Beschreibung der Phantasietätigkeit Machs ähnelt oder sogar gleicht - Geschichte hat: „It should be pointed out that this definition of creativity is quite similar to basic notions advanced by British associationists from Locke (1690) to Bain (1855) (...)“, S.221.

¹⁸⁰ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.51.

Man hört häufig sagen, das Forschen könne nicht gelehrt werden. Dies ist auch in gewissem Sinne richtig. Die Schablonen der *formalen* und auch der *induktiven* Logik können nicht viel nützen, denn die intellektuellen Situationen wiederholen sich nicht genau. Aber die Beispiele der großen Forscher sind sehr anregend, und Übung im Experimentieren in Gedanken nach dem Muster derselben, wozu hier eine kleine Anleitung gegeben wurde, ist gewiss förderlich. Die späteren Generationen haben auch wirklich auf diese Weise eine Förderung der Forschung erfahren, denn Aufgaben, welche früheren Forschern große Schwierigkeiten bereitet haben, werden jetzt mit Leichtigkeit gelöst.¹⁸¹

¹⁸¹ Ebd., S.210.

Teil - III

Phantasie

Der Mensch, die äußeren Bedingungen und die Phantasie

Die Phantasie ist ein menschliches Vermögen. „Nun kann der Mensch die Teile seiner Erinnerung aus ihrer ursprünglichen Verbindung lösen und neu kombinieren; er hat *Phantasie*.“¹⁸² Sie ist in ihrer Leistungsfähigkeit beim Menschen einzigartig, wenn man auf die Interaktionsmöglichkeit, dem Spielraum der Kombinationsleistung im assoziativen Bereich, achtet. Mach geht davon aus, dass Begriffsbildung und assoziative Verknüpfungen ab einer bestimmten Entwicklungsstufe im Tierreich vorhanden sind, und damit auch die Möglichkeit zu phantasieren; ein Vergleich der „psychische[n] Arbeit“ zwischen „Menschen und Tieren“, wird „nur quantitative Unterschiede, ganz allmähliche Übergänge“¹⁸³ ergeben. Der eigentliche Unterschied ergibt sich durch den Zweck der Arbeit. Auf der Grundebene ist die psychische Arbeit „egoistischer Natur, mit geringen Ausnahmen“ und zielt auf rein biologisch motivierte Bedürfnisbefriedigung und Arterhaltung ab. Im Kontrast dazu ist die „psychische Tätigkeit bahnbrechender Forscher, Techniker, Sozialreformer, großer Künstler, (...) gewiss auch durch persönliche Motive geleitet“, hat aber letztlich „ein allgemein menschliches Ziel“.

Die Möglichkeit des Menschen Erfahrung in Vorstellungen zu ersetzen, diese Fähigkeit zu üben und deren Früchte weiterzuvermitteln, insbesondere durch die Wissenschaft, ergibt ein evolutionär geprägtes, historisches Bild der Entwicklungsgeschichte der Spezies Mensch im Allgemeinen und der Erkenntnislehre im Speziellen. „Diese tiefe historische Fundierung ist vielleicht der wichtigste, erhabenste und erhebendste Unterschied zwischen dem menschlichen und tierischen psychischen Leben.“¹⁸⁴ Alle Erfolge, die eine bessere Orientierung in der Umwelt nach sich ziehen und im Bereich der Forschung auf eine ökonomischere Darstellung der Beziehung der Naturvorgänge ermöglichen, beruhen auf der „Zweck- und Nutzarbeit“ der Phantasie „zur allgemeinen *Erhebung*“.¹⁸⁵

Durch den Aspekt des Fortschritts und der kontinuierlichen Entwicklung der Auseinandersetzungsmöglichkeiten im psychischen wie physischen Bereich fügt sich auch die

¹⁸² Mach, *Vorlesungen*, S.442.

¹⁸³ Ebd., S.445.

¹⁸⁴ Ebd., S.445 ff.

¹⁸⁵ Ebd., S.446.

Herausbildung der Phantasie, vom Instinkt ausgehend, nahtlos in die Erkenntnislehre Machs ein. Zum einen wird sie als ein Arbeitsinstrument zum Auffinden neuer Beschreibungen der Umwelt betrachtet, zum anderen zu einem Produkt evolutionärer Orientierung erklärt. Dadurch ist das instinktive Erschauen von Tatsachen ein legitimes Werkzeug der Erkenntnis. Feyerabend fasst die Rolle des Instinkts und dessen wissenschaftliche Relevanz zusammen. „Im Verlaufe dieses Anpassungsprozesses wurden viele Erwartungen enttäuscht, das Verhalten änderte sich auf entsprechende Weise, und das Bewußtsein reflektiert das Ergebnis aller dieser Veränderungen.“¹⁸⁶ Es besteht also eine Entwicklung der gesamten Art, welche Hand in Hand mit den Erkenntnissen über die Umwelt vor sich geht. Diese wirken auf die psychischen Vorgänge zurück und werden in der historischen Dimension weitergegeben und weiterentwickelt.

Damit stellt die Phantasie nicht nur ein innerpsychisches Vermögen der Menschen dar, sondern in Kombination mit der Möglichkeit der Weitergabe und Vermittlung von Wissen, zum Beispiel in der ökonomischen Form der Sprache, das Instrument des Fortschritts dar. Wulz interpretiert dieses Vermögen sehr anschaulich als ein sozio-ökonomisch bedingtes, und führt aus, dass die Anwendung von einer phantasierenden Tätigkeit, insbesondere durch Gedankenexperimente erst durch die Möglichkeit, sich nicht mit unmittelbar biologisch notwendigen Problemen befassen zu müssen, entsteht¹⁸⁷. Fest steht, dass Mach die Arbeit in und durch die Phantasie als überindividuell beschreibt und dies mit historischen Beispielen belegt.¹⁸⁸

Phantasie als Arbeit

Auf der Ebene des Individuums, isoliert von den gesellschaftlichen, äußeren sozio-ökonomischen Einflüssen bleibt die Phantasie beschreibbar. Sie wird als eine Tätigkeit bestimmt, die gewisse psychische Ressourcen benötigt, sowie eine zeitlich ausgedehnte Auseinandersetzung. Mach nennt bestimmte Einflüsse und setzt sie in den Zusammenhang

¹⁸⁶ Feyerabend, *Irrwege*, S.204.

¹⁸⁷ Vgl. Wulz, „Gedankenexperimente im ökonomischen Überschuss. Wissenschaft und Ökonomie bei Ernst Mach“, S.67-69.

¹⁸⁸ Vgl. Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.164. Mach beschreibt die notwendigen Schritte zur Feststellung der Lichtgeschwindigkeit. „Obgleich Galilei selbst den Versuch wegen der großen Lichtgeschwindigkeit als unausführbar erkannte, so konnte Fizeau, mehr als 200 Jahre später, seine Phantasiearbeit fortsetzen.“

mit dem Assoziationsgesetz. Namentlich sind diese die Permanenz, Geläufigkeit, Fülle der Erfahrung und der Einfluss des Zufalls.

Der Arbeitscharakter wird besonders klar, wenn Mach den Moment einer Erleuchtung beschreibt. Ähnlich wie sein Zeitgenossen Henri Poincaré¹⁸⁹, ist er sich des Moments bewusst, in dem „sich plötzlich eine Perspektive eröffnet, wie ein Problem zu lösen ist“, weist aber darauf hin, dass „hier immer eine lange mühsame Arbeit, ein Durchwühlen des Gebiets vorausgegangen ist, oder dass man mühelos spielend, aber von einem bestimmt gerichteten Interesse beherrscht, Daten gesammelt hat, die sich mit einem letzten Fund zu einem Ganzen schließen.“¹⁹⁰ Für Mach sind Ereignisse in denen spontanes Verständnis erfolgt kein Widerspruch zu den festgestellten Assoziationsgesetzen. Vielmehr erkennt er die Rolle unbewusster psychischer Vorgänge an, die zum Teil wegen der fließenden Übergänge zwischen Empfindungen, Vorstellungen und Erinnerungen kaum bemerkbar sind.

Zudem ist in der Forschungsarbeit immer die Einmaligkeit der nicht induktiv erfassbaren Umwelt von Wichtigkeit, sodass die Beständigkeiten, nach denen gesucht wird zum Teil nur durch das plötzliche Erschauen erkannt werden können. Gerade deshalb stellen unbewusste psychische Vorgänge kein Hindernis für die Beschreibung des Entdeckens dar, sondern sollten berücksichtigt werden. Wichtig für den aspirierenden Entdecker ist eine disziplinierte Arbeitseinstellung, die auf einer intensiven Auseinandersetzung mit dem zu untersuchenden Bereich der Naturvorgänge beruht. Vonnöten ist einerseits das Wissen der historischen Entwicklung des Bekannten und andererseits eine hohe Konzentration und Geduld das Neue, Unbekannte zu erschließen. Durch diese andauernde Auseinandersetzung wird instinktive Annäherung geübt und verfeinert.

¹⁸⁹ Vgl. Henri Poincaré, „Mathematical creation“, in *Resonance*, 5(2)/2000, S.85-94. „Chance“, in *The Monist*, Vol. 22 No.1/1912, S.31-52. 1912. Poincare beschreibt wie er schlafend und plötzlich Erkenntnisse über bestimmte mathematische Funktionen erhielt. Gleichzeitig betont er die Rolle der zufälligen assoziativen Verbindungen, die er mit dem Tanz von Gasmolekülen vergleicht.

¹⁹⁰ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.171.

Die Erschließung neuer, bislang unbekannter Tatsachengebiete kann nur durch *zufällige* Umstände herbeigeführt werden, unter welchen eben die gewöhnlich unbemerkten Tatsachen *merklich* werden. Die Leistung des Entdeckers liegt hier in der *scharfen Aufmerksamkeit*, welche das Ungewöhnliche des Vorkommnisses und der bedingenden Umstände schon in den *Spuren* wahrnimmt, und die Wege erkennt, auf welchen man zur vollen Beobachtung gelangt.¹⁹¹

Diese Aufmerksamkeit stellt die eigentliche Leistung des Entdeckers dar, denn die Naturvorgänge sind unabhängig von der Absicht des Menschen diese zu ordnen und zu beschreiben und zu verstehen.

Alle diese Tatsachen, von welchen viele gewiss oft *gesehen* wurden, bevor man sie *beachtete*, sind Beispiele der Einleitung folgenswerer Entdeckungen durch zufällige Umstände, und setzen zugleich die Bedeutung der *gespannten Aufmerksamkeit* in ein helles Licht.¹⁹²

Die Voraussetzung für eine ertragreiche Tätigkeit der Phantasie ist demnach eine breite Grundlage an Erfahrungen. In der sich stetig verändernden Umwelt gibt es bestimmte Vorgänge, deren relative Gleichförmigkeit - wenn man sie zu einem gewissen Grad durch Abstraktion idealisiert, vereinfacht und dadurch normiert - dazu genutzt werden kann bestimmte Ableitungen über ihren Verlauf zu formulieren. Ein Anerkennen jedes einzelnen Vorgangs als einen absolut einzigartigen würde das menschliche Bestreben sich in der Umwelt anhand von bestimmten Regelmäßigkeiten zu orientieren obsolet machen und infolgedessen Zweck und Ziel der Wissenschaft nach einer möglichst einfachen Beschreibung von Vorgängen vernichten. Bei der Betrachtung der Naturvorgänge ist man allerdings dennoch, selbst wenn man die Absicht hat diese durch eine Beschreibung zu ordnen, darauf angewiesen, dass bestimmte Vorgänge ab und an eine gewisse Einheitlichkeit aufweisen. In dieser Ausgangslage ist dann durch das zeitlich ausgedehnte und willentlich aufmerksame Betrachten – zielgerichtet auf eine fortwährend bessere Beschreibung – das Potential der Entdeckung gegeben.

¹⁹¹Mach, *Vorlesungen*, S.245.

¹⁹² Ebd., S.246.

Wucherung und Anschaulichkeit

Hat ein Individuum reiche Erfahrungen hinsichtlich eines Tatsachengebiets und seine Empfindungen als Erinnerungen konserviert, kann er diese durch Vorstellungen ergänzen und befindet sich dann in der Ausgangslage, die es ermöglicht zu phantasieren. Die Erfahrungen selber sind vom Zufall abhängig und „[d]en Eintritt eines günstigen physischen Zufalls müssen wir abwarten.“¹⁹³ Die Erinnerungen und Vorstellungen sind assoziativ verknüpft und bezüglich des Grads ihrer Vernetzung untereinander durch Dauer und Intensität der Auseinandersetzung bedingt. Abhängig davon können sie schlechter oder besser auf den erhofften günstigen Zufall zurückwirken. „Je stärker der psychische Zusammenhang der gesamten Erinnerungsbilder je nach Individuum und Stimmung, desto fruchtbringender kann dieselbe zufällige Beobachtung werden.“¹⁹⁴ Diese Beschreibung von der phantasierenden Tätigkeit beinhaltet Ereignisse in der physischen Umwelt. Generell ist sie allerdings nicht auf diese beschränkt, sondern kann durch das kombinierende Ergänzen beginnen zu wuchern. Ganz genauso wie die Mannigfaltigkeit der physischen Natur ohne den Versuch einer ordnenden Beschreibung das Individuum hoffnungslos überfordern würde, liegt ein äquivalentes Potential in der psychischen Natur, die eine unüberschaubare Vielzahl hervorsprudeln lassen kann. Deshalb ist es wichtig die Produkte der assoziativ gewonnenen, neu kombinierten Vorstellungen der Prüfung durch die Umwelt zu unterziehen. Sie können Erkenntnisse zu Tage fördern, bei blinder Hinnahme Irrtümer. „Wir verstehen dies, wenn wir bedenken, dass die Assoziation, auf welcher die Anpassung der Gedanken an die Tatsachen beruht (...) Zufälligkeiten unterliegt.“¹⁹⁵ Der Zufall stellt dementsprechend wieder Triebfeder für Erkenntnis und Irrtum dar.

Die phantasierende Arbeit unterliegt der Absicht des Denkenden. Das wuchernde Potential der Phantasie ist durch die Mannigfaltigkeit der möglichen Verknüpfungen poetisch. Sind die Ergebnisse an einen wissenschaftlichen Zweck gebunden, müssen diese an den Tatsachen geprüft und an diese angepasst werden. Die Phantasie ist mächtig, unberechenbar und unabhängig.

¹⁹³ Ebd., S.249.

¹⁹⁴ Ebd., S.247.

¹⁹⁵ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.97.

Die spontan spielenden Vorstellungen, die wechselnden Verbindungen der Gedanken, welche unabhängig von der jedesmaligen sinnlichen Leitung und ohne Nötigung durch das materielle Bedürfnis, ja weit über dessen Maß hinaus, ihr Leben betätigen, erheben den Menschen über das Tier. Das Phantasieren über das Erlebte, das Geschehene, die *Poesie*, ist die Erhebung über das Alltägliche, über das keuchende Lasttragen des Lebens.¹⁹⁶

Den Vorgang des Wucherns in der Vorstellungswelt versteht Mach in diesem Sinne als den Antrieb für das Spiel zwischen „[d]iese[n] Ausgeburten der Phantasie“¹⁹⁷ und den richtenden, festgestellten Tatsachen. Gleichzeitig ist es allein diesen Ergebnissen der Auseinandersetzung mit den Tatsachen in Gedanken zu verdanken, dass die Naturvorgänge verstanden werden können.

„Dem *Begreifen* der Natur muss aber die *Erfassung* durch die Phantasie vorausgehen, um den Begriffen lebendigen anschaulichen Inhalt zu schaffen. Und eine desto lebhaftere Phantasie ist erforderlich, je *ferner* die zu lösende Aufgabe dem *unmittelbaren* biologischen Interesse liegt.“¹⁹⁸

Die Begriffe sind ohne ihren anschaulichen Inhalt leer und unbrauchbar und gründen ihre Praktikabilität darauf, dass Empfindungen nach einer gewissen Dauer der Auseinandersetzung geordnet werden. Das mühelose Begreifen dieser Ordnung bezeichnet Mach als die Anschauung. Diese, namentlich abgeleitet vom Sehsinn, „ist organisch älter und stärker fundiert, als das begriffliche Denken.“¹⁹⁹ Deshalb wird durch die Klärung anschaulicher Inhalte eine bessere Auseinandersetzung mit den Begriffen ermöglicht. Diese sind von Nutzen, wenn sie trotz ihres Abstraktionsgehalts als Produkte der Empfindungen erkannt werden.

Künstlerische Halluzinationen und wissenschaftliche Begriffe

Die Begriffe stellen einen Spezialfall der Bestandteile für das assoziative Phantasieren dar. Sie sind Bedingung für die Wissenschaft und sind das Merkmal zur Unterscheidung von der künstlerischen Phantasie. Zur Beschreibung der Letzteren sieht sich Mach gezwungen „weiter ausholen zu müssen.“²⁰⁰ Getreu seinem monistischen Standpunkt erklärt er, dass Assoziationen, die unter anderem als „die zeitliche Anpassung der Teile des Organismus aneinander im Dienste des Ganzen und durch die Umstände des individuellen Lebens“²⁰¹

¹⁹⁶ Ebd., S.107.

¹⁹⁷ Ebd., S.115.

¹⁹⁸ Ebd., S.115.

¹⁹⁹ Ebd., S.159.

²⁰⁰ Ebd., S.166.

²⁰¹ Ebd.

definiert werden, auch zwischen Organen auftreten können und damit nicht nur psychologischen, sondern auch physiologischen Charakter besitzen. Weiter sind Organe nur Teile des ganzen Körpers und besitzen als spezielle Elementenkomplexe eine relative Selbstständigkeit. Durch diese können „Halluzinationen“ entstehen, „fixe Ideen“, „willkürliche Innervation[en]“ von Muskeln und Ähnliches²⁰². Mach sieht diese spontanen Empfindungen für einen Schlüsselpunkt der Erkenntnis, dass „Empfindungen als Zustände des *eigenen* Leibes“ zu verstehen sind, warnt aber vor einer „einseitige[n] Überschätzung“, die in „ebenso einseitigen philosophischen (solipsistischen) Systemen“ mündet²⁰³. Der Ursprung der Halluzinationen bleibt also im Unklaren. Dies bedeutet für ihn aber keineswegs die Wertlosigkeit des Assoziationsgesetzes, wie sie zum Beispiel Müller behauptet²⁰⁴. Halluzinationen sind demnach genauso wie Vorstellungen - die gemäß der Funktionsweise der Phantasie über die Erfahrung hinausgehen können - für die kombinatorische und analysierende Arbeit des Gedankenspiels verwertbar. Ihre Entstehung, welche spontan und unbewusst abläuft, besitzt allerdings nicht die Zweckmäßigkeit des geläuterten Vorstellungskomplexes, den ein Begriff darstellt. Gleichzeitig ist ihre empirische Verankerung gegeben, da keine zufälligen halluzinatorischen Kombinationen ohne den Rückgriff auf bereits vorhandene, durch Erfahrung gewonnene Bausteine entstehen können²⁰⁵.

Das wesentliche Merkmal der Wissenschaft von einem psychologischen Blickwinkel aus betrachtet ist die Verwendung von Begriffen. Für die Unterscheidung zwischen Kunst und Wissenschaft reicht dies aus, allerdings betont Mach, dass Halluzinationen für beide Bereiche nicht ausschlaggebend sind. Halluzinationen sind nah an der „schöpferischen Phantasie²⁰⁶“ der Künstler, dennoch sind die meisten Produkte künstlerischen Schaffens auch historisch nachvollziehbar²⁰⁷. Einen heuristischen Wert der Halluzinationen schließt Mach nicht aus; dennoch ist die Heuristik im wissenschaftlichen Bereich durch das Verwenden von Begriffen und dem Anwenden der ökonomischen Methode²⁰⁸ gekennzeichnet, deren Genese er nicht

²⁰² Ebd., S.167.

²⁰³ Ebd.

²⁰⁴ Ebd.

²⁰⁵ Ebd., S.169ff.

²⁰⁶ Ebd., S. 207.

²⁰⁷ Vgl., S. 169.

²⁰⁸ Vgl. Rudolf Haller „Poetische Phantasie und Sparsamkeit“, S.350: „Ich habe schon am Beginn ausgeführt, daß Mach als das eigentliche Unterscheidungsprinzip zwischen wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Erkenntniswegen das Prinzip der Sparsamkeit hervorhebt. Vornehmlich und zuerst soll die historische und systematische Erforschung und Darstellung eines Gebietes von Tatsachen dem bloß zufälligen Wissensgewinn

halluzinatorisch, sondern nur historisch, durch Anpassungsprozesse bedingt, ansieht. Haller interpretiert dies als eine Unterordnung der Heuristik und Beschreibung unter die prinzipielle Sparsamkeit, angelegt in der menschlichen Natur.

„Ich habe schon am Beginn ausgeführt, daß Mach als das eigentliche Unterscheidungsprinzip zwischen wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Erkenntniswegen das Prinzip der Sparsamkeit hervorhebt. Vornehmlich und zuerst soll die historische und systematische Erforschung und Darstellung eines Gebietes von Tatsachen dem bloß zufälligen Wissensgewinn als die wissenschaftlich gerechtfertigte Erkenntnisweise vorgezogen werden. So werden also sowohl die Methode des Findens wie die Systematik der Darstellung dem Prinzip der Ökonomie unterstellt.“

Feyerabend sieht diese Strenge der Anwendung des ökonomischen Prinzips bei Mach nicht²⁰⁹, geht aber davon aus, dass der Unterschied zwischen Kunst und Wissenschaft nur auf Etikettierungen zurückzuführen ist. Sowohl Künstler als auch Wissenschaftler sind in einem Austausch mit der sie umgebenden Natur, wobei in der Verschiedenheit der Interaktion auch die Verschiedenheit der Erkenntnisse und Produkte dieser Auseinandersetzung zum Vorschein kommen. Im Grunde versucht Feyerabend darzustellen, dass zwischen verschiedenen Blickwinkel auf die Natur - gleich wie die verschiedenen monistischen erfahrungswissenschaftlichen Perspektiven Machs - ein Kontinuum der Betrachtungsmöglichkeit besteht, dass keine strikten, ganz klaren Brüche bezüglich der Naturdarstellung zulässt. Mach hingegen sieht in der wissenschaftlichen Arbeit das klare Merkmal der Ökonomie und nutzt dieses als Unterscheidungskriterium. Feyerabend hat insofern eine konsequenter antiodogmatische Haltung²¹⁰, während Mach eine klarere Antwort auf die Funktionsweise der Wissenschaft geben kann und sich nicht scheut bestimmte Denkpotentiale des Menschen als eine historische Errungenschaft darzustellen,

als die wissenschaftlich gerechtfertigte Erkenntnisweise vorgezogen werden. So werden also sowohl die Methode des Findens wie die Systematik der Darstellung dem Prinzip der Ökonomie unterstellt.

²⁰⁹ Paul Feyerabend, *Irrwege*. S.290 f.

²¹⁰ Paul Feyerabend, *Conquest of Abundance: A Tale of Abstraction versus the Richness of Being*. Chicago, Ill. [u.a.]: University of Chicago Press 1999, S.223 ff. Vgl. ebd., S. 239: Feyerabend fasst seine These der Interaktion zwischen Betrachter und Umwelt zusammen: „But this means that *being approached in different ways Nature gives different responses* and that projecting one response onto it as describing its true shape is wishful thinking, not science.“ An anderer Stelle (S.17) kritisiert Feyerabend Machs Einstellung wissenschaftlicher Arbeit als voreingenommen und in diesem Sinne beschränkt: „What we are dealing with is the *connection* and the *growth* of ideas; we are not dealing with interesting curiosities,“ writes Ernst Mach in the preface to his *Wärmelehre*. How does he know that the „growth of ideas“ is unaffected by „curiosities“? We certainly should not erect boundaries before we start.“

die ein kontinuierlich besseres Verständnis der Welt ermöglichen; er verdeutlicht das durch diese Frage an den Leser:

Welchen Sinn könnte es haben, die letzte menschliche intellektuelle Erwerbung, den wissenschaftlichen Begriff, welcher seiner Natur nach durch bewusste absichtliche Arbeit entstanden ist, als Geschenk von dem unbewussten Organischen zu erwarten?²¹¹

Die Position Machs lässt sich meiner Meinung nach am besten charakterisieren, indem ihr ein hoher Grad an pragmatischer Zielstrebigkeit anerkannt wird; Machs Ziel ist - mit Rücksicht auf seine Annahme des grundlegenden, ökonomischen Wesenszugs – eine umfassende, präzise und rasche Orientierung in der Welt. Insofern ist für die wissenschaftliche Heuristik die Phantasie durchaus von den ökonomisch bereinigten abstrahierten Begriffen bedingt und bedient sich dieser; gleichzeitig gibt es trotzdem – an der zitierten Stelle richtet Haller meiner Meinung nach etwas streng mit Mach – die natürlichen Zufälligkeiten und die Fluidität der Assoziationen, welche den Phantasierenden stets mittels nicht primär ökonomischen Denkweisen auch beim wissenschaftlichen, forschenden Nachdenken hinaus auf bislang Unerkanntes tragen können. Das Betonen der Denkökonomie dient zur Abgrenzung gegenüber anderen Bereichen menschlichen Lebens, wie zum Beispiel der Kunst wobei das Anerkennen von fließenden Übergängen und das Ablehnen strikter Gesetzmäßigkeiten – was Feyerabend an anderer Stelle würdigt und verteidigt²¹² - ohnehin Teil der Erkenntnistheorie Machs ist. Schließlich lehnt Mach an keiner Stelle ab, dass auch Künstler Begriffe nutzen. Seine Absicht liegt jedoch in der Darstellung der Wissenschaftlichkeit.

Lenken und Stimulieren der Phantasie

Gerade beim Verständnis von physikalischen Vorgängen, zum Beispiel in der Wärmelehre, die weniger eng mit den menschlichen Sinnen verknüpft ist als die Mechanik, ist das Reservoir an Gedanken die wichtigste Voraussetzung. Deren Interaktion ist jedoch komplex und reagiert sensibel auf äußere Einflüsse. Aus dieser Feststellung ergibt sich für Mach die Frage nach einer Lenkbarkeit dieser geistigen Tätigkeit:

²¹¹ Ebd., S.171.

²¹² Paul Feyerabend, *Irrwege*. S.289 ff.

Der Verlauf unserer Gedanken unterliegt dem Assoziationsgesetz. Bei sehr armer Erfahrung würde dieses nur eine einfache Reproduktion bestimmter sinnlicher Erlebnisse zur Folge haben. Ist aber durch reiche Erfahrung das psychische Leben stark und vielseitig in Anspruch genommen worden, so ist jedes Vorstellungselement mit so *vielen anderen* so verknüpft, dass der *wirkliche* Verlauf der Gedanken durch ganz geringe zufällig ausschlaggebende, oft kaum bemerkte Nebenumstände beeinflusst und bestimmt wird. Nun kann der Prozess, den wir als *Phantasie* bezeichnen, seine vielgestaltigen Gebilde von endloser Mannigfaltigkeit zutage fördern. Was können wir aber tun, um diesen Prozess zu leiten, da wir doch das Verknüpfungsgesetz der Vorstellungen nicht in der Hand haben? Fragen wir lieber: Welchen Einfluss kann *eine starke*, immer wiederkehrende Vorstellung auf den Verlauf der übrigen nehmen? Die Antwort liegt nach dem Vorigen schon in der Frage. Die *Idee* beherrscht eben das Denken des Forschers, nicht umgekehrt.²¹³

Zweierlei wird betont: Erstens ist es aufgrund seiner Unüberschaubarkeit nicht möglich eine vollkommene Rekonstruktion des Entstehungsprozesses neuer gedanklicher Kombinationen herzustellen. Zweitens ist es möglich Gedanken zu leiten. Neben der schon erwähnten Bedingung eines reichen Erfahrungsschatzes, der beharrlichen Geduld, einer gespannten Aufmerksamkeit, welche zufällige Ereignisse in einer hochkomplexen Umwelt zu erhaschen sucht, erwähnt er hier die Idee. Diese stellt für den Forschenden, Ratenden und Suchenden das Ziel und gleichzeitig den Weg dar. „Das Nachdenken über die Lösung eines Problems erfolgt in Anläufen gegen dasselbe Ziel.“²¹⁴ Damit erschöpft sich Machs Beschreibung der gedanklichen Prozesse im Bereich der Entdeckung, wobei er gleichzeitig den Weg zu einer Verbesserung derselben in Aussicht stellt. Max Wertheimer greift einige der Vorstellungen Machs auf und betont in ähnlicher Weise die Ausgangslage des Problems und den Willen des Lösenden. Die Möglichkeit in beharrlicher Arbeit unter Ausschöpfung der fast grenzenlosen Flexibilität der schöpferischen Denkprozesse Probleme einer Lösung zuzuführen ist auch für Wertheimer ein grundlegend menschliches Merkmal.²¹⁵

²¹³ Mach, *Vorlesungen*, S.245.

²¹⁴ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.441.

²¹⁵ Vgl. Max Wertheimer, *Produktives Denken*. 2. Auflage der deutschen Ausgabe mit Genehmigung von Harper & Brothers Publishers, New York und London, 1964. Übersetzt von Wolfgang Metzger. Frankfurt am Main: Verlag Waldemar Kramer. S.226f. Wertheimer weist darauf hin, dass Denkprozesse oft durch die Ausgangslage gehemmt werden und führt aus, dass in einer kreativen Problemlage - in welcher die Struktur, die sich dem Erkennenden als Lösung darbietet betont wird – schöpferische Gedanken einfacher zum Tragen kommen. Bezüglich des Einflusses des Denkenden auf seine gedankliche Arbeit schreibt er (S.230): „Von seiner Seite ist eine bestimmte Einstellung vorausgesetzt, eine Willigkeit, den Problemen gerade ins Gesicht zu sehen, eine Bereitschaft, sie mutig und gewissenhaft zu verfolgen, ein Verlangen nach Verbesserung im Gegensatz zu willkürlichen, starren oder sklavischen Haltungen. Dies ist, wie ich meine, eines der großen Attribute, die die Würde des Menschen begründen.“

Dem Suchenden wird von Seiten Machs nahegelegt das volle Potential der von der Erfahrung losgelösten Phantasie auszuloten. Mit ihrer Hilfe ist es möglich Veränderungen in Gedanken herbeizuführen, die durch ihre Unmöglichkeit und Widersinnigkeit das instinktive Erschauen stimulieren. Mach bezeichnet Ereignisse und Vorgänge, welche eine Verwirrung herbeiführen als paradox, wunderbar oder gespenstisch. Vermisst ein Mensch bei einer Beobachtung seiner Umwelt die relative Beständigkeit, auf die er sonst seine Interaktion stützt, führt das zu der biologischen Reaktion und intellektuellen Motivation diese Unterschiedlichkeit verstehen zu wollen. Diese Beobachtungen sind es, „die den Menschen *intellektuell* und *praktisch* zugleich fördern.“²¹⁶ Paradoxien vermitteln nicht nur „die Natur eines Problems“, „sondern lassen auch die Gedanken nicht mehr zur Ruhe kommen, und lösen eben den Prozess aus, den wir als Gedankenexperiment bezeichnet haben.“²¹⁷

Gedankenexperiment als angewandte Phantasie

Dem instinktiven, intellektuellen Unbehagen folgt das Nachdenken; der Forscher zieht alle ihm bekannten Erinnerungen, Vorstellungen und Tatsachen heran und beginnt mit diesen zu phantasieren. Wissenschaftliche Begriffe und die Erfahrung als Richtwert bieten eine sichere und abstrakte Grundlage, die es ermöglicht die freie Phantasie ökonomisch zu beschränken. Die Verschränkung der wuchernden Phantasie und der regulativen Denkökonomie bilden in ihrer Synthese die effiziente und erfolgsversprechende Form des forschenden Denkens, das Gedankenexperiment. Diese begriffliche Neuschöpfung Machs²¹⁸ ist ein Kristallisationspunkt seines Versuches eine Psychologie der Forschung zu beschreiben.

Das Gedankenexperiment, „welches auf höherer intellektueller Stufe in ausgedehntem Maße geübt wird“²¹⁹ ist zwar nicht nur der Forschung vorbehalten, erfüllt aber die wichtige Funktion Probleme zielstrebig angehen zu können und die „notwendige *Vorbedingung* des physischen Experiments“²²⁰ zu schaffen. Dies stimmt mit der Feststellung einer ökonomischen Methode überein, da Experimentieren mittels der „Variation der Tatsachen in Gedanken“²²¹ bequemer, einfacher und kostengünstiger ist als physische Versuche. Naturvorgänge, die sich nicht in die

²¹⁶ Mach, *Vorlesungen*, S.428.

²¹⁷ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.205 f. und ebd., S.185.

²¹⁸ Vgl. Brown, „Why Thought Experiments Transcend Empiricism.“. S.27.

²¹⁹ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.196.

²²⁰ Ebd., S.197.

²²¹ Ebd., S.198.

vorhandene Gedankenwelt, bestehend aus Erinnerungen und Vorstellungen, einfügen, bedürfen der „Umbildung und Anpassung“, Begriffe, die Mach Darwins Evolutionslehre entnimmt.²²² Der Vorteil des Variierens in Gedanken liegt darin, dass der Wunsch bei physischen Experimenten „[d]ie Variation einer Erscheinung bei Variation der Umstände“, mit „*extremen Werten*“ durch die Möglichkeit im Psychischen abstrahieren zu können perfektioniert werden kann.²²³ So kann man bestimmte physikalische Tatsachen ignorieren, gegen null oder ins Unendliche streben lassen. Selbst für den Fall, dass ein Gedankenexperiment nicht ausreicht, um bestimmte Ergebnisse abzusehen, steht die Möglichkeit des Ratens, das „kein unwissenschaftliches Verfahren“²²⁴ darstellt, dem Forscher zur Verfügung. Mittels Abstraktion, erklärt Mach, konnte Galilei die Trägheit als physikalischen Begriff einführen, allerdings nur indem er kontinuierlich variierend in Gedankenexperimenten vorging.²²⁵ Haller fängt diesen Prozess präzise ein und versteht in ihm den eigentlichen Motor der Entdeckung in Machs Erkenntnislehre:

Die psychische Kraft, die solchen Reichtum der Ideenprodukte zustande bringt, ist die *Phantasie*. Aber nur die Disziplin der Ökonomie der Gedanken läßt jene überleben, die den Prüfungen standgehalten haben. Darum sind (poetische) Phantasie und Sparsamkeit die eigentlichen Prinzipien der Forschung. Das eine ermöglicht die nahezu beliebige Erzeugung von neuen und ungewohnten Gedanken, das andere die Einschränkung auf die Bedingungen der Rationalität und der besten Erklärung.²²⁶

Phantasie und Denkökonomie

Ich finde diese Darstellung korrekt und ergiebig für das Verständnis einer Psychologie der Forschung und der notwendigen Bedingungen und Umstände des Entdeckens. Im Folgenden versuche ich das Spannungsfeld zwischen Phantasie und Denkökonomie einzugrenzen.

Phantasie wird als das Variieren und assoziative Kombinieren in Gedanken beschrieben, was die Möglichkeit beinhaltet über die Erfahrung hinauszugehen, diese gedanklich zu ersetzen und ergänzen. Das Potential der Ergänzung ist Vorbedingung für den Prozess der „Anpassung der Gedanken an die Tatsachen und aneinander.“²²⁷ Ob die Eigenschaft des Wucherns der Phantasie im wissenschaftlichen Bereich vorhanden ist, da sie ja mit Begriffen hantiert, die

²²² Mach, *Wärmelehre*, S.427.

²²³ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.227.

²²⁴ Ebd., S.204.

²²⁵ Vgl. ebd., S.202.

²²⁶ Rudolf Haller, „Grundzüge der Machschen Philosophie“, S.86f.

²²⁷ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.173.

historisch und ökonomisch bereinigte Gedankenbausteine darstellen, ist nicht unmittelbar aufgezeigt. Mach thematisiert dieses Spannungsfeld zwischen Einfachheit und Wucherung. Für das „Spiel der Phantasie“ stellt er die Abhängigkeit von relativ unkontrollierbaren, zufälligen Einflüssen fest. Entscheidend für „die wirklich eintretenden Assoziationen“ sind „momentane Stimmung, Umgebung und Gedankenrichtung“²²⁸. Für den durch Harmonie, Einfachheit und Ökonomie motivierten Forscher stellt er auf der regulativen Gegenseite nüchtern fest:

Wenn sich nun der Physiker fragt, was unter mannigfaltig kombinierten Umständen im möglichst *genauen Anschluss an die physische Erfahrung* zu erwarten ist, so kann dies natürlich nicht wesentlich neu und verschieden sein, von dem was die physische Einzelerfahrung bieten könnte.²²⁹

Da abstrakte Elemente im kombinatorischen Denkprozess vorhanden sind, bleibt die Einzelerfahrung ein Grenzwert. Ziel ist es festzustellen wie weit die Anpassung der Gedanken an die Tatsachen gediehen ist.

Die Umschau in der Erinnerung an die Erfahrungen und die Fiktion neuer Kombinationen von Umständen wird also darüber belehren können, wie genau die Erfahrungen durch die Gedanken dargestellt werden, und wie weit diese Gedanken untereinander *übereinstimmen*. Es handelt sich hier um einen logisch-ökonomischen Läuterungsprozess, um Klärung des gedanklich geformten Inhalts der Erfahrungen.²³⁰

Mit zunehmender Beherrschung und Beschreibung eines Tatsachengebiets rückt die Funktionsweise der Phantasie immer mehr von einem wilden Wuchern zu einem aufgeklärten Kombinieren. Verbesserungen werden vermehrt im Detail gesucht, als Reaktion auf das biologische Bedürfnis des „Ökonomisieren, Harmonisieren, Organisieren der Gedanken“, das „weit über die Forderung der *logischen Widerspruchslosigkeit* hinaus“ geht²³¹.

In den anfänglichen Stufen der Auseinandersetzung mit Tatsachengebieten hingegen ist die Rolle der Phantasie ungebundener. Wie schon erwähnt sind Begriffe, insbesondere die wissenschaftlichen, erst dann für die kombinatorische Denkleistung von Nutzen, wenn sie an Anschaulichkeit gewonnen haben. Die Abbildung der Mannigfaltigkeit der Welt in Gedanken

²²⁸ Ebd., S.197.

²²⁹ Ebd.

²³⁰ Ebd., S.198.

²³¹ Ebd., S.185.

führt zu einer ökonomischen Auswahl der relevanten Beziehungen, um eine möglichst hohe Systematik herzustellen.

Für Mach ergibt sich aus einer historischen Perspektive eine schrittweise, interagierende Verknüpfung der Phantasie mit der sinnlichen Erfahrung und mit ihr die Entwicklung der Zivilisation, - Religion, Philosophie und Wissenschaft inkludiert²³². Diese ersten Schritte und mit ihnen die „ersten psychischen Funktionen wurzeln in der Ökonomie des Organismus²³³“, wie Mach schreibt. Das wuchernde Ausdenken unzähliger Kombinationen kann die Unübersichtlichkeit der Natur versuchsweise imitieren, um dann durch die ökonomische Selektion angepasst zu werden. Die moderne Wissenschaft, so Mach in der *Mechanik*, die mittels der ökonomischen Methode betrieben wird, versucht, „möglichst vollständig die Tatsachen mit dem *geringsten Gedankenaufwand* darzustellen.“²³⁴

Die Antwort auf die Frage, wie Phantasie und Denkökonomie in Zusammenhang stehen, findet sich vermutlich annäherungsweise in einem dialektischen Verhältnis, dessen Spannung der Denkende bis zu einem gewissen Grad willentlich beeinflussen kann. In der Wissenschaft wird die starke Rolle der ökonomischen Methode, zum Beispiel aufgrund der Begriffe, betont, wobei Zufall, Assoziationsgesetz und Wucherung dieser nicht Untertan sind. Der Forscher muss sich der Kombination der heuristischen Prinzipien unter fortwährender Rückbesinnung auf die historisch-evolutionäre Wurzel bedienen. Die Verbindung der Phantasie mit der „sinnlichen Erfahrung (...), in der ersten Absicht, letztere zu durchleuchten²³⁵“ und der ökonomischen Methode der Naturerschauung, die schon auf der instinktiven Ebene gegeben ist²³⁶, ergibt die Wissenschaft. Gerade das Transzendente der Phantasie in Verbindung mit der Strenge der Ökonomie führt zu dem Erschauen von Zusammenhängen. Unmögliches wie das perpetuum mobile, denkbar aber nicht umsetzbar, beflügelt das Verständnis²³⁷.

Zuletzt zwei Passagen Machs, die das Verhältnis sehr kondensiert beschreiben. Die erste benennt das individuelle Talent zur Forschung als zwischen unwillkürlichem, instinktiven Verstehen und geläutertem Umgang mit wissenschaftlichen Begriffen angesiedelt: „Ja es ist

²³² Ebd., S.108.

²³³ Mach, S.184.

²³⁴ Mach, *Mechanik*, S.511.

²³⁵ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.108.

²³⁶ Vgl. Mach, *Vorlesungen*, S.184.

²³⁷ Vgl. Machs Darstellung der Leistung Stevins bei der Berechnung der Gesetze der schiefen Ebene in *Mechanik*, S.40.

sogar gewiss, dass nur die Verbindung des stärksten Instinkts mit der größten begrifflichen Kraft den großen Naturforscher ausmacht.²³⁸ Die zweite stellt eine Handlungsanleitung zwischen psychischem Überschreiten der Erfahrung und eingrenzender ökonomischer Methode dar. „Alle Wissenschaft hat Erfahrungen zu ersetzen oder zu *ersparen* durch Nachbildung und Vorbildung von Tatsachen in Gedanken²³⁹“.

Die Funktion der Phantasie

Mach gibt zu, dass die genaue Abfolge und Funktionsweise der Gedanken nicht erkennbar sind. Getreu seiner Einstellung, weder absolute Gesetzmäßigkeiten anzunehmen noch kausale Erklärungen festzustellen, zieht er stattdessen Beschreibungen von Zusammenhängen der physischen wie psychischen Naturvorgänge vor. Zum Formulieren fundierter Beschreibungen gibt er Anhaltspunkte.

Die verwirrende Komplexität der Umwelt wird nach Uniformitäten der Beziehungen zwischen verschiedenen Elementen durchforstet und diese festgehalten, wobei auf günstige Zufälle²⁴⁰ gewartet und gebaut werden muss.

Im Bereich der Entdeckung und Erfindung beschreibt er hierfür die Phantasie. Diese ist eine vornehmlich psychische Tätigkeit, welche die verschiedenförmigen Gedanken, namentlich Erinnerungen und Vorstellungen kombinieren und ergänzen kann, indem sie diese assoziativ verknüpft. Diese Assoziationen unterliegen wiederum gewissen Regelmäßigkeiten, die nicht abschließend beschrieben werden können. Im Bereich des Möglichen liegt es die bewussten Aspekte des innerpsychischen Lebens durch den Willen, die „*Modifikation* der Reflexvorgänge, welche durch die im Bewusstsein auftretenden Erinnerungsspuren bestimmt ist“²⁴¹, zu beeinflussen und steuern. Ein Vorhaben, welches durch die Phantasiearbeit gelöst

²³⁸ Mach, *Mechanik*, S.41.

²³⁹ Ebd., S.503.

²⁴⁰ Vgl. Leinfellner, „Physiologie und Psychologie – Ernst Machs „Analyse der Empfindungen“, S. 119: „Unsere innere Welt wird uns erstens durch Introspektion intrasubjektiv bewußt (siehe Kap. 5.1), zweitens werden uns in der uns allen zugänglichen Sprache die Bedeutungen der inneren Empfindungskomplexe und durch sie die der äußeren im Laufe generationenlanger Erkenntnis immer mehr und besser intersubjektiv bewußt. Daher folgt nach Mach, daß repräsentative Erkenntnis ein evolutionärer, Generationen dauernder Erkenntnisprozeß ist, der, wie im Kapitel 5 noch erläutert werden wird, einesteils vom Zufall gesteuert wird und anderenteils unter Selektions- und Überlebensdruck steht. Es ist daher kein Wunder daß nach Mach der primitive Erkenntnisprozeß sich in den kognitiven Wissenschaften fortsetzt und dort seine höchste Präzision erreicht.“

²⁴¹ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.68.

werden soll, ist dadurch abhängig von einer Einstellung des Ausführenden, die während der Betrachtung und Bearbeitung seiner Gedanken von der gespannten Aufmerksamkeit abhängt.

Das Ergebnis dieser – hoffentlich erfreulichen - Mühe sind neue Gedanken, die dann in die physische Welt übertragen werden können. Im Bereich des Metaphysischen, oder in der Kunst ist dies ohne Einschränkungen möglich, will man allerdings dem Verständnis der Vorgänge in der Welt näherkommen, müssen diese an anderen Gedanken gemessen werden und in letzter Instanz durch belegte und neu festgestellte Tatsachen geprüft werden. Dadurch ergibt sich ein dialektisches Verhältnis von Tatsachen und Gedanken. Die Phantasie ist damit die Vorbedingung zum Verständnis der Tatsachen.

Als Regulativ dient das Ökonomieprinzip, das die Methode zur wissenschaftlichen Orientierung darstellt. Das Verhältnis zwischen Phantasie und Ökonomie ist delikat, weil Mach es selbst nicht unmittelbar beschreibt, wohl aber anspricht. Einerseits ist es möglich im Bereich der Phantasie über die Grenzen der Realität hinauszudenken, doch bedarf sie der Prüfung durch die Tatsachen, damit ihren Produkten ein wissenschaftlicher Wert anerkannt werden darf. Wieder beschreibt Haller in seiner eigenen, poetischen Sprache die Vorstellungen Machs präzise und verkürzt zugleich:

Wer zu phantasieren beginnt, läst sich aus den Fesseln der Alltäglichkeit, taucht ein in die Unendlichkeit des Möglichkeitsraumes und baut an beliebigen möglichen Welten, gleichgültig, ob ihm das Lust bereitet oder nicht. Schließlich verläßt er auch noch diese und wechselt über die Grenzen dessen, was *real* möglich ist, zu den Gegenständen, die *logisch* unmöglich sind. Ist für das erste die Konzeption des *perpetuum mobile* ein Beispiel, so für das letztere jeder *mathematische* und *logische indirekte Beweis*, der die Annahme des Gegenteils des zu Beweisenden ad absurdum führt. Hier ist auch der Platz für Assoziationen, die uns, ohne unser Zutun, dorthin leiten, wo wir ohne ihren verführenden, unberechenbaren Zauber nicht hingelangten.²⁴²

Eine Gefahr stellt die Phantasie dar, wenn sie „kritiklos ins Praktische übersetzt, auch oft schlimme Früchte tragen²⁴³“ wird. Für den Forscher, der die Vorgänge der Entdeckung neuer Zusammenhänge nachvollziehen will, ergibt sich die Handlungsanleitung eine möglichst leistungsfähige Darstellung der gedanklichen Auseinandersetzung zu versuchen und die

²⁴² Haller, „Poetische Phantasie und Sparsamkeit“, S.352.

²⁴³ Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.107.

Empfehlung der praktischen Anwendung theoretisch erworbenen Wissens.²⁴⁴ Wer Forschung verstehen will muss in dieser tätig sein.

„Bloße Lektüre erzieht ebenso wenig einen Fachmann, wie das bloße Anhören einer noch so guten Vorlesung. Es fehlt da jede Nötigung zur Prüfung der aufgenommenen Begriffe auf ihre Richtigkeit, die bei direkter Berührung mit den Tatsachen im Laboratorium durch die empfindlichen begangenen Fehler sich sofort einstellt.“

Diese begriffliche, wissenschaftliche Darstellung der Forschung ist im Psychischen durch Introspektion und mittels einer historischen Aufarbeitung der wissenschaftlichen Ideengeschichte detailliert, nicht aber abschließend erklärend.

Damit fügt sich die Phantasie nahtlos in Machs Erkenntnislehre ein. Sie passt in „[d]iese, von Metaphysik unbelastete Konzeption“, erweitert durch, „einerseits (...) einen neutralen Monismus (...), andererseits durch seine „Elementenlehre“ mit einer nichtkausalen, empiristischen Trias von Physik, Psychologie und Physiologie und dem Ökonomieprinzip („Occams Rasiermesser“) als methodisches Regulativ.“²⁴⁵

²⁴⁴ Vgl. Mach, *Erkenntnis und Irrtum*, S.139:

²⁴⁵ Friedrich Stadler (Hrsg.), *Elemente einer zukünftigen Wissenschaftstheorie: Zur Interaktion von Philosophie, Geschichte und Theorie der Wissenschaften*. Wien: Springer 2000, S.xix.

Teil - IV

Machs Phantasie und interdisziplinäre Kreativitätsforschung

Da die Annäherung der Gedanken an die Tatsachen weitergeführt werden kann, stellt die Phantasie einen Begriff dar, dessen fortschreitende Erforschung erwünscht ist. In der heutigen Neurowissenschaft ist die Kreativität der Begriff, der das Potential der Entdeckung neuartiger Zusammenhänge mit einem Merkmal der Nützlichkeit verknüpft.²⁴⁶

Während Kreativität von Feyerabend als ein gefährlicher Ausdruck falsch verstandener Überbewertung einer göttlichen Gabe dargestellt wird²⁴⁷, sind weiterhin - wie viele der historischen Beispiele Machs - prominente Entdecker, Erfinder und Forscher beliebtes Material für den Versuch einer Konzeption von Kreativität.²⁴⁸ Ein sehr ähnliches Beispiel aus der Mathematik, welches historische Beispiele in deskriptiver Form wiedergibt und weitere Verbindungsglieder zu Machs Konzeption vorweist, wie zum Beispiel die anregende Wirkung von Paradoxien, das Anerkennen der Rolle unbewusster Gedankenabläufe zum Finden neuartiger Relationen oder genauerer Beschreibungen und die Feststellung, dass Wissenschaft ein beeinflussbarer Teilbereich des menschlichen Lebens darstellt, findet sich bei Jacques Hadamard.²⁴⁹ Einige Ideen Machs Heuristik werden von Wertheimer aufgegriffen.

²⁴⁶ Arne Dietrich, „The cognitive neuroscience of creativity“, in: *Psychonomic Bulletin & Review*, Vol. 11 (6)/2004, S. 1011-1026. S. 1011. „Creativity is a fundamental activity of human information processing. It is generally agreed to include two defining characteristics: „The ability to produce work that is both novel (i.e., original, unexpected) and appropriate (i.e., useful, adaptive concerning task constraints)“.

²⁴⁷ Vgl., Paul Feyerabend, „Creativity: A Dangerous Myth“ in: *Critical Inquiry*, Vol. 13, No.4/1987, S. 700-711, S.711. Feyerabend verteidigt auch hier effektiv Machs Erkenntnistheorie gegen die Darstellung Plancks und Einsteins. Insbesondere wird der Instinkt als ein empiristischer Begriff im Gegensatz zu Einsteins „freien Erfindungen des Geistes“ verteidigt.

²⁴⁸ Gerald Holton, „On the Art of Scientific Imagination“, in: *Daedalus*, Vol. 125, No.2/1996, S. 183-208, S.189. Die abschließende Erklärung wird auch von Holton nicht gewagt. „But *how* mere human minds find an entry into the hidden order of things, how some can open up entirely new worlds and discover hints of the ultimate laws of nature, all this we can only try to illuminate but will never understand fully.“ Dies kommt der Beschreibung Machs sehr nahe, der leider nicht in diesem Artikel erwähnt wird. Immerhin werden seine Gedankenexperimente erwähnt, allerdings nur in ihrer Ausführung durch Einstein.

²⁴⁹ Jacques Hadamard, *The Mathematician's Mind. The Psychology of Invention in the Mathematical Field*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press 1966. Vgl. ebd., S. 116: Die heuristische Rolle unbewusster Gedankenabläufe fasst Hadamard zusammen: „If, in some exceptionally intuitive minds, ideas may evolve and combine in still deeper unconscious layers than in the above-mentioned cases, then even important links of the deduction may remain unknown to the thinker himself who has found them. The history of science offers some remarkable examples.“ Der soziale Aspekt wissenschaftlicher Arbeit wird von Hadamard anerkannt, jedoch nicht

Er beschäftigt sich neben didaktischen Fragen bezüglich des Lern- und Lehrverhaltens an Schulen mit dem Unterschied zwischen spontanem und geplantem Denken. Da er ein Vertreter der Gestalttheorie ist, sind bestimmte Ausführungen Machs über das Erschauen von Ähnlichkeiten sehr gute Beispiele für Wertheimer²⁵⁰. Auch unterscheidet er sehr fein zwischen deduktiven und induktivem Schlussfolgern und assoziativ gelenktem Erkennen. Er resümiert, dass gewisse Umweltkriterien dem Menschen während seiner Auseinandersetzung als Struktur erscheinen, die dieser verstehen kann.²⁵¹ Dies ist ähnlich zu einer Suche nach Ähnlichkeiten in der Natur, wobei Mach das Erlebnis des Erschauens von der Seite des Forschers her skizziert. Dieser findet und beschreibt durch seine wissenschaftliche Phantasiearbeit Zusammenhänge in der Natur; sie gibt sich nicht zu erkennen, sie wird erkannt.

Im Hinblick auf die Wissenschaftsphilosophie gibt es nach wie vor Vertreter der Ansicht, die Kunst des Entdeckens rational anzugehen und nicht nur als Teil der empirischen Psychologie zu erachten.²⁵² Ein Großteil der Erforschung des Phänomens der Kreativität wurde dennoch in den Bereich der Psychologie und der heutigen Neurowissenschaft gerückt. Insbesondere steht die Präzisierung der assoziativen Vorgänge im Vordergrund, also genau des Teilbereichs der Gedankenwelt, den Mach auch schon als nicht zur Gänze beschreibbar erkannte.²⁵³ Ein Fortschritt wurde in einer Differenzierung der Untersuchung erreicht, die sich in verschiedenen Fragestellungen äußert. Arbeiten zu der Leistungsfähigkeit unbewusst

beschrieben. „Social influences govern mathematical development in the same unconscious and rather mysterious way as they do literary and artistic ones.“ (S.134)

²⁵⁰ Wertheimer, *Produktives Denken*. Die Beispiele Machs finden sich in der Fussnote A auf S.176, sowie in der Fussnote A auf S.185.

²⁵¹ Ebd., S.226: „Wenn man eine Problemlage erfaßt, erzeugen ihre strukturellen Züge und Forderungen in dem Denker gewisse Spannungen, einen gewissen Zug oder Druck.“

²⁵² Michel Paty, „On the Structure of Rationality in the Thought and Invention or Creation of Physical Theories (with a Special Attention to the Cases of General Relativity and of Quantum Theory)“ in: *Principia*, Vol. 15(2)/2011, S. 303-332, S.305: „I hope to show somewhat by this that *scientific creative thinking*, which is at the core of the dynamics of scientific knowledge, can be approached in rational terms and stands therefore as one of the most important problems of Philosophy of Science, contrarily to a constraining claim, that has dominated throughout nearly a century, to reject it outside of Philosophy.“ Das Vorgehen Einsteins beim Aufstellen der Relativitätstheorie (S.313) und Diracs bei der Ausarbeitung der Quantentheorie (S.317-319.), bestand auch darin bestimmte Größen bei bestimmten gedanklichen Schritten zu ignorieren. Diese Feststellung findet sich auch bei Mach, *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit*, S.38 und *Erkenntnis und Irrtum*, S.227.

²⁵³ Vgl. Mach, *Vorlesungen*, S.245.

ablaufender psychischer Vorgänge²⁵⁴, der Länge assoziativer Zusammenhänge²⁵⁵, die Rolle der Aufmerksamkeit und der Beharrlichkeit²⁵⁶ und der Einfluss von vorhandenem Wissen²⁵⁷ werden gesondert unter Rückgriff auf meist statistische Vorgehensweisen untersucht.

Bei der Auseinandersetzung mit der heutigen psychologischen und neurowissenschaftlichen Kreativitätsforschung lässt sich dennoch festhalten, dass Mach alle grundlegenden Prinzipien der kreativen Tätigkeit unter dem Begriff der Phantasie beschrieben hat. Dass seine Beschreibung der Phantasie - und ihrer Erkenntnis und Irrtum fördernden Verbindung mit der Denkökonomie – keine Erwähnung findet ist erstaunlich. Zudem werden auch die anderen Bestandteile seiner Erkenntnistheorie angewandt; Kreativität wird nicht mehr als mystisch angesehen und Forschungen über dieselbe werden mittels physikalischer Versuchseinrichtungen, wie zum Beispiel der Computertomographie dargestellt.

Diese Integrierung verschiedener Wissenschaften zur gegenseitigen Unterstützung dienen, war ein Bestandteil der monistischen Theorie Machs. Er suchte stets Wissenschaften zur interdisziplinären Arbeit zu führen und erhoffte sich große Erfolge für die Physik durch biologische Untersuchungen.²⁵⁸ Durch die Integration von Aspekten biologischer Forschung, vor allem der Evolutionstheorie und der methodischen Parallelität von Physischem und Psychischem ergibt sich ein in mehrere Richtungen offenes Bild von Wissenschaften und der

²⁵⁴ Vgl. Haiyang Yang et al.: „Unconscious creativity: When can unconscious thought outperform conscious thought?“, in *Journal of Consumer Psychology*, Vol 22/2012, S. 573-581. S.574f. Das Ergebnis dieser Forschergruppe bleibt bei einer Spekulation, da keine signifikanten Unterschiede zwischen unbewusstem und bewusstem kreativem, gedanklichen Spiel aufgefunden wurde. Empfohlen wird „neuroimaging“ (S.580), also die Verwendung physikalischer Beobachtungsmethoden. Dies deckt sich durchaus mit Machs Ansatz, der aus heutiger Sicht interdisziplinär zu nennen ist, physikalische und psychologische Forschung stärker zu verknüpfen.

²⁵⁵ Vgl. Eva Rossmann, Eva und Andreas Fink. „Do creative people use shorter associative pathways?“, in *Personality and Individual Differences*, Vol.49/2010, S.891-895. Bezeichnenderweise gibt es an der Universität Graz, an der auch Mach lehrte, ein Zentrum für Kreativitätsforschung. In dieser Arbeit spricht das Ergebnis dafür, dass kreative Menschen kürzere Wege für Assoziationen haben (S.894f.); außerdem erscheint diese Fähigkeit als trainierbar: „Furthermore, we also observed some significant correlations between associative information processing and self-reported creativity-related hobbies“ (S. 895.).

²⁵⁶ Vgl. Marc A. Runco, „Creativity“, in: *Annual Review of Psychology*, Vol. 55/2004, S.657-687. Runco veröffentlichte umfangreiche Arbeiten zum Thema Kreativität und bietet in diesem Artikel eine sehr weitreichende und detaillierte Zusammenschau verschiedenster Ergebnisse. „Attention deployment“ (S.667 ff.), was Machs Konzept der gespannten Aufmerksamkeit ähnelt, wird als maßgeblich für kreatives Vorgehen beschrieben.

²⁵⁷ Ebd., S.667f. Ein Punkt der Machs Theorie widerspricht ist die Feststellung, dass Experten zum Teil aufgrund ihrer Unflexibilität, beruhend auf ihrem umfangreichen Wissen, originelle Optionen übersehen (S.668.). Dennoch ist eine gute Kenntnis des Tatsachengebiets, wie Mach es ausdrücken würde, auf keinen Fall grundsätzlich hinderlich.

²⁵⁸ Vgl. Mach, *Analyse*, S.1.

Naturforschung. Diese Einstellung erlebt durch kontinuierliche Rezeption der Werke Machs eine Renaissance. Laubichler und Renn versuchen in einem Ansatz, den sie „Extended Evolution“ taufen die Entwicklungsgeschichte des Wissens durch die Verschmelzung der Erforschung von Biologie, Kultur und Wissen nachzuvollziehen. Sie zielen auf eine Darstellung ab, die von Mach inspiriert ist, und dialektisch in ihrer Interaktion zwischen Denken und Tradition erscheint. Anleihen von Mach ist der historische Ansatz und die hohe Interdisziplinarität²⁵⁹. Unter Umständen kann auch die Phantasie und andere verwandte Phänomene wie Imagination und Kreativität durch intensivere Verschränkungen verschiedener Disziplinen besser beschrieben werden. Mach hat hierzu mindestens eine solide Grundlage zur Weiterverarbeitung geschaffen²⁶⁰.

Die Weiterentwicklung der Kenntnisse um die Vorgänge der Natur wird von Mach als kontinuierliche Anpassung der Gedanken an die Tatsachen und der Gedanken aneinander beschrieben. Das Entdecken neuer Zusammenhänge wird von Mach skizziert und mit dem Etikett Phantasie in seine Erkenntnistheorie und seiner Darstellung der Geschichte der Wissenschaften eingebettet. Das gespannte Verhältnis zwischen ökonomischer Methode und sprudelnder Phantasie sorgt für ein besseres Verständnis unter gleichzeitiger Produktion von Flexibilität in den Ideen.

Ich hoffe gezeigt zu haben, dass Ernst Machs Beschreibung der Phantasie eine eloquente, eindrückliche, aktuelle und nicht zuletzt schöne Ein- und Anleitung zum wissenschaftlichen Forschen darstellen.

²⁵⁹ Jürgen Renn und Manfred Laubichler, „Extended Evolution and the History of Knowledge“, in *Integrated History and Philosophy of Science*, S.109-125.

²⁶⁰ Staley, „„Beyond the Conventional Boundaries of Physics“, in *Integrated History and Philosophy of Science*, S.79.

Literaturverzeichnis

Baatz, Ursula. „Die Sinne und die Wissenschaften. Zur Erkenntnistheorie bei Johannes Müller und Ernst Mach“, in Michael Hagner (Hrsg.), *Johannes Müller und die Philosophie*, Berlin: Akademie-Verlag 1992, S.255-274

Banks, Erik C. „Ernst Mach’s „new theory of matter“ and his definition of mass.“, in *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* (33)/2002, S.605-635

———. *Ernst Mach’s World Elements. A Study in Natural Philosophy*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers 2003

Brentano, Franz. *Über Ernst Machs „Erkenntnis und Irrtum“*, Aus dem Nachlaß herausgegeben und eingeleitet von Roderick M. Chisholm und Johann C. Marek. Amsterdam: Rodopi 1988

Blackmore, John T. *Ernst Mach. His Work, Life and Influence*. Berkeley, Calif. (u.a.): Univ. of California Press 1972

Brown, John Robert. „Why Thought Experiments Transcend Empiricism.“ in John Robert Brown, Christopher Hitchcock. (Hrsg.), *Contemporary Debates in Philosophy of Science* (1. veröffentlichte Auflage), Malden, Mass.: Blackwell 2004, S.24-43

Čapek, Milič „Ernst Mach’s Biological Theory of Knowledge“ in: *Synthese*, 18 2/3/1968, S. 171-191, S.172. Mit Bezug auf W. James, *The Principles of Psychology*, I

Dietrich, Arne. „The cognitive neuroscience of creativity“ in *Psychonomic Bulletin & Review*, Vol. 11 (6)/2004, S. 1011-1026

Fechner, Gustav T. *Elemente der Psychophysik*. Erster Teil von zwei Bänden. Leipzig: Breitkopf & Härtel 1860

Feyerabend, Paul. *Conquest of abundance: A Tale of Abstraction versus the Richness of Being*. Chicago, Ill. [u.a.]: University of Chicago Press 1999

———. „Creativity: A Dangerous Myth“ in *Critical Inquiry*, Vol. 13, No.4/1987, S. 700-711

———. *Irrwege der Vernunft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp 1989.

Goeres, Ralf. „Sensualistischer Phänomenalismus und Denkökonomie. Zur Wissenschaftskonzeption Ernst Machs“, in: *Journal for general philosophy of science*, Jg. 35 Nr.1/2004, S.41-70

Gomperz, Heinrich. „Ernst Mach“, in *Archiv Für Geschichte Der Philosophie*, 29(4)/1916, S.321-328

Hadamard, Jacques. *The Mathematician's Mind. The Psychology of Invention in the Mathematical Field*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press 1966

Haller, Rudolf, „Poetische Phantasie und Sparsamkeit“, in Rudolf Haller und Friedrich Stadler (Hrsg.), *Ernst Mach - Werk und Wirkung*. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky 1988

—————. „Grundzüge der Machschen Philosophie“, in Rudolf Haller und Friedrich Stadler (Hrsg.), *Ernst Mach - Werk und Wirkung*. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky 1988

Heidelberger, Michael. „Functional relations and causality in Fechner and Mach.“, in *Philosophical Psychology*, 23(2)/2010, 163-172

—————. „Zum Leib-Seele-Problem seit Fechner und Mach“ in: Friedrich Stadler (Hrsg.), *Elemente moderner Wissenschaftstheorie*. Wien (u.a.): 2000

Holton, Gerald. „On the Art of Scientific Imagination“, in: *Daedalus*, Vol. 125, No.2/1996, S. 183-208

Janßen, Sandra. *Phantasmen. Imagination in Psychologie und Literatur. 1840-1930. Flaubert - Čechov – Musil*. Göttingen: Wallstein 2013

Leinfellner, Werner. „Physiologie und Psychologie – Ernst Machs „Analyse der Empfindungen“, in Rudolf Haller und Friedrich Stadler (Hrsg.), *Ernst Mach - Werk und Wirkung*. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky 1988

Lipton, Peter. *Inference to the best explanation*. 2nd edition, London [u.a.]: Routledge 2004

Mach, Ernst. *Die Analyse der Empfindungen*. Neudruck der 6. Vermehrten Auflage Jena 1911. Mit einer Einleitung herausgegeben von Gereon Wolters. Berlin: xenomoi 2008. (=Ernst-Mach-Studienausgabe hrsg. von Friedrich Stadler, Band 1)

—————. *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit: Vortrag gehalten in der K. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften am 15. Nov. 1871*. Prag: Calve 1872

—————. „Die Leitgedanken meiner naturwissenschaftlichen Erkenntnislehre und ihre Aufnahme durch die Zeitgenossen“ in *Scientia*, Vol.VII, Anno IV/1910 in Mach, *Mechanik*. Hrsg. u. mit einem Anhang versehen von Renate Wahsner und Horst Heino von Borzeszkowski

—————. *Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Historisch-kritisch dargestellt*. Neudruck der 7. verbesserten und vermehrten Auflage Leipzig 1912. Mit einer Einleitung und Anmerkungen von Gereon Wolters und Giora Hon. Berlin: xenomoi 2012, (=Ernst-Mach-Studienausgabe hrsg. von Friedrich Stadler, Band 3)

—————. *Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Historisch-kritisch dargestellt*. Hrsg. u. mit einem Anhang versehen von Renate Wahsner und Horst Heino von Borzeszkowski, H.-H. Berlin: Akad.-Verl. 1988

—————. *Die Prinzipien der Wärmelehre. Historisch-kritisch entwickelt*. Neudruck der 2. Auflage von 1900. Mit einer Einleitung hrsg. von Michael Heidelberger und Wolfgang Reiter. Berlin: xenomoi 2016, (= Ernst-Mach-Studienausgabe hrsg. von Friedrich Stadler, Band 5)

—————. *Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung*. Neudruck der 2. Auflage von 1906. Mit einer Einleitung hrsg. von Elisabeth Nemeth und Friedrich Stadler. Berlin: xenomoi 2011, (=Ernst-Mach-Studienausgabe hrsg. von Friedrich Stadler, Band 2)

—————. *Populär-Wissenschaftliche Vorlesungen*. Neudruck der 5. Vermehrten und durchgesehenen Auflage von 1923. Mit einer Einleitung herausgegeben von Elisabeth Nemeth und Friedrich Stadler. Berlin: xenomoi 2014, (=Ernst-Mach-Studienausgabe hrsg. von Friedrich Stadler, Band 4)

Mednick, Sarnoff A. „The associative basis of the creative process“ in *Psychological Review*, 69(3)/1962, S.220-232

Mill, John Stuart, *A System of Logic, Ratiocinative and Inductive: Being a Connected View of the Principles of Evidence, and the Methods of Scientific Investigation. Books I-III*. Neudruck der 8. Auflage von 1872. Mit einer Einleitung von R.F. McRae, hrsg. von John M. Robson. Toronto und London: University of Toronto Press/ Rutledge and Kegan 1974, (= Collected Works of John Stuart Mill Volume VII hrsg. von J.M. Robson)

Morgan, Conwy-Lloyd. *Comparative Psychology*, London, 1894

Motz, Hans. „Ernst Mach als Physiker und Historiker der Physik mit Zukunft“, in Rudolf Haller und Friedrich Stadler (Hrsg.), *Ernst Mach - Werk und Wirkung*. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky 1988.

Müller, Johannes. *Ueber die phantastischen Gesichterscheinungen. Eine physiologische Untersuchung*. Mit einer physiologischen Urkunde des Aristoteles über den Traum, den Philosophen und Aerzten gewidmet. Koblenz: Hölscher 1826

Paty, Michel. „On the Structure of Rationality in the Thought and Invention or Creation of Physical Theories (with a Special Attention to the Cases of General Relativity and of Quantum Theory)“ in: *Principia*, Vol. 15(2)/2011, S. 303-332

Peirce, Charles S., *Illustrations of the Logic of Science*. Hrsg. von Cornelis de Waal. Chicago: Open Court 2014, S.168-170

Planck, Max. „Zur Machschen Theorie der physikalischen Erkenntnis. Eine Erwiderung.“ in Mach, *Mechanik*. Hrsg. u. mit einem Anhang versehen von Renate Wahsner und Horst Heino von Borzeszkowski

———. *Vorträge und Erinnerungen*. 5. Auflage der *Wege zur physikalischen Erkenntnis* als Volksausgabe. Ein Vortrag gehalten im Jahr 1908. Stuttgart: S.Hirzel 1949

Poincaré, Henri. „Chance“, in *The Monist*, Vol. 22 No.1/1912, S.31-52. 1912

———. „Mathematical creation“ in *Resonance*, 5(2)/2000, S.85-94

Popper, Karl R und Eccles, John C. *Das Ich und sein Gehirn*. 5. Auflage, 1985. München: R. Piper & Co. 1982

Popper Karl R. *The Logic of Scientific Discovery*. Tenth impression (revised) February 1980. London: Hutchinson & Co. 1980

Reichenbach, Hans „Kausalität und Wahrscheinlichkeit“ in *Erkenntnis*, 1(1)/1930, S. 158-188

Rossmann, Eva; Fink, Andrea. „Do creative people use shorter associative pathways?“ in *Personality and Individual Differences*, Vol.49/2010, S.891-895

Runco, Marc A. „Creativity“, in: *Annual Review of Psychology*, Vol. 55/2004, S.657-687

Schilpp, Paul A. (Hrsg.), *Albert Einstein: Philosopher – Scientist* in Evanston Ill/1949, S. 2-95, S. 2, (The Library of Living Philosophers, Bd. 7. (1979), dt. *Albert Einstein als Philosoph und Naturforscher*, Braunschweig)

Schlick, Moritz, „Allgemeine Erkenntnislehre“, in Wendel, Hans und Engler, Fynn (Hrsg.), *Allgemeine Erkenntnislehre*. Wien: Springer Vienna 2009

Stadler, Friedrich, „History and Philosophy of Science. Zwischen Deskription und Konstruktion.“ in *Berichte Zur Wissenschaftsgeschichte*, 35(3)/2012, 217-238

———. (Hrsg.), *Elemente einer zukünftigen Wissenschaftstheorie: Zur Interaktion von Philosophie, Geschichte und Theorie der Wissenschaften*. Wien: Springer 2000, S.vii -xxvi

———. „Ernst Mach and Pragmatism The Case of Machs’s *Popular Scientific Lectures* (1895)“ in Sami Pihlström, derselbe und Niels Weidtmann (Hrsg.), *Logical Empiricism and Pragmatism*. Springer International Publishing Switzerland 2017

———. „Ernst Mach – Zu Leben, Werk und Wirkung“ in Rudolf Haller und derselbe (Hrsg.), *Ernst Mach - Werk und Wirkung*. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky 1988

———, *Vom Positivismus zur "wissenschaftlichen Weltauffassung": Am Beispiel der Wirkungsgeschichte von Ernst Mach in Österreich von 1895 bis 1934*. Wien [u.a.]: Löcker 1982

Staley, Richard. „„Beyond the Conventional Boundaries of Physics“: On Relating Ernst Machs’s Philosophy to His Teaching and Research in the 1870s and 1880s“ in Friedrich Stadler (Hrsg.), *Integrated History and Philosophy of Science: Problems, Perspectives, and Case Studies*. Springer International Publishing AG 2017

———. „Ernst Mach on bodies and buckets.“, in: *Physics Today*, 66(12)/2013

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: Hölder-Pichler-Tempsky 1988

Uebel, Thomas. „American Pragmatism, Central-European Pragmatism and the First Vienna Circle“, in Sami Pihlström, Friedrich Stadler und Niels Weidtmann (Hrsg.), *Logical Empiricism and Pragmatism*. Springer International Publishing Switzerland 2017

Wegener, Daan. "De-anthropomorphizing energy and energy conservation: The case of Max Planck and Ernst Mach", in *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 41(2)/2010

Wertheimer, Max. *Produktives Denken*. 2. Auflage der deutschen Ausgabe mit Genehmigung von Harper & Brothers Publishers, New York und London, 1964. Übersetzt von Wolfgang Metzger. Frankfurt am Main: Verlag Waldemar Kramer

Wolters, Gereon. *Mach I, Mach II, Einstein und die Relativitätstheorie: Eine Fälschung und ihre Folgen*. Berlin [u.a.]: De Gruyter 1987

———. „Topik der Forschung: Zur wissenschaftstheoretischen Funktion der Heuristik bei Ernst Mach“, in Clemens Burrichter, Rüdiger Inhetveen, Rudolf Kötter (Hrsg.), *Technische Rationalität und rationale Heuristik*. Paderborn: Ferdinand Schöningh 1986

Wulz, Monika. „Gedankenexperimente im ökonomischen Überschuss. Wissenschaft und Ökonomie bei Ernst Mach“ in *Berichte Zur Wissenschaftsgeschichte*, 38(1)/2015, 59-76

Yang, Haiyang; Chattopadhyay, Amitava; Zhang, Kuangjie; Dahl, Darren W. „Unconscious creativity: When can unconscious thought outperform conscious thought?“ in *Journal of Consumer Psychology*, Vol 22/2012, S. 573-581

Kurzzusammenfassung

Nach einer Einordnung in den historischen, wissenschaftsphilosophischen Kontext mit einer kurzen Beschreibung der Werke Ernst Machs wird seine Naturforschung mittels ihrer Grundbausteine erläutert und anschließend die Phantasie – ein die Erfahrung überschreitendes psychisches Potential des Menschen – beschrieben, eingeordnet und knapp in Zusammenhang mit aktueller Kreativitätsforschung gestellt.

Die Phantasie ist in der Erkenntnistheorie Ernst Machs – angesiedelt vor dem konzeptuellen Bruch in der Wissenschaftsphilosophie zwischen Kontext der Rechtfertigung und Kontext des Entdeckens – ein heuristisches Mittel zum Auffinden neuer Zusammenhänge in der Natur. Als einzige ist sie in der streng empiristischen, antimetaphysischen wissenschaftlichen Anschauung Machs in der Lage über die Erfahrung hinaus in Gedanken zu variieren. Das Gegenstück, welches zur Überprüfung der potentiell wuchernden Phantasie dient, ist die ökonomische Methode. Diese ist bei Mach biologisch begründet und bedingt durch die Evolution. Die Untersuchung der Entwicklung menschlicher Gedankenprodukte auf historisch-kritische Art ist für Mach das Mittel der Wahl um seine Skizzen der Prozesse der Forschung zu verfassen. Insofern ist das Credo Machs der Anpassung der Gedanken aneinander und an die Tatsachen gerade durch das Spannungsfeld zwischen Phantasie und Denkökonomie begreifbar und findet im Gedankenexperiment eine praktische Anwendung.

Die Funktion der Phantasie - eine vornehmlich psychische Tätigkeit – ist es in Gedanken Erfahrungen, Erinnerungen und Vorstellungen assoziativ zu kombinieren und zu ergänzen und stellt so die Vorbedingung zum Begreifen von funktionalen Relationen in der Natur dar. Sie ist abhängig von der Einstellung und den bereits gemachten Erfahrungen des Phantasierenden. Durch das Beschreiben des Begriffs der Phantasie leistet Mach eine klare, verständliche und kausalitätsskeptische Anleitung zum Verständnis des Forschungsprozesses. Bestimmte Merkmale dieser Vorstellungen werden auch in der aktuellen Kreativitätsforschung betont und bieten so eine interdisziplinäre, historische Grundlage zur Erforschung der gedanklichen Arbeit zum Auffinden noch nicht gekannter Tatsachen. Letztlich beschreibt Mach das gespannte Verhältnis zwischen ökonomischer Methode und sprudelnder Phantasie, welches dem Menschen ein besseres Verständnis der Naturvorgänge ermöglicht, bei gleichzeitiger Bewahrung von Flexibilität in der Ideenproduktion.

Abstract

After a classification in the historical, scientific-philosophical context with a brief description of the works of Ernst Mach, his research program is explained by means of its basic building blocks. Then fantasy - a human potential that transcends experience - is described, classified, and closely related to current creativity research.

Fantasy is in the epistemology of Ernst Mach - settled before the conceptual break in the philosophy of science between the context of justification and the context of discovery - a heuristic means of finding new connections in nature. In the strictly empirical, antimetaphysical scientific view of Mach, it is the only part which can vary in thought beyond experience. The counterpart, which serves to check the potentially proliferating fantasy, is the economic method, which is biologically justified by Mach and conditioned by evolution. The study of the development of human thought products in a historical-critical way is for Mach the means of choice to write his sketches of the processes of research. In this respect, the creed of Mach's adaptation of thoughts to one another and to the facts is comprehensible precisely through the tension between fantasy and the economy of thought and finds practical application in the thought experiment.

The function of fantasy - a predominantly psychic activity - is to associate and complement experiences, memories, and ideas in an associative way, thus providing the precondition for comprehending functional relations in nature. It depends on the attitude and the already made experiences of the fantasizing. By describing the concept of fantasy, Mach provides a clear, understandable, and causality-skeptical guide to understanding the research process. Certain features of these ideas are also emphasized in current creativity research, thus providing an interdisciplinary, historical basis for researching the mental work of finding yet unknown facts. Ultimately, Mach describes the tense relationship between economic method and bubbling fantasy, which allows humans a better understanding of the natural processes, while maintaining flexibility in the production of ideas.

