

die Ablenkung immerhin sehr wahrscheinlich. Es wäre ja nicht das erstmal in der Geschichte der Wissenschaft, daß auf Grund einer falschen Theorie eine Erscheinung richtig vorausgesagt wird. So ist die wichtigste physikalische Entdeckung der Neuzeit, die Radioaktivität, einer gänzlich falschen theoretischen Vorstellung zu verdanken, nämlich der Annahme, daß Fluoreszenz notwendigerweise mit der Aussendung von Röntgenstrahlen verknüpft sei. Als auf Grund dieser Voraussetzung H. Becquerel im Jahre 1896 daranging, die fluoreszierenden Uranverbindungen in dieser Hinsicht zu untersuchen, fand er tatsächlich, daß diese Stoffe eine unsichtbare, undurchsichtige Körper durchdringende Strahlung aussenden. Es zeigte sich aber bald, daß diese radioaktive Strahlung mit Fluoreszenz gar nichts zu tun hatte und auch an nicht fluoreszierenden Uranverbindungen und anderen Stoffen, vor allem dem Radium vorhanden ist. — Die empirische Bestätigung der Relativitätstheorie läßt also noch zu wünschen übrig.

VI. Vom Erkenntniswert der Mathematik.

Der Leser, der die Geduld hatte, uns bis hierher zu folgen, wird sich vielleicht verwundert fragen, wie es zugehe, daß ernsthafte Männer der Wissenschaft auf derartige Absonderlichkeiten verfallen, und wie es möglich sei, daß das Produkt ihrer wirklichkeitsfremden Phantasie das Interesse, ja die Bewunderung eines großen Teils der Gelehrten der ganzen Welt und durch deren Vermittlung auch des gebildeten Publikums aller Länder erregen konnte. Es ist aber ganz begreiflich, daß die Bedingungen für eine „wissenschaftliche Massensuggestion“, von der man mit Recht gesprochen hat, da gegeben sind, wo neue, angeblich weltumstürzende Naturerkenntnisse, von ersten Autoritäten anerkannt, also mit dem vollen Gewichte exaktester Wissenschaftlichkeit, und zugleich im Gewande des Grotesken, Geheimnisvoll-Dunklen und Unbegreiflichen auftreten. Was aber das ursprüngliche Aufkommen dieser Irrlehre betrifft, so scheinen uns dafür nicht so sehr ihre eigentlichen geistigen Urheber verantwortlich zu sein, als vielmehr der ganze herrschende Zustand der theoretischen Physik und Mathematik, in den sie sich hineingestellt sahen. Jeder wirkliche oder vermeintliche Entdecker steht unter der Suggestionskraft seiner Idee, und

das ist gut so, denn woher nähme er sonst die Kraft, sie durch alle Widrigkeiten des Lebens hindurch unermüdlich zu verfolgen und die oft ungeheuren Schwierigkeiten, ja Gefahren ihrer Verwirklichung zu überwinden. Nicht so sehr den Urheber trifft die Schuld an dem Aufkommen einer Irrlehre, als vielmehr die sachverständige Umgebung, die wenigstens anfangs mit neutralem Verstande an die Idee herantritt, es jedoch an der nötigen Kritik und Schärfe der Auffassung fehlen läßt. Daß dies im vorliegenden Falle möglich war, daran ist vor allem die Einseitigkeit und Wirklichkeitsfremdheit des mathematischen Denkens und eine entweder völlig fehlende, oder eine grundfalsche erkenntnistheoretische Orientierung verantwortlich zu machen, welche sich von den einfachsten, dem gesunden Verstande unmittelbar gegebenen Wahrheiten abwendet, dafür aber an handgreiflichen Absurditäten nichts auszusetzen findet. Man scheint es heute völlig vergessen zu haben, daß Physik, auch theoretische, nicht nur Mathematik ist. Wenn die Relativitätstheorie rein kinematische Betrachtungen als physikalische ausgeben kann, so rührt dies daher, daß man es nicht mehr weiß oder es als Weisheit von gestern belächelt, daß die Kinematik es mit Zeit und Raum, die Physik aber mit Zeit, Raum und Kausalität (oder Materie*) zu tun hat. Denn nur dadurch, daß die Veränderungen an Uhren und Maßstäben nur als Funktionen der Bewegung aber gar nicht als Wirkungen aufgefaßt wurden, für die eine materiell, greifbare Ursache gesucht werden muß, d. h. nur unter Verletzung der Kausalitätsvorstellung, konnte man auf den absurden Gedanken kommen, derartige wirklich sein sollende Veränderungen an Körpern für relativ zu halten.

Die Philosophie ist die Wissenschaft von den Grundbegriffen jeder Sonderwissenschaft. Es geht daher nicht an, daß relativistische Physiker ohne jedes philosophische Wissen über die Grundbegriffe Raum, Zeit und Materie in einer Weise reden und schreiben, als hätte niemals der Scharfsinn wirklicher Philo-

*) „Die Materie ist durch und durch lauter Kausalität: ihr Wesen ist das Wirken überhaupt. — Die Materie ist also nur das objektive Korrelat des reinen Verstandes, ist nämlich Kausalität überhaupt und sonst nichts.“ (Schopenhauer, Über die vierfache Wurzel etc. § 21.) Die Wahrheit dieser Sätze erkennt man, wenn man den apodiktisch gewissen Satz: der leere Raum kann nicht wirken, zergliedert. Denn es geht aus ihm evident hervor, daß die Materie Wirksamkeit bedeutet, also mit der Kausalität verschwistert ist. Es wäre allerdings noch zu untersuchen, ob der Begriff der Materie etwa mehr enthält als der der Wirksamkeit oder Kausalität.

sophen sich diesen Gegenständen zugewandt, oder als lebte der Philosoph in einer anderen Welt und gehörte zu einer anderen Species Mensch als der Physiker, so daß beide sich nichts zu sagen hätten. Es kann dies ebensowenig angängig sein, als es umgekehrt einem Philosophen erlaubt wäre, eine physikalische Erklärung oder Theorie aufzustellen, ohne sich im geringsten darum zu kümmern, was jemals Physiker über den behandelten Gegenstand ermittelt haben. Freilich darf der Physiker vom Philosophen verlangen, daß er mit beiden Füßen auf dem festen Boden der Tatsachen steht, daß ihm die wichtigsten physikalischen Erscheinungen bekannt sind und daß er einen Einblick in die Forschungsmethoden und Probleme hat, die den Physiker beschäftigen.

Zum Abschluß unserer Betrachtungen sei es uns erlaubt, noch einiges über die nichteuklidische Geometrie und ihre Verwendbarkeit auf dem Gebiete der Physik zu sagen. Die Gedankengänge der allgemeinen Relativitätstheorie lassen sich, wie wir sahen, nur mit Hilfe von ganz besonders knifflichen Räumen, von denen die gewöhnlichen Sterblichen keine Ahnung haben, mathematisch darstellen und Einstein war es vorbehalten, die Geltung derartiger „Räume“, die bisher nur in den Köpfen einiger Mathematiker existiert hatten, für die Physik, also das Gebiet wirklichen Geschehens zu beanspruchen. Darin erblicken nun viele Fachgelehrte eine große Tat, die einen Wendepunkt in der Entwicklung der theoretischen Physik bilde. Eine nur formal-mathematische Konzeption, wie das in der allgemeinen Relativitätstheorie eine große Rolle spielende „Nicht-euklidische Kontinuum“ und der „sphärische Raum“ kann aber niemals zu einem tieferen Eindringen in die Wirklichkeit der Dinge verhelfen. Zwar haben, wie man weiß, mathematische Erkenntnisse für die Wirklichkeit Geltung. Wenn ich z. B. aus den zwei Seiten eines rechtwinkligen Dreiecks nach dem pythagoreischen Lehrsatz die dritte Seite berechne, so wird das Ergebnis stets durch eine wirkliche Messung bestätigt. Nun kann ich aber diesen Lehrsatz durch rein geistige Operationen finden, ohne mich vorher in der Wirklichkeit der körperlichen Dinge genau durch Messungen zu orientieren. Es genügt dazu etwa zur Unterstützung der anschaulichen Raumvorstellung eine ganz roh skizzierte Figur, in welcher der eine Winkel nur annähernd ein rechter ist. Woher weiß ich denn nun eigentlich daß der so gefundene pythagoreische Lehrsatz richtig ist? Mit anderen Worten, wie ist dies möglich, daß eine rein geistige Schöpfung, wie es die Geometrie ist, in der Wirklichkeit sich

stets bestätigt findet, ja daß sie, wie ich bestimmt weiß, genauere Ergebnisse liefert, als die Wirklichkeit jemals bestätigen kann, während doch andere geistige Schöpfungen des Menschen z. B. die religiösen Lehren oder philosophisch-metaphysischen Systeme in der Wirklichkeit keine unbedingte Geltung beanspruchen können? Diese Frage legt sich bekanntlich Kant in der Vernunftkritik vor und seine Antwort lautet: Nur dadurch, daß die Mathematik in ihren Grundlagen, aus denen alles weitere sich herleitet, nicht eine rein formale Erkenntnis ist, aber auch nicht eine rein empirische (denn woher dann die apodiktische Gewißheit ihrer Sätze und die unbedingte Sicherheit über die Grenze jeder empirischen Genauigkeit hinaus?), sondern ein Schauen, ein geistiges Schauen mit Hilfe der bei der Wahrnehmung der Körperwelt stets benutzten Formen der sinnlichen Anschauung Zeit und Raum, welche ausschließlich dem Subjekt zu eigen sind und daher auch unabhängig von der sinnlichen Wahrnehmung der Dinge uns für diese gültige Erkenntnisse vermitteln können.

Mache ich mir nun aber einen rein formalen Begriff zurecht, wie etwa den eines „sphärisch gekrümmten Raumes“, so mag dieser Begriff mit allem, was in ihn hineingesteckt wird, logisch denkbar sein, ebensogut wie etwa der einer ersten Ursache, oder eines zeitlichen Anfangs der Welt, oder eines räumlich begrenzten Universums, er mag auch mathematisch brauchbar sein (aber nur innerhalb der Grenzen der formalen Mathematik, d. h. eigentlich nur als mathematischer Exerzierplatz), es läßt sich aus ihm sehr viel mathematisch deduzieren, was er implicite enthält, und man kann Bände gelehrter Werke damit anfüllen, aber — und das ist das Entscheidende — kein Mensch, auch Einstein nicht, hat jemals einen andern Raum erlebt, als den gewöhnlichen, geraden, „euklidischen“, der jedermann als gegenwärtig unabänderlich vor Augen steht, geistig geschaut hat es noch niemand, daß zwei Gerade sich in zwei Punkten schneiden, so wie ich es geistig schaue und als unumstößlich gewiß empfinde, daß zwei Gerade sich nur in einem Punkte schneiden können. Und ebensowenig läßt es sich, um bei den angeführten Beispielen zu bleiben, durch anschauliches Denken erfassen, daß der Raum oder die Zeit endlich seien, d. h. es ist unmöglich eine Grenze von Raum und Nichtraum, von Zeit und Nichtzeit geistig zu schauen, und daran zeigt sich eben der rein formale, d. h. anschauungsleere, jede mögliche Erfahrung übersteigende Charakter derartiger Begriffe. Wer den „sphärischen Raum“ wirklich erlebte, so wie wir ge-

wöhnlichen Sterblichen täglich den dreidimensionalen, „euklidischen“ (und zwar auch ohne daß wir Sinneswahrnehmungen haben), der dürfte allerdings beanspruchen, der Schöpfer einer neuen Welt genannt zu werden, in der er allerdings vorläufig sehr einsam hausen müßte. (Wer es etwa vorgibt, sieht in Wirklichkeit immer nur den dreidimensionalen gewöhnlichen Raum, aus dessen Verhalten er auf logisch-formalem Wege, d. h. nach den willkürlich zurechtgemachten Voraussetzungen auf das Verhalten des nichteuklidischen Raumes schließt). Der Fehler, den Einstein und seine Anhänger begehen, liegt mithin klar zu Tage: sie schließen von der Mathematik, die auf reiner geistiger Anschauung beruht, und deshalb für die Wirklichkeit Geltung hat, auf die Gültigkeit derjenigen nur formalen Mathematik, in die sie ihre willkürlichen, ihren persönlichen Erklärungszwecken dienenden Voraussetzungen hineinstecken. Es ist aber zwischen beiden ein Unterschied, man kann sagen: die euklidische Geometrie ist von der Natur diktiert und die nichteuklidische von den Mathematikprofessoren. Diese aber würden zu gerne ihre selbsterfundene Geometrie zur Beherrscherin alles Wirklichen erhoben sehen, und sie versuchen es, indem sie es so hinstellen, als ob alles, was mathematisch möglich ist, auch physikalisch möglich sei, und mathematisch soll alles zulässig sein, was logisch zulässig ist. So sagt H. Poincaré: möglich bedeutet „in der Sprache der Mathematik einfach so viel als frei von (logischen) Widersprüchen.“*)

Die Geometrie besitzt also nach dieser modernsten Auffassung keinerlei ihr selbst eigene Evidenz. Ihre Wahrheiten und Lehrsätze beruhen vielmehr auf „freiwilliger Übereinkunft“, sind rein „konventionell“. Demnach wäre es also eine bloße Denkgewohnheit (die auch aufgegeben werden kann), wenn man z. B. behauptet, daß durch zwei Punkte nur eine Gerade gehen kann. Die Erfahrung allerdings, darin hat Poincaré und seine Schule Recht, liefert keine unumstößliche Gewißheit, schon deshalb nicht, weil es in ihr weder Punkte noch Gerade gibt. Die Erfahrung könnte einen derartigen Satz nur als Verallgemeinerung von Beobachtungen nahe legen, und jeder geometrische Lehrsatz müßte, wenn er auf Erfahrung beruhte, den Zusatz bekommen: gültig, soweit bis jetzt beobachtet wurde. Es ist jedoch nicht recht einzusehen, auf welche Weise der Empiriker den Einwand widerlegen wollte, daß zwei Gerade, von denen

*) Wissenschaft und Hypothese, Leipzig 1914, S. 19.

es empirisch festgestellt wurde, daß sie sich in zwei Punkten schneiden, eben keine Geraden seien. Da nun die modernste Richtung in der Mathematik auch von der reinen Anschauung Kants und ihren „synthetischen Urteilen a priori“ nichts wissen will, so bleibt ihr nichts anderes übrig als zu behaupten, daß die Axiome der Geometrie freiwillige, auf Übereinkommen beruhende (allerdings von der Erfahrung nahe gelegte) Festsetzungen, „verkleidete Definitionen“ seien, daß es also keinerlei geometrische Wahrheiten an sich gebe, sondern nur logische (von der Art, daß zwei Gerade sich in mehreren Punkten schneiden können!).**) Die exakteste und sicherste aller Disziplinen wird so zu einer Wissenschaft der Willkür degradiert. Die Nichteuklidiker haben jedoch nichts dagegen einzuwenden, da ihnen dieser Zustand erlaubt, mit ausschweifender Phantasie die seltsamsten Entdeckungen zu machen, und weil sie hoffen können, in dem neu entdeckten Lande der unbegrenzten Möglichkeiten leichter zu Erfolg und Ehren zu gelangen, als auf dem alten, schon zu sehr in vergangenen Jahrhunderten durchackerten Kontinent des euklidischen Raumes.

Mehr oder weniger bewußt mag der Einführung nicht-euklidischer Geometrie in die Physik auch die Vorstellung zu Grunde liegen, daß die Welt, so wie sie sich uns in der sinnlichen Wahrnehmung der Dinge spiegelt, auch was deren räumliche und zeitliche Ausdehnung betrifft, nicht das An-sich-Sein der Dinge erkennen läßt, und man glaubt wohl, diesem mit nicht-euklidischen Räumen näher zu kommen. Man gehe aber noch einen Schritt weiter, und man wird einsehen, daß dem Ding an sich, wie Kant gezeigt hat, überhaupt keine zeitlichen und räumlichen Eigenschaften, weder euklidische noch nicht-euklidische zukommen können. Eben darum ist ein nicht anschaulicher Raum überhaupt kein Raum und sind die nichteuklidischen „Räume“ müßige Phantasien und bloßes Turngerät für Mathematiker, ohne jeden Erkenntniswert. Sie sind Begriffe ohne Anschauung, also leere Begriffe. Für uns Menschen gibt es im Erleben der Wirklichkeit nur den dreidimensionalen Raum (für Bewohner des Siriuussystems mag es einen vierdimensionalen

**) Dementsprechend erteilt H. Poincaré auf die Frage: Ist die euklidische Geometrie richtig? die Antwort: „Die Frage hat keinen Sinn . . . Eine Geometrie kann nicht richtiger sein wie eine andere; sie kann nur bequemer sein“ (S. 52 a. a. O.) und an einer anderen Stelle heißt es: „Unsere Geometrie ist nicht wahr, sondern sie ist vorteilhaft.“ (S. 90 ebenda.)

geben), die Dinge an sich aber, d. h. das, was hinter der Wahrnehmung steht, sind weder in einem dreidimensionalen, noch sphärischen, noch vier- oder zehndimensionalen Raume und weder in einer absoluten noch in einer relativen Zeit, sondern sie sind jenseits von Raum und Zeit.

Wenn von den Relativisten nun ein derartiger nur formal konstruierter und nicht anschaulich erfaßbarer nichteuklidischer „Raum“, d. h. ihr eigenes Gedankenprodukt, für den wirklichen Naturraum, den Raum der sichtbaren Körperwelt, in der wir leben, ausgegeben wird, so zeigen sie darin einen Rückfall des Denkens in die Scholastik des Mittelalters: bloße Begriffe sollen zu Wirklichkeiten werden. Sie glauben sich darüber hinwegsetzen zu können, daß mittlerweile Kant ein neues Gebiet zwischen Logik und Wirklichkeit nachgewiesen hat, nämlich das der Raum und Zeit betreffenden apriorischen Aussagen der reinen Anschauung (reinen Sinnlichkeit), zu denen noch die die Kausalität und Materie betreffenden Aussagen des reinen Verstandes hinzukommen.*) Man will nicht auf die Mahnung Kants hören, welcher sagt: „Ohne Sinnlichkeit würde uns kein Gegenstand gegeben und ohne Verstand keiner gedacht werden. Gedanken ohne Inhalt sind leer, Anschauungen ohne Begriffe sind blind. Daher ist es ebenso notwendig, seine Begriffe sinnlich zu machen (d. h. ihnen den Gegenstand in der Anschauung beizufügen), als seine Anschauungen sich verständlich zu machen (d. i. sie unter Begriffe zu bringen).“**) Nur in Mißachtung oder Unkenntnis der für alle Zeiten gültigen Erkenntnis, daß die Axiome der Mathematik, wie auch der Physik nicht auf Logik oder Empirie, sondern auf reiner Anschauung beruhen, konnten führende Mathematiker und Physiker der Relativitätstheorie Beachtung schenken.

*) Richtiger wäre es wohl, das Erfassen von Zeit und Raum, Kausalität und Materie einer einzigen Erkenntnisfunktion als deren Unterarten zuzuweisen und sie reine Anschauung oder reinen Verstand zu nennen, welche demnach den Gesamtinhalt der a priori sicheren, d. h. apodiktischen anschaulichen Erkenntnis lieferte, und von der eigentlichen Logik, d. h. der nicht anschaulichen Vernunftkenntnis vermittelt der Begriffe streng zu trennen ist. Damit den Merkmalen eines wahrgenommenen Gegenstandes objektive Allgemeingültigkeit zukomme, sind nicht nur die Wahrnehmungsformen Zeit und Raum, sondern auch die der Materie (und Kausalität) erforderlich. Erst die Erkenntnisfunktion „Materie“ macht Geschehen in Zeit und Raum zu wirklichem allgemeingültigem Geschehen. Ohne Materie gibt es keinen Unterschied zwischen Sinnes-täuschung und Wirklichkeit; ohne sie wäre z. B. ein (virtuelles) Spiegelbild ebenso wirklich wie der gespiegelte Gegenstand.

**) Kritik der reinen Vernunft, Recl. S. 77.

Mathematische Korrektheit schützt also, wie das Werk Einsteins zeigt, nicht vor Verstoß gegen die Gesetze des reinen Verstandes und es genügt nicht für die Richtigkeit der Theorie, daß die Mathematiker in Einsteins Formeln keine Rechenfehler entdecken können. Durch mathematische Entwicklungen kann bekanntlich nicht mehr explicite herauskommen, als was implicite in den Voraussetzungen der Natur des Seins nach steckt, oder willkürlich in sie gesteckt wird. Daher vermittelt die Mathematik zwar Einsichten in Zusammenhänge, aber sie bringt, sobald die Voraussetzungen gegeben sind, nichts eigentlich Neues zu Stande, schöpferisch kann sie selbst nicht sein. Die mathematische Kunst wird gerne und zutreffend mit einer Rechenmaschine verglichen, deren innerer Mechanismus ein unbedingt sicheres Ergebnis garantiert. Aber natürlich kann man dann kein brauchbares Resultat erhalten, wenn man zuvor auf die falschen Tasten gedrückt hat, mit andern Worten, wenn man in den Voraussetzungen sich verfehlt. Auf die Prüfung der Voraussetzungen, d. h. in diesem Falle der zu Grunde gelegten physikalischen Vorstellungen kommt es also bei der Beurteilung einer physikalischen Theorie zum mindesten ebenso sehr an, als auf die Richtigkeit der Rechnungen, d. h. der mathematischen Deduktionen aus den Voraussetzungen. Jede mathematische Darstellung, und mag sie noch so „elegant“ sein, ist ohne vernünftige physikalische Vorstellungen wertlos und kann ohne sie nur den Schein von Wissenschaftlichkeit verleihen. Umgekehrt müssen vernünftige, d. h. mit den Tatsachen und Denkgesetzen in Einklang stehende physikalische Vorstellungen, im Prinzip wenigstens, sich auch mathematisch formulieren lassen. So bleibt Faraday doch der geniale Schöpfer einer richtigen Vorstellung von der Wirksamkeit der elektrischen und magnetischen Kräfte, wenn es auch erst Maxwell gelang, seine Gedanken in mathematische Formeln zu bannen. Das Primäre und Schöpferische muß stets der physikalische Gedanke, das Sekundäre und Kriterium der Brauchbarkeit des Gedankens die Mathematik sein.*)

Daß die ausschließlich mathematisch orientierte Auffassung den Blick vom wesentlichen, nämlich den Zusammen-

*) Damit ist nicht gesagt, daß der physikalische Gedanke notwendig eine mechanische Vorstellung oder Abbildung der dem Geschehnis zu Grunde liegenden Vorgänge zu sein braucht, er kann ganz abstrakter Natur sein, wie das auch bei Faraday der Fall war.

