

Hierbei ergibt sich die Frage, ob die angewandte rein deduktive Darstellungsmethode für ein *Lehrbuch* der Komplexverbindungen nicht praktischer durch eine Anordnung zu ersetzen wäre, bei der zuerst die allgemeinen chemischen und physikalischen Grundlagen und ihre Anwendungen behandelt werden, und dann erst das große Tatsachenmaterial gebracht würde. Am Schlusse könnten dann Ausblicke über die Zusammenhänge dieser Anschauungen mit den Grundproblemen der Chemie, mit dem Valenz- und dem Affinitätsproblem, gegeben werden, Ausblicke, auf die Weinland in bewußter, strenger Objektivität verzichtet hat. Die deduktive Darstellungsmethode, die die Begriffe erst allmählich aus dem ungeheuren Tatsachenmaterial entwickelt, wird, wie zu fürchten ist, für den Lernenden verwirrend oder zum mindesten sehr mühsam sein.

Dem Forscher bietet die Anordnung naturgemäß keine Schwierigkeit. Ihm wird das vorliegende Werk ein unentbehrlicher Berater bei weiteren Arbeiten sein und er wird dem Verfasser Bewunderung für seine umfassende Beherrschung des ungeheuren Materials und Dank für die erfolgreich geleistete mühevollen Arbeit zollen.

A. Rosenheim, Berlin.

Zuschriften an die Herausgeber.

Zu dem Aufsatz „Die Physik als geometrische Notwendigkeit“ von Arthur Haas.
(Naturwissenschaften 1920, Heft 3).

Ich möchte meine Bemerkungen nicht als eine Polemik gegen den Verfasser dieses Aufsatzes aufgefaßt wissen; vielmehr liegt mir daran, eine, meines Erachtens, objektive Gefahr zu beschwören, welche aus der ganzen geistigen Einstellung dieses Artikels entspringt. Denn diese könnte manchen, der den Anschauungen der allgemeinen Relativitätstheorie, die heute um ihre allgemeine Geltung ringen, näher kommen möchte, davon abschrecken.

Wer den Aufsatz des Herrn Haas liest, gewinnt leicht den Eindruck, als stelle die allgemeine Relativitätstheorie einen Versuch dar, die gesamte Physik aus einer Reihe von logischen Prinzipien bzw. geometrischen Axiomen abzuleiten; oder vielmehr als sei ihr dieser Versuch auf Grund gewisser rein geometrischer Gesichtspunkte gelungen, und die theoretische Physik sei jetzt gewissermaßen nur als ein Zweig einer mathematischen Disziplin, der Geometrie, erkannt.

Eine solche Einstellung muß nicht nur den abschrecken, der als naiver Naturforscher die Grenzen unserer Erfahrung kennt, sie wird auch meines Erachtens dem Grundwesen der allgemeinen Relativitätstheorie nicht gerecht. Dieses Grundwesen ist:

Die allgemeine Relativitätstheorie ist eine physikalische Theorie der Bewegungsvorgänge der Materie, welche sich auf die rein physikalische, durch die Erfahrung bestätigte, Hypothese stützt, daß die träge und die schwere Masse der Körper gleich sind. Daß aus dieser Hypothese die Äquivalenzhypothese der Einsteinschen Gravitationstheorie fließt und daß diese es uns ermöglicht, ein jedes Gravitationsfeld als ein *metrisches* Feld zu interpretieren, dies kann man nicht so formulieren „daß mit anderen Worten eine geometrische Notwendigkeit dafür besteht, daß die uns als Wirklichkeit gegebene Welt die Erscheinungen der Gravitation und der Elektrizität . . . zeigt“. Von einer *geometrischen Notwendigkeit* für das Auftreten physikalischer Vorgänge kann man, meines Dafür-

haltens, nicht sprechen. Es kann nur ein fruchtbarer Standpunkt sein, gewisse physikalische Erscheinungen durch die Zusammenhangsverhältnisse der Mannigfaltigkeit zu bestimmen, in der sie sich nach unseren Beobachtungen abspielen.

Der Unterschied beider Auffassungen ist mehr als ein bloßer Unterschied der Ausdrucksform. Das erhellt daraus, daß bei der Darstellung des Herrn Haas der Gehalt an Hypothesen, der die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie voneinander unterscheidet, überhaupt nicht zutage tritt. Dies bedingt eine ganz irreführende Verlagerung der Schwerpunkte beider Theorien. So sagt der Verfasser: „Die Erkenntnis der Relativität der Zeit stellt eine theoretische Entdeckung von der allergrößten Tragweite dar. Ihren tieferen Sinn hat aber erst der Göttinger Mathematiker *Minkowski* (1908) erfaßt. Den durch das Relativitätspostulat ausgedrückten Zusammenhang zwischen den relativen räumlichen Koordinaten und der relativen Zeit kann man nämlich, wie *Minkowski* fand, auch dahin *geometrisch interpretieren*, daß sich die mit der imaginären Einheit und der Lichtgeschwindigkeit multiplizierte Zeit und die räumlichen Koordinaten untereinander ebenso verhalten *wie vier Koordinaten in einer vierdimensionalen Geometrie*.“ Und zur Erläuterung dessen später: „Das vorhin erwähnte Prinzip von *Minkowski* haben wir nun so zu verstehen: Die drei räumlichen Koordinaten und eine Größe, die man durch Multiplikation der Zeit mit der Lichtgeschwindigkeit und der imaginären Einheit erhält, *stellen ein vierdimensionales Koordinatensystem* dar, in dem Sinne, daß die Gleichungen der *Physik invariant* sind gegenüber beliebigen Transformationen eines derart gebildeten Koordinatensystems.“

Abgesehen davon, daß der Schwerpunkt der speziellen Relativitätstheorie doch wohl in der *rein physikalischen* Erkenntnis beruht, daß ein Relativitätspostulat für gleichförmig gradlinig gegeneinander bewegte Bezugssysteme mit dem Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit wegen der Relativität der Zeitmessungen widerspruchlos vereint werden kann, scheint aus dem zweiten Satz hervorzugehen, daß die Minkowskischen Überlegungen schon das allgemeine Relativitätsprinzip enthalten hätten. *Minkowski* hat aber nur die Invarianz der Gleichungen der Physik gegenüber den Lorentz-Transformationen in einer besonders eleganten mathematischen Darstellung behandelt. Die Forderung einer „Invarianz der Gleichungen gegenüber beliebigen Transformationen“, wie sie die allgemeine Relativitätstheorie aufstellt, ist mehr als eine formale Erweiterung der Minkowskischen Darstellung. Sie ist nur dann physikalisch fruchtbar und sinnvoll, wenn ihr die Formulierung der Äquivalenzhypothese vorausgeht, deren Zulässigkeit *Einstein* aus der Gleichheit von träger und schwerer Masse erschloß. Darum kann man auch unmöglich sagen: „Die Durchführung der Minkowskischen Ideen ließ aber nun erkennen, daß in der vierdimensionalen Physik an die Stelle der Masse eine an sich natürlich vom Koordinatensystem unabhängige sogenannte *Tensorgröße* mit *zehn Komponenten* tritt, nämlich eine Größe, die gewissermaßen vier Komponenten in bezug auf die vier Koordinatenachsen und überdies sechs Komponenten nach den sechs Koordinatenflächen besitzt, die es in einer vierdimensionalen Geometrie gibt. Daraus mußte gefolgert werden, daß in der relativistischen Physik auch das Gravitationspotential eine zehnkompontente Größe sein muß.“

Die Berechtigung, den Spannungs-Energie-Tensor der speziellen Relativitätstheorie in der Weise als felderregende Größe in die Differentialgleichungen für die Gravitationspotentiale einzuführen, wie das *Einstein* tut — an Stelle der Masse „*m*“ der Poissonschen Differentialgleichung —, diese Berechtigung folgt wieder nur aus der Äquivalenzhypothese und der schon in der speziellen Relativitätstheorie von *Einstein* gewonnenen Erkenntnis der Trägheit der Energie. Ebenso wenig konnte aus den Minkowskischen Ideen ohne die Äquivalenzhypothese die Einsteinsche Gravitationstheorie fließen, in der ein Tensor mit zehn Komponenten *g* das Gravitationsfeld bestimmt. Darum verschiebt es meines Dafürhaltens die ganze Sachlage, wenn man sagt: „*Einstein* brauchte nur die Erkenntnis *Riemanns*, die für eine beliebige geometrische Mannigfaltigkeit (von beliebiger Dimensionszahl) gilt, auf die Minkowskiwelt anzuwenden, um (1915) eine Theorie der Gravitation auf rein geometrischer Grundlage aufstellen zu können.“ *Einstein* hat die Riemannschen Entwicklungen bei der Schaffung seiner allgemeinen Relativitätstheorie nicht gekannt und brauchte sie auch nicht zu kennen, denn er ging in seinen Ansätzen von rein physikalischen, der Erfahrung unmittelbar abgelesenen, Annahmen aus, und mit diesen Hypothesen steht und fällt seine Gravitationstheorie.

Wie ich nochmals betonen möchte, entspringen diese Bemerkungen keinem polemischen Bedürfnis, sondern

dem schmerzlichen Empfinden, daß die Anhänger der allgemeinen Relativitätstheorie, zu denen Herr *Haas* gehört, es dieser Theorie außerordentlich schwer machen, sich allgemeine Geltung zu verschaffen, wenn sie den mathematisch ästhetischen Gesichtspunkt in den Vordergrund rücken und darüber ganz vergessen, daß die allgemeine Relativitätstheorie sich nicht nur auf rein physikalische Hypothesen stützt, sondern gerade — was ihr gegenüber der klassischen Theorie *Newtons* einen Vorzug verleiht — durch ihren überaus engen Anschluß an die naive Erfahrung — Forderung der Gleichheit von träger und schwerer Masse, Prinzip der Relativität aller Bewegung — im höheren Maße den Bedingungen einer physikalischen Theorie gerecht wird, als die klassische Mechanik. Daß natürlich außerordentlich wichtige erkenntnistheoretische Probleme durch die allgemeine Relativitätstheorie wieder in den Vordergrund gerückt werden und daß die Frage der Grundlagen der Geometrie und der Physik und ihrer Beziehung zueinander ganz neues Licht erhalten hat, ist sicherlich eine ihrer interessantesten Ausstrahlungen. Aber gerade diese Seite der Forschung verlangt eine besonders reinliche Scheidung zwischen den physikalischen Hypothesen, den analytischen Darstellungsmöglichkeiten, und den erkenntnistheoretischen Problemen, die sich an die allgemeine Relativitätstheorie anschließen.

Berlin-Neubabelsberg, 29. Februar 1920.

Erwin Freundlich.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur.

Zoologisch-botanische Sektion.

Sitzung vom 14. November 1918.

Prof. Dr. *F. Paz* hielt einen Vortrag über die Entwicklungsgeschichte der Flora Rumäniens auf Grund zahlreicher Reisen, die er vor und während des Krieges dorthin unternommen hatte. Er schilderte zunächst die regionale Gliederung des Landes in Donauniederung, Eichen-, Buchen-, Fichten-, subalpine und alpine Region. Fossile Funde fehlen aus Rumänien, aber die Tertiärflora Siebenbürgens und die Zusammensetzung der gegenwärtigen Pflanzendecke Rumäniens lehren, daß zahlreiche Endemismen vorliegen, die das relative Alter der Flora erweisen. Der Vortragende kommt zu dem Resultat, daß sich die Flora Rumäniens aus der Vegetation des Tertiärs ableitet, die sich in der Ebene und montanen Region erhalten hat, während die höheren Gebirgslagen eine Bereicherung an nördlichen und alpinen Typen durch die Eiszeit erfuhren. Die Steppenelemente und Halophyten stellen die letzten Einwanderer dar. Diese Verhältnisse werden am Verlauf zahlreicher Vegetationslinien erläutert.

Naturwissenschaftliche Sektion.

Sitzung vom 3. Dezember 1918.

Über die Beugung des Lichtes an den Kohlenstoffteilchen leuchtender Flammen; von *Hermann Senftleben* und *Elisabeth Benedict*. Der Vortrag behandelte die Ergebnisse einer Arbeit, die das Ziel hatte, eine Diskrepanz, die sich bei der Untersuchung des optischen Verhaltens des Kohlenstoffs in massivem Zustand und in fein verteiltem Zustande, wie er in leuchtenden Flammen die lichtausseendenden Partikel bildet, gezeigt hatte, auf Grund der Auffassung aufzuklären, daß die Flamme ein trübes Medium sei. Beim Durchgang eines Lichtstrahls durch ein trübes Medium treten Beugungserscheinungen auf, die wesentlich durch die Größe

und die substantielle Beschaffenheit der eingelagerten Teilchen bedingt sind. Bei einer kurzen Übersicht über die historische Entwicklung der theoretischen Behandlung der Beugung des Lichtes an mikroskopischen und submikroskopischen Teilchen wurde eingehender die Lösung behandelt, die dieses Problem durch *G. Mie* gefunden hat, und welche die theoretische Grundlage für die hier besprochene Arbeit bildet. *G. Mie* behandelte in allgemeinsten Weise auf Grund der Maxwell'schen Theorie das Problem der Beugung elektromagnetischer Wellen an kleinen, in ihrer Größenordnung mit der Wellenlänge vergleichbaren Kugeln beliebigen Materials, das durch seine optischen Konstanten bestimmt ist, deren Werte durch optische Messungen am massiven Material gewonnen sind. Grundlegend für die eingehende Verfolgung der oben genannten Auffassung ist die Tatsache, daß es möglich ist, bei sehr intensiver Bestrahlung einer leuchtenden Flamme das von den in ihr enthaltenen Kohlenstoffteilchen abgebeugte Licht sichtbar zu machen, eine Erscheinung, die objektiv vorgeführt wurde, wobei sich auch auf einfache Weise die Polarisation des abgebeugten Lichtes zeigen ließ. Die Eigenschaften dieses abgebeugten Lichtes konnten meßbar verfolgt werden; die eingehenden experimentellen Untersuchungen erstreckten sich auf Absorptionsmessungen sowie auf Messungen der Intensität des abgebeugten Lichtes in Abhängigkeit von der Wellenlänge und Richtung (d. h. dem Winkel zwischen Beobachtungsrichtung und einfallendem Strahl) und auf Untersuchungen der Stärke der Polarisation in verschiedenen Richtungen. Ein Vergleich der Ergebnisse dieser Messungen mit den Resultaten, die auf Grund der oben genannten Theorie von *G. Mie* gewonnen waren, ergab eine überaus befriedigende Übereinstimmung, so daß die Berechtigung, eine leuchtende Flamme als trübes Medium aufzufassen, erwiesen und damit das optische Verhalten des massiven und fein verteilten Kohlenstoffs miteinander in Einklang gebracht ist. Aus den experimentellen und theoretischen Ergebnissen folgt ein Durchmesser der