

## Werk

**Titel:** Die Bedeutung der physikalischen Erkenntnistheorie Machs für das Geistesleben der...

**Autor:** Frank, Philipp

**Ort:** Berlin

**Jahr:** 1917

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X\\_0005|log68](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0005|log68)

## Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von  
Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Fünfter Jahrgang.

2. Februar 1917.

Heft 5.

## Die Bedeutung der physikalischen Erkenntnistheorie Machs für das Geistesleben der Gegenwart<sup>1)</sup>.

Von Prof. Dr. Philipp Frank, Prag.

Es ist etwas Merkwürdiges um die Lehren Machs. Von den Philosophen werden sie oft als Werke eines in ihre Wissenschaft nur dilettantisch hineinredenden Physikers bespöttelt oder herablassend abgelehnt; von den Physikern werden sie häufig als Verirrungen vom richtigen Pfad der soliden realistischen Naturwissenschaft bedauert. Und doch kommen Philosophen und Physiker, ja auch Historiker und Soziologen und viele andere nicht los von Mach. Die einen bekämpfen ihn leidenschaftlich, die anderen verherrlichen ihn begeistert. Es geht etwas Faszinierendes von diesen so schlichten Lehren aus; trotz ihrer Schlichtheit etwas Reizendes und Aufreizendes. Es gibt wenige Denker, die so scheidend und trennend auf die Geister wirken, die den einen so begeistern, dem anderen so dem innersten Wesen nach widerwärtig sind. Was steckt in diesen Lehren, daß keiner, mag er welcher Gesinnung immer sein, sich der Aufgabe entziehen kann, zu ihnen irgendwie Stellung zu nehmen?

Darüber möchte ich in dem vorliegenden Aufsatz sprechen. Ich habe mir eine ganz bestimmte Ansicht darüber gebildet, welche Stellung Mach im Geistesleben unserer Zeit einnimmt, und diese Stellung, glaube ich, wird es erklären, warum der Kampf so leidenschaftlich um ihn tobt. Es handelt sich dabei nicht um die oft individuell und historisch bedingten Einzelheiten der Machschen Lehren, sondern um deren Kern, der eben den Brennpunkt der Kämpfe ausmacht. Ich will daher hier nicht über die allgemeine Stellung Machs zum psychophysischen Problem sprechen, nicht über seine physikalischen und psychologischen Einzelleistungen, sondern nur über seine Auffassung von den Aufgaben und möglichen Zielen der exakten Naturwissenschaft.

Gerade in den letzten Jahren macht sich immer stärker bei den schöpferisch tätigen Physikern und Mathematikern eine Reaktion gegen die Machschen Auffassungen bemerkbar. Wenn einer der hervorragendsten theoretischen Physiker unserer Zeit, Max Planck<sup>2)</sup>, und einer der ersten lebenden

<sup>1)</sup> Ich setze in diesem Aufsatz voraus, daß der Leser mit den Machschen Anschauungen wenigstens oberflächlich bekannt ist. Ich kann das um so eher, als der in dieser Zeitschrift erschienene ausgezeichnete Nachruf auf Mach von Felix Auerbach eine solche Orientierung ermöglichte.

<sup>2)</sup> M. Planck, Die Einheit des physikalischen Weltbildes, Leipzig, 1909.

Geometer E. Study<sup>1)</sup> diese Ansichten als für ihre Wissenschaft teils irreführend, teils undurchführbar, teils geradezu schädlich bezeichnen, so muß das zu denken geben und man kann nicht leichthin darüber hinweggehen.

Was einem Forscher von der ausgesprochen stark konstruktiven Begabung Plancks an den Ansichten Machs so durchaus mißfällt, ist vor allem ein Werturteil. Für den Forscher ist jede neue Theorie, die sich auch durch das Experiment stützen läßt, ein Stück neuentdeckte Realität; nach Mach aber ist die Physik nichts als eine Sammlung von Aussagen über die Verknüpfung von Sinnesempfindungen und die Theorien nichts als ökonomische Ausdruckweisen für die Zusammenfassung dieser Verknüpfungen.

„Das Ziel der Naturwissenschaft“, sagt Mach<sup>2)</sup>, „ist der Zusammenhang der Erscheinungen. Die Theorien aber sind wie dürre Blätter, welche abfallen, wenn sie den Organismus der Wissenschaft eine Zeitlang in Atem gehalten haben.“ Dieser, wie man sie nennt, phänomenalistischen Auffassung war bekanntlich schon Goethe. In dem Nachlaß zu den Maximen und Reflexionen heißt es: „Hypothesen sind Gerüste, die man vor dem Gebäude auführt, und die man abträgt, wenn das Gebäude fertig ist. Sie sind dem Arbeiter unentbehrlich; nur muß er das Gerüste nicht für das Gebäude ansehen.“ Und noch drastischer: „Die Konstanz der Phänomene ist allein bedeutend; was wir dabei denken, ist ganz einerlei.“

Nun wird man sagen, Goethe war auch wirklich kein tüchtiger Physiker und man sieht an ihm, wie solche Grundsätze den Forschergeist hemmen. So sagt Planck<sup>3)</sup>: „Als die großen Meister der exakten Naturforschung ihre Ideen in die Wissenschaft warfen, als Nicolaus Copernicus die Erde aus dem Zentrum der Welt entfernte, als Johannes Kepler die nach ihm benannten Gesetze formulierte, als Isaac Newton die allgemeine Gravitation entdeckte... die Reihe wäre noch lange fortzusetzen — da waren ökonomische Gesichtspunkte sicher die allerletzten, welche diese Männer in ihrem Kampfe gegen überlieferte Anschauungen und gegen überragende Autoritäten stählten. Nein — es war ihr felsenfester, sei es auf künstlerischer, sei es auf religiöser Basis

<sup>1)</sup> E. Study, Die realistische Weltansicht und die Lehre vom Raume, Braunschweig, 1914.

<sup>2)</sup> E. Mach, Die Geschichte und Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit, Prag, 1872, Neudruck Leipzig, 1909.

<sup>3)</sup> l. c. Seite 36.

ruhender Glaube an die Realität ihres Weltbildes. Angesichts dieser doch gewiß unanfechtbaren Tatsache läßt sich die Vermutung nicht von der Hand weisen, daß, falls das Machsche Prinzip der Ökonomie wirklich einmal in den Mittelpunkt der Erkenntnistheorie gerückt werden sollte, die Gedankengänge solcher führenden Geister gestört, der Flug ihrer Phantasie gelähmt und dadurch vielleicht der Fortschritt der Wissenschaft in verhängnisvoller Weise gehemmt werden würde.“

Daß diese Befürchtungen in dieser Allgemeinheit nicht begründet sind, kann man leicht sehen, wenn man sich die Ansichten eines der größten theoretischen Physiker des 19. Jahrhunderts, *J. Cl. Maxwells*<sup>1)</sup>, über das Wesen der physikalischen Theorien ins Gedächtnis ruft. Man braucht nur die Einleitung zu seiner Abhandlung über *Faradays* Kraftlinien aus dem Jahre 1855 zu lesen, um ihn völlig als Anhänger des phänomenalistischen Standpunktes zu finden, ohne daß man doch irgendwie von ihm behaupten könnte, daß dadurch der Flug seiner Phantasie gelähmt worden wäre. Ja im Gegenteil. Die Auffassung von dem relativen Unwert der Theorie gegenüber dem Phänomen verleiht dem Theoretisieren solcher Forscher etwas ganz besonders Freies und Phantasievolleres.

Ich will übrigens zugeben, daß die phänomenalistische Lehre jenen entgegenkommt, die eine mehr registrierende als konstruktive Tätigkeit in der Physik verfolgen. Mancher, der imstande ist, bestimmte, wenn auch sehr spezielle Phänomene reinlich zu beschreiben, mag sich durch diese Lehre erhaben dünken über den phantasievollen schöpferischen Geist, dessen Gebäude ja doch nur Hirngespinnste sind und „dürre Blätter“. Ich glaube aber nicht, daß bei so veranlagten Naturen die Machsche Philosophie die Phantasie gelähmt hat, sondern daß eine von Natur lahme Phantasie sich die Machschen Lehren zu einem verhellenden Prunkgewande zurechtschneidert. Es mögen vielleicht solche Erfahrungen sein, die *Planck* veranlaßt haben, am Schlusse seines schon zitierten Vortrages den Verkündern der phänomenalistischen Lehren die biblischen Worte entgegenzuschleudern: „An ihren Früchten sollt ihr sie erkennen.“

Über dieses Kriterium von den Früchten werde ich noch eingehender zu sprechen haben und will zunächst nur ein an dasselbe biblische Gleichnis anknüpfendes Wort von *P. Duhem*<sup>2)</sup> über den Wert und Unwert physikalischer Theorien anführen. Dieser im vorigen Jahre verstorbene bedeutendste Vertreter der Machschen Ideenrichtung in Frankreich sagt: „Nach der Frucht beurteilt man den Baum; der Baum der Wissenschaft wächst außerordentlich langsam; Jahrhunderte verlaufen, ehe

man reife Früchte pflücken kann; heute ist es uns noch kaum möglich, den Kern jener Lehren herauszuschälen und abzuschätzen, die im XVII. Jahrhundert blühten. Derjenige, der sät, kann daher nicht beurteilen, was das Korn wert ist, er muß in die Fruchtbarkeit der Saat Vertrauen setzen, damit er unermüdlich, ohne Ermattung der erwählten Furche folgen kann, wenn er seine Ideen den vier Winden des Himmels hinwirft.“

Diese Bemerkung des größten und genauesten Kenners der Geschichte der Physik antwortet vielleicht auch schon auf die von *Planck*<sup>3)</sup> ausgesprochene Meinung, „daß schon unser gegenwärtiges Weltbild, obwohl es je nach der Individualität des Forschers noch in den verschiedensten Farben schillert, dennoch gewisse Züge enthält, welche durch keine Revolution, weder in der Natur noch im menschlichen Geiste, je mehr verwischt werden können.“ Diese bleibenden Züge kommen nach *Mach* eben daher, daß alle möglichen Theorien denselben Zusammenhang zwischen den Phänomenen wiedergeben müssen; das verbürgt schon eine gewisse Konstanz. Die bekannten Verknüpfungen zwischen den Erscheinungen stellen ein Netz dar; die Theorie sucht durch die Knoten und Fäden dieses Netzes eine stetige Fläche zu legen. Die Fläche ist natürlich durch das Netz um so mehr bestimmt, je engmaschiger das Netz wird, so daß bei fortschreitender Erfahrung die Fläche immer kleineren Spielraum bekommt, ohne doch je durch das Netz eindeutig bestimmt zu werden.

Da die Machschen Grundsätze in der Physik zu nichts Gutem führen, ist es nach *Planck* und *Study* für die Physik ein Glück, daß sie von ihren Anhängern nie durchgeführt werden, wenn das auch für die Grundsätze selbst ein betrübendes Zeichen ist. So sagt *Study*<sup>4)</sup> vom Positivismus, wie er die Machsche Lehre nennt: „Wir halten dieses Prinzip für eine vollkommene Utopie. Seine ganze Existenzmöglichkeit beruht darauf, daß es von seinen eigenen Bekennern auf jedem Schritt verleugnet wird. Noch nie ist überhaupt ein ernsthafter Versuch zu seiner Durchführung gemacht worden.“ „Wir<sup>5)</sup> haben es mit einer prinzipiellen Frage zu tun und müssen daher unterscheiden zwischen der Theorie des Positivismus und der Praxis der zu ihrem Glück durchweg inkonsequenten Positivist.“ Ähnlich sagt *Planck*<sup>6)</sup>: „Wir gelangen dann zu einer mehr realistischen Ausdrucksweise, . . . die ja auch tatsächlich von den Physikern stets angewendet wird, wenn sie in der Sprache ihrer Wissenschaft reden.“

Und mit beißendem Spott sagt *Study*<sup>7)</sup>: „In zahlreichen Fällen werden so die beim offiziellen Empfang schnöde verleugneten Hypothesen (warum nicht auch die Atomistik?) unter anderen Namen und durch eine eigens dazu angebrachte

<sup>1)</sup> *J. Cl. Maxwell*, Über *Faradays* Kraftlinien, herausgegeben von *L. Boltzmann* in Ostwalds Klassikern der ex. Wiss. Nr. 69.

<sup>2)</sup> *P. Duhem*, Die Wandlungen der Mechanik, Deutsch von *Ph. Frank* und *E. Stiasny*, Leipzig, 1912.

<sup>3)</sup> l. c. Seite 35.

<sup>4)</sup> l. c. Seite 36.

<sup>5)</sup> *Study* l. c. Seite 41.

<sup>6)</sup> l. c. Seite 37.

<sup>7)</sup> l. c. Seite 37.

Hinterpforte doch noch in das Heiligtum der Wissenschaft eingelassen. Solcher Namen und entsprechender Motivierungen gibt es nicht wenige. Ziemlich mühelos hat der Verfasser ihrer ein volles Dutzend zusammengebracht: Vollständigste und einfachste Beschreibung (*Kirchhoff*), . . . Subjektive Forschungsmittel, Forderung der Denkbarkeit der Tatsachen, Einschränkung der Möglichkeiten, Einschränkung der Erwartung, Ergebnis der analytischen Untersuchung, Ökonomie des Denkens, biologischer Vorteil (diese alle bei *E. Mach*).“

Ebenso spöttisch bemerkt *Planck*<sup>1)</sup>: „Es würde mich gar nicht wundern, wenn ein Mitglied der Machschen Schule eines Tages mit der großen Entdeckung herauskäme, daß . . . die Realität der Atome gerade eine Forderung der wissenschaftlichen Ökonomie ist.“

Auch andere Autoren weisen auf den klaffenden Gegensatz hin, der bei den Verehrern *Machs* zwischen Theorie und Praxis besteht. Es wird eine eigene Theorie vom Wesen der physikalischen Theorien aufgestellt, und sobald die Physik wirklich beginnt, benimmt sich der Positivist meist wie jeder andere Physiker. Ein Anhänger *Machs* ist fähig zu proklamieren, die Physik habe sich nur mit der Verknüpfung der Sinnesempfindungen zu beschäftigen, und der Verkünder dieser Lehre redet als Physiker genau so wie ein anderer von Materie und Energie, ja auch von Atomen und Elektronen.

Ich glaube nun, daß gerade dieser anscheinend so handgreifliche Widersinn zum Verständnis des bleibenden Kernes der Machschen Lehre führen kann. Hören wir noch einmal *Study*<sup>2)</sup>: „Die ganze Situation erinnert auffallend an den Vorschlag *Kroneckers*, die Irrationalzahlen abzuschaffen und die Mathematik auf Aussagen über ganze Zahlen zu reduzieren; auch in diesem Fall ist es bei dem Programm geblieben, und aus demselben guten Grunde.“ Die Analogie ist, wie ich glaube, sehr zutreffend. Nur möchte ich ihr eine andere Deutung geben als *Study*. Es ist selbstverständlich zwecklos, alle Sätze der Mathematik wirklich als Sätze über ganze Zahlen auszusprechen. Aber prinzipiell ist es doch ungemein aufklärend, wenn man weiß, daß alle Sätze über Irrationalzahlen und daher auch alle Sätze über Grenzwerte als Sätze über ganze Zahlen ausgesprochen werden können. Wenn diese Möglichkeit einmal konstatiert ist, kann sich die ganze Analysis ruhig wie gewöhnlich abwickeln. Aber es kann nicht mehr geschehen, daß, sobald etwa ein Satz über Differentialquotienten aufgestellt ist, jemand an ihm herumzudeuteln beginnt, indem er untersucht, ob denn dieser Satz mit dem „Wesen“ des Differentials im Einklang ist und tief Sinnig-skeptische Betrachtungen über dieses

<sup>1)</sup> *M. Planck*, Zur Machschen Theorie der physikalischen Erkenntnis, Vierteljahrsschr. für wissenschaftl. Philosophie, Bd. 34, S. 497 (1911).

<sup>2)</sup> *Study* l. c. S. 39.

„Wesen“ anstellt. Man sagt ihm dann einfach: Ich könnte diesen Satz, wenn ich mir genug Zeit nehme, als Satz über ganze Zahlen aussprechen und das Wesen dieses Satzes ist nicht mehr und nicht weniger geheimnisvoll als das der natürlichen Zahlen.

Ganz ähnlich steht es mit der physikalischen Erkenntnistheorie *Machs*. Es kommt nicht darauf an, wirklich alle physikalischen Sätze als Sätze über die Verknüpfung von Sinnesempfindungen auszusprechen; aber es ist wichtig festzustellen, daß nur solche Sätze einen realen Sinn haben, die im Prinzip als Sätze über den Zusammenhang unserer Sinnesempfindungen ausgesprochen werden können. Den Satz von der Erhaltung der Energie oder den Satz von der Verteilung der Energie über alle Freiheitsgrade als Sätze über Verknüpfung von Sinnesempfindungen auszusprechen, ist ebenso umständlich, aber auch ebenso überflüssig, wie etwa den Satz, daß der Differentialquotient des Sinus der Kosinus ist, als Satz über ganze Zahlen auszudrücken, obwohl beides sicher im Prinzip möglich ist.

Für den inneren Betrieb der Physik ist es natürlich in den meisten Fällen ziemlich gleichgültig, ob man auf dem Machschen Standpunkt steht oder nicht. Ebenso wird man auch in *Kroneckers* Vorlesungen über Integralrechnung nichts finden, was von der Darstellung anderer Mathematiker wesentlich abweicht.

Worin besteht also dann der Wert der Machschen Lehren für die Physik?

Da ist nun meine Ansicht die, daß ihr Hauptwert gar nicht darin besteht, daß sie dem Physiker bei seinen physikalischen Arbeiten vorwärts helfen, sondern daß sie ein Mittel bilden, das Gebäude der Physik gegen von außen kommende Angriffe zu verteidigen.

Wer unbefangenen die Begriffe prüft, die heute die Grundlagen des Hypothesensystems der Physik bilden, wird kaum ernstlich behaupten können, daß das Atom, das Elektron oder gar das Wirkungsquantum wirklich befriedigende letzte Bausteine bilden. Jeder ein wenig zu logischer Gründlichkeit neigende Denker wird Unklarheiten in diesen Begriffen aufdecken können. In diese Unklarheiten kann nun die bohrende Skepsis eindringen und das ganze Lehrgebäude der Physik als Grundlage unseres naturwissenschaftlichen Weltbildes zu erschüttern suchen. Da setzt nun *Mach* ein und sagt: Alle diese Begriffe sind nur Hilfsbegriffe. Das Bleibende ist der Zusammenhang der Phänomene. Die Atome, Elektronen und Quanten sind nur Zwischenglieder, um ein zusammenhängendes Lehrgebäude herzustellen; sie ermöglichen es, das unermessliche System der verknüpften Phänomene logisch aus wenigen abstrakten Sätzen herzuleiten. Aber diese abstrakten Sätze sind dann nichts als die Hilfsmittel zur ökonomischen Darstellung, nicht die erkenntnistheoretische Grundlage. Die Realität der Physik wird also durch die Kritik an den Hilfsbegriffen

niemals erschüttert. Die Arbeit *Machs* ist also nicht, wie es oft dargestellt wird, eine wesentlich destruktive; der Positivismus ist nicht, was ihn *Study* nennt, ein „Negativismus“, sondern im Gegenteil der Versuch, der Physik eine unangreifbare Position zu verschaffen. Das erkennt eigentlich auch *Planck* an, wenn er sagt<sup>1)</sup>: „Ihm (dem Machschen Positivismus) gebührt in vollem Maße das Verdienst, angesichts der drohenden Skepsis den einzig legitimen Ausgangspunkt aller Naturforschung in den Sinnesempfindungen wiedergefunden zu haben.“

Daß *Planck* die Machsche Auffassung so scharf verurteilt, scheint mir daher zu kommen, daß er sie nur vom intern-physikalischen Standpunkt betrachtet.

Man muß allerdings sagen, daß auch von diesem Standpunkte aus gesehen die phänomenalistische Auffassung schon einiges geleistet hat und vielleicht noch einiges zu leisten imstande ist. In den Grenzgebieten der Physik, wo allgemeine Begriffe wie Zeit, Raum und Bewegung hineinspielen, ist es nicht mehr ganz gleichgültig, welche erkenntnistheoretische Stellung man einnimmt. Es ist ja heute allgemein bekannt, daß die Einsteinsche allgemeine Relativitäts- und Gravitationstheorie ganz unmittelbar aus der positivistischen Raum- und Bewegungslehre erwachsen ist, was *Einstein*<sup>2)</sup> selbst in seinem Nachruf auf *Mach* eingehend dargelegt hat.

Im großen und ganzen aber will ich *Planck* und *Study* gerne zugeben, daß der Positivismus für die Erledigung von Einzelfragen der Physik selbst nicht viel leistet, woraus aber seine allgemeine Wertlosigkeit noch nicht folgt. Die „Früchte“ der Machschen Lehre sind eben nicht rein physikalische. Wenn man bedenkt, wie in den letzten Jahren versucht worden ist, die Kritik an den physikalischen Grundbegriffen zu einer Bankrotterklärung der naturwissenschaftlichen Weltanschauung überhaupt auszunützen, so wird man das Bestreben *Machs*, die Physik unabhängig von jeder metaphysischen Ansicht zu machen, als wertvoll einschätzen müssen.

*H. Poincaré*<sup>3)</sup> sagt: „Beim ersten Blick scheint es uns, daß die Theorien nur einen Tag dauern, und daß sich Ruinen auf Ruinen häufen . . . Wenn man aber genauer zusieht, so erkennt man, daß das, was verfällt, solche Theorien sind, die beanspruchen, uns zu lehren, was die Dinge sind. Aber es gibt etwas in ihnen, was fortbesteht. Wenn eine von ihnen uns eine wahre *Beziehung* enthüllt hat, so ist diese *Beziehung* endgültig gewonnen, und man findet sie unter einer neuen Hülle in den anderen Theorien wieder, die in der Folge an ihrer Stelle herrschen werden.“ Und in ganz entschiedener Weise betont der französische

Philosoph *Abel Rey*<sup>4)</sup> die Wichtigkeit der Rettung des physikalischen Ideengebäudes für das gesamte geistige Leben. Er sagt:

„Wenn diese Wissenschaften, welche in der Geschichte wesentlich emanzipatorisch gewirkt haben, in einer Krise untergehen, die ihnen nur die Bedeutung technisch nützlicher Sammlungen läßt, ihnen aber jeden Wert in Beziehung auf die Naturerkenntnis benimmt, so muß dies in der logischen Kunst einen völligen Umsturz bewirken. Die Emanzipation des Geistes, wie wir sie der Physik verdanken, ist ein höchst verderblicher Irrtum. Man muß einen anderen Weg einschlagen und einer subjektiven Intuition, einem mystischen Wirklichkeitssinn, kurz dem Mysterium alles zurückerstatten, was man ihm entrissen zu haben glaubte. Wenn es sich im Gegenteil zeigt, daß nichts dazu berechtigt, diese Krisis als notwendig und unheilbar anzusehen, dann bleibt die rationale und positive Methode die oberste Erzieherin des menschlichen Geistes.“

Hier ist sehr deutlich auseinandergesetzt, welche Gefahren eine Physik für die ganze Weltanschauung bedeuten würde, die keine anderen erkenntnistheoretischen Fundamente hätte als jene der Kritik so ausgesetzten Hilfsbegriffe.

Wer noch daran zweifelt, daß *Mach* selbst den eigentlichen Wert seiner Theorien darin gesehen hat, daß sie es gestatten, eine möglichst widerspruchsfreie Verbindung zwischen der Physik einerseits und der Physiologie und Psychologie andererseits herzustellen, braucht nur die allgemeinen Abschnitte der „Analyse der Empfindungen“ zu lesen. Hier wird immer wieder betont, daß man sich bemühen müsse, die Physik mit solchen Begriffen zu bearbeiten, die man nicht beim Übergang zu einem Nachbargebiet sofort wieder aufgeben muß.

Aus diesem Streben *Machs*, nur Begriffe zu verwenden, die auch außerhalb der Physik ihre Brauchbarkeit nicht verlieren, ist seine Stellung gegen die Atomistik zu verstehen, die ihm von vielen Physikern besonders übel genommen wird. Die Atomistik führt ja, auf physiologisch-psychologische Probleme angewendet, leicht in eine Sackgasse. Es tauchen Fragen auf wie: Wieso kann ein Gehirnatom denken?, Wieso kann ein Atom Grün empfinden, da es doch eigentlich selbst wieder nur ein Miniaturbild eines makroskopischen, aus Empfindungen zusammengesetzten Körpers ist?

Ich will aber durchaus nicht leugnen, daß *Mach* sich dadurch auch verleiten ließ, die Anwendung der Atomistik in der Physik schärfer zu bekämpfen, als sich rechtfertigen läßt. Denn der Nutzen der Atomtheorien auf diesem beschränkten Gebiet ist wohl unbestreitbar. Seine Anhänger haben nun, wie das schon zu gehen pflegt, oft in dieser Schwäche des Meisters seine Hauptstärke gesehen

<sup>1)</sup> Einheit des physikal. Weltbildes, S. 34.

<sup>2)</sup> Physikalische Zeitschrift, Bd. 17, 1916.

<sup>3)</sup> *H. Poincaré*, Der Wert der Wissenschaft, deutsch von E. und H. Weber, 2. Aufl., Leipzig, 1910, S. 202.

<sup>4)</sup> *Abel Rey*, Die Theorie der Physik bei den modernen Physikern, deutsch von *Rudolf Eisler*, Leipzig, 1908, S. 18 f.

und die Atome aus der Physik ganz verbannen wollen. Ich glaube, daß man den Kern der Machschen Lehre von dieser mehr historisch und individuell bedingten Abneigung gegen die Atomistik ganz loslösen kann. Die Atome sind eben Hilfsbegriffe wie andere, die in einem begrenzten Kreise mit Vorteil angewendet werden können. Als erkenntnistheoretische Grundlage eignen sie sich nicht. Hat man sich einmal diese Ansicht gebildet, so ist man in der Anwendung der Atome, wo sie zulässig ist, um so freier. Ich glaube, daß gegen den so herausgeschälten Kern auch *Planck* nicht mehr so viel einwenden würde. Es ist dann auch gar nicht mehr so sonderbar, wenn man die Atome, wenn auch nicht deren Realität, für eine Forderung der Ökonomie erklärt. Sie können das einfachste Mittel zur Darstellung der physikalischen Gesetze sein, ohne sich darum zur erkenntnistheoretischen Grundlegung zu eignen.

Im allgemeinen wird also der Phänomenalismus den Physiker in seinem Fach weder besonders fördern noch hindern. So hat *Maxwell*, der wohl rein positivistisch dachte, die grundlegenden Arbeiten über die Molekulartheorie der Gase geschrieben. Eine Gefahr wird die phänomenalistische Auffassung nur dort, wo die Forderung der Ökonomie nicht mit gleicher Intensität erfaßt wird. Das geschichtlich bemerkenswerteste Beispiel dafür ist wohl *Goethes* Farbenlehre. Man darf allerdings, wenn man eine so starke Individualität beurteilen will, nicht vergessen, daß, wie *A. Stöhr*<sup>1)</sup> sehr richtig hervorhebt, die Forderung der Ökonomie je nach der Individualität etwas ganz anderes bedeutet. Für den einen bedeutet sie ein Minimum an Hypothesen, für den anderen etwa ein Minimum an Energiearten. Das erstere gilt für den extremen Phänomenalisten *Goethe*, das letztere für den reinen Mechanisten. Es ist vielleicht noch lehrreich, als Gegenstück hierzu an einen theoretischen Physiker zu erinnern, der als unmittelbarer Schüler *Machs* es versucht hat, wirklich ein Gebäude der Physik und Chemie zu errichten, in dem keinerlei hypothetische Korpuskeln, seien es Atome oder Elektronen, auftreten, und das doch alle bis heute bekannten Phänomene umfaßt. Man kann nicht leugnen, daß *Gustav Jaumann* in zahlreichen Arbeiten<sup>2)</sup> mit starker konstruktiver Kraft diese Aufgabe unternommen hat. Ich glaube aber nicht, daß das Ergebnis wirklich im Geiste der Machschen Lehre ausgefallen ist. Es entspricht wohl der äußerlichen Forderung, daß alle Atomistik wegbleiben soll, aber der Forderung der Ökonomie entspricht es kaum. Es wird eine große Zahl von Konstanten verwendet, über welche die Theorie gar nichts aus-

sagt. Das *Jaumannsche* System ermöglicht uns also nur in sehr eingeschränktem Maße, die Phänomene aus einer kleinen Zahl von Hypothesen auch dem numerischen Werte nach abzuleiten. Für die Unabhängigkeit der physikalischen Forschung von der erkenntnistheoretischen Grundlage kann man wohl auch noch anführen, daß der energischste Versuch zur Widerlegung der korpuskularen Theorie der Elektrizität, der von *F. Ehrenhaft*, keinerlei Zusammenhang mit philosophischen Lehrmeinungen irgendwelcher Art besitzt.

Ich glaube nun, meine Ansicht über die Bedeutung *Machs* einigermaßen klar gemacht zu haben. Um aber seine Stellung im Geistesleben unserer Zeit völlig zu übersehen, müssen wir einen noch mehr abseits gelegenen Standpunkt aufsuchen, um einen besseren Überblick zu gewinnen.

Wenn wir das bedeutendste Werk *Machs*, seine *Mechanik*, lesen, so werden wir finden, daß er uns in keinem Abschnitt einen so tiefen Einblick in seine innersten Gedanken und geistigen Neigungen tun läßt, wie in dem wundervollen Kapitel über „theologische, animistische und mystische Gesichtspunkte in der Mechanik“. Es weht ein Wind von erfrischender Kühle aus diesen Sätzen. Was sonst meist mit leidenschaftlichem Poltern, oft mit leiser Ankündigung einer kleinen Ketzerverbrennung für den Gegner, behandelt wird, sehen wir hier in echt wissenschaftlichem Geiste durchgesprochen. Und doch zittert durch das Ganze ein Unterton von verhaltener Erregung. Es tritt einem jener von der eigenen Nüchternheit trunkenen Zustand entgegen, den man dem Zeitalter der Aufklärung nachgesagt hat. Und *Mach* erblickt auch wirklich in diesem Zeitalter seine geistige Heimat. In dem genannten Kapitel heißt es: „Erst in der Literatur des 18. Jahrhunderts scheint die Aufklärung einen breiteren Boden zu gewinnen. Humanistische, philosophische, historische und Naturwissenschaften berühren sich da und ermutigen sich gegenseitig zu freierem Denken. Jeder, der diesen Aufschwung und diese Befreiung auch nur zum Teil durch die Literatur miterlebt hat, wird lebenslanglich ein elegisches Heimweh empfinden nach dem 18. Jahrhundert.“

Die persönlichen Bekannten *Machs* wissen auch, daß er ein eifriger Bewunderer und Leser der Schriften *Voltaires* gewesen ist und von einem seiner ehemaligen Assistenten<sup>1)</sup> wurde mir mitgeteilt, daß *Mach* die Angriffe *Lessings* gegen *Voltaire* auf das entschiedenste mißbilligt hat. Es ist ja auch bekannt, daß der Mann, von dem *Mach* erzählt, daß er lange Zeit der einzige war, mit dem er, ohne Anstoß zu erregen, von seinen physikalisch-erkenntnistheoretischen Ansichten sprechen konnte, daß *Josef Popper* ein ganzes Buch geschrieben hat, das der Verteidigung, ja der Verherrlichung *Voltaires* gewidmet ist.

<sup>1)</sup> Prof. Dr. *Georg Pick*.

<sup>1)</sup> *A. Stöhr*, Philosophie der unbelebten Materie, Leipzig, 1907, S. 16 ff.

<sup>2)</sup> *G. Jaumann*, Geschlossenes System physikalischer und chemischer Differentialgesetze, Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften, math.-naturwiss. Klasse, Abt. IIa (1911), und viele andere Arbeiten in denselben Berichten.

Ich glaube nun, daß *Mach* bei dieser Vorliebe von einer sehr richtigen Selbsteinschätzung geleitet war, und daß man die Rolle, die *Mach* als Philosoph im geistigen Leben der Gegenwart spielt, nur richtig verstehen kann, wenn man seine Lehren auffaßt als die unserem Zeitalter angemessene Aufklärungsphilosophie.

Da diese Auffassung leicht Mißverständnissen ausgesetzt ist, muß ich sie noch näher begründen und ausführen. Zunächst hat das Wort Aufklärung eine so üble Nebenbedeutung bekommen, daß vielleicht mancher in dieser Bezeichnung sogar eine Herabwürdigung *Machs* sehen wird. Wir müssen uns daher etwas über das Wesen der Aufklärung und die Gründe ihrer späteren Mißachtung klar zu werden suchen.

Die erste Periode der Aufklärung in der Neuzeit beginnt mit dem Sturze des ptolemäischen Weltsystems. *Copernicus* sucht noch sein System mit den Begriffen der aristotelisch-scholastischen Philosophie darzustellen. Wenn wir aber den Dialog *Galileis* über die beiden Weltssysteme anschlagen, klingt uns ein ganz anderer Ton entgegen. Es werden die Grundbegriffe der aristotelischen Physik hergenommen und zerfasert. Bei *Aristoteles* und seiner Schule wurden Begriffe wie leicht und schwer, oben und unten, natürliche und gewaltsame Bewegung, die nur für einen ganz beschränkten Erfahrungsbereich brauchbar waren, zu Grundlagen der ganzen theoretischen Naturlehre gemacht. *Galilei* zeigt nun, daß es gerade dieser Gebrauch von Begriffen über ihren natürlichen Geltungsbereich hinaus ins Ungemessene ist, der die Aristoteliker an der Anerkennung der modernen Physik hindert. Ich will damit nicht die aristotelische Physik herabsetzen, die für ihre Zeit eine ganz hervorragende Leistung war; es liegt mir nur daran, zu zeigen, daß das Aufklärende in *Galileis* Schriften gerade darin bestand, daß er dem Mißbrauch der Hilfsbegriffe eine Grenze zog. Und dieser Protest gegen den Mißbrauch von bloßen Hilfsbegriffen zu allgemein philosophischen Beweisen ist es, den ich für ein wesentliches Kennzeichen der Aufklärung überhaupt halte. Jede Epoche der Physik hat ihre Hilfsbegriffe und jede folgende mißbraucht sie; und in jeder braucht es daher einer neuen Aufklärung, um diesem Mißbrauch entgegenzutreten. Wenn *Newton* und seine Zeitgenossen den Begriff des absoluten Raumes und der absoluten Zeit zu Grundlagen der Mechanik machten, so konnten sie ein großes Gebiet damit treffend und widerspruchsfrei darstellen. Daraus folgt aber noch lange nicht, daß diese Begriffe auch eine erkenntnistheoretisch befriedigende Grundlage der Mechanik bilden. Wenn *Mach* die Grundlagen der Newtonschen Mechanik kritisiert und den absoluten Raum daraus zu entfernen sucht, ist er der direkte Fortsetzer der Wirksamkeit *Galileis*. Denn im absoluten Raum lebt noch ein Rest der aristotelischen Physik. Und wenn *Einstein* an *Mach*

anknüpft und nun wirklich in seiner allgemeinen Relativitätstheorie ein Gebäude der Mechanik errichtet, in dem Raum und Zeit eigentlich gar nicht mehr vorkommen, sondern nur die Koinzidenz von Phänomenen, so ist damit die von *Mach* verlangte Elimination der nur in beschränktem Bereiche wertvollen Hilfsbegriffe Raum und Zeit nun wirklich vollzogen. Wir können so in *Einstein* den Ersten sehen, der eine völlig vom Aristotelismus freie Physik begründet hat.

Einen Kampf gegen den Mißbrauch von Hilfsbegriffen sehe ich auch im eigentlichen Zeitalter der Aufklärung. Wenn man von der politischen und sozialen Seite absieht, so wendet sich rein theoretisch betrachtet die Kritik dagegen, daß die theologischen Begriffe, die zur Bearbeitung gewisser seelischer Erlebnisse der Menschen gebildet worden waren, das ganze Mittelalter hindurch und auch noch im Anfange der Neuzeit zu Grundlagen jeder Wissenschaft gemacht wurden. Diese Begriffe mögen das Hoffen und Glauben ringender Menschenseelen noch so treffend wiedergeben, so sind sie doch nur auf dieses Gebiet beschränkte Hilfsbegriffe und nicht geeignet, die erkenntnistheoretischen Fundamente der Naturerkenntnis zu sein. Mit großer Energie drang damals diese kritische Anschauung durch und heute stehen selbst die meisten Theologen schon auf dem Standpunkt, daß die Bibel kein naturwissenschaftliches Lehrbuch ist, ja viele protestantische Theologen lehren noch weitergehend ganz im Sinne der Aufklärung, daß alle theologischen Wahrheiten nur Sätze über innere Erlebnisse sind.

Aber auch die Naturlehre der Aufklärung bedurfte zu ihrem Aufbau der Hilfsbegriffe. So begannen die Begriffe Materie und Atom eine ausschlaggebende Rolle zu spielen. Und sofort wurden auch diese Hilfsbegriffe auf alles in der Welt angewendet; es entstand der sogenannte Materialismus. Man vergaß, daß auch die Materie nur ein Hilfsbegriff war und begann sie für das Wesen der Welt zu halten. Bald setzte auch die Kritik dagegen ein, und während sonst die Kritik gegenüber dem Mißbrauch der Hilfsbegriffe nur dem wissenschaftlichen Fortschritt diente, hatte sie hier noch eine Nebenwirkung. Da die Gedanken des Aufklärungszeitalters vielfach den herrschenden äußeren Gewalten nicht angenehm waren, wurde die Kritik an den Mißbräuchen der Aufklärung benützt, um die Aufklärung selbst zu diskreditieren. Weil die Aufklärer selbst Hilfsbegriffe mißbrauchten, sagte man ihnen nach, daß ihr Protest gegen die theologische Weltanschauung unberechtigt war. Das ist natürlich logisch ganz unhaltbar, denn in Wirklichkeit war eben ihre Kritik nur nicht weit genug gegangen. Wie es aber schon zu gehen pflegt, finden sich immer viele Denker, die so organisiert sind, daß ihr eigenes Denken doch schließlich zu dem von den äußeren Mächten verlangten Ergebnis gelangt. Man suchte die Aufklärung durch Skepsis zu

widerlegen. Sehr treffend sagt *Nietzsche*<sup>1)</sup> über die Teilnahme einiger Philosophen an diesem Werke:

„Der Philosoph gegen den Rivalen, z. B. die Wissenschaft: da wird er Skeptiker; da behält er sich eine Form der Erkenntnis vor, die er dem wissenschaftlichen Menschen abstreitet; da geht er mit dem Priester Hand in Hand, um nicht den Verdacht des Atheismus, Materialismus zu erregen; er betrachtet einen Angriff auf sich als einen Angriff auf die Moral, die Tugend, die Religion, die Ordnung, — er weiß seine Gegner als ‚Verführer‘ und ‚Unterminierer‘ in Verruf zu bringen; da geht er mit der Macht Hand in Hand.“

In Wirklichkeit wurde aber an der Aufklärung nur das widerlegt, was an ihr nicht Aufklärung war. Trotzdem hat durch das Gewicht der äußeren Umstände diese Herabsetzung der großen Leistungen des 18. Jahrhunderts großen Einfluß gewonnen. Es gibt vielleicht keinen unter uns, in dem nicht durch den Schulunterricht von Jugend auf ein Vorurteil gegen die Aufklärung steckt.

Ich gebe natürlich gerne zu, daß die großen Geister der Aufklärung, ein *Voltaire*, ein *d'Alembert* usw. von zahlreichen flachen Schriftstellern nachgeahmt wurden, die deren Kritik immer mehr verwässerten und bis zur unerträglichen Banalität breittraten, schließlich sogar nur mehr Mißbrauch mit den neuen Hilfsbegriffen trieben. Ich gebe auch gerne zu, daß diese Verflachung zum Wesen der Aufklärung gehört; wenn einmal der Mißbrauch der alten Hilfsbegriffe aufgedeckt ist, bleibt nicht mehr viel Originelles zu sagen übrig; die Versuchung zu öder Trivialität liegt sehr nahe, und die Zahl derer, die ihr zum Opfer fallen, ist groß. Alles das beweist natürlich gegen den Wert der Aufklärungsphilosophie selbst gar nichts.

Wenn man sich einmal von der üblichen Verketzerung freigemacht hat, wird man sagen: die Aufgabe unseres Zeitalters ist es nicht, die Aufklärung des 18. Jahrhunderts zu bekämpfen, sondern ihr Werk fortzusetzen. Seit dieser Zeit ist wieder so viel übertriebene Anwendung von in beschränktem Bereiche brauchbaren ganz neuen Hilfsbegriffen vorgefallen, daß es reichliche neue Arbeit gibt.

Und dieser Arbeit hat sich *Mach* gewidmet. Er bejaht die Aufklärung des 18. Jahrhunderts begeistert; das bedeutet aber nicht, daß er die Hilfsbegriffe des 18. Jahrhunderts wie der Materialismus zu vergöttern beginnt, sondern in ihm lebte der Geist jener großen Männer, es trieb ihn dazu, so wie jene die Hilfsbegriffe ihrer Zeit bekämpft hatten, selbst gegen die mißbrauchten Hilfsbegriffe seiner Zeit Protest zu erheben, wobei sich ergab, daß darunter gerade viele Lieb-

lingsbegriffe der Aufklärung des 18. Jahrhunderts waren.

Das meine ich, wenn ich *Mach* den Vertreter der Aufklärungsphilosophie unseres Zeitalters nenne. Da seine Jugend noch in die Zeit des Materialismus fiel, ist es kein Wunder, daß so viele seiner Arbeiten der Bekämpfung der mechanistischen Physik und der Atomistik galten.

Wenn man diese Stellung *Machs* als Aufklärungsphilosoph festhält, wird man viele Züge seiner Lehre und viele ihrer Wirkungen leichter verstehen. Vor allem ihren stark suggestiven Einfluß, man möchte sagen ihre Virulenz, die trotz mancher geringschätziger Urteile von Fachphilosophen sich Beachtung erzwingt. *Study*<sup>1)</sup> nennt den Machschen Positivismus „eine noch völlig ungesättigte Existenz, eine Art von beutehungrigem philosophischen Raubtier.“ Wie bei den Philosophen der Aufklärung zeigt sich auch bei *Mach*, daß die Anhänger und Fortsetzer eine über das gewöhnliche Maß hinausgehende Tendenz zur Verflachung aufweisen. Auch auf *Plancks* Kriterium von den Früchten gibt uns diese Auffassung eine Antwort: die Früchte der Machschen Lehren sind nicht die Schriften seiner physikalischen und philosophischen Anhänger, sondern die durch ihn bewirkte Aufklärung der Geister, die ja auch *Planck* anerkennt.

Ich will mit alledem nicht etwa bestreiten, daß *Mach* auch noch in anderer Weise Bedeutung hat, aber seine Stellung im allgemeinen Geistesleben unserer Zeit scheint mir so am besten erfaßt werden zu können.

In dieser Auffassung bestärkt mich auch noch die ganz auffallende Übereinstimmung seiner Ansichten mit denen eines Denkers, für den er kaum große Sympathie gehabt haben dürfte, mit *Friedrich Nietzsche*. Auf diese Übereinstimmung hat wohl zuerst *Kleinpeter*<sup>2)</sup> hingewiesen und je mehr man sich besonders in die nachgelassenen Schriften *Nietzsches* vertieft, desto deutlicher tritt einem die Übereinstimmung gerade in den erkenntnistheoretischen Grundgedanken entgegen. Nun ist *Nietzsche* der andere große Aufklärungsphilosoph des ausgehenden 19. Jahrhunderts. Die Harmonie seiner erkenntnistheoretischen Anschauungen mit denen *Machs*, der doch einen ganz anderen Bildungsgang durchgemacht hat, ein ganz anderes Temperament und ganz andere ethische Ideale besaß, scheint mir ein gewisser Beleg dafür zu sein, daß solche Anschauungen sich den aufgeklärten Geistern jener Zeit aufgedrängt haben müssen.

Der große Sprachmeister *Nietzsche* hat nun diese Ideen außerordentlich kräftig und eindruckvoll formuliert, so wenn er sagt<sup>3)</sup>: „Ich sehe mit Erstaunen, daß die Wissenschaft sich heute resigniert, auf die scheinbare Welt

<sup>1)</sup> *Study* l. c. S. 24.

<sup>2)</sup> *H. Kleinpeter*, Der Phänomenalismus, Leipzig, 1913.

<sup>3)</sup> *Nietzsche*, l. c. Nr. 289.

<sup>1)</sup> *Friedrich Nietzsche*, Nachgelassene Werke, Der Wille zur Macht, (Studien und Fragmente), Nr. 248 (aus *Nietzsches* Werken, Bd. XV, Leipzig, 1901).