

# Relativität und Kausalität

## I.

Wie schnell schreitet unsere Zeit vorwärts! Unsere Erfindungen sind fabelhaft. Aber von noch größerer, von unerhörter Bedeutung ist die Reformation unserer Weltanschauung, die 1905 begonnen hat und in der wir mitten darin stehen.

Die Weltanschauung von 1905 war die Synthese des Baues von Jahrtausenden. Da kam Einstein. Ein Gedanke von ihm, und der alte, scheinbar so feste Bau stürzte. Ein zweiter Gedanke, und ein neuer Bau hob sich aus den Trümmern. Der erste Gedanke: Das Prinzip der Relativität widerspricht dem Gesetze der Lichtgeschwindigkeit im leeren Raum. Der zweite Gedanke: Also, daher, folglich gibt es ein neues Prinzip der Relativität, welches zu suchen wäre.

Die Welt staunte, denn Einstein bewies, daß Newtons scheinbar so klaren Formeln die Erfahrung widerstand. Die Welt bewunderte, denn Einstein zeigte ihr mathematisch, daß im Widersinn die Wahrheit steckt. Nun ist der Triumph der neuen Lehre schon sichtbar. Ihr eigentliches Prinzip ist, Widersinn mit Wahrheit zu identifizieren. Doch diese Lehre leuchtet nur den Eingeweihten ein. Bleiben wir zunächst bei ihren hausbackenen Thesen.

Der Raum ward als dreidimensional angesehen, jetzt ist er als vierdimensional erkannt. Als zuerst gesagt wurde, die Erde sei eine Kugel, war dies eine Tat, die Entdeckung Amerikas eine Folge. Jetzt sind wir zu der Einsicht gelangt, die Welt ist eine sphärische Mannigfaltigkeit im vierdimensionalen Raume. Diese Entdeckung wartet nun auf ihren Columbus und Vasco de Gama. Die Krümmung der Welt ist berechnet, freilich auf subtile Art. Alles hängt mit der Lichtgeschwindigkeit im leeren Raume zusammen — sie wird gewöhnlich mit  $c$  bezeichnet — dieser unscheinbare Buchstabe steht für den Weltknoten. Nach  $c$  richtet sich alles. Es mißt die Ausdehnung und die Krümmung der Welt, es bestimmt die Lorentz-Transformation. Sicherlich bestimmt  $c$  auch die Beschaffenheit des Uebermenschen, wir wissen nur noch nicht, wie. Aber alles, Geist und Materie, ist irgendwie Funktion von  $c$ .

Die Wissenschaft entwickelt sich weiter in unwiderstehlichem Zuge. Der alte Satz „aus Nichts wird Nichts“ wird widerlegt durch die neue Entdeckung, daß das Prinzip der Kausalität nicht gilt. Von wem der geniale Gedanke kam, ist schwer zu sagen. Angefeuert durch den Geist der Zeit des  $c$  kam den Verkündern der neuen Lehre der Einfall, der berufen ist, Weltgeschichte zu machen.

Lange wuchs er im geheimen, ward gewogen und erwogen, bis er nun im Handbuche der Philosophie seinen Eintritt in das Reich der Wissenschaft gefeiert hat. Den Philosophen werden die Haare zu Berge stehen — aber, was macht das — die ächten Philosophen sind sehr tolerant, beweisen alles, leugnen alles, bezweifeln alles. Die anderen verdienen weder den Namen von Philosophen noch Rücksicht, am allerwenigsten Rücksicht von denen, denen die erhabene Mission zufällt, die Kultur des e auszubreiten und zu befestigen.

Das neue Ergebnis lautet: In der Physik-Chemie gilt das Prinzip der Kausalität nur nach Wahrscheinlichkeit. Die alte Idee der Notwendigkeit, Eindeutigkeit und Regelmäßigkeit der Naturgesetze ist lächerlich. Der Typus des Naturgesetzes ist die Lotterie.

Bis auf weiteres. Es kommt darauf an, was wir beschließen. Wir glauben, prinzipiell, an die Macht der Erfahrung. Unser Konzil entscheidet über den Sinn der Erfahrung: durch Mehrheitsbeschluß. Neulich passierte mir dabei ein Malheur. Ich war in einer Naturforscherversammlung dafür eingetreten, daß der Raum leer sei. Nachher ward ich auf einen Beschluß von vor fünf Jahren aufmerksam gemacht, der Raum habe einen Aether, dessen Zustand durch Gik bestimmt sei. Ich hatte daran vergessen und mußte einen Rüssel einstecken. In der nächsten Naturforscherversammlung setzte ich auseinander, daß leer und mit Aether erfüllt sein das nämliche bedeutet. Auch beschrieb ich die neue Qualität des Gik.

Leider gibt es einige Experimentatoren, die den Sinn ihrer eigenen Experimente nicht verstehen. Sie streiten noch für die alte, überwundene Anschauung. Starrheit der Denkgewohnheiten! Die Deutung eines Experimentes ist nur denen vorbehalten, die sich auf Experimente verstehen und zugleich eine hochfliegende, weltumfassende Phantasie haben. Die Meinung dessen, der diesen beiden Bedingungen nicht genügt, zählt nicht mit. Der Physiker, der zufrieden ist, zu messen, bleibt Handwerker. Er wird Künstler erst, wenn er auch Philosoph ist. Der Philosoph wiederum ist belanglos, wenn er nicht als experimenteller Physiker abgestempelt ist. Der Physiker-Philosoph allein darf Experimente deuten und werten.

Natürlich nicht im Sinne einer „Vernunft“. Diese wird widerlegt von der Erfahrung. Von unserer Erfahrung, nicht der naiven, sondern der in unserem Sinne wissenschaftlichen. Die alte Idee war, daß Vernunft uns eines sage und nicht das andere. Oberflächlich! Der wahre Zusammenhang ist wie folgt:

1. Die Vernunft erweist sich durch Erfahrung, beispielsweise Geometrie durch Messen;

2. Die Erfahrung ist ungenau, verschwommen, hat unscharfe Grenzen und unendlich viele Deutungen;
3. Also ist die Vernunft ungenau, verschwommen, hat unscharfe Grenzen und unendlich viele Deutungen.

Wer dies nicht eingesehen hat, darf nicht in den Tempel unserer Weisheit eintreten wollen.

Das wahre Organ des Physiker-Philosophen ist die Erleuchtung. Wir fordern, daß etwas sei, beispielsweise ein anderes Relativitäts-Prinzip, und, siehe da, unser Wunsch erfüllt sich. Wir fordern in einer unbeschreiblichen Art — ziehen wir etwa unbewußt das Fazit aller Erfahrungen seit der Schöpfung? Vielleicht — gewiß ist, daß, wenn unsere Kritiker ebenso verfahren würden, sie sich dabei tolpatschig anstellen würden. Unsere Methode ist nicht zu definieren, ebensowenig, wie sich Offenbarung definieren läßt. Aber unsere Methode bewährt sich in der Erfahrung. Beispielsweise, wir setzen voraus, daß die Dichtigkeit der Welt eine gewisse Größe habe, wiegen auf Grund dieser Hypothese die Welt und finden unsere Annahme bestätigt.

Wir sind bereit, mit Jedermann zu disputieren, der Physiker und Philosoph ist und unsere Methode anerkennt. Mit anderen zu disputieren, wäre Zeitverlust, und wir haben wahrlich Arbeit genug zu tun, die Wissenschaft in neue Bahnen zu lenken. Gerade jetzt haben wir alle Hände voll, das Prinzip der Kausalität durch ein anderes, das wir postulieren werden, zu ersetzen und unseren Beschluß den Philosophen anzubefehlen.

## II.

Manchmal ist es schwierig, keine Satire zu schreiben. Wie soll man mit Leuten verhandeln, die von vornherein alle Autorität für sich und einige sehr wenige in Anspruch nehmen? Wie soll man anders wie satirisch mit solchen Gegnern argumentieren, wenn sie dazu noch eine sehr eigentümliche Auffassung von Vernunft und von den Grund-Erfordernissen eines wissenschaftlichen Streits haben?

Der wissenschaftliche Streit wird beherrscht von dem uralten Ethos, das den Satz geprägt hat: Was du nicht willst, daß man dir tu, das füg auch keinem andern zu. Die Kampfmittel in diesem Streite müssen gleiche, also gerecht abgewogene sein. Bezweifelt der eine den Sinn von Experimenten oder Beobachtungen, so muß er auch gestatten, daß seinem Gegner dasselbe Recht zustehe. Verlangt der eine das Wort, so muß er auch dem anderen das Wort erlauben und hinhören. Alles vornehme Getue nützt hier nichts, das Ethos des Streites setzt sich zuletzt doch durch.

In einem das Weltall betreffenden Streite kann keine Wissenschaft ein Vorrecht für sich fordern. Früher haben es die Theologen getan, dann waren es Physiker, die in diesen Fragen eine privilegierte Stellung in Anspruch nahmen, dann Biologen und Psychologen. Aber Ueberlieferung und Erfahrung haben gar nicht die Mission, über das All ein Urteil zu sprechen. Erstlich, weil jede Empirie schon eine Anschauung vom All notwendig voraussetzt, zweitens, weil Erfahrung eng ist, das heißt nur innerhalb eines Rahmens gilt und sich dem All gegenüber nicht mehr legitimieren kann. Auch ist die Art der Geltung, die der Erfahrung zukommt, von der Art der Geltung apriorischer Evidenz durchaus verschieden. Es gibt Fälle, etwa bei Nebel, wo die Frage, ob es regnet oder nicht regnet, keine empirische Lösung zuläßt, aber eine logische Frage läßt sich grundsätzlich durch logische Mittel entscheiden. Zu sagen, daß ein logischer Satz nur auf Wahrscheinlichkeit beruhe, ist Unsinn, weil, wenn die Stellung des Logischen gelockert wird, der Begriff der Wahrscheinlichkeit umfällt.

Fragen, die das All betreffen, gründen sich auf eine Methodik, in der allein die Vernunft autonom ist. Natürlich kann die Vernunft sich nicht selber erweisen. Deduzieren heißt letzten Endes nicht mehr als in Elemente zerlegen, auf Elemente zurückführen. Die Elemente, etwa Axiome, müssen durch ihre eigene Evidenz wirken, infolge einer ihnen eigentümlichen und siegessicheren Klarheit, so daß der Versuch, nachdem sie zur Klarheit gelangt sind, ihnen entgegenzudenken, äußerst schmerzhaft ist und nach kurzer Zeit als aussichtslos aufgegeben wird. Jeder wissenschaftliche Streit setzt, damit er überhaupt Sinn habe, voraus, daß in bezug auf sein Fundament eine Uebereinstimmung bestehe und daß diese geachtet werde. Ist das Fundament breit genug, wozu zumindest erforderlich ist, daß über die anzuwendende Logik und die Grundbegriffe der Realität, wie etwa Wahrnehmung, eine zwar spärliche, aber genügende Uebereinstimmung erreicht ist, so kann der Streit nützlich und fruchtbar werden, sonst aber nicht.

### III.

Der Lehrsatz, daß das Licht im leeren Raume eine konstante Geschwindigkeit habe, die sich zu etwa 300 000 Kilometern die Sekunde errechnet, ist die Grundlage der Deduktion Einsteins. Dies ist nicht nur meine Meinung, sondern läßt sich durch das Gefüge seiner Lehre und das gesprochene und geschriebene Wort Einsteins belegen. Dieser Satz, so wird von seinen Anhängern behauptet, ist durch Erfahrung über allen Zweifel bewiesen. Mit Leidenschaft berief sich in einer Versammlung von Mathematikern, vor denen ein bedeutender Anhänger der Relativitäts-Theorie einen

Vortrag hielt, der Vortragende mir gegenüber auf diese „Erfahrung“, die ich blind hinnehmen mußte.

Aber, ach! Was kann wohl Erfahrung über den „leeren Raum“ ausmachen? Wie läßt sich wohl in der Erfahrung ein leerer Raum herstellen oder antreffen? Man muß schon ein eingefleischter Theoretiker sein, sich etwa den Raum als erfüllt von lauter endlichen Atomen vorstellen, um an leeren Raum glauben zu können. Große Physiker, wie etwa Faraday, haben sich den Raum stetig mit etwas erfüllt gedacht. Man braucht sich dies „Etwas“ noch nicht auszumalen, um an dessen Dasein zu glauben. Aber die Vorstellung, daß, wo eine Wirkung ist, da auch ein Etwas ist, das die Leere aufhebt, ist zumindest erlaubt. Und diese Vorstellung soll durch Erfahrung widerlegt sein? Durch Erfahrung ist eine solche Vorstellung gar nicht widerlegbar, weil Erfahrung sich letzten Endes auf unsere Sinne gründet und die sinnliche Wahrnehmung offenbar keine absolute Präzision zuläßt, wie sie doch nötig wäre, um eine vollkommene Leere feststellen zu können.

Das Licht, das uns durch den interstellaren Raum von Sternen zugesandt wird, mag eine nahezu konstante Geschwindigkeit haben, damit ist keineswegs ausgemacht, wie dessen Geschwindigkeit im leeren Raum sei. Die Leerheit des interstellaren Raumes ist aber unbeweisbar. Die Annahme der Leere dieses Raumes führt nun zu Widersprüchen mit der klassischen Physik. Sollen wir eher die von Paradoxien strotzende Theorie Einsteins zulassen als annehmen, der Raum zwischen den Sternen sei nicht leer? Das ist eine zu starke Zumutung.

Im Handbuch der Philosophie, das 1927 erschien, gibt Weyl die noch 1916 von Einstein behauptete Leere des Raumes preis. Aber aus welchen Gründen! „Die allgemeine Relativitätstheorie“ (Seite 143, 30) soll nun den Aether „wieder zu einer physischen, den Kräften der Materie gegenüber nachgiebigen Wesenheit werden“ lassen. Wie schade, daß Herr Weyl nicht ausführt, wie, nachdem die spezielle Relativitätstheorie, sich auf die Deutung vieler Experimente stützend, fünfzehn Jahre lang die Leerheit des Raumes postuliert hatte, die allgemeine Relativitätstheorie diese Leerheit wieder aufgehoben hat! In dem „Grundgedanken der allgemeinen Relativitätstheorie“: „Alle Gaußschen Koordinatensysteme sind für die Formulierung der allgemeinen Naturgesetze prinzipiell gleichwertig“ — dies sind Einsteins eigene Worte — wird wohl über die Formulierung von Naturgesetzen eine Aussage gemacht, doch nichts über deren Inhalt.

Ich darf, ja, ich muß erwähnen, daß Weyl in seiner Literatur-Angabe zur Frage des Aethers den Zeitraum zwischen 1890 und

1923 überspringt. Aber 1919 hatte ich meine Kritik der Einsteinschen Theorien in meinem philosophischen Hauptwerke veröffentlicht und dort die Unhaltbarkeit des Standpunktes, daß der Raum leer sei, nachgewiesen. Auch hatte ich dargelegt, daß der Aether nicht aller Masse bar sein könne. Diese These wird ja wohl von vielen Physikern, die noch an Diskontinuität von Stoff glauben, lebhaft geleugnet werden. Jedenfalls hätte der Literaturbericht meiner Arbeit Erwähnung tun sollen, denn mein Werk ist gar nicht unbekannt, auch nicht unter Anhängern Einsteins. Vielleicht war meine Argumentation das Ferment, das die Schüler Einsteins zum Zweifel an der These der Leere des Raums geführt hat. Aus der allgemeinen Relativitäts-Theorie, deren Gehalt Einstein ja 1916 dargelegt hat, läßt sich ein solcher Zweifel in gar keiner Weise herausdestillieren. Hätte man noch vor wenigen Jahren, etwa 1921, an der Leere des Raumes zu zweifeln gewagt, so wäre man von Schülern Einsteins durch Hinweis auf zwei Dutzend Experimente, die das Nicht-Vorhandensein des Aethers „unzweifelhaft erwiesen“, abgekanzelt worden.

Der Theorie Einsteins läßt sich ein physikalischer Lehrsatz gegenüberstellen, der mit Newton in vollem Einklange, mit Einsteins Lehre unverträglich und physikalisch fruchtbar ist. Ich habe ihn 1919 in meinem philosophischen Werke (Seite 271 f.) dargelegt. Er lautet in Kürze wie folgt:

Im „leeren Raume“ zwar würde Licht nicht fortgepflanzt werden, aber im „fast leeren Raume“ wohl. Hier hilft die Methode des allmählichen Uebergangs. Wofern Raum „fast energielos“ ist, ist er „fast leer“. Wir können zumindest in Gedanken einen solchen Uebergang zur Grenze vollziehen, indem wir uns die freie Energie, die in einem Raume aufgespeichert liegt, immerfort verringert denken. Beim Experiment kommen wir dem Grenzfall nur nahe, erreichen ihn freilich nie völlig. Ich behaupte nun, daß ein Impuls, etwa ein elektrischer Impuls, in der Grenze mit unendlich großer Geschwindigkeit fortgepflanzt werden würde. Ich führe diesen Satz, den ich meinem philosophischen Werke entnehme, in folgendem aus:

Man stelle sich eine in eine homogene Röhre eingeschlossene unendliche gerade Linie  $g_1$  vor, die irgendwie so erfüllt ist, daß die bei den folgenden Gedanken-Experimenten zu Umsätzen fähige Energie  $e_1$  der Füllung sehr gering ist. Sodann lege man unendliche viele solcher Röhren

$$g_1, g_2, \dots, g_n \dots$$

mit Energien obiger Art

$$e_1, e_2, \dots, e_n \dots$$

derart, daß  $\lim e_n = 0$  für  $n \rightarrow \infty$ .

In  $g_i$  befinde sich eine punkrtartige Quelle, etwa von Schall, Licht, Elektrizität, chemischer Umsetzung oder was immer, die in der Röhre einen Flux erzeugt, dessen Fortpflanzungsgeschwindigkeit  $V_i$ . Ich behaupte

$$\lim V_i = \infty \text{ für } i \rightarrow \infty.$$

Bewegt sich nämlich die Quelle in  $g_i$  mit Geschwindigkeit  $C$ , so ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Fluxes  $V_i + C$ . Meßinstrumente, die die Geschwindigkeit messen sollen, finden keinen Anhalt zu messen, außer in den Energie-Umsätzen in  $g_i$ . Wird  $i$  groß genug, so werden nach Voraussetzung  $\lim e_i = 0$  die Umsätze beliebig klein. Wie empfindlich und präzise auch die Meß-Instrumente seien, es läßt sich ein Index bestimmen, derart, daß die Meß-Instrumente den Unterschied zwischen  $V_i$  und  $V_i + c$  nicht mehr anzugeben vermögen. Nach dem Prinzip, daß jedes wahrnehmbare Natur-Geschehen meßbar sein muß, gibt es keine andere Alternative, wie  $\lim V_i = \lim V_i + C$ , mit anderen Worten  $\lim V_i = \infty$  q. e. d.

Daß die Wand der Röhre homogen sei, ist für den Schluß nicht notwendig, wenn sie nur auf keine Art als Mittel zur Orientierung benützt werden kann. Dazu genügt es, daß sie auf den Flux im Innern der Röhre keinen merkbaren Einfluß übe. Daß die Erfüllung innerhalb  $g_i$  homogen sei, ist nicht vorausgesetzt. Die Geschwindigkeit  $V_i$  mag recht wohl von Punkt zu Punkt variieren, das Argument bleibt davon unberührt.

Man kann den obigen Schluß noch auf eine andere Art zum Ausdruck bringen. Da keinerlei Instrumente, auch die best denkbaren nicht, zwischen einem Grenzwert von  $V_i$  und  $V_i + C$  einen Unterschied festzustellen vermögen, so sind sie nach dem Ausdrucke von Leibniz „indiscernibilis“. Der Grundsatz der „identitas indiscernibilium“ liegt aber dem Prinzip der Kausalität im Blute. Ohne  $\lim V_i = \infty$  anzunehmen, könnte man auf den obigen Vorgang daher nicht mehr das Prinzip der Kausalität anwenden.

Aus dieser Beziehung zwischen dem obigen Satze und dem Prinzip der Kausalität ist es wohl erklärlich, daß jene, die dem obigen Satze widersprechende Theorien aufstellen, im Verlaufe ihrer Forschungen dazu gedrängt wurden, das Prinzip der Kausalität anzugreifen.

Die Relativitäts-Theorie nun ist mit jenem Satze unverträglich. Sie lehrt, daß es in Wirklichkeit keine höhere Geschwindigkeit als die des Lichtes im leeren Raume gebe. Diese bezeichnet sie mit  $c$  und errechnet sie mit etwa 300 000 km die Sekunde. Richtig ist  $c = \infty$ , wonach freilich ihr Satz über das Maximum der Geschwin-

digkeit trivial wird. Genau so ist es dann auch mit jeden ihrer Sätze, die für die gesamte Wirklichkeit gelten wollen; die Sätze klingen paradoxal, so lange die Relativisten für  $c$  einen endlichen Wert setzen, und werden in dem Augenblick trivial, wo, wie es richtig ist,  $c = \infty$  angenommen wird.

Sätze der Relativitäts-Theorie, die nur für spezielle physikalische Systeme gelten wollen, werden von dieser Kritik nicht getroffen. Derlei Sätze können noch eine Zukunft haben. Aber man muß sie erst mühsam aus dem Wust der relativistischen Lehren, die eine ganz falsche Methodik befolgen, heraussuchen. Die Relativitäts-Theorie als Ganzes, als ein System der Erklärung der Wirklichkeit, ist irrig sowohl in ihren Methoden wie ihren Ergebnissen.

Sie ist irrig auch in ihrer Theorie der Erkenntnis. Sie will Raum und Zeit nach einem pragmatischen Standpunkt beurteilen. Nun aber gründet sich alle Pragmatik der Physik-Chemie auf Wahrnehmung. Wie soll man aus Wahrnehmungen eine Theorie des Raumes und der Zeit heraus klaben? Man stelle sich den Raum nur dreidimensional, stetig und geräumig genug vor, er mag im übrigen beschaffen sein, wie man nur immer will, so werden unsere Sinne darin funktionieren können. Man muß sich noch freuen, daß Einstein den Raum ein drei-dimensionales Continuum sein läßt. Wer weiß, was uns von seinen Anhängern noch bevorsteht! Einstein also erkennt die Zahl der Dimensionen des räumlichen Kontinuums als gleich drei an, aber, indem er die Ergebnisse der Erfahrung verwenden will, um den Raum seiner Gestalt nach zu bestimmen, läßt Einstein ihn gekrümmt sein. Er macht aus dem Raume, der von wirkenden Körpern erfüllt ist, eine Art von Kugel, nämlich eine drei dimensionale gekrümmte Mannigfaltigkeit, die man in einem mathematischen, also abstrakten, nicht mehr sinnlich wahrnehmbaren, ebenen Raume von vier oder mehr Dimensionen schwebend zu denken hat. Vorstellen läßt sich das nicht mehr, weil unsere seit Urzeiten an den Sinnen orientierte Vorstellung da versagt. Einstein, gestützt auf höchst problematische physikalische Methoden, widerspricht kurzerhand der in unsern Sinnen ausgeprägten Vernunft. Mich wundert nur, daß unter den Verfechtern der Relativitäts-Theorie noch keiner eine Krümmung der Zeit behauptet hat — aber vielleicht ist dies doch schon geschehen, wenigstens implicite vermittelt ihrer vier Koordinaten  $x_1, x_2, x_3, t$ , worin die Zeit  $t$  kaum noch eine andere Rolle spielt wie eine der drei Raumkoordinaten. — Wie dem auch sei, eine Theorie des Raumes und der Zeit bedarf zu ihrer Grundlegung notwendig neben der Wahrnehmung einer Intelligenz. Diese steckt freilich schon in den Wahrnehmungen selbst, doch bedarf es, zu einer

Theorie des Raumes und der Zeit, noch einer Anstrengung der Intelligenz, die über ihre Aufgabe, Wahrnehmungen möglich zu machen, hinausgeht. Dabei muß sich die Intelligenz von vornherein gewisser Grundsätze bedienen, sie muß, wie man sagt, ein „A priori“ anwenden. Worin dies „Apriori“ bestehe? Darüber könnte man streiten. Einsteins Apriori ist offenbar, neben dem Grundsatz seiner eigentümlichen Abart des Pragmatismus, das Apriori der Arithmetik. Damit allein läßt sich aber das Problem von Raum und Zeit nicht lösen, denn mathematisch fundierte Raum-Zeit-Theorien, die mit Wahrnehmungen verträglich sind, gibt es unzählige. Zwischen diesen zu wählen, bedarf es eines Prinzipes der Selektion. Bei Einstein wird die Selektion durch physikalische Hypothesen geleistet. Nicht nur sind diese Hypothesen willkürlich und schlecht durchdacht, dieser Weg führt in die Irre, weil derlei Hypothesen eine Theorie von Zeit und Raum schon voraussetzen und darum prinzipiell unfähig sind, diese Theorie zu begründen. Ich habe in meinem philosophischen Werke die Motive bloß gelegt, die dahin drängen, als das hier zuständige Apriori das Prinzip der Oekonomie (bei Mach Denk-Oekonomie) anzuerkennen. Dieses Prinzip entscheidet sich nun deutlich zu Gunsten des Euklidischen Raumes und einer in Vergangenheit und Zukunft unendlichen, stetigen Zeit.

Noch von einer andern Seite her läßt sich das Problem betrachten. Die Physiker haben gewisse Experimente durchgeführt, sagen wir die von Fresnel, Fizeau und Michelson, und sind dabei auf eine Unstimmigkeit gestoßen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, irgendwelche der Annahmen, mit denen sie an diese Experimente herangetreten sind, zu revidieren, um die vorgefundene Unstimmigkeit zu beseitigen. Gut und schön! Wo sollen sie nun die Korrektur anbringen? Etwa an denjenigen Theorien, die ungeheuer fest gegründet sind? Nein! Vielmehr an jenen, die von jungem Datum, labil, problematisch sind. Sollen sie also aus Anlaß obiger Experimente die Theorien von Raum und Zeit umwerfen, beispielsweise die Gleichzeitigkeit leugnen, wiewohl alle Menschen-Geschlechter daran fest geglaubt haben? Und alles dies zu Gunsten einiger weniger absonderlicher Theoretiker? Während den Physikern die Alternative bleibt, junge, wenig erprobte Theorien über die Beschaffenheit des Aethers und die Natur des Lichtes in Zweifel zu ziehen? Wahrlich, wir müßten unsere ganze Methodik des praktischen Handelns preisgeben, wenn wir hier auch nur schwanken sollten. Zu tun, was Einstein verlangt, hieße das Fundament eines Hauses einreißen, weil man in einem Zimmer des Hauses einen Gegenstand verlegt hat. Hier wendet sich der

Pragmatismus gegen Einstein, wiewohl doch dessen Kritik der bestehenden Theorien mit der Behauptung eines physikalischen Pragmatismus anhebt.

Von der Raum-Zeit-Lehre Einsteins wird wohl kaum eine Spur zu retten sein. Auch nicht von seiner Theorie des Aethers, die damit anhebt, daß sein gekrümmtes Raumelement bestimmt wird durch eine mathematische Relation, die sich schreibt

$$ds^2 = \sum g_{ik} dx_i dx_k,$$

wobei nun die  $g_{ik}$  den Zustand des Aethers bestimmen sollen. Nebenbei will ich erwähnen, daß die  $g_{ik}$  Zahlen sind, während doch Charaktere, die den physikalischen Zustand des Aethers bestimmen sollen, Qualitäten sein und daher eine ihnen eigentümliche „Dimension“ haben müssen — das Wort Dimension hier im philosophischen Sinne genommen. Diese  $g_{ik}$ -Theorie des Aethers wird keine Zukunft haben.

Für den experimentellen Physiker haben meine Betrachtungen wenig Beweiskraft, solange diese Theorie nicht durch Beobachtungen fruchtbar wird. Eine solche pragmatische Einstellung des Experimentators ist, wenn auch eng, als methodisches Prinzip vorsichtig und, wenigstens vorläufig, noch nötig. Nur möge sie ohne Ansehen der Person gehandhabt werden, dann würden wohl zahllose Theorien, die auf dem Markte sind, bald davon verschwinden. Der von mir aufgestellte Lehrsatz  $\lim c = \infty$  kann seinen Nutzen für das Experiment schon jetzt an den Tag legen. Die Geschwindigkeit eines Schalls im fast energielosen Raume wächst bei dessen zunehmender Leere schnell an, wie in einem gewissen Umfang schon festgestellt ist und was sicherlich noch zu weiteren fruchtbaren Experimenten Anlaß geben wird. Der elektrische Widerstand eines Metalls in fast energielosem Raume nähert sich, nach Experimenten des holländischen Forschers Kamerling-Onnes der Grenze Null, woraus, nach Maxwells Formeln, in der Grenze die Fortpflanzungsgeschwindigkeit  $\infty$  sich errechnet. Mit meinem 1919 aufgestellten Satze fällt, ohne weiteres Gerede, die ganze Relativitäts-Theorie Einsteins, die spezielle wie die allgemeine, so daß diese auch experimentell widerlegbar erscheinen.

#### IV.

Ich will keineswegs das starke Eros der Forschung Einsteins noch dessen hohes Ethos bezweifeln. Auch fällt mir im geringsten nicht ein, den wissenschaftlichen Ernst seiner Anhänger in Zweifel zu ziehen. Ich spreche hier nicht von persönlichen Qualitäten sondern vom Werte gewisser Methoden und Theorien. Diese greife ich an, weil ich sie für einen Irrweg und der geistigen Hygiene für

gefährlich halte. Trifft dies mein Urteil schon die Relativitätstheorie Einsteins, so noch viel schärfer eine Lehre, die neuerdings von Herrn Weyl ausgesprochen worden ist und mit der Einstein vermutlich nichts zu tun hat, es sei denn, daß in der durch seine Lehre geschaffenen Atmosphäre die Geister infiziert und zu Widerstand unfähig werden. Ich meine den Angriff auf das Haupt- und Grundprinzip der Physik-Chemie, das Prinzip der Kausalität.

Macht man sich klar, was dies Prinzip innerhalb des Rahmens der Physik-Chemie besagen will, so erkennt man, daß ein Angriff auf dies Prinzip bereits den Begriff der Physik-Chemie vernichtet und uns zurückführt in eine Zeit, da alles Natur-Geschehen noch als Ausfluß von Dämonen angesehen ward. Das will ich nunmehr dartun.

Man mag das Prinzip der Kausalität, wie es in der Physik-Chemie funktioniert, in Worte kleiden wie man will, sachlich kommt es auf das Prinzip des Zusammenhangs wahrnehmbarer Gegenstände hinaus. Die Physik-Chemie handelt von wahrnehmbaren Gegenständen und sucht deren Zusammenhang zu erkunden. Die Wahrnehmung nun, deren Instrumente die verschiedenen Sinne, hilft einen Zustand bestimmen, der innerhalb eines Raumes zu gegebener Zeit herrscht.

Die Theorie, wie die Sinne funktionieren, gehört nicht mehr zur Physik-Chemie. Schopenhauer hat darüber unter dem Titel, daß die Anschauung intellektual sei, Schönes geschrieben, aber das geht den Psychologen, nicht den Physiker-Chemiker an. Dieser vertraut den Angaben der Sinne, freilich unter äußerster Vorsicht. Er wiederholt sein Experiment oftmals und sucht Fehler der Beobachtung möglichst herabzudrücken. Er schaltet äußere Störungen aus, so weit er es vermag. Durch solche Maßregeln gelingt es ihm, eine gewisse Qualität, wie etwa Temperatur oder Härte oder Helligkeit, die dem zu bestimmenden Zustand anhaftet, zu messen.

Der Physiker-Chemiker betrachtet nun Gegenstände, bei denen nur eine gewisse ausgewählte Reihe von Charakteren (Qualitäten, Zustandsgrößen), wie etwa Lage, Wärme, Temperatur, elektrischer Zustand, veränderlich sind. Freilich weiß er, daß es neben diesen noch andere Charaktere gibt, die dem von ihm studierten Gegenstand anhaften, und er kann nicht einmal wissen, wieviele und welcher Art derlei Charaktere noch gefunden werden mögen, aber er schaltet deren Veränderungen aus. Darum schließt er seine Gegenstände, um sie vor solchen Veränderungen zu bewahren, ab, etwa in einem sehr stabilen Gewölbe oder in einer Retorte. Im übrigen nimmt er mit Recht an, daß es ihm irgendwie gelingen muß, den Einfluß der nicht beachteten Störungen durch

geeignete Maßnahmen herabzudrücken, so daß dieser Einfluß zuletzt, bei Vervollkommnung der angewandten Methoden, wegen seiner Geringfügigkeit vernachlässigt, das heißt außer acht gelassen werden kann.

Eine Voraussetzung hierbei ist freilich, daß die vom Physiker wie oben konstruierten, erdachten, erdichteten, durch Beobachtung und Abstraktion erfundenen Gegenstände nicht Leben ein- oder umschließen, denn der Gedanke, die Empfindung, das Begehren eines lebenden Wesens sind nicht wahrnehmbar, außer in der eigenen Person.

Die rechte Ausdrucksweise des Prinzips der Kausalität, wie es in der Physik-Chemie funktioniert, ist nun die folgende: Ein wie oben konstruierter Gegenstand kann seinen Zustand nicht ändern, ohne daß dies die notwendige Folge sei der Zustandsänderung eines anderen ebensolchen Gegenstandes. Diesen anderen Gegenstand muß der Forscher allerdings erst suchen, aber das Prinzip der Kausalität versichert den Suchenden, daß dessen Streben nicht vergeblich zu sein braucht. Auch gibt es Hilfen beim Suchen. Man tastet, um den gesuchten Gegenstand zu finden, zunächst die nahe Umgebung des beobachteten Gegenstandes ab und verfolgt eine jede Spur in stetigem Fortschreiten. Gewiß, das Suchen mag uns lange Zeit mißlingen, aber prinzipiell muß es Erfolg haben, und daher muß es fortgesetzt werden, bis eine Spur entdeckt ist; vielleicht ist man einer neuen Qualität auf der Spur.

Hat man nun den anderen Gegenstand gefunden, so hat man einen Zusammenhang zwischen den beiden Gegenständen entdeckt, der sich in einer Beziehung zwischen Zustandsgrößen ausdrückt. Eine solche Beziehung heißt Naturgesetz.

Nun stelle man sich einmal vor, ein Naturgesetz sei, seinem innersten Wesen nach, wahrscheinlich. Das heißt, bei einer gewissen Zustandsänderung erfolgt mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit dieses, mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ein anderes. Das käme darauf hinaus, daß unter den nämlichen Bedingungen ein und derselbe Gegenstand sich diesmal so, ein andermal anders verhalte. Wie ist das zu denken? Da die Bedingungen die nämlichen geblieben sein sollen, so wäre die Aenderung im Verhalten des Gegenstandes nicht mehr nach dem Prinzip der Kausalität zu erklären. Diese Aenderung wäre grundlos oder müßte auf Konto einer Ursache gesetzt werden, die nicht mehr innerhalb der wahrnehmbaren Welt zu finden, also etwa in der Laune eines Dämons bestünde. Unsere Physik-Chemie wäre wieder zur Anschauung der Magie zurückgekehrt.

Man hat freilich die Denkform der Wahrscheinlichkeit auch in der Physik-Chemie verwendet, beispielsweise in der Lehre von den Gasen, deren Gesetze Boltzmann erklärt hat, indem er sie sich aus unsäglich vielen schnell bewegenden Partikeln bestehend dachte. Aber wenn Boltzmann die sich dabei ergebenden verwickelten Rechnungen auch nicht anders wie mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung meistern konnte, so hat er doch nicht gezweifelt, daß die Bewegung eines jeden Teilchens nach strenger, eindeutiger Gesetzmäßigkeit vor sich gehe. Er hat sich mit einem Teile der Wahrheit begnügt, da er die ganze nicht fassen konnte. So begnügt man sich ja auch beim Würfeln mit der Kenntnis der Wahrscheinlichkeit, mit welcher eine Eins oder eine andere Zahl geworfen wird, obwohl der Physiker, bei genauer Bestimmung der auf den Würfel ausgeübten Kräfte, das Ergebnis mit Sicherheit berechnen könnte. Kommt deswegen ein Physiker auf den Gedanken, daß die Naturgesetze des Würfels nur wahrscheinliche seien?

Dies war den Physikern der neuesten Zeit, die in der Schule Einsteins groß geworden sind, vorbehalten. Man lese, was Herr Weyl im Handbuch der Philosophie über Kausalität zu sagen hat: „Halten wir uns an die Methodik, wie sie sich aus zwingenden Motiven herausgebildet hat, so müssen wir die statistischen daher als wahrhaft ursprüngliche neben den Gesetzes-Begriffen anerkennen“ (Seite 155, 48) „Nur die Physik kann offenbar die endgültige Aufklärung über den realen Sinn der Wahrscheinlichkeitsrechnung bringen“ (Seite 156, 7). „Die Philosophen sind ungeduldige Leute; als Naturwissenschaftler hat man den Eindruck, daß etwas Vernünftiges über Kausalität Gesetz und Statistik sich erst wieder äußern lassen, wenn einmal das Quantenrätsel gelöst wird“ (Seite 156, 22).

Anschauungen, wie sie durch Herrn Weyl im Handbuch der Philosophie vertreten werden, sind eine schlimme Vorbildung für das Lösen irgendwelcher Rätsel.

## V.

Heutzutage fürchten Physiker nichts mehr als den Vorwurf, Metaphysiker zu sein, und Logik ist ihnen Hekuba. Während sie aber von der Metaphysik verächtlich reden, betreten sie, ohne dessen gewahr zu werden, deren Gebiet, das ein ganz anderes Klima, eine ganz andere Atmosphäre hat wie das ihnen gewohnte, und benehmen sich da wie Barbaren, die in ein Kulturland kommen. Von den Methoden, die sie befolgen, haben sie keine klare Erkenntnis. Es besteht eine Spannung zwischen Philosophie und Naturforschung, die zu beheben ein dringendes Erfordernis ist.

Welcher Umstand, welche Disziplin an dem gegenwärtigen Zustand die Verantwortung trägt, ist schwer zu sagen und sei hier nicht gefragt. Genug, daß das Uebel vorhanden und erkannt ist. Es gibt zwei Wege, auf denen ihm abzuhelpen ist.

Zu allererst muß die Diskussion über wichtige Fragen der Wissenschaft wieder vor das Forum der Öffentlichkeit gebracht werden. Die Kultur des öffentlichen Streits, auch des gelehrten Streits, steht gegenwärtig zwar auf einer niederen Stufe, aber die Öffentlichkeit des Verfahrens hat doch den großen Vorzug, daß sie die Eitelkeiten ausschließt, Begabte zu Worte kommen läßt und Einseitigkeiten neutralisiert. Wird nur von und vor Gelehrten verhandelt, etwa von Mathematikern vor Mathematikern, von Physikern vor Physikern, so reden sie in ihrem Gelehrten-Jargon, sagen mancherlei, was nicht klar und scharf herauskommt, verschweigen mancherlei, was gesagt werden sollte, und es ist ein Jahrmarkt der Eitelkeiten und Einseitigkeiten. Die Gewohnheit des öffentlichen Streits würde dessen Kultur, wenn auch nur langsam, aber doch mit Gewißheit heben und verbreiten, und das wäre ein Segen auch für Politik und Gesellschaft.

Sodann sollten die Studenten der Naturwissenschaften wieder fleißig von Philosophen in den Methoden ihrer Wissenschaft unterrichtet werden. Mögen die Philosophen dabei nur ihre Systeme zu Hause lassen und sich auf das Problem der logischen Durchleuchtung der in Frage kommenden Methoden beschränken. Die Philosophen sind sicherlich geneigt und fähig zu dieser Arbeit — es gibt schon eine genügend große und gewichtige Literatur über diesen Gegenstand — aber, da den Studenten zu verstehen gegeben wird, daß Metaphysik zu fliehn sei wie Satanas und daß Logik die Kunst sei, Leichtes schwer zu machen, so sind die Studenten, die Methodologie betreiben, zu zählen.

Zu glauben, daß wir klug, geschickt, von hohem Ethos getragen, kurz wundervolle geistige Wesen, das Salz der Welt sind, ist angenehm, aber vielleicht ungesund. Nehmen wir an, wir hätten die obigen Qualitäten nur in dürftigem Maße, so werden wir keine hochmütigen Gedankensprünge tun, noch hochmütige Urteile fällen. Mache das nicht die Wissenschaft gegründeter, sauberer, nüchterner? Das Richter-Amt und die Kritik verantwortlicher und belangvoller? Uns alle bescheidener und menschlicher? Zuletzt die Erde wohnlicher? Ich möchte vorschlagen, die Apotheosen des Menschen, die ausgesprochenen und die unausgesprochenen, in Zukunft aus Rede, Buch und Sinn zu verbannen.

