

dromer“ Richtung leiten — aber das Experimentum crucis hat doch erst *Boeke* durch die erfolgreiche Verheilung des zentralen Lingualis mit dem peripheren Hypoglossus geliefert. Wenn der Hypoglossus durchschnitten wird, so kann man, wie schon lange bekannt, in der gelähmten Zungenhälfte ein eigentümliches Muskelflimmern beobachten, das erst aufhört, wenn die regenerierenden Hypoglossusfasern wieder die Muskelfasern erreicht und motorische Endplatten ausgebildet haben. *Boeke* hat nun beobachtet, daß auch die Lingualisfasern, welche in die periphere Hypoglossusbahn geleitet worden sind und, wie die histologische Untersuchung zeigt, Endplatten vom motorischen Typus gebildet haben, das Muskelflimmern zum Stillstand bringen, wenn auch nicht ganz vollständig. Das ist nur möglich dadurch, daß zentrale Reize, in zentrifugaler Richtung verlaufend, die Muskelfasern treffen wie nach der homogenen Regeneration des Hypoglossus. Damit ist zum ersten Male der biologische Nachweis erbracht worden, daß in sensiblen, zentripetalen Neuronen ein natürlicher Erregungsvorgang in zentrifugaler Richtung nicht nur geleitet werden kann, sondern tatsächlich geleitet wird.

Diese kardinale Beobachtung wirft nebenbei ein helles Schlaglicht auf das Problem der sogenannten trophischen Nerven: da das sensible Neuron, wie wir jetzt wissen, nicht bloß Reize von der Peripherie zum Zentralorgan leitet, sondern auch vom Zentrum zur Peripherie, so könnte die Annahme besonderer trophischer Nerven unnötig und die Suche nach ihnen überflüssig werden — es müßte sich denn herausstellen, daß zwischen sensible Nervenendigung und Endorgan eine ähnlich polar differenzierte Zwischensubstanz („intermediäre Substanz“) eingeschaltet ist, wie zwischen motorische Endplatte und Muskelfaser oder zwischen Endbäumchen des einen und Zellkörper und Dendriten des anderen Neurons im Zentralorgan, eine Zwischensubstanz, welche den Übertritt des elektrischen Stromes, höchstwahrscheinlich aber auch des Erregungsvorganges, nur in einer Richtung zuläßt, in der entgegengesetzten ausschließt.

Das Eine ist nach allem gewiß: die Frage, ob ein Nerv oder eine Nervenwurzel rein motorisch oder sensibel sei, ist jetzt in dem früheren Sinne nicht mehr möglich. Und die Begriffe: „sensibles, rezeptorisches, afferentes, zentripetales“ und: „motorisches, effektorisches, efferentes, zentrifugales“ Neuron bedürfen einer erneuten Durchprüfung.

Vielleicht führen die Untersuchungen *Boekes* dazu, die Anatomie und Physiologie von den Fesseln eines Dogmas zu befreien, das sie allzu leicht „mit Jauchzen“<sup>(49)</sup> angenommen und ein Jahrhundert hindurch gewiß nicht immer zu ihrer Förderung festgehalten haben.

Ich schließe mit einem Satze jenes Anonymus von 1842<sup>(50)</sup>: „Mögen diese Worte ein Weniges

dazu beitragen, die sacra ancora der Medizin, die Physiologie, von dem Roste der Hypothesen zu reinigen und eine Revision der Schlüsse aus dem Bellschen Phänomen herbeizuführen; leider sind diese bereits so weit gediehen, daß die Theorie fertig dasteht und zur Gewohnheit wurde, welche bei ihrer großen Bequemlichkeit und Kongruenz mit den psychologischen Anschauungen der Forscher eine gewisse Dauerhaftigkeit fürchten läßt; wir sind ihres endlichen Verschwindens aber so sicher, als der des Phlogistons.“

### Das Kausalproblem der Quantentheorie als eine Grundfrage der modernen Naturforschung überhaupt.

Versuch einer gemeinverständlichen Darstellung.

Von W. Schottky, Würzburg.

Man ist gewohnt, physikalische Methoden, physikalisch strenge Gesetze, als das erstrebenswerte, wenn auch oft unerreichbare Ziel jeder analysierenden Naturbetrachtung anzusehen. Wenn sich daher in der Grundauffassung über Form und Tragweite der physikalischen Gesetzmäßigkeiten ein Umschwung vorbereitet, so ist das etwas, was nicht nur den Fachphysiker, sondern mehr oder weniger jeden Naturwissenschaftler angeht, oder sagen wir, um nicht den Trennungsstrich an falscher Stelle zu ziehen: jeden an analytisch-wissenschaftlicher Erkenntnis interessierten Menschen. Ich hoffe daher, man wird diesen Versuch einer von möglichst allgemeinen Gesichtspunkten ausgehenden, historisch entwickelnden Darstellung der Krisis, in der sich die heutige Physik befindet, willkommen heißen; daß dieser Darstellung, wo sie an die noch schwebenden Probleme herantritt, die durchdringende Klarheit, der letzte lösende Abschluß fehlt, notwendig fehlen muß, wird der Leser, sofern er nicht nur Vollendetes, sondern auch Werdendes erfahren will, freilich guten Willens mit in Kauf nehmen müssen.

Ich will nicht gerade mit *Demokrit* und *Empedokles* anfangen, aber doch mit *Büchner*. Zu *Büchners* Zeiten war die Sache trotz aller Meinungsverschiedenheiten verhältnismäßig einfach: die Welt bestand aus „Stoff“ und „Kraft“; jedes Stoffteilchen übte auf die Stoffteilchen seiner näheren und weiteren Umgebung Kräfte aus und empfing solche Kraftwirkungen. Diese bestimmten dann seine Bewegung (oder seine Gleichgewichtslage), dasselbe war bei allen anderen Teilchen der Fall; auch in jeder neuen Lage, die die Teilchen gegeneinander einnahmen, waren jedoch die gegenseitigen Kräfte durch allgemeine Gesetze bestimmt, und so entwickelte sich von einem bestimmten Zeitpunkte an der ganze Ablauf des Naturvorganges mit unfehlbarer Sicherheit aus dem Anfangszustand; die bekannte Weltenuhr oder Uhrenwelt.

Wir lassen jetzt den Vorhang fallen und heben ihn erst wieder im Jahre 1900. *Faraday*, *Maxwell*,

Lorentz haben nicht umsonst gelebt; das Bild hat sich gründlich verändert. Nicht nur ist jetzt die ganze Welt elektrisch, sondern auch viel feiner, ätherischer, und man kann sagen geistiger geworden; denn es sind jetzt nicht mehr bloß die Stoffteilchen, ihre Bewegungen und Kräfte, die den Ablauf eines Naturvorganges bestimmen, sondern das ganze Gebiet *zwischen* diesen Stoffteilchen ist in den Kreis der Naturbetrachtung mit hereingezogen, und die Zustände in diesem Zwischengebiet folgen ihren eigenen Gesetzen, allerdings in ständiger gebender und empfangender Wechselwirkung mit den Bewegungen der Stoffteilchen. Diese „Zustände“, die also nicht mehr auf die Bewegung von Stoffteilchen zurückzuführen, wohl aber auf andere Weise meßbar sind, sind die elektrischen und magnetischen Kräfte oder „Feldstärken“; wie diese beiden Kräfte, gewissermaßen einander umspielend, sich von Ort zu Ort fortpflanzen und so eine „elektromagnetische Erregung“ mit außerordentlich großer Geschwindigkeit durch den Raum hindurchtragen, das wird durch die Maxwell-Lorentz'schen Feldgleichungen wunderbar einfach und umfassend beschrieben, während die Wirkungen dieser Kräfte auf die Stoffteilchen durch einige andere nicht weniger einfache Gesetze festgelegt sind.

Ungemein erweitert ist so der Kreis der von dieser Physik umfaßten Naturvorgänge; nicht nur die gewöhnlichen, elektrischen und magnetischen Wirkungen, auch die den Raum durchheilenden Wellen der drahtlosen Telegraphie, aber auch alle Licht- und Wärmestrahlen, selbst die geheimnisvollen Röntgen- und Gammastrahlen sind in den klaren Grundzügen dieser „Ätherphysik“ mit enthalten. Doch nicht nur in bezug auf die Vorgänge im „leeren Raum“ (oder, wie man etwas ungenau zu sagen pflegt, „in der Luft“), sondern auch in bezug auf die Wechselwirkung dieser Vorgänge mit den Stoffteilchen der „Materie“ scheint alles restlos geklärt; es stellt sich immer deutlicher heraus, daß die Materie aus lauter positiv und negativ elektrisch geladenen Teilchen besteht, deren Wechselwirkung aufeinander auf keinem anderen Wege als eben durch jenes „elektromagnetische Feld“ vermittelt wird, und so scheint nicht nur die Fortpflanzung von Wärme-, Lichtwellen usw. in den materiellen Körpern durch die Lorentz'sche Theorie in vollkommen durchsichtiger Weise erfaßt, sondern man wagt sich sogar mit der Sonde der geprägten Begriffe und Gesetze bis in das *Innere* der geladenen Stoffteilchen hinein, und eine der kühnsten und befriedigendsten Glanzleistungen jener Theorie ist die Erklärung der Massenträgheit selbst, also einer anscheinend rein stofflichen Eigenschaft, aus den „Rückwirkungen des eigenen Feldes“, die ein geladenes Stoffteilchen bei einer Geschwindigkeitsänderung erfährt.

Damit ist scheinbar das frühere Bild, das wir mit der Spitzmarke „Büchner“ gekennzeich-

net haben, völlig aufgelöst, nichts mehr davon in der neuen Vorstellung enthalten. Das scheint aber nur so, denn in Wirklichkeit ergibt auch die neue Theorie, daß man, wenigstens bei langsamen Bewegungen, die Stoffteilchen nach wie vor als unveränderliche, Kräfte ausübende und empfangende Gebilde zu betrachten hat, deren Bewegungen durch die Gleichungen der Mechanik fast genau bestimmt sind; und etwas anderes Gemeinsames, auf das wir wegen des Folgenden noch viel größeren Wert legen, haben die beiden Theorien noch: wie früher ist der Ablauf des Natur- und Weltvorganges mit unfehlbarer Sicherheit bestimmt, wenn nur in einem gegebenen Anfangsmoment (der jeder beliebige sein kann) der *ganze „Zustand“ der Welt*, also jetzt nicht nur die Lagen und Bewegungen der Stoffteilchen, sondern dazu noch die elektrischen und magnetischen Feldstärken an allen Punkten zwischen diesen Stoffteilchen bekannt sind. Daß uns nicht eine restlose Voraussage aller zukünftigen Ereignisse gelingt, ist nach dieser Theorie nur dadurch bedingt, daß es eben nicht möglich ist, mit genügender Genauigkeit und an allen Orten der „Welt“ gleichzeitig den „Anfangszustand“ zu bestimmen.

Auch die Einbeziehung der Schwerkraft in dieses Weltbild hat an seinen soeben gekennzeichneten Grundzügen nichts Wesentliches geändert. Freilich stellte sich heraus, daß es nicht möglich ist, auch die Wirkungen der Schwerkraft zwischen den verschiedenen Stoffteilchen sich durch dieselben Zustände des dazwischenliegenden Raumes vermittelt zu denken, der die elektrischen und magnetischen Kraftwirkungen überträgt; die bekannte Schwerkrafttheorie *Einsteins* hat uns jedoch gelehrt, daß man zu einer weitgehend mit der Erfahrung übereinstimmenden Aussage gelangen kann, wenn man annimmt, daß in jedem Punkte des Raumes außer den elektrischen und magnetischen Feldstärken noch gewisse andere, ebenfalls auf bestimmte Weise meßbare Zustände vorhanden sind, die das Schwere- oder Gravitationsfeld bestimmen, und für die genau so, wie für die elektromagnetischen Zustände, gewisse „Fortpflanzungsgesetze“ gelten, so daß wir im ganzen, nur etwas erweitert, dasselbe Spiel, dasselbe Bild haben wie zuvor. Daß aber die Einfügung der Schwerkraft in dieses Naturbild nicht ohne eine völlige Umgestaltung unserer Anschauungen über den Raum- und Zeitbegriff vor sich gehen konnte, ist vielleicht für das Folgende lehrreich, berührt aber den Kern unseres Bildes noch nicht; ebensowenig wird dieser Kern getroffen durch die neu gewonnene Erkenntnis, daß es sich bei den zur Beschreibung des Weltvorganges eingeführten Zuständen im Raum (elektrische und magnetische Feldstärken, Gravitationsgrößen) nicht um absolute, sondern um je nach den gewählten „Bezugssystemen“ anders gemessene Größen handelt. Denn wir hatten ja diese Größen von vornherein nur als solche ein-

geführt, die sich auf irgendeine Weise messen lassen, und das Resultat der für sie vorgeschriebenen Meßmethode kann sehr wohl von den Bezugssystemen (d. h. etwa von der Bewegung des messenden Beobachters und seiner Apparate im Raum) abhängig sein. Soll eine wirkliche Untersuchung eines Vorganges vorgenommen werden, so muß man sich doch auf *ein* Bezugssystem, wenn man es einmal gewählt hat, festlegen, und das Verhalten der zu messenden Größen in anderen Bezugssystemen spielt dann für die weitere Betrachtung keine Rolle.

Alles in allem handelt es sich also bei der Einsteinschen „allgemeinen Relativitätstheorie“ nur um eine großartige Ergänzung eines von den denkenden Geistern eigentlich schon seit Jahrtausenden angestrebten Weltbildes, in dem nicht nur eine vollständig gesetzmäßige Bestimmtheit den Ablauf des Naturgeschehens regelt, sondern auch noch ein weiteres Bedürfnis erfüllt ist: der Ablauf aller Vorgänge in einem noch so kleinen Teil des Raumes wird durch keine „Fernwirkungen“ irgendwelcher Art mehr beeinflußt, sondern ist einzig und allein durch die Vorgänge bedingt, die sich in seiner unmittelbaren Umgebung abspielen und die sich, durch die Grenze des betrachteten Raumteilchens hindurch, in das Innere desselben fortpflanzen. Dieses Prinzip, das unser System zu einer *Nahewirkungsphysik* im strengsten Sinne des Wortes stempelt, schließt die von dem Materialismus (System „Büchner“) um die Naturvorgänge geschlossene Kette in gewissem Sinne noch enger; solange man noch an „Fernkräfte“ denken konnte, konnte in dem und jenem Bereich der Natur noch etwas Unerwartetes geschehen, insofern, als Fernwirkungen aus Gegenden, die sich unserer Beobachtung entziehen, in das Naturgeschehen eingreifen. Wenn aber die Nahewirkungsphysik recht hat, so braucht man nichts zu tun, als um das räumliche Gebiet, in dem einen gewisse Vorgänge interessieren, gewissermaßen eine Postenlinie zu ziehen, die alles registriert, was die von ihr gezogene Sperrkette passiert; mit Hilfe der Naturgesetze der Nahewirkungsphysik muß es dann immer möglich sein, die Ereignisse in dem betrachteten Gebiet mit vollständiger Sicherheit vorauszusagen.

Und heute? Drei neue Namen: *Planck*, *Einstein*, *Bohr* und das Wort „Quantentheorie“ bedeuten dem Kundigen, daß das Weltbild der Nahewirkungsphysik eine ebenso große, vielleicht noch größere Umwandlung durchzumachen im Begriff steht, als seinerzeit das alte Stoff-Kraft-Weltbild. Und wenn man die Gedankengänge dieser Männer verfolgt, so weiß man auch, daß diese Umwandlung, die anscheinend viel Schönheit und Klarheit zertrümmert und noch nichts Gleichwertiges an ihre Stelle gesetzt hat, nicht das Produkt einer willkürlichen Laune und Veränderungsucht ist, sondern aus der Entdeckung ganz katastrophaler Unstimmigkeiten hervorgegangen ist, die zwischen den Folgerungen aus

dem Nahewirkungsprinzip und dem wahren Sachverhalt in der Natur auftreten. Und zwar ist es nicht so, daß irgendwelche besonderen Gesetze der Nahewirkungsphysik diese Unstimmigkeiten bedingen, sondern, diese Erkenntnis hat sich immer deutlicher Bahn gebrochen, das ganze System als solches ist es, das, wenigstens in seiner bisherigen strengen Form, verworfen werden muß.

Es handelt sich dabei um folgendes. Zu den von jeder besonderen Theorie so gut wie unabhängigen sicheren Feststellungen, die uns das vorige Jahrhundert gebracht hat, gehört auch die, daß die kleinsten Teile der Materie (Moleküle, Atome, Elektronen) sich in einer unaufhörlichen fliegenden, schwingenden oder kreisenden Bewegung befinden, und zwar auch in solchen Räumen, in denen scheinbar völlige Ruhe herrscht (z. B. in dem in einem Kasten eingeschlossenen Luftraum, einer ruhenden Flüssigkeit und dergleichen). Man nennt diese Bewegungen Wärmebewegungen, weil sie je nach der Wärme des betreffenden Körpers mehr oder weniger heftig sind und in gewissem Sinne überhaupt das Wesen der Wärme ausmachen. Denken wir uns nun in dem Kasten, in dem die Atome diese Wärmebewegungen ausführen, irgendwo am Boden einen Tropfen von einer Substanz, die nicht aus einzelnen Atomen besteht, sondern dieselben Eigenschaften hat wie der Lorentzsche „Äther“ oder überhaupt unser „Nahewirkungsfeld“, nämlich die, daß eine unendliche Mannigfaltigkeit von „Zuständen“ in einem noch so kleinen Raum möglich ist, und nehmen wir weiter an, daß durch die Stöße der auf diesen Tropfen auftreffenden Atome der „Zustand“ an der Oberfläche des Tropfens in irgendeiner Weise (etwa durch elastisches Nachgeben des Tropfens beim Auftreffen eines Moleküls) *stetig* beeinflußt wird. Dann läßt sich zeigen, daß dieser eine Tropfen die unangenehme Eigenschaft haben wird, allmählich allen mit ihm in Berührung kommenden Atomen ihre lebendige Kraft, ihre Bewegung zu entziehen und dafür selbst in die allerfeinsten und kompliziertesten Schwingungen zu geraten; jedenfalls wäre aber das Ergebnis das, daß, wenn man mit der Hand nach einiger Zeit in den Kasten mit vorher warmer Luft, warmem Wasser usw. hineinfühlte, einen eine Eiskälte umgeben würde; alle Wärme, alle „Molekularbewegung“ wäre erloschen.

Genau dieselbe Wirkung müßte nun offenbar das nach der Lorentzschon Anschauung und ihrer Einsteinschen Fortführung zwischen den Atomen der Materie ausgespannte „Nahewirkungsfeld“ auf die Bewegung der Materie ausüben. Denn alle die soeben angeführten Voraussetzungen sind ja gegeben, das Gesetz der Nahewirkung *innerhalb* des Feldes (wie vorhin innerhalb unseres Tropfens) und die *stetige* Beeinflussung gewissermaßen an der Grenze des Feldes, nämlich in den Punkten, wo die Materie ihre Wechselwirkungen auf das Feld ausübt und empfängt. Und wenn

man im besonderen die Gesetze der Lorentz'schen Theorie anwendet, so findet man, daß der Übergang der ganzen lebendigen Kraft der Materie an das Nahewirkungsfeld sogar in außerordentlich kurzer Zeit stattfinden müßte. In Wirklichkeit verlieren aber die Atome ihre lebendige Kraft *nicht*, die Welt ist *nicht* tot und erloschen, sondern lebendig und in ständiger Bewegung. Die Grundvoraussetzungen der Nahewirkungsphysik können also nicht zutreffen.

Was nun? *Max Planck* hat in dem berechtigten Wunsch, von der in so vielen Fällen bewährten Nahewirkungstheorie zu retten, was zu retten ist, eine Kompromißhypothese aufzufinden versucht, die für das „Feld“ die Nahewirkungsgesetze beibehält und für die Wechselwirkung mit der Materie die Annahme der *Stetigkeit* auch noch in vielen Fällen; nur bei ganz besonderen Vorgängen, nämlich bei der Ausstrahlung von Licht oder Wärme durch ein materielles Teilchen sollen gewisse im einzelnen noch unbekannte sprunghafte Prozesse auftreten.

Auch diese eingeschränkte Nahewirkungstheorie scheint jedoch, abgesehen von gewissen aus der Erfahrung geschöpften Bedenken, auf die besonders *Einstein* hinweist, ihre großen inneren Schwierigkeiten zu haben. Es sei nur bemerkt, daß diese sogenannte „2. Plancksche Quantenhypothese“, streng genommen, weder eine *räumliche* noch *zeitliche* Einschränkung des *unstetigen* Verhaltens der mit dem Feld in Wechselwirkung stehenden Materie gestattet; man wäre hierbei vielmehr genötigt, zu sagen, daß für die Wechselwirkung zwischen dem betreffenden Teilchen und dem „von den anderen materiellen Teilchen herührenden Felde“ die stetigen Annahmen der Nahewirkungstheorie beibehalten werden sollen, dagegen für die Wechselwirkung des Teilchens mit „seinem eigenen Felde“ *nicht*. Eine solche Unterscheidung verschiedener Feldwirkungen nach ihrem Ursprungsort widerspricht aber wiederum dem eigensten Gedanken der Nahewirkungstheorie, und wir müssen deshalb, wenn wir aufrichtig sein wollen, sagen, daß wir zwar sicher wissen, daß die „Feldgrößen“ der Lorentz'schen und Einsteinschen Nahewirkungstheorie *nicht* so auf die Materie wirken wie es diese Theorie annahm, daß wir aber, soweit wirklich *genaue* Gesetze in Frage kommen, nicht das geringste darüber aussagen können, *wie* sie eigentlich wirken.

Wissen wir aber nicht, wie die von uns eingeführten Feldstärken usw., deren Wechselspiel im Raum durch die Nahewirkungsgesetze gegeben ist, auf die Materie wirken, so müssen wir zugeben — und das ist eine Folgerung, die sich allerdings bisher nur die wenigsten Physiker zu eigen gemacht haben —, daß diese Zustandsgrößen der Nahewirkungstheorie, von deren Realität man jahrzehntelang fest überzeugt war, genau genommen, überhaupt keine Bedeutung mehr für die Naturforschung besitzen. Denn — wir kommen hier zu einem Punkt, über den ich

oben etwas leichtfertig hinweggegangen bin — die einzige Möglichkeit, diese hypothetischen Feldgrößen zu messen, ist die, daß man ihre Wirkung auf materielle Teilchen untersucht, und aus den Orts- oder Eigenschaftsveränderungen materieller Teilchen rückwärts auf die Werte dieser Feldgrößen schließt. Ist nun das Gesetz unbekannt, nach dem die Feldgrößen auf die materiellen Teilchen wirken, so entfällt jede und jede Möglichkeit, den Wert der Feldgrößen durch die Erfahrung zu bestimmen, und die Behauptung, daß zwischen diesen Feldgrößen selbst gewisse Gesetze bestehen, jedoch ihre Wirkung auf die Materie unbekannt sei, entbehrt überhaupt jedes Sinnes. Es ist — wenn ich einen allerdings wohl etwas zu weitgehenden Vergleich gebrauchen darf — so ähnlich, wie wenn uns jemand ein Pferd verkaufen will und behauptet, das Tier habe ganz bestimmt die und die tadellosen Eigenschaften; es zeige aber diese Eigenschaften bloß, wenn es in ganz bestimmter Weise behandelt würde; wie man es zu diesem Zwecke behandeln müsse, das habe bisher jedoch kein Mensch erfahren können. Wir würden dann doch einfach sagen: diese Eigenschaften existieren nicht.

Mag dieser Vergleich nun ganz stimmen oder nicht, jedenfalls wird er uns nötigen, uns wieder einmal auf die feste Grundlage der physikalischen Erkenntnis zu besinnen, und so sieht sich die Physik ganz von selbst von dem Wortstreit, ob die Vorgänge im Nahewirkungsfelde oder die Wechselwirkung des Feldes mit der Materie als *unstetig* angenommen werden müsse, abgebracht und wieder hingewiesen auf die Natur selbst, d. h. auf die wirklich beobachtbaren Gesetzmäßigkeiten, an denen keine Theorie, kein Weltbild etwas ändert. Wir dürfen und wollen letzten Endes keine anderen Gesetze aufstellen, als solche, die die bestimmte Aussage enthalten: wenn ich das oder das festgestellt habe, oder wenn ich das oder das tue, so passiert das und das. Gewiß galt diese Vorschrift am Anfang in der von uns gekennzeichneten Nahewirkungstheorie auch, und alle in dieser Weise prüfbareren Gesetze, welche diese Theorie aufgestellt und deren Richtigkeit sie erwiesen hat, gelten heute so wie früher. Es handelt sich hierbei — und das ist ein wichtiger Punkt — um alle genügend *langsam* verlaufenden Prozesse, so daß alle beobachtbaren Erscheinungen der Schwerewirkungen (somit eigentlich des ganzen bisherigen Anwendungsgebietes der Einsteinschen Gravitationstheorie) aber auch alle verhältnismäßig langsamen elektromagnetischen Vorgänge bis zu den schnellsten Schwingungen der drahtlosen Telegraphie nach wie vor richtig durch die Nahewirkungstheorie wiedergegeben werden. Und in diesem ganzen Gebiet lassen sich auch die „Feldgrößen“ nach bestimmten Vorschriften messen. Erst wenn wir in das Gebiet der ganz schnellen Vorgänge, wie sie Lichtwellen, Wärmebewegungen usw. vorstellen, kommen, versagen unsere Meßvorschriften; und, wie wir jetzt

wissen, es versagt auch die Theorie. Sicher hätte man das Versagen der Theorie nicht auf dem vorhin beschriebenen Umwege über die Wärmebewegung, sondern direkt gemerkt, wenn eine Nachprüfung der Theorie nach bestimmten Meßvorschriften in alle Einzelheiten möglich gewesen wäre; daß man sich mit gewissen *indirekten* Bestätigungen begnügt hat und eine ungeheure in ganz bestimmter Weise angebbare Mannigfaltigkeit von Zuständen vorausgesetzt hat, wo man es in Wirklichkeit nur mit gewissen verhältnismäßig einfachen Bedingungen und Meßergebnissen zu tun hatte, das war vielleicht ein Fehler. Freilich wird man in einer physikalischen Theorie nie vermeiden können, Hilfsgrößen einzuführen und an ihre Realität zu glauben, solange die Beobachtungen dem vorausgesetzten Verhalten dieser Hilfsgrößen entsprechen; ebenso muß man aber in jedem Augenblick bereit sein, diese Vorstellungen aufzugeben, wenn sie der Erfahrung widersprechen, und die grundlegende und nie irreführende Fragestellung wird dann immer die oben gekennzeichnete sein: was kann ich messen, und was geschieht, wenn ich dies und das festgestellt habe, oder wenn ich dies und das tue.

Gerade diese einfache Fragestellung setzt uns nun aber bei der augenblicklichen Lage der Dinge in die größte Verlegenheit; wir wissen zurzeit noch gar nicht genau, was wir im Gebiet der „schnellen“ Vorgänge eigentlich messen können, was also eine neue Theorie an Stelle der „Feldgrößen“ der Nahwirkungstheorie zu setzen hat. Und noch schlimmer: es hat den Anschein, als ob die Zusammenhänge zwischen den neu einzuführenden Meßgrößen in gewissen Fällen ganz anderer Art sein müßten als alles bisher Bekannte — um es kurz zu sagen: Das *Kausalgesetz selbst*, mit seiner vollkommenen Bedingtheit der kommenden Erscheinungen durch die gegenwärtigen und vergangenen, *scheint in seiner bisherigen Form in Frage gestellt*.

(Schluß folgt.)

## Besprechungen.

Gelb, A., und K. Goldstein, *Psychologische Analysen hirnpathologischer Fälle*. 1. Band. Leipzig, J. A. Barth, 1920. 561 S. Preis geh. M. 60,—.

Sechs Arbeiten aus dem Institut zur Erforschung der Folgeerscheinungen von Hirnverletzungen in Frankfurt a. M., die vorher an verschiedenen Stellen veröffentlicht waren (Ztschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiat., 41, Neurol. Zentralbl. 22, 1918, Zeitschrift für Psychologie 83, 84, 86), sind zu einem stattlichen Bande vereinigt, aus dem man so recht die Fruchtbarkeit der bisherigen Leistungen des neu gegründeten Instituts ersehen kann. Ein Neurologe und ein Psychologe haben sich zusammengefunden und ihre Arbeitskräfte dem Studium der psychischen Erscheinungen gewidmet, die durch Kopfverletzungen entstehen. Die Aufgabe verdient den Einsatz, einmal gilt es zu helfen, den vielen Opfern des Krieges wieder die Möglichkeit einer regelmäßigen und ihnen angepaßten Tätigkeit zu verschaffen, zum andern bieten diese Er-

scheinungen eine überaus reiche Fundgrube für theoretische, die Grundlagen der Psychologie und Hirnphysiologie berührende Erkenntnisse, wenn man nur versteht, sie auszuschöpfen. Und daß die Verf. der im vorliegenden Band enthaltenen Beiträge, die Herausgeber selber und ein ständiger Mitarbeiter des Instituts W. Fuchs, dieser Aufgabe in besonderem Maße gewachsen sind, das zeigen ihre Arbeiten, in denen sie Methoden über Methoden ersinnen, um den oft gänzlich widerspruchsvoll und unerklärlich aussehenden Erscheinungen beizukommen. Gerade die Art und Weise, wie in jedem Falle jedes Phänomen analysiert wird, wie die Entstehungsbedingungen planmäßig variiert werden, bis die Erklärung gelungen, andere zunächst mögliche Hypothesen widerlegt sind, das scheint mir kein geringerer Ertrag der Arbeiten als die eigentlichen Resultate, so hoch diese auch zu bewerten sind.

Den Schlüssel zu ihrer Methode geben uns die Herausgeber im ersten Beitrag. „Die bisherigen psychopathologischen Untersuchungen haben die Darlegung der Defekte, die Erörterung darüber, was ein Patient nicht kann, gewöhnlich allzusehr in den Vordergrund gerückt und darüber die Frage, wie denn das normale Erkennen modifiziert ist, *wie denn das pathologisch veränderte Erlebnis tatsächlich beschaffen ist, etwas vernachlässigt*“ (S. 5). Gerade auf die von mir gesperrten Worte legen aber die Arbeiten des Frankfurter Instituts den Nachdruck. Erst dann ist eine Fehl- und eine gute Leistung wirklich zu verstehen.

Ein zweites nicht weniger wichtiges Merkmal dieser Arbeiten ist, daß sie theoretisch auf dem Boden der Wertheimerschen Gestalttheorie stehen, über die der Ref. mehrfach in dieser Zeitschrift berichtet hat. Nicht aber etwa ist es so, daß diese Theorie einfach vorausgesetzt wurde und nun alle Tatsachen in sie hineingepreßt sind, sondern jede Reihe von Experimenten führte immer wieder zum Resultat: nur Gestaltprinzipien können die letzte Erklärung liefern. Daß dann im Lauf der Forschung die Theorie mehr und mehr auch die Fragestellungen lieferte, ist selbstverständlich und beweist nur ihre Tragfähigkeit und Fruchtbarkeit.

Aus der reichen Fülle der Ergebnisse sollen nur ganz wenige Beispiele zur Verdeutlichung des bisher Gesagten mitgeteilt werden. In zwei ausführlichen Abhandlungen, die zusammen fast die Hälfte des Bandes einnehmen, schildern die Herausgeber einen Fall schwerster Seelenblindheit. Er erweist sich als eine *Störung schon der primitivsten Gestalten*, so daß man mit den Verf. von einer „totalen Gestaltblindheit“ sprechen kann. Der Patient *sieht*, aber selbst so elementare optische Erlebnisse wie der Geradheits- und Krümmungseindruck fehlen ihm; was er sieht, sind farbige und farblose Flecke von ganz ungefährer Breite und Höhe und ungefährer Verteilung im Gesichtsfelde, die aber bei komplizierteren Dingen schon dem bloßen Eindrucke des Gewirrs Platz macht. Seine Sehstörung beruht nicht auf dem Ausfall von Vorstellungen oder sonstigen assoziativen Faktoren, sondern darauf, daß die einfachsten Gestaltprozesse bei ihm nicht mehr zustande kommen. So kann der Patient z. B. auch keine Bewegung sehen. Der Sachverhalt war aber außerordentlich schwer aufzuklären, weil der Patient dem ersten Eindruck nach in seinem täglichen Verhalten relativ sehr wenig behindert ist, er kann, wenn auch langsam, lesen, er spielt Karten u. dgl. Daß er diese Leistungen bei seinem radikalen