

Was bedeuten die gegenwärtigen physikalischen Theorien für die allgemeine Erkenntnislehre¹?

VON PHILIPP FRANK, Prag.

Es dürfte viele Physiker und Philosophen geben, die auf die im Titel gestellte Frage mit dem einfachen Wörtchen „nichts“ antworten. Aus welchen Gründen viele Philosophen diese im eigentlichen Sinne des Wortes „nichts“ Antwort geben, will und kann ich hier nicht untersuchen. Woher kommt es aber, und von dieser Frage wollen wir hier ausgehen, daß so viele Physiker behaupten, die größten Umwälzungen in den Theorien der Physik seien nicht imstande, die Grundlehren der allgemeinen Erkenntnistheorie umzugestalten? Zum Beispiel findet man in den physikalischen Arbeiten über Relativitätstheorie oft mit einer gewissen Leidenschaftlichkeit den Satz verfochten, die relativistische Umgestaltung der Raum- und Zeitmessung habe keinerlei „philosophische“ Konsequenzen.

Wer sich einigermaßen mit der historischen Entwicklung der Physik beschäftigt hat, dem wird sofort eine ähnliche Erscheinung auffallen, die in der Epoche auftrat, als die großen Umwälzungen in den physikalischen Theorien sich abspielten, die von der antik-mittelalterlichen, scholastischen Naturauffassung zur modernen führten und die sich vor allem an die Namen KOPERNIKUS, GALILEI, KEPLER knüpfen. Man liest, daß die Anhänger der damals revolutionären heliozentrischen Auffassung sich eifrig bemühten, nachzuweisen, daß durch die KOPERNIKANISCHE Umwälzung nur etwas mathematisch-physikalisch Neues entstanden sei, daß aber sich in der allgemeinen, „philosophischen“ Auffassung der Welt ganz und gar nichts geändert habe. Man wird sich darüber nicht wundern, wenn man bedenkt, daß in dem berühmten Prozeß gegen GALILEI bei dem Zwang, der auf ihn ausgeübt wurde, seine Lehre abzuschwören, es sich keineswegs darum handelte, wie man in oberflächlichen Darstellungen oft liest und wie es in dem berühmten „und sie bewegt sich doch“ verewigt ist, zu beschwören, daß er an die Bewegung der Erde nicht mehr glaube; sondern was die Inquisition von GALILEI wollte, war nur, daß er bekennen sollte, die Lehre von der Bewegung der Erde sei nur im Sinne einer mathematischen Fiktion richtig, als „philosophische“ Lehre aber falsch. Man kann in dem Standpunkt der Inquisition auch etwas finden, was der modernen relativistischen Auffassung entspricht, nach der man nicht sagen kann, daß „in Wirklichkeit“ die Erde sich bewegt und die Sonne stillsteht,

¹ Vortrag, gehalten in der Eröffnungssitzung des deutschen Physiker- und Mathematikertages in Prag am 16. September 1929.

sondern nur, daß die Beschreibung der Erscheinungen in einem Koordinatensystem, in dem das der Fall ist, einfacher ausfällt. Von GALILEI wurde aber mehr verlangt; er sollte zugeben, daß die heliozentrische Auffassung eine mathematische Fiktion ist, die geozentrische aber eine „philosophische“ Wahrheit. Man sieht leicht, daß auch dieser Standpunkt der mittelalterlichen Mächte sein Analogon in unserer Zeit findet, daß auch heute oft deshalb eine fiktionalistische Auffassung vortreten wird, um durch Kontrastwirkung die „ewig feststehenden“, „philosophisch einsehbaren“ Wahrheiten stärker hervortreten zu lassen. Sehr oft wird von Philosophen und manchmal auch von Physikern behauptet, daß z. B. die nichteuklidische Geometrie oder die EINSTEINSche Zeitmessung mathematische Fiktionen seien, während die Euklidische Geometrie und die absolute Zeit in der Natur der Dinge begründete Wahrheiten sein sollen.

Noch öfter finden wir aber, daß die Physiker sich weigern, über Fragen wie Zeit, Raum, Kausalität u. ä. eine Entscheidung zu treffen, daß sie vielmehr diese dem kompetenten Fachmann, dem Philosophen oder Erkenntnistheoretiker zuschieben. Da ja heute niemand dieselbe Angst wie GALILEI zu haben braucht, so muß diesem Verzicht eine Überzeugung zugrunde liegen, die sich ungefähr so formulieren läßt: Es gibt Fragen, die so tief sind, daß sie von der exakten Wissenschaft nicht gelöst werden können. Dabei glauben einige, daß es eine besondere Methode, die „philosophische“, gibt, mit deren Hilfe solche Fragen wie die nach dem Wesen von Zeit, Raum und Kausalität gelöst werden können, während andere diese Fragen für ewig unlösbar, als „ewige Rätsel“ erklären.

Dieser für die exakten Wissenschaften resignierte Standpunkt hat seine klassische Prägung in der berühmten Rede von E. DU BOIS-REYMOND erhalten, die aus dem Jahre 1872 stammt und den Titel „Über die Grenzen des Naturerkennens“ führt. Diese Rede, die in dem Worte „Ignorabimus, wir werden niemals wissen“, gipfelt, ist unzählige Male zitiert worden, von den Verkleinerern der naturwissenschaftlichen Weltauffassung mit Triumph, von den Anhängern mit wehmütiger Zustimmung; ihr wesentlicher Inhalt gilt bei den meisten Philosophen und Naturforschern als unumstößliche Wahrheit, sie hat in der Geschichte der naturwissenschaftlichen Weltauffassung die Rolle eines Ganges der Naturforscher nach Canossa gespielt. Wenn wir uns überlegen, durch welche Argumente DU BOIS-REYMOND zu seinem Ignorabimus gelangte, so müssen wir bei dem heutigen

Stande der Erkenntnislehre der exakten Wissenschaften zu der Überzeugung kommen, daß es Zeit ist, die ganze Frage noch einmal aufzurollen und einmal wieder nachzusehen, ob der verzweifelte Standpunkt gegenüber der naturwissenschaftlichen Erkenntnis wirklich unausweichlich ist.

Du Bois geht von dem Satze aus: „Naturerkennen ist Zurückführen der Veränderungen in der Körperwelt auf Bewegungen von Atomen, die durch von der Zeit unabhängige Zentralkräfte bewirkt werden . . . Es ist psychologische Erfahrungstatsache, daß, wo solche Auflösung gelingt, unser Kausalitätsbedürfnis sich *vorläufig* befriedigt fühlt.“

Es bleibt aber noch die Frage übrig, wie Materie imstande ist, die Zentralkräfte auszuüben. Diese Frage läßt sich natürlich nicht wieder durch Zurückführung auf Zentralkräfte lösen. Dann heißt es wörtlich: „Niemand, der tiefer nachgedacht hat, verkennt die transzendente Natur des Hindernisses, das hier sich uns entgegenstellt . . . Nie werden wir besser als heute wissen, was hier, wo Materie ist, im Raume spukt. Denn sogar der LAPLACESCHE Geist könnte in diesem Punkte nicht klüger sein als wir . . . Unser Naturerkennen ist also eingeschlossen zwischen den beiden Grenzen, welche einerseits die Unfähigkeit, Materie und Kraft, andererseits das Unvermögen, geistige Vorgänge aus materiellen Bedingungen zu begreifen, ihm ewig stecken.“ Wenn wir von dem Problem des Zusammenhanges von Geistigem und Materiellem absehen, das uns hier nicht beschäftigt, sieht DU BOIS also die Grenzen des Naturerkennens vor allem in der Unmöglichkeit, das Wesen von Materie und Kraft zu begreifen. Er fährt dann fort:

„Innerhalb dieser Grenzen ist der Naturforscher Herr und Meister, zergliedert er und baut auf; . . . über diese Grenzen hinaus kann er nicht und wird er niemals können. Gegenüber den Rätseln der Körperwelt . . . ignoramus . . . gegenüber dem Rätsel aber, was Materie und Kraft seien, und wie sie zu denken vermögen, muß er ein für allemal zu dem viel schwerer abzugebenden Wahrspruch sich entschließen: ignorabimus“ — wir werden niemals wissen.

Was bedeutet es aber, wenn man sagt: eine Frage ist unlösbar? Stellen wir uns z. B. vor, jemand würde behaupten, das Problem einer ständigen Flugverbindung mit dem Planeten Neptun sei unlösbar, oder das der Herstellung eines lebendigen Organismus aus lebloser Materie sei unlösbar. Trotzdem wird auch derjenige, der eine solche Behauptung aufstellt, ganz genau angeben können, welche konkreten Erlebnisse wir hätten, wenn das Problem gelöst wäre. Man kann sich aber in keiner Weise, auch nicht einmal ungefähr vorstellen, was man erleben müßte, um sagen zu können, die Frage nach dem Wesen der Materie oder der Kraft sei gelöst oder gar, „man wisse“, wie DU BOIS verlangt, „was eigentlich dort, wo Materie ist, im Raume spukt“. Wenn z. B. HEINRICH HERTZ, wie man oft sagt, das Wesen des Lichtes aufgeklärt hat, so ist das

keineswegs in dem von DU BOIS gemeinten Sinne gelungen. Nach HERTZ sind einfach den Licht- und elektromagnetischen Erscheinungen dieselben Gleichungen, nur mit anderen Werten der Wellenlänge zugeordnet, das Wesen des Lichtes ist damit ebensowenig klar wie früher, da auch das Wesen der Elektrizität in diesem Sinne ein ewig unlösbares Rätsel ist.

Wenn man den Unterschied dieser beiden Arten von ungelösten und vielleicht unlösbaren Problemen ins Auge faßt, den DU BOIS durch die Worte „ignoramus“ und „ignorabimus“ zu kennzeichnen sucht, so muß bei jedem, der gewohnt ist, sich mit der wirklichen Lösung von Problemen zu beschäftigen, ein gewisses Mißbehagen sich einstellen, wenn er sich den Problemen der zweiten Art zuwendet. Denn er ist doch gewohnt, bei der Lösung so vorzugehen, daß er sich zuerst das Erlebnis, das der fertigen Lösung entspricht, irgendwie vorzustellen sucht und so lange arbeitet, bis er es zustande bringt, das gesuchte Erlebnis wirklich zu haben. Wenn man aber gar nicht angeben kann, worin dieses Erlebnis überhaupt bestehen soll, ist da überhaupt eine Problemstellung vorhanden?

Wir sehen nun in der Tat sehr oft, daß der Physiker in seiner Eigenschaft als Physiker derartige Problemstellungen ablehnt, aber mit einem anderen Winkel seiner Seele doch zugibt, daß solche Probleme mit anderen, nicht physikalischen, sondern, wie man sagt, „philosophischen“ Methoden in Angriff genommen werden können. Wenn wir den Grund untersuchen, warum Physiker, die als solche den größten Wert auf exakte Fragestellungen legen, doch die Möglichkeit ganz andersartiger trotz ihres Mißbehagens zugeben, so glaube ich, daß man davon ausgehen muß, daß gar mancher Physiker, wenn er nicht gerade als Fachmann arbeitet, noch einer Weltauffassung zugeneigt ist, die durch eine Jahrhunderte dauernde Überlieferung in dem Unterricht jeder Stufe sich festgewurzelt hat, und die wir einfach die Weltauffassung der „Schulphilosophie“ nennen wollen.

Wir wollen die Frage hier nicht untersuchen, warum so viele Physiker an jener Schulphilosophie festhalten, obwohl gerade kritisch denkende Physiker am meisten zu ihrer Erschütterung beigetragen haben (denn die Gründe dieses Festhaltens sind nur psychologisch und vielleicht soziologisch zu verstehen); sondern wir wollen uns sofort fragen, worin denn der Standpunkt der Schulphilosophie besteht, und wieso er so viele Naturforscher dazu gebracht hat, dem resignierten ignorabimus ohne Widerstand zuzustimmen.

Man sagt, daß die philosophischen Schulen in ihren Ansichten so weit voneinander abweichen, daß sich eine einheitliche Weltauffassung bei ihnen nicht erkennen läßt. Trotz dieser Meinungsverschiedenheiten im einzelnen glaube ich aber, daß sich deutlich ein gemeinsamer durch Jahrhunderte überlieferter und fest gewordener Kern von Lehren abhebt, und daß ihm gegenüber sich erst schüchtern, dann immer klarer, aber

auch heute noch recht zaghaft eine neue Weltauffassung entwickelt, die an den Fortschritten der exakten Wissenschaften selbst allmählich erstarkt. Wir wollen, um irgendwelche Namen einzuführen, wie jene traditionelle Lehre als die „Schulphilosophie“, die neue, um kurz anzuzeigen, daß sie eine andere Erkenntnis als die wissenschaftliche nicht anerkennt, als „wissenschaftliche Weltauffassung“ bezeichnen.

Die Schulphilosophie, mag sie sich nun Realismus oder Idealismus nennen, ist charakterisiert durch eine bestimmte Auffassung von dem, was man Wahrheit nennt, also auch durch eine bestimmte Auffassung über das, was man als Problemstellung ansehen kann. Man kann den Grundgedanken jener Lehre der Schulphilosophie nicht besser darstellen, als es HENRI BERGSON in einigen Sätzen getan hat, die in seiner Einleitung zur französischen Übersetzung des Buches „der Pragmatismus“ des amerikanischen Psychologen WILLIAM JAMES stehen:

„Für die alten Philosophen gab es, erhoben über Raum und Zeit, eine Welt, in der seit Ewigkeit alle möglichen Wahrheiten ihren Sitz hatten; die Urteile der Menschen waren nach ihnen um so wahrer, ein je getreueres Abbild (Kopie) jener ewigen Wahrheiten sie waren. Die modernen Philosophen haben wohl die Wahrheit vom Himmel auf die Erde herabgeholt, aber sie sehen in ihr immer noch etwas, was vor unseren Urteilen existiert. Ein Satz wie ‚die Wärme dehnt den Körper aus‘ wäre nach ihnen ein Gesetz, das die Tatsachen beherrscht, das, wenn nicht über ihnen, doch in ihrer Mitte thront, ein Gesetz, das wirklich in unserer Erfahrung enthalten ist; uns bleibt nur übrig, es aus ihr herauszuziehen. Selbst eine Philosophie wie die KANTS, die annimmt, daß jede wissenschaftliche Wahrheit dies nur in bezug auf den menschlichen Geist ist, betrachtet die wahren Sätze als von vornherein durch die menschliche Erfahrung gegeben; wenn einmal diese Erfahrung im allgemeinen durch das menschliche Denken organisiert ist, besteht die ganze Arbeit der Wissenschaft darin, die hemmende Hülle der Tatsachen zu durchbrechen, in deren Inneren die Wahrheit haust wie die Nuß in ihrer Schale.“

Man sieht leicht, daß diese Auffassung der Wahrheit jede Art von Fragen erlaubt und überhaupt nur schwer dazu kommt, zwischen sinnvollen und sinnlosen Problemstellungen unterscheiden zu können. Denn auf jede Frage kann ja die Antwort hinter der Hülle der Tatsachen stecken, wenn man nur energisch genug bohrt. Es könnte dann im Prinzip auch möglich sein, solche Fragen zu beantworten wie die nach dem Wesen von Materie und Kraft. Wenn aber die Schale der Nuß so hart ist, daß sie nie durchbohrt werden kann, so daß die Antwort nicht herausgeholt werden kann, nennt man die Frage eine „ewig unlösbare“ und spricht resigniert „ignorabimus“. Wenn man diese Auffassung hat, kann man auch Fragen stellen wie jene für die Schulphilosophie am meisten

charakteristische, ob die Außenwelt überhaupt wirklich existiert und ob wir sie in ihren wahren Eigenschaften erkennen können. Darauf antwortet bekanntlich der Realist mit Ja, der Idealist mit Nein; keiner kann irgendein konkretes Erlebnis als entscheidend für seine Antwort anführen; aber beide stimmen darin überein, daß eine solche Frage ein sinnvolles Problem ist.

Es ist kein Zweifel, daß dieser Standpunkt der Schulphilosophie der Aufnahme und dem Verständnis der gegenwärtigen physikalischen Theorien große Schwierigkeiten bereitet. Man kann z. B. von diesem Standpunkt aus bei jedem Körper die Frage stellen, welches seine „wirkliche“ Länge ist, und wenn die Relativitätstheorie einem Körper in bezug auf verschiedene Bezugssysteme verschiedene Längen zuschreibt, wird der Anhänger der Schulphilosophie das so auffassen, daß diese Verschiedenheit auf „Störungen“ der Meßinstrumente beruht, welche die „richtige“ Messung praktisch unmöglich machen, was aber nicht hindert, daß eine Länge die „wirkliche“ zum Unterschied von den nur „scheinbaren“ gemessenen Längen ist. Aus der Schar der gleichförmig geradlinig gegeneinander bewegten Bezugssysteme kann nach dieser Auffassung nur eines in Wirklichkeit ruhen. Da nach der Relativitätstheorie, und so weit läßt sie sich experimentell sicher nicht widerlegen, durch keinen Versuch je festgestellt werden kann, welches dieses wirklich ruhende System ist, muß für den Anhänger der Schulphilosophie diese „wirkliche Ruhe“ eine Tatsache sein, die sich in keinem Erlebnis, das der Mensch konkret haben kann, verrät.

Wenn man es als selbstverständlich ansieht, daß ein Elektron in jedem Zeitpunkt eine bestimmte Lage und Geschwindigkeit haben muß, deren Messung nur vielleicht unmöglich ist, so erschwert man sich das Verständnis wichtiger Grundbegriffe der Quantenmechanik und ist genötigt, die quantenmechanischen Rechnungen, die man ja doch verwendet, so zu deuten, daß diese bestimmten Lagen und Geschwindigkeiten des Elektrons die Zukunft desselben nicht determinieren. Da aber andererseits durch die Lehren der Schulphilosophie auf dem Gebiete des mechanischen Geschehens der strenge Determinismus gefordert wird, ist man genötigt, für die Bewegung des Elektrons irgendwelche mystische, vitale, dem organischen Leben ähnliche Ursachen anzunehmen. Diese Konsequenz wird auch manchem angenehm und sympathisch sein; ich glaube aber nicht, daß sie für die physikalische Forschung nützlich ist. Sie folgt, wie gesagt, aber gar nicht, wie viele glauben, aus den Theorien der modernen Physik, sondern nur aus dem Wunsche, diese neuen Theorien mit der Weltauffassung der Schulphilosophie in Einklang zu bringen.

Man wird vielleicht dagegen einwenden, daß die meisten Physiker sich bei ihren Forschungen um Philosophie überhaupt gar nicht kümmern und daß ihnen daher die Schulphilosophie in keiner Weise beim Verständnis der Relativitäts- oder

Quantentheorie hinderlich sein kann. Sie betrachten diese Theorie, wie man sagt, „rein physikalisch“ und wissen überhaupt gar nichts von der philosophischen Weltauffassung. Wenn man aber nun wirklich zusieht, wie sich die Physiker zu den modernen Theorien verhalten, wird man finden, daß sie, je weniger sie über philosophische Fragen nachzudenken pflegen, desto mehr in ihrem Denken von den Traditionen der Schulphilosophie erfüllt sind. Die Erfahrung hat auch gezeigt, daß die Physiker, die geneigt waren, z. B. die Relativitätstheorie für sinnlos zu erklären, oft im Namen der „rein empirischen, spekulationsfreien“ Naturwissenschaft auftraten, daß aber ihre Argumente zum größten Teil gar nicht der Empirie, sondern gerade der Schulphilosophie entnommen waren. Man braucht ja nicht zu denken, daß man irgendwelche philosophischen Studien gemacht zu haben braucht, um diese Weltauffassung kennenzulernen. In allem Wissen, das uns von der Volksschule an eingeflößt wird, in allen Metaphern unserer Sprache ist sie implizit enthalten; ihre Anwesenheit wird gar nicht bemerkt, da sie durch eine Jahrhunderte andauernde Tradition zur Gewohnheit geworden ist; der „reine Empiriker“ verwendet sie unter dem harmlosen Namen „gesunder Menschenverstand“. Daher ist es auch kein Wunder, daß gerade der spekulationsfeindliche Physiker leicht geneigt ist, dem „ignorabimus“ von DU BOIS-REYMOND mit seiner Preisgabe der naturwissenschaftlichen Weltauffassung leicht zuzustimmen.

Die Bewegung gegen die Weltauffassung der Schulphilosophie geht aber nun gerade von Physikern aus, die unter dem Beschränken auf die reine Empirie nicht verstehen, solange man am Experimentiertisch sitzt, rein empirisch zu forschen und für die Deutung der gefundenen Ergebnisse den „gesunden Menschenverstand“, d. h. die traditionelle Philosophie sprechen zu lassen, sondern die versuchen, im ganzen Bereich ihrer Weltauffassung nur konkret Erlebtes als Element zuzulassen, wie es jeder Physiker am Experimentiertisch tut.

Diese kritisch denkenden Physiker mußten sich fragen: wie sind eigentlich diejenigen Probleme beschaffen, bei deren Lösung man weiterkommt, zum Unterschied von denen, bei deren Bearbeitung die Forscher sich seit Jahrhunderten, um es bildlich auszudrücken, um ihre eigene Achse drehen?

Man hat z. B. früher die Identität von Licht und Elektrizität nicht gekannt und kennt sie jetzt. Was bedeutet das? Man kann durch elektrische Maschinen (z. B. Sendeapparate) und durch Lichterzeugung Erscheinungen hervorbringen, die denselben formalen Gesetzen, den Wellengesetzen, genügen, wobei nur eine Größe, die Wellenlänge, verschiedene Werte besitzt. Es läßt sich diese Erkenntnis der Identität von Licht und Elektrizität als eine ganz bestimmte Aussage über konkrete Erlebnisse ausdrücken. Man muß keineswegs sie so aussprechen, daß damit über das „Wesen“

von Licht oder Elektrizität etwas gesagt ist. Man kann den optischen und elektromagnetischen Erlebnissen bestimmte Zeichen zuordnen, die Feldgrößen, zwischen denen formale Beziehungen, die Feldgleichungen, bestehen. Dann kann man aus gegebenen Zeichenkombinationen mit Hilfe der Gleichungen auf mathematischem Wege neue Kombinationen herleiten, die man mit Hilfe des Zuordnungsgesetzes wieder in Erlebnisse übersetzen kann. Man kann also mit Hilfe der Theorie, die aus Zuordnungsgesetz und Feldgleichungen besteht, aus gegebenen Erlebnissen aufkünftige oder vergangene Erlebnisse schließen und dadurch sich in der praktischen Beherrschung der Erlebnisse zurechtfinden. Identität von Licht und Elektrizität bedeutet dann eine Identität von mathematischen Beziehungen zwischen Zeichen. Eine Problemlösung bedeutet also theoretisch gesehen die Zuordnung von Zeichen zu den Erlebnissen, zwischen denen Beziehungen bestehen, die man angeben kann, und mehr praktisch gesehen die Möglichkeit, sich mit Hilfe dieses Systems in der Beherrschung seiner Erlebnisse zurechtzufinden.

Dasselbe gilt für mathematische Probleme. Wenn z. B. die Aufgabe gelöst werden soll, eine Lösung der LAPLACESchen Gleichung zu finden, die auf einer gegebenen Fläche gegebene Werte annimmt, so handelt es sich darum, aus Zeichen, die bekannten Verknüpfungsgesetzen genügen, durch Kombination dieser Verknüpfungen, solche Zeichenkomplexe herzustellen, die bestimmte konkret angebbare Eigenschaften besitzen. Diese Eigenschaften bestehen wieder darin, daß durch bestimmte Kombination von Zeichen nach den Verknüpfungsgesetzen sich bestimmte Zeichenkomplexe als Resultat ergeben sollen.

Wir sehen; bei keiner Art von solchen Problemen handelt es sich darum, eine „Übereinstimmung zwischen Gedanken und Objekt“, wie die Schulphilosophie sagt, hervorzubringen, sondern immer nur um die *Erfindung eines Verfahrens*, das geeignet ist, mit Hilfe eines geschickt gewählten Zeichensystems Ordnung in unsere Erlebnisse zu bringen und dadurch uns ihre praktische Beherrschung zu erleichtern. Die Wahrheit kann nicht außerhalb unserer Erlebnisse gesucht werden; die Forschung hat nicht das Suchen einer in einer „Nußschale steckenden Wirklichkeit“ zum Ziele; sondern das Gebäude der Wissenschaft muß aus den Erlebnissen selbst und nur aus ihnen aufgebaut werden.

Ehe ich näher darauf eingehe, wie sehr die heutigen physikalischen Theorien eine solche Auffassung der Wissenschaft verlangen, möchte ich an der Hand einiger historischen Bemerkungen auseinandersetzen, wie das Gebäude der Schulphilosophie allmählich unterwühlt wurde, und welche neuen Auffassungen an ihre Stelle getreten sind. Da diese Entwicklung sich erst in ihren Anfängen befindet, wird eine mehr aphoristische Darstellung eher möglich sein als eine wirklich systematische.

Gerade hier in Prag hat derjenige Physiker gelebt und geschrieben, der wohl am entschiedensten Kampf gegen die Auffassungen in der Physik geführt hat, die dem Wirklichkeitsbegriff der Schulphilosophie entsprechen. ERNST MACH lehrte in Prag vom Jahre 1867—1895, also von seinem 29. bis zu seinem 57. Lebensjahr. Er war Professor der Experimentalphysik, zuerst an der damals noch doppelsprachigen Prager Universität, nach der Teilung an der deutschen Universität. Hier schrieb er seine für die Erkenntnislehre der Physik wichtigsten Schriften: „Die Geschichte und Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit“ 1871 und die „Mechanik in ihrer Entwicklung“ 1883.

Seine Grundanschauung war die, daß alle Sätze der Physik Sätze über den Zusammenhang von Sinnesempfindungen sind, also Sätze, die über konkrete Erlebnisse etwas aussagen. Alle Begriffe, wie Atom, Energie, Kraft, Materie, sind nach MACH nur Hilfsbegriffe, die es erlauben, die Aussagen über Sinnesempfindungen in einfacherer und übersichtlicherer Form auszusprechen, als wenn man sie direkt als Aussagen über die Empfindungen formulieren würde. Damit verlieren alle Fragen nach dem Wesen von Kraft, Materie u. ä. ihren Sinn. Denn man kann diese Begriffe aus allen physikalischen Aussagen eliminieren und nur Aussagen über konkrete Erlebnisse stehen lassen. Das „ignorabimus“ gegenüber der Frage nach dem Wesen der Materie und der Kraft hat nach dieser Auffassung nicht mehr Berechtigung, als wenn ein Mathematiker sagen würde: „Die Wissenschaft kann wohl alle Lehrsätze über komplexe Zahlen aufstellen, aber das Wesen der komplexen Zahl wird sie nie ergründen; gegenüber diesem Problem müssen wir bescheiden ein ewiges ignorabimus bekennen.“ Dazu wird jeder Mathematiker einfach bemerken, daß die komplexen Zahlen nur eingeführt sind, um Aussagen über reelle Zahlen übersichtlicher zusammenfassen zu können, daß man aber grundsätzlich jeden Satz aus der Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen auch als Satz über reelle Zahlen aussprechen kann. Die Auffassungen MACHS sind zum großen Teil nur programmatisch gehalten. Weder er selbst noch seine unmittelbaren Schüler haben seinen Standpunkt systematisch weitergeführt und der Weltauffassung der Schulphilosophie eine ebenso geschlossene wissenschaftliche Auffassung entgegengestellt. Vielmehr ist die MACHSche Lehre durch viele Darstellungen eher ins Unbestimmte verwaschen, als zu einer konsequenten wissenschaftlichen Weltauffassung ausgebaut worden, ja man hat sie sogar wieder im Sinne der Schulphilosophie bald mehr realistisch, bald mehr idealistisch gedeutet, so daß sie vielen, wie z. B. der großen antimachistischen Literatur in Rußland, an deren Spitze LENIN selbst steht, nicht als Beginn einer neuen wissenschaftlichen Weltauffassung, sondern als letzte Modestalt der Schulphilosophie erschien.

Ähnliche Auffassungen wie MACH hat teilweise unabhängig von ihm in Frankreich der Physiker

PIERRE DUHEM vertreten, dessen Ausführungen wohl MACH, was weiten Blick betrifft, nicht erreichen, an logischer Schärfe aber oft übertreffen.

Von einer ganz anderen Seite tritt gegen die Schulphilosophie eine Richtung auf, die man oft mit dem Namen Konventionalismus bezeichnet. Ihr bedeutendster Vertreter ist der französische Mathematiker, Physiker und Astronom HENRI POINCARÉ. Er hat darauf aufmerksam gemacht, daß in physikalischen Aussagen oft Begriffe enthalten sind, die erst durch diese Sätze definiert werden, so daß diese Sätze niemals an der Erfahrung geprüft werden können, da sie verkleidete Definitionen, „Konventionen“, sind. So wird nach POINCARÉ der Begriff der Energie erst durch den Energiesatz definiert. Die Bedeutung des Konventionalismus für die Erkenntnis dessen, was die Sätze der Physik aussagen, ist meiner Ansicht nach sehr groß, und zur Erschütterung der Schulphilosophie hat unter den Physikern vielleicht niemand so viel beigetragen als POINCARÉ. In Deutschland ist der Hauptvertreter dieser Richtung HUGO DINGLER, der sich aber nach dem Prinzip „Gegensätze berühren einander“ durch extremes Anwenden des Konventionalismus wieder der Schulphilosophie genähert hat, indem er gewisse Konventionen als die einfachsten und daher einzig berechtigten nachweisen wollte.

Einen direkten Angriff gegen den Wahrheitsbegriff der Schulphilosophie richtete der amerikanische Psychologe WILLIAM JAMES in seinem Buche „Der Pragmatismus“, durch das die besonders in Amerika sehr verbreitete pragmatistische Gedankenrichtung eingeleitet wurde. Nach JAMES besteht die Wahrheit eines Systems von Sätzen, z. B. einer physikalischen Theorie, nicht darin, eine getreue Kopie der Wirklichkeit zu sein, sondern darin, daß sie uns gestattet, uns mit Hilfe dieser Sätze im Leben, in unseren Erlebnissen zurechtzufinden, auf sie unseren Wünschen gemäß einwirken zu können. Nach dieser Anschauung, die mit der von MACH im wesentlichen übereinstimmt, aber noch schroffer den Wahrheitsbegriff der Schulphilosophie ablehnt, ist jede Lösung eines Problems die Konstruktion eines Verfahrens, das uns bei der Ordnung und Beherrschung unserer Erlebnisse nützen kann. Wenn wir z. B. alle Mittel und Regeln des Maschinenbaues kennen, wenn wir wissen, welche Bewegungen unter gegebenen Umständen auftreten, so ist klar, daß es uns nicht das mindeste weiterhelfen würde, wenn wir außerdem noch das Wesen der Materie und der Kraft kennen würden. Wenn wir die Lösung eines Problems im Sinne von JAMES auffassen, so können wir solche Fragen überhaupt nicht als wissenschaftliche Problemstellung ansehen.

Nicht ganz mit den Worten von JAMES, aber sehr scharf und treffend kennzeichnet HENRI BERGSON in seiner Einleitung zur französischen Übersetzung des „Pragmatismus“ von W. JAMES, aus der wir auch die Kennzeichnung der Schul-

philosophie entnommen hatten, nun im Gegensatz dazu die Auffassung des Pragmatismus von der Wahrheit und der Wissenschaft.

„Die anderen Auffassungen (die der Schulphilosophie) machen aus der Wahrheit etwas, das schon früher vorhanden war als der wohlbestimmte Akt des Menschen, der sie zum erstenmal formuliert hat. Wir sagen: er war der erste, der sie gesehen hat, aber sie hat schon auf ihn gewartet, wie Amerika auf CHRISTOPH KOLUMBUS gewartet hat. Etwas hat sie bisher vor allen Blicken verborgen, sie sozusagen verdeckt: er hat sie entdeckt. — Ganz anders ist die Auffassung von WILLIAM JAMES. Er leugnet nicht, daß die Wirklichkeit, wenigstens zum großen Teil, unabhängig davon ist, was wir von ihr sagen oder denken; aber die Wahrheit, die sich nur an das knüpfen kann, was wir über die Wirklichkeit aussagen, scheint ihm erst durch unsere Aussage geschaffen. Wir erfinden die Wahrheit, um uns die Wirklichkeit nutzbar zu machen, wie wir mechanische Vorrichtungen schaffen, um uns die Naturkräfte nutzbar zu machen. Man könnte, wie mir scheint, das Wesentliche an der pragmatistischen Auffassung der Wahrheit in eine Formel folgender Art zusammenfassen: Während für die anderen Auffassungen eine neue Wahrheit eine Entdeckung ist, ist sie für den Pragmatismus eine Erfindung.“

Man hat oft eingewendet, daß der Pragmatismus nur die praktische, nicht aber die theoretische Bedeutung der Wissenschaft richtig kennzeichnet. Diesen Einwendungen gegenüber hat schon JAMES selbst erwidert: „Nach dem Interesse, das für einen Menschen besteht, frei zu atmen, ist sein allergrößtes Interesse dasjenige, das zum Unterschied von den meisten Interessen rein körperlicher Art keine Schwankung und keinen Verfall kennt, das Interesse, das er hat, sich nicht zu widersprechen, zu fühlen, daß das, was er in diesem Augenblick denkt, in Übereinstimmung ist mit dem, was er bei anderen Gelegenheiten denkt.“ Wie wir aber bald sehen werden, ist Widerspruchslosigkeit oder Eindeutigkeit die wesentlichste Eigenschaft jeder Erkenntnis, so daß irgendein Gegensatz zwischen praktischer und theoretischer Auffassung der Wahrheit nichts mit der pragmatistischen Wahrheitslehre zu tun hat.

Der Physiker hat bei seiner eigenen wissenschaftlichen Tätigkeit nie einen anderen Wahrheitsbegriff angewendet als den pragmatistischen. Die „Übereinstimmung der Gedanken mit ihrem Objekt“, wie die Schulphilosophie verlangt, ist ja durch kein konkretes Experiment festzustellen. Denn der Erfahrung sind immer wieder nur Erlebnisse, aber niemals ein Objekt gegeben, so daß mit ihm nichts verglichen werden kann. Der Physiker vergleicht in Wirklichkeit immer nur Erlebnisse mit anderen Erlebnissen. Er prüft die Wahrheit einer Theorie durch das, was man gewohnt ist, „Übereinstimmungen“ zu nennen.

So ergibt sich z. B. für das PLANCKSche Wirkungsquantum h auf verschiedenen Wegen immer

derselbe numerische Wert. Das heißt eigentlich folgendes: Die Größe h läßt sich auf ganz verschiedene Arten aus Erlebnissen konstruieren, so aus den Erlebnissen der Strahlung des schwarzen Körpers und aus denen der Balmerreihe des Wasserstoffspektrums u. a. Die Theorie, in der h eine Rolle spielt, behauptet nun, daß sich aus allen diesen verschiedenen Erlebnisgruppen, die qualitativ so verschieden sind, doch derselbe numerische Wert von h ergibt. Es handelt sich also nur um das Vergleichen von Erlebnissen miteinander. Dieses vom Physiker bei seiner Arbeit immer geübte Verfahren ist von MACH und JAMES zu einer allgemeinen Auffassung von den Kriterien der Wahrheit gemacht worden.

Bei alledem muß man aber zugeben, daß diese Auffassungen für den mathematischen Physiker etwas Unbestimmtes an sich haben, daß er immer den Eindruck hat, daß etwas an Präzision fehlt; und insbesondere die pragmatistische Wahrheits-theorie kann er schwer ganz ernst nehmen. Das rührt zum Teil daher, daß JAMES und bis zu einem gewissen Grade auch MACH die Rolle der formalen Logik für den Aufbau des Systems der menschlichen Erkenntnis nicht sehr hoch eingeschätzt, ja aus einer gewissen Opposition gegen den Mißbrauch der Logik durch die Schulphilosophie geradezu das „Fließende“ in der Erkenntnis gegenüber dem „starr Logischen“ betont haben oder, wie man auch sagen kann, gegenüber der mathematisch-logischen Betrachtungsweise, die ihnen immer nach Schulphilosophie noch, eine evolutionistisch-biologische vertreten haben. Dadurch sind die Mathematiker und mathematisch denkenden Physiker oft in einen gewissen Gegensatz zu den Lehren von MACH und JAMES gedrängt worden, und viele haben sich sogar, von dem logischen Gewande der Schulphilosophie verleitet, dieser gegenüber freundlicher verhalten als gegenüber den modernen Strömungen.

Es war daher sehr wichtig, daß noch von einer ganz anderen Seite aus Kritik an der Schulphilosophie geübt wurde, und zwar wurde diejenige Stelle angegriffen, die am unangreifbarsten schien, nämlich die Logik der Schulphilosophie. Die von den Philosophen angewendete Logik war bis in das neunzehnte Jahrhundert hinein nicht sehr verschieden von der Lehre, die schon ARISTOTELES aufgestellt hatte. Nun hatte sich aber im Anschluß an die Forschungen über die Grundlagen der Mathematik eine frische Strömung in der Logik bemerkbar gemacht, die das alte Schema des ARISTOTELES erschütterte. Diese Richtung ist in Deutschland vor allem durch die Namen SCHRÖDER, FREGE und HILBERT vertreten. Durch Anwendung einer der mathematischen nachgebildeten Symbolik gab sie der Logik eine Bewegungsfreiheit und Schmiegsamkeit, die sie früher nicht besessen hatte, und die es ermöglichte, weit verwickeltere Gedankengebäude zu ordnen, als dies nach der Schullogik gelingen konnte.

Es zeigt sich nämlich, und dies ist vor allem

das Verdienst des englischen Mathematikers und Logikers BERTRAND RUSSEL und seiner Schüler, besonders des Österreicherers WITTGENSTEIN, daß die Logik der Schulphilosophie durch die Enge ihres Schemas im Vorhinein es unmöglich machte, gewisse Gedanken auszudrücken und daß zum großen Teil die von der Schulphilosophie als sicher angesehenen Sätze nur dadurch so sicher waren, daß sich das Gegenteil nicht in das Schema der ARISTOTELISCHEN Logik fügte.

So hat RUSSELL darauf hingewiesen, daß es einer der verhängnisvollsten Irrtümer der Schullogik war, anzunehmen, daß jedes Urteil darin bestehe, einem Subjekt irgendeine Eigenschaft als Prädikat zuzusprechen. Wenn man z. B. sagt, daß ein Körper *A* in bezug auf einen anderen Körper *B* sich bewegt, so wird der Anhänger der Schullogik fordern, daß einem oder dem anderen Körper an sich das Prädikat der Bewegung zukommt. RUSSEL hat nun gezeigt, daß sehr viele Urteile darin bestehen, eine Relation, eine Beziehung zwischen zwei Dingen auszusagen und sich nicht auf die Aussage einer Eigenschaft eines einzigen Dinges zurückführen lassen, was vielmehr nur ein ganz spezieller Fall ist. Dadurch erscheinen dem Anhänger der Schullogik z. B. Aussagen wie die folgende im Vorhinein als sinnlos: wenn zwei Körper sich relativ zu einander bewegen, so hat es keinen Sinn zu fragen, welcher sich nun „wirklich“ bewegt, d. h. welchem das Prädikat „in Bewegung befindlich“ zukommt.

RUSSEL sagt über die Schulphilosophie, die mehr oder weniger bewußt jene alte Logik übernommen hat, sehr zutreffend: „Die unbewußte Überzeugung, daß alle Urteilsätze die Subjektprädikatform haben müßten, mit anderen Worten, daß jede Tatsache darin bestünde, daß ein Ding eine Eigenschaft haben müsse, hat — diese Überzeugung hat die

meisten Philosophen unfähig gemacht, der Welt der Wissenschaft und des täglichen Lebens irgendwie gerecht zu werden . . . die meisten von ihnen strebten aber weniger nach wahren Verständnis dieser Welt, als vielmehr danach, ihre Unwirklichkeit nachzuweisen im Interesse einer übersinnlichen, wahrhaft wirklichen Welt.“

Während mit Hilfe der alten Logik die Schulphilosophie mühelos die Unsinnigkeit des pragmatistischen Wahrheitsbegriffes und auch der relativistischen Auffassung in der Physik deduzieren könnte, war die neue Logik RUSSELLS und seiner Schule geeignet, die rein empiristischen und daher teilweise noch unscharfen Auffassungen von MACH und JAMES zu einem wirklichen System der wissenschaftlichen Weltauffassung ausbauen zu helfen, das auch in formal-logischer Beziehung der Schulphilosophie überlegen war.

Diejenigen mathematisch-physikalisch orientierten Philosophen, die sich zunächst an RUSSEL anschlossen und anfangs für MACH wenig und für JAMES fast nichts übrig hatten, verwarfen doch ebenso wie diese den Wahrheitsbegriff der Schulphilosophie. Sie suchten aber im Gegensatz zum Pragmatismus das System der Wissenschaft nicht nur in der allgemeinen und etwas unbestimmten Weise dadurch zu charakterisieren, daß sie sagten, dieses System sei ein Instrument, das erfunden und konstruiert wird, um sich in den Erlebnissen zurechtfinden zu können, sondern sie untersuchten die Struktur, den Bau dieses Instrumentes. Die Untersuchung geschah durch eine Analyse der Methode, mit Hilfe deren die Physik die Erlebnisse durch ein mathematisches Formelsystem ordnete. An dieser fortgeschrittensten Naturwissenschaft orientierten sich die Forderungen, die an wissenschaftliche Erkenntnis überhaupt gestellt wurden.

(Schluß folgt.)

Läßt sich das Pflanzenwachstum mathematisch erfassen?

Kritische Betrachtungen zu den Gesetzen von Mitscherlich.

VON HEINRICH PINCESS, Arnstadt i. Th.

Seit alters lehren Physiologen und Biologen, daß die Ernährung des Menschen aus gemischter Kost bestehen müsse, und daß ein Säugling, dessen Nahrung nicht alle zum Aufbau von Knochen, Muskeln, Nerven usw. erforderlichen Stoffe enthält, sich zu keinem vollwertigen Individuum entwickeln könne — eine durchaus einleuchtende Anschauung, deren Richtigkeit unter anderem ja auch der Krieg bewiesen hat. So hat RUBNER z. B. die minimale Calorienmenge berechnet, die dem Menschen unbedingt zugeführt werden muß, und sie auf eine Anzahl von Nahrungsmitteln verteilt. Eine mathematische Formel, die das Menschenwachstum in Abhängigkeit von Art und Menge der aufgenommenen Nährstoffe bringt, ist aber weder von ihm noch von anderen Forschern auch nur aufzustellen versucht worden.

Was für den Menschen, sicher auch für das Tier gilt, hat — mutatis mutandis — natürlich

ebenfalls Gültigkeit für die Pflanzen. Es ist selbstverständlich, daß wenn man dem Boden einen lebenswichtigen Stoff, z. B. Phosphor, dauernd vorenthalten wollte, der Ernteertrag weit hinter der Norm zurückbleiben würde. Andererseits ist einleuchtend, daß er durch einen bestimmten Betrag eines Nährstoffes nach oben hin begrenzt wird. Wenn man demgemäß der Boden einheit beispielsweise 150 g Stickstoff (N), 250 g Phosphorsäure (P) und 160 g Kali (K) einverleibt und dadurch einen gewissen Ertrag, der mit *E* bezeichnet sei, erhält, so wird bei einer Steigerung von P und K nebst gleichzeitiger Konstanthaltung der Menge N der Ertrag über ein gewisses Maß nicht hinausgehen, weil der im relativen Minimum befindliche Nährstoff eine über eine bestimmte Größe sich fortsetzende Entwicklung der Pflanze nicht zuläßt. Dieses zuerst von JUSTUS LIEBIG erkannte und formulierte Gesetz vom Mini-

imum besagt also, daß der im relativen Minimum vorhandene Nährstoff den Ernteertrag bestimmt — ein Gesetz, dessen allgemeine Gültigkeit vielfach experimentell erwiesen worden ist. Als Regulativ des Pflanzenwachstums kommt also hiernach nur ein Produktionsfaktor in Frage, eine immerhin etwas merkwürdige Sachlage; denn man fragt unwillkürlich, ob die Pflanze bei einem großen Überschuß zusätzlicher, hochwertiger Nährstoffe nicht doch ein bestimmtes Stadium überwinden könne. Diese offenbare Lücke in dem LIEBIGSchen Gesetz ist von LIEBSCHER durch sein *Gesetz vom Optimum* ausgefüllt worden. Es besagt, daß die Pflanze den im Minimum vorhandenen Produktionsfaktor zu um so höherer Produktion benutzen kann, je mehr die anderen Produktionsfaktoren sich für sie im Optimum befinden. Dieses Gesetz ist nun aber nicht so aufzufassen, als ob ein Optimum der zusätzlichen Nährstoffe unter Umständen sehr große Ertragssteigerungen im Gefolge haben könnte. Dagegen spricht nämlich das *Gesetz vom Maximum*, welches besagt, daß ein Wachstumsfaktor für das Pflanzenwachstum schädlich wirken kann, wenn er in zu großer Menge auf die Pflanze einwirkt.

Diese 3 Gesetze, sinngemäß kombiniert, bilden bis vor kurzem die Grundlage für die Landwirtschaftswissenschaft, sie entsprechen allen in der Praxis gemachten Erfahrungen und sind oft durch spezielle Versuche erhärtet worden, von denen einer der bekanntesten der sog. Wasser- versuch von R. LANGER ist. Sie drücken gemeinsam auch das aus, was man als Forderung hinsichtlich einer guten Ernte mit dem Ausdruck: Harmonie der Nährstoffe bezeichnet hat. Für maximale Erträge sind also, worauf schon eingangs hingewiesen wurde, optimale Verhältnisse, will sagen Proportionen der einzelnen Produktionsfaktoren notwendig. So hat unter anderem O. LOEW gezeigt, daß zur Erzielung einer guten Ernte ein bestimmtes Verhältnis von Kalk und Magnesia beibehalten werden müsse, aber auch für die anderen Nährstoffe sind solche Nährstoffgleichgewichte ermittelt worden, auf die noch zurückzukommen sein wird.

Die Unvollkommenheit der vorstehend aufgeführten 3 Wachstumsgesetze liegt aber darin, daß sie nichts Quantitatives aussagen. Es ist nun das Verdienst von E. A. MITSCHERLICH¹ und seines Mitarbeiters B. BAULE, daß sie diese Tatsache als einen Mangel richtig empfunden und als erste versucht haben, diesen Gesetzen eine streng mathematische Form zu geben. Ihr Ziel ist also eine quantitative Lösung des Düngeproblems. Das MITSCHERLICHsche *Gesetz von den Wachstumsfaktoren* lautet: Die Ertragssteigerung durch einen Wachstumsfaktor ist proportional dem am erreichbaren Höchstertrage fehlenden Ertrag; jeder Wachstumsfaktor vermag, unabhängig von allen andern, den Ertrag zu steigern.

Mathematisch wird dieses Gesetz durch die logarithmische Gleichung:

$$\log(A - y) = \log A - c(x + b) \quad (1)$$

zum Ausdruck gebracht, worin bedeutet: A den Höchstertrag, y den jeweiligen Ertrag, c den Wirkungswert oder -faktor eines Wachstumsfaktors, x die dargereichte und b die bereits im Boden befindliche Nährstoffmenge. Voraussetzung für seine Gültigkeit ist die *Konstanz der Wachstumsfaktoren*, d. h.: jeder Wirkungswert oder -faktor eines jeden Wachstumsfaktors ist eine konstante Größe. Diese Grundhypothese, der Kernpunkt der MITSCHERLICHschen Theorie, zugleich aber ihre schwächste Stelle, ist natürlich von ungeheurer Tragweite; besagt sie doch nichts anderes, als daß z. B. der Produktionswert des Stickstoffs unabhängig von der Bodenbeschaffenheit, der Berieselung, der Lichteinwirkung, der Temperatur usw. für alle Pflanzen stets der gleiche ist. Die Wirkungswerte wurden von MITSCHERLICH errechnet und sind für Stickstoff: 0,122, für Phosphorsäure als P_2O_5 : 0,6, für Kali (K_2O) ohne Natron: 0,33, mit Natron: 0,93¹. Daß hiernach Stickstoff den geringsten Produktionswert hat — was im Gegensatz zu der landläufigen Meinung steht, die ihm unter den 3 Düngemitteln, irrtümlicherweise, den höchsten Produktionswert zuschreibt — ist in guter Übereinstimmung mit anderen Befunden. So sind folgende optimale Nährstoffgleichgewichte festgestellt worden:

Von:	Für:		
	N	P_2O_5	K_2O
WOLFF (1877)	2	1	1,6
LEMMERMANN (1918) . . .	3-4	1	2
WAGNER, für { Getreide . .	4	1	1,7
{ Kartoffeln . .	6	1	3,8

Aus obigen Zahlen ist ebenfalls ersichtlich, daß Stickstoff den kleinsten Wirkungswert hat.

Das Gesetz von den Wachstumsfaktoren besagt in Worten, daß, wenn man z. B. mit der ersten Düngergabe auf 50 % des möglichen Höchstertrages $A = 100\%$ kommt, man mit einer zweiten gleichen Dosis eine Ertragssteigerung um 25 % erhält, mit einer dritten gleichgroßen Menge eine Steigerung um 12,5 % usw., wobei stets dieselben Beträge, nämlich 50 %, 25 %, 12,5 % usw. an A fehlen. Auf gewisse Analogien hierzu in der physikalischen Chemie sei des Interesses halber hingewiesen. Bei der Zuckereinversion ist bekanntlich die in der Zeiteinheit invertierte Menge proportional der noch in Lösung befindlichen, und beim Auflösen von Kochsalz in Wasser ist ja die Lösungsgeschwindigkeit proportional der Menge, die bis zur Sättigung noch fehlt.

Unter Zugrundelegung der MITSCHERLICHschen Wirkungsfaktoren ergibt sich, daß nachstehende

¹ Landw. Jb. 64, 191 (1926).

¹ Vgl. auch NOACK, Biedermanns Zbl. 58, 109 (1929) und RATHSACK, Landw. Jb. 65, (1927).

Erträge mit nachstehenden Düngemittelmengen erhalten werden können¹:

Prozent des möglichen Höchstsertrags	Düngemittel in kg/ha	
	P ₂ O ₅	K ₂ O
50	50	32
75	100	65
87,5	150	97,5
93,7	200	130

Allerdings haben einige Nachprüfungen diese Gesetzmäßigkeit nicht durchweg bestätigen können. Bei praktischen Versuchen haben sich bei den ersten Gaben starke Abweichungen von der obigen Proportionalität ergeben, erst von der vierten Gabe ab ist in einem Falle eine leidliche Übereinstimmung erzielt worden. MITSCHERLICH hat aber aus seiner Formel Ertragstafeln für Düngemittel berechnet. Aus ihnen lassen sich aus dem prozentischen Verhältnis des geernteten Ertrages zum möglichen Höchstertag Rückschlüsse auf den Nährstoffgehalt des Bodens ziehen.

Aus dem Gesetz von MITSCHERLICH folgt weiter zwangsläufig die Möglichkeit, die Düngedürftigkeit eines Bodens in einfacher Weise zu bestimmen. Infolge der Konstanz der Wirkungsfaktoren müssen nämlich Gefäßversuch und Feldversuch miteinander übereinstimmen. Über ein solches Verfahren sind aber die Meinungen anderer Forscher wohl mit Recht geteilt. Diesbezügliche Nachprüfungen und Versuche von LEMMERMANN², KÖNIG-HASENBÄUMER, NEUBÄUER³ u. a. haben abweichende Ergebnisse gezeitigt.

Als nächste Konsequenz aus dem Gesetz der Wachstumsfaktoren ergibt sich, daß die Düngemittelwirkung eine potentielle ist, d. h. daß der Effekt eines Düngergemisches sich nicht als Summe der Wirkungen seiner Bestandteile, sondern als ein Vielfaches davon darstellt. Wie man sieht, wird hier eine für das Mischdüngerproblem ungemein wichtige Frage berührt. Mathematisch wird dieser Sachverhalt folgendermaßen entwickelt. Nach MITSCHERLICH⁴ gilt die Beziehung:

$$y = A(1 - e^{-c_1x_1})(1 - e^{-c_2x_2})(1 - e^{-c_3x_3}) \dots \text{ usw. } (2)$$

worin e die Basis der natürlichen Logarithmen ist, während die übrigen Buchstaben dasselbe wie in (1) bedeuten. Setzt man nun:

$$c_1x_1 = c_2x_2 = c_3x_3 = \dots \text{ usw. } = c_nx_n,$$

so folgt:

$$y = A(1 - e^{-cx})^n \quad (3)$$

in welcher Gleichung das eigentliche *Pflanzenwachstumsgesetz* zum Ausdruck kommt. Voraussetzung dafür ist also — abgesehen natürlich von der Konstanz der Wirkungsfaktoren (c) — gemäß der Ableitung die Tatsache, daß alle Wachstumsfaktoren in ausreichender Menge vorhanden sind. Für diesen Idealfall wird dem Gesetz sogar

Allgemeingültigkeit zugesprochen. Bei der rechnerischen Behandlung obiger Gleichung und Auftragung der gefundenen Werte in ein Koordinatensystem resultiert eine bestimmte Kurve, und während MITSCHERLICH behauptet, diese Kurve falle mit der durch praktische Versuche erhaltenen zusammen, behaupten andere namhafte Forscher das Gegenteil und finden, daß MITSCHERLICH nur durch eine Art „Anpassung“ und „Angleichung“ seiner Werte zu von der Theorie geforderten Resultaten gelangt.

Wie dem auch sein mag — der Streit wütet gerade jetzt mit besonderer Heftigkeit —, daß die Düngemittel keinen additiven Effekt haben, hat LEMMERMANN¹ in einfacher und anschaulicher Weise dargetan. In einer Versuchsreihe erzielte er a) ohne Düngung einen Ertrag 19,1, b) mit KPN-Düngung einen Ertrag 28,0, also einen Mehrertrag von 8,9. Die Volldüngung zerlegte er in nachstehende Einzeldüngungen:

- 1) PN mit einem Ertrag von 23,2,
- 2) KN „ „ „ „ 23,2,
- 3) KP „ „ „ „ 19,4.

Rechnerisch ergeben sich nun durch Subtraktion von der Gesamtwirkung 28,0 aus 1), 2) und 3) folgende Wirkungen: für K = 4,8, für P = 4,8 und für N = 8,6. Addiert man diese Einzelwirkungen, so ergibt sich als theoretische Gesamtwirkung nur 18,2, womit bewiesen ist, daß die Gesamtwirkung die Summe der Einzelwirkungen übersteigt. Dieses — übrigens auch in der reinen Philosophie gültige — Gesetz stellt sich hier *zahlenmäßig* ganz anders dar als gemäß der MITSCHERLICHschen Formel. In dem Für und Wider, das das Gesetz von MITSCHERLICH heraufbeschworen hat, handelt es sich ja auch gar nicht um den Sinn, sondern um die mathematische Formulierung, deren Richtigkeit eo ipso deshalb zu bestreiten ist, weil es wohl eine Konstanz der Wirkungsfaktoren im Sinne MITSCHERLICHs nicht gibt und nicht geben kann.

Als erste haben wohl GÜNTHER und HEYDE² in einer Reihe sehr exakt durchgeführter Versuche die Gleichung (1) einer Nachprüfung unterzogen. Bei bekannten x , y , b und A haben diese Forscher keine konstanten c -Werte erhalten können. Ähnliche Versuche mit demselben negativen Erfolg haben RIPPEL³, GERLACH GÜNTHER und SEIDEL⁴ angestellt. LEMMERMANN⁵ hat mit Benützung der Zahlen von MITSCHERLICH eine Rentabilitätsrechnung für einen bestimmten Fall, nämlich für Kartoffeln, durchgeführt, ist aber zu ganz unwahrscheinlichen, ja unmöglichen Werten gelangt. Des weiteren hat er festgestellt, daß die Wirkungsfaktoren für N und P₂O₅ nicht konstant

¹ l. c.

² Landw. Jb. 66, 695; 67, 1 (1928).

³ Z. Pflanzenern. Düng., Abt. A 7, 16; A 8, 65 (1926).

⁴ Z. Pflanzenern. Düng. 71, 1; Landw. Jb. 65, 109; 66, Erg.-Band I, 9.

⁵ l. c.

¹ Z. Pflanzenern. Düng. 77, (1929).

² Z. Pflanzenern. Düng. 49, 352 (1928).

³ Das Kali II, 379 ff., Stuttgart 1928.

⁴ l. c.

sind; daß der Faktor für N um so kleiner wird, je besser die übrigen Wachstumsbedingungen sind; daß dieser Faktor im Gefäßversuch anders ist als im Feldversuch, und zwar in verschiedenen Jahreszeiten sowie für verschiedene Früchte (bei sonst gleichen Bedingungen) verschieden.

Hieraus müßte gefolgert werden, daß man nicht mit einer Konstanz, sondern im Gegenteil mit einer Inkonstanz der Wachstums- und Wirkungsfaktoren zu rechnen habe, und daraus würde sich wiederum ergeben, daß man bei Befolgung der MITSCHERLICH'SCHEN Vorschriften die Düngerbedürftigkeit der Böden falsch beurteilen und infolgedessen unzweckmäßig düngen würde.

Mit der von MITSCHERLICH geforderten Konstanz der Wachstumsfaktoren steht und fällt aber — wie übrigens ihr Urheber selbst zugibt — die ganze neue Theorie, deren Gleichungen ja jene Konstanz zur Voraussetzung haben. Während die Parteien dieserhalb in Harnisch geraten, während darüber diskutiert wird, ob Düngemittel und Erträge gegeneinandergestellt eine Parabel bilden oder nicht, ob man mit der Methode der kleinsten Quadrate operieren soll und darf, um

den MITSCHERLICH'SCHEN Gesetzen beizukommen, ob man zwischen „inneren“ und „äußeren“ Wirkungsfaktoren unterscheiden kann — erleben wir es, daß die deutschen Ernteerträge zurückgehen und die Landwirtschaft durch diese Art Landwirtschaftswissenschaft kopfscheu gemacht wird.

Unseres Erachtens kann man biologische Entwicklungen und Lebensvorgänge nicht in starre mathematische Formeln pressen, schon aus dem Grunde nicht, weil zahlreiche Wachstumsfaktoren uns bisher unbekannt sind. So weiß man beispielsweise nichts Quantitatives über den Einfluß der Radioaktivität auf das Pflanzenwachstum. Man hat ja aus den Gesetzen des radioaktiven Zerfalls auf das Alter von Gesteinen, der Erde schließen können; aber diesen Zerfall etwa dazu benutzen zu wollen, um daraus ein allgemeingültiges Naturgesetz, also ein Gesetz des Sterbens, abzuleiten, das muß natürlich mit einem Mißerfolg enden. Die organische Natur läßt sich nicht wie die anorganische behandeln und erklären; sie ist eben nicht bloß die Summe ihrer elementaren Bausteine, sondern mehr, und sie hat ihre eigenen physiologischen Wachstums- und Lebensgesetze.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, 1. im Manuskript der *Zuschriften* oder in einem Begleitschreiben die Notwendigkeit einer raschen Veröffentlichung an dieser Stelle zu begründen, 2. die Mitteilungen auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken. Bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Reflexion von Röntgenstrahlen.

Im letzten Heft (3 und 4) von Bd. 58 der *Z. Physik* veröffentlicht Herr SCHÖN seine Münchener Dissertation über „Totalreflexion langwelliger Röntgenstrahlen“.

Da die Arbeit einige Teilergebnisse enthält, die auch wir schon seit über einem Jahr besitzen, möchten wir an dieser Stelle mitteilen, daß wir folgende Untersuchungen angestellt haben, über die schon vor längerer Zeit an die Notgemeinschaft berichtet worden ist. Auch finden sich in einer Veröffentlichung des einen¹ von uns bereits mehrere Hinweise darauf.

1. Wir haben den Grenzwinkel der Totalreflexion für 15 verschiedene, möglichst extrem liegende Schott-Gläser nach einer photographischen Methode mit Cu-K-Strahlung gemessen, wobei sich Unterschiede von mehr als 50% fanden. Da die chemische Zusammensetzung bekannt war, so ist ein Vergleich mit der Theorie möglich.

2. Dabei zeigte sich, daß die Schärfe der Grenze der Totalreflexion von dem Absorptionskoeffizienten in sehr hohem Maße abhängt, so daß wir außerdem den genauen Verlauf des Intensitätsabfalles über die Grenze hinweg ionometrisch gemessen haben.

3. Es wurde durch geeignete Umgestaltung der Formeln der Metalloptik eine Gleichung gewonnen, die den Intensitätsverlauf als Funktion von Winkel, Brechungsindex und Absorptionskoeffizient darstellt. Das Endresultat wurde bereits in der Sitzung des Gauvereins Thüringen-Sachsen-Schlesien der Dtsch. Physik. Ges. in Leipzig am 19. Januar 1929 mitgeteilt und in der *Physik. Z.* veröffentlicht¹.

4. Diese Formel wurde an Silber für die L-Strahlung

¹ F. JENTZSCH, *Physik. Z.* 30, 268—273 (1929).

von Wolfram und K-Strahlung von Kupfer und Chrom geprüft und quantitativ bestätigt.

5. Mit der so gesicherten Formel wurden die Intensitätskurven der obengenannten Gläser verglichen, wobei aber eine Auswertung nicht in allen Fällen gelang.

6. Bei einigen Gläsern zeigten sich Anomalien der Intensitätskurve in Gestalt eines Buckels, die noch nicht restlos geklärt sind.

Die ausführliche Veröffentlichung unserer Resultate wird in nächster Zeit in der *Z. Physik* erfolgen.

Jena, Institut für angewandte Optik, den 6. November 1929.
F. JENTZSCH und E. NÄHRING.

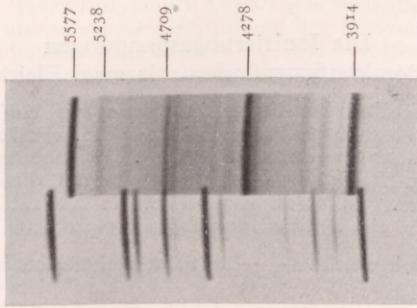
Zur Deutung des Nordlichtspektrums.

In die „Naturwissenschaften“ für 11. Oktober d. J. berichten die Herren V. M. SLIPHER und L. A. SOMMER über Aufnahmen der zweiten grünen Nordlichtlinie, welche vorigen Sommer (7. Juli 1928) an dem Lowell-observatorium Arizona gemacht wurden, und sie knüpfen dazu einen quantentheoretischen Deutungsversuch für diese Linie.

Die vorgeschlagene Deutung aber fordert eine Wellenlänge von 5206 Å, und obwohl dieser Wert etwa 30 Å kleiner ist als die früher gefundenen Zahlen, so lassen sie die früheren Messungen unberücksichtigt. Nun kann man wohl nicht den spektroskopischen Okularbeobachtungen ein größeres Gewicht zuschreiben, aber schon in 1926 ist es mir gelungen, die zweite grüne Nordlichtlinie photographisch aufzunehmen und zu messen. Die Ergebnisse sind in „Nature“ für März 1927 und in den Abhandlungen der Norwegischen Akademie in Oslo [I, Nr 2 (1927)] veröffentlicht.

Die Aufnahme mit Helium-Vergleichsspektrum ist

in der Figur gezeigt (4,4 mal vergrößert). Wie besonders gut durch die Ausmessung auf der Originalplatte hervorgeht, ist die „zweite grüne Linie“ auf der Platte breiter und diffuser, als eine einfache scharfe Linie sein würde, und man muß annehmen, daß man mehrere Linien dicht aneinander hat. Die diffuse Linie liegt im ganzen zwischen den Grenzen 5220–5269. Für das Maximum der Linie ergibt sich 5238,0.



Nordlichtspektrogramm mit der zweiten grünen Linie. Aufgenommen in Tromsø 16.–30. Dez. 1926.

Der von SLIPHER und SOMMER gefundene Wert 5206 ist also 32 Å kleiner als der von mir gefundene, und fällt auch *außerhalb der Grenzen* für die von mir aufgenommene zweite grüne Linie.

Nun war wohl die von mir benutzte Dispersion nicht viel größer als die von SLIPHER und SOMMER verwendete, aber sowohl das Nordlichtspektrum als das Vergleichsspektrum waren sehr scharf.

Erfahrungsgemäß sollte der Fehler zwei bis drei Å-Einheiten nicht überschreiten können. Der mögliche Fehler bei unserer Bestimmung läßt sich am besten dadurch beurteilen, daß wir für bekannte Linien die Wellenlängen durch Ausmessung der Platte bestimmen und mit den schon bekannten Werten vergleichen.

Eine vollständige Tabelle der gemessenen Linien ist in der erwähnten Abhandlung in der Norwegischen Akademie gegeben. Hier sollen nur die Meßresultate einiger der bekanntesten Linien gegeben werden:

Von der Platte	Genauer Wert	$\Delta\lambda$
5578,3	5577,35	+ 0,95
5238	zweite grüne Linie	
4705,8	4708,6	- 2,8
3916,6	3914	+ 2,6

Der Fehler ($\Delta\lambda$) beträgt 1–2,8 Å und ist teils positiv, teils negativ. Aus den mitgeteilten Zahlen kann man schließen, daß die von mir aufgenommene zweite grüne Linie (oder Liniengruppe) ganz sicher nicht eine so geringe Wellenlänge wie die von SLIPHER gefundene (5206) besitzen kann.

Hieraus folgt auch, daß die von SLIPHER und SOMMER vorgeschlagene Deutung nicht für die von mir aufgenommene zweite grüne Linie in Betracht kommen kann.

Dagegen stimmen meine Ergebnisse betreffs der Lage und des Charakters der zweiten grünen Linie sehr gut mit der von mir gegebenen Deutung, nach welcher die Liniengruppe N_2 von festem Stickstoff der zweiten grünen Nordlichtlinie entsprechen sollte.

Nun hat diese N_2 -Gruppe mehrere Komponenten im Wellenbereich 5203–5240. Wenn geringe Mengen fester Stickstoffpartikeln in festem Neon zerstreut sind, hat man sehr oft eine dominierende Komponente mit der Wellenlänge 5236–5239, welche mit der von mir für die zweite grüne Nordlichtlinie gefundenen gut über-

einstimmt. Manchmal kann auch eine Komponente der N_2 -Gruppe, etwa 5204–5209, Mittel 5206, mit dominierender Stärke auftreten.

Was nun die Beobachtungen von SLIPHER und SOMMER betrifft, so könnte möglicherweise die geringe Wellenlänge auf Meßfehler beruhen; ist dies aber nicht der Fall, so muß man annehmen, daß in dem Bereiche der zweiten grünen Linie je nach den Umständen Linien verschiedener Wellenlängen auftreten. Nach meiner Deutung würde dies gerade dem Verhalten der N_2 -Gruppe des festen Stickstoffes entsprechen, und das Auftauchen einer Linie von der Wellenlänge von etwa 5206 ist an sich mit der von mir gegebenen Deutung des Nordlichtspektrums in bestem Einklang.

Bevor wir jedoch Bestimmtes darüber sagen können, müssen wir weitere Aufnahmen der zweiten grünen Linie abwarten, um zu sehen, ob wirklich eine Linie mit Wellenlänge von etwa 5206 im Nordlichtspektrum unter Umständen auftreten kann. Das Vorhandensein einer Linie mit ungefähr dieser Wellenlänge würde aber nicht die Richtigkeit der von SLIPHER und SOMMER vorgeschlagenen Deutung beweisen. Diese Deutung ist gerade dadurch zweifelhaft, daß sie überhaupt nicht imstande ist, die Tatsache zu erklären, daß unter Umständen die zweite grüne Linie mit größerer Wellenlänge auftritt.

Eine derartige Verschiebung könnte man aber wie erwähnt auf Grundlage meiner Deutung verstehen.

Wegen des großen Interesses, welches an die Nordlichtlinien in Grün und Rot geknüpft ist, haben wir an dem neuen Nordlichtobservatorium in Tromsø gerade großes Gewicht auf die Untersuchung dieses Spektralgebietes gelegt, und zwar arbeiten wir u. a. jetzt damit, möglichst gute Aufnahmen der zweiten grünen Nordlichtlinie zu bekommen.

Oslo, den 6. November 1929.

L. VEGARD.

Durchschlag und Townsendsche Theorie.

W. ROGOWSKI¹ bestimmte die Ausbildungsdauer von Funken in Luft bei atmosphärischem Druck zu etwa 10^{-8} sec. Nach der alten TOWNSENDSCHEN Theorie, die ein gegenseitiges Aufschaukeln der Ionisation durch Elektronen und positive Ionen annimmt, erwartet man wegen der relativ großen Trägheit der Ionen hierfür etwa 100–1000mal größere Zeiten. A. v. HIPPEL und J. FRANCK² haben kürzlich eine Vorstellung entwickelt, nach der die für die stationäre Entladung erforderlichen Raumladungen sich tatsächlich in den gefundenen kurzen Zeiten ausbilden können, ohne daß überhaupt eine Bewegung der positiven Ionen angenommen werden muß. An der Kathode z. B. lichtelektrisch abgelöste Elektronen ionisieren in dem Gasraum zwischen den Elektroden zunächst nur sehr wenig. Die hierbei gebildeten positiven Ionen — für die betrachteten Zeiten als unbeweglich angenommen — erhöhen die Feldstärke vor der Kathode. Dadurch finden die zeitlich folgenden kathodisch emittierten Elektronen eine für die Ionisation günstigere Potentialverteilung vor; die jetzt bereits in stärkerem Maße gebildeten + Ionen erhöhen die Feldstärke vor der Kathode abermals usw. Ursache und Wirkung verstärken sich also in der gleichen Weise, wie wir³ es für den Aufbau des Kathodenfalles in einer Glimmentladung angegeben haben. Charakteristisch für die neue Auffassung des Durchschlages ist eine gewisse „Vorbereitungszeit“,

¹ Arch. f. Elektr. 16, 496 (1926).

² Z. Physik 57, 696 (1929).

³ Z. Physik 53, 192 (1929).

in der zunächst nur sehr schwache und — auch relativ — nur schwach ansteigende Ströme fließen, die jedoch bereits die Raumladung vor der Kathode bilden und dadurch ein — auch relativ — beschleunigtes Anwachsen des Entladestromes bewirken. v. HIPPEL und FRANCK haben bereits darauf hingewiesen, daß diese Vorbereitungszeit um so ausgeprägter sein müsse, je höher die Gasdichte zwischen den Elektroden sei. Bei niedrigen Drucken (geringe Raumladung, also geringe gegenseitige Beeinflussung der Ionen) ist ein exponentieller Stromanstieg zu erwarten (Ionisationszunahme proportional der schon vorhandenen Ionisation). Je höher der Gasdruck wird, um so mehr muß

Die Aufnahmen bestätigen für höhere Gasdrucke entschieden die v. HIPPEL-FRANCKsche Auffassung.

Die ausführliche Arbeit, in der auch die Stromstärke in der Vorbereitungszeit über einen hohen Verstärker oszillographiert wurde, erscheint demnächst a. a. O.

Berlin-Siemensstadt, Laboratorium der Wissenschaftlichen Abteilung der Siemens-Schuckertwerke A.-G., den 8. November 1929. MAX STEENBECK.

Die Ionisierungsspannungen von Atomkonfigurationen mit zwei Elektronen.

Neuerdings hat EDLÉN in *Upsala* mit Hilfe eines neuen Vakuumspektrographens die I.S. von Li^+ und Be^{++} sehr genau messen können. Ich habe daher die früheren Rechnungen¹ über Helium auf diese Fälle erweitert. Es ergab sich dabei als die rationellste Methode ein einheitliches Eigenwertproblem zu behandeln, in welchem $\frac{I}{Zr_{12}}$ als Störungsfunktion auftritt,

wobei die reziproke Kernladung $\frac{I}{Z}$ als Störungsparameter aufgefaßt wird. Macht man den Ansatz

$$\left. \begin{aligned} E &= E_0 Z^2 + E_1 Z + E_2 + E_3 \cdot \frac{I}{Z} + \dots \\ \psi &= \psi_0 + \psi_1 \frac{I}{Z} + \dots \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

so sind ψ_0 und E_0 schon bekannt. Aus ψ_0 läßt sich das zweite Glied E_1 in der Eigenwertentwicklung exakt berechnen. E_2 erhält man gleichzeitig mit ψ_1 . Man muß sich dann zwar auf eine Reihenentwicklung von ψ_1 stützen, also auf ein Näherungsverfahren. Doch läßt sich ein direktes Rechenverfahren angeben, das die Bestimmung von E_2 und ψ_1 mit beliebiger Genauigkeit erlaubt. E_3 läßt sich dann weiter aus ψ_0 und ψ_1 bestimmen.

Es ergab sich folgende Formel für die I.S.:

$$I = Rh \left[Z^2 - \frac{5}{4} Z + 0,31455 - 0,0147 \cdot \frac{I}{Z} \right]. \quad (2)$$

Wegen der schnellen Konvergenz der Näherungswerte von E_2 ist das Glied $0,31455$ als bis zur fünften Dezimale richtig anzusehen. Die E_3 -Werte konvergieren dagegen viel langsamer, und das Glied $-0,0147$ ist daher mit Hilfe des Spezialfalles $Z = 2$, also aus den früheren Heliumrechnungen bestimmt.

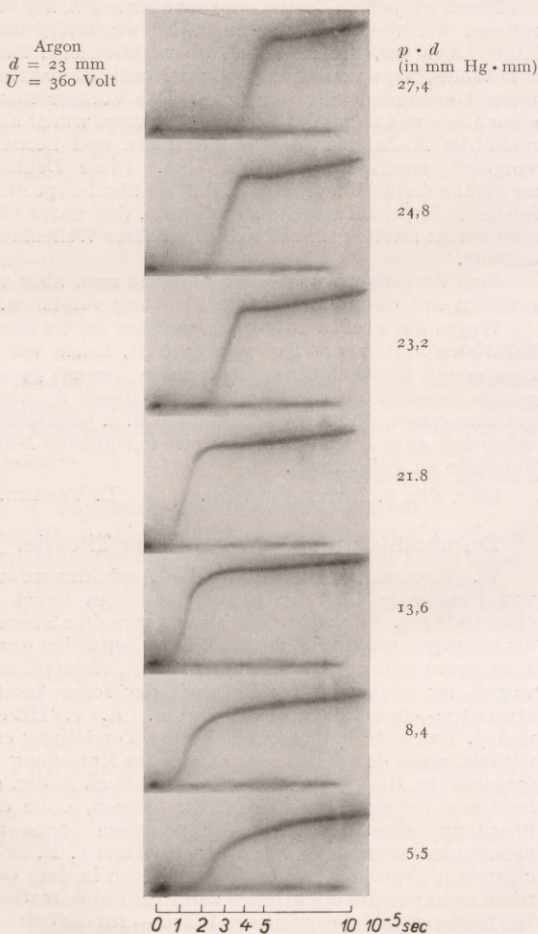
Wir vergleichen die nach der Formel (2) erhaltenen I.S. in Volt mit den experimentellen Werten, die ich dank einer brieflichen Mitteilung von Herrn EDLÉN angeben kann. Dabei ist $Rh = 13,54$ Volt gesetzt.

	He	Li+	Be++
Theoret. . .	24,469	75,278	153,149
Experiment.	24,467 ²	75,282 ± 0,012	153,10 ± 0,10

Der Wert 24,469 bei Helium entspricht der 10. Näherung gegen den früher angegebenen 24,460 Volt, den ich in der 6. Näherung erhielt. In der Formel (2) müssen wir uns vorstellen, daß das vierte Glied alle weiteren Glieder in sich aufgenommen hat, und der Koeffizient ist daher strengenommen nicht genau konstant gleich $-0,0147$, sondern von Z abhängig. Diese Abhängigkeit muß aber sehr gering sein, da die Reihenentwicklung offenbar sehr schnell konvergiert, und sie wird ganz

¹ Z. Physik 48, 469 (1928); 54, 347 (1929).

² Nach LYMAN.



der exponentielle Anstieg verzerrt werden durch eine sich ausbildende Vorbereitungszeit (nicht zu verwechseln mit dem statistischen Entladeverzug) und einen sich daraus entwickelnden sehr raschen Stromanstieg. Wir haben in einer systematischen Untersuchung der Zündvorgänge bei Glimmentladungen durch Oszillographieren des Stromanstieges mit einem BRAUNschen Rohr ein derartiges Verhalten des Entladungsaufbaues regelmäßig gefunden und bringen hier auszugsweise eine Versuchsserie für Argon. Spannung, Elektrodenabstand und -material (Nickel) war für alle Aufnahmen identisch, die statische Zündspannung schwankte zwischen 230 und 240 V., der Endstrom war 1–2 mA.

ohne Bedeutung wegen des immer zurücktretenden Gewichtes des letzten Gliedes, wenn Z wächst.

Oslo, Physikalisches Institut der Universität, den 8. November 1929. EGIL A. HYLLEAAS.

Weitere Beobachtungen über die Dissymmetrie der Emission von Serienlinien.

An einer früheren Stelle dieser Zeitschrift [Naturwiss. 17, 568 (1929)] habe ich eine kurze vorläufige Mitteilung über die neue Erscheinung der Dissymmetrie der Lichtemission im elektrischen Feld veröffentlicht. Im folgenden seien kurz die Ergebnisse weiterer Beobachtungen über diese Erscheinung mitgeteilt.

Wie ich in meiner Schrift über die Axialität der Lichtemission und Atomstruktur (Polytechnische Buchhandlung A. Seydel, Berlin 1927) dargelegt habe, stellen die im elektrischen Feld erscheinenden Komponenten der Linien des Wasserstoffatoms Linienserien von bestimmter Charakteristik dar. Von diesen Wasserstoffserien habe ich auf ihr Verhalten in der neuen Erscheinung folgende Linien untersucht: von der Serie $2s - mp^2$ die Linien $3p^2H_\alpha \pm 1$, $4p^2H_\beta \pm 6$, $5p^2H_\gamma \pm 13$; von der Serie $2p^2 - md^3, f^3$ die Linien $4d^3, f^3, H_\beta \pm 4$, $5d^3, f^3H_\gamma \pm 10$; von der Serie $2s - mp^4$ die Linien $4p^4, H_\beta \pm 2$, $5p^4H_\gamma \pm 3$; von der Serie $2p^2 - md^5, f^5$ die Linie $6d^5, f^5H_\delta \pm 6$; von der Serie $2s - mp^6$ die Linie $6p^6H_\delta \pm 2$. Von allen diesen Linien werden diejenigen, welche vom elektrischen Feld nach Rot verschoben werden, längs der Achse des Feldes entgegengesetzt zur Feldrichtung intensiver emittiert als in der Feldrichtung. Umgekehrt werden die-

jenigen Linien, welche vom elektrischen Feld nach Violett verschoben werden, längs der Feldachse in der Feldrichtung intensiver emittiert als entgegengesetzt dazu.

Aus dem Spektrum des Heliums habe ich folgende Linien auf ihr Verhalten in der neuen Erscheinung untersucht, und zwar in der Achse des elektrischen Feldes wie auch in einer 45° dazu geneigten Achse: für Orthohelium von der Serie $2s - mp^2$ die Linie $3p^2 \lambda 3889$, von der Serie $2p^2 - ms$ die Linien $4s \lambda 4713$ und $5s \lambda 4121$, von der Serie $2p^2 - md^3, f^3$ die Linie $3d^3, f^3 \lambda 5876$, von der Serie $2p^2 - md^3$ die Linie $4d^3 \lambda 4472$, von der Serie $2p^2 - mf^3$ die Linie $4f^3 \lambda 4469$, von der Serie $2p^2 - mf^5$ die Linie $5f^5 \lambda 4025$, von der Serie $2p^2 - mp^2$ die Linie $4p^2 \lambda 4519$; für Parahelium von der Serie $2S - mP^2$ die Linien $3P^2 \lambda 5016$ und $4P^2 \lambda 3965$, von der Serie $2P^2 - mD^3, F^3$ die Linie $3D^3, F^3 \lambda 6678$, von der Serie $2P^2 - mD^3$ die Linie $4D^3 \lambda 4922$. Alle diese Heliumlinien folgen in der neuen Erscheinung derselben Gesetzmäßigkeit wie die Wasserstofflinien; es werden nämlich diejenigen Linien, welche vom elektrischen Feld nach Rot verschoben werden, entgegengesetzt zur Feldrichtung intensiver emittiert; dagegen werden diejenigen Linien, welche vom Feld nach Violett verschoben werden, in der Richtung des Feldes intensiver emittiert.

Die ausführliche Mitteilung über die vorstehenden Beobachtungen wird voraussichtlich in den Annalen der Physik erscheinen. Im Anschluß an sie werde ich die wichtigen theoretischen Folgerungen darlegen, die sich aus ihnen ziehen lassen.

Großhesselohe-München, den 18. November 1929.
J. STARK.

Besprechungen.

MOLISCH, Die Lebensdauer der Pflanze. Jena: Gustav Fischer 1929. 158 S. und 39 Abb. im Text. Preis geh. RM 7.50, geb. RM 9.—.

Es ist ein sehr glückliches Zusammentreffen, daß verhältnismäßig kurze Zeit, nachdem sich der Zoologe KORSCHTEL monographisch zur Lebensdauer der Tiere geäußert hat, nunmehr auch der Botaniker zum Worte kommt, besonders glücklich deswegen, weil sich ein Fachmann von dem Rufe MOLISCHS der Sache annimmt, der nicht nur Theoretiker sondern auch Praktiker ist, und das Problem von gärtnerischer Warte aus umspannt. So verdanken wir ihm ja auch das wertvolle Werk: Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei, das in rascher Folge mehrere Auflagen erlebt hat, und es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß dem neuen Buch von MOLISCH derselbe Erfolg beschieden sein wird. Der Band ist so inhaltsreich, daß es schwer fällt, in knappen Zügen über diese wahre Fundgrube der interessantesten, zum Teil noch gar nicht veröffentlichten Einzeldaten zu berichten, und so sollen nur die verschiedenen Kapitel namhaft gemacht werden, die einen schönen Überblick über den Reichtum des Werkes geben. Es sind dies: I. Die Lebensdauer. II. Über die Mittel, das Leben der Pflanze zu verlängern. III. Verjüngung. IV. Der Scheintod. V. Über das Altern, den Tod und die angebliche potentielle Unsterblichkeit des Baumes. Dieser summarische Überblick soll nur einen Ansporn bilden, das Buch selbst zur Hand zu nehmen. Überall hören wir den erfahrenen Fachmann von seinen eigensten Dingen reden und erkennen, daß es der Niederschlag eines reichen Forscherlebens ist, das seine Erfahrungen auch auf fremden Kontinenten gesammelt hat. Auf jeden Fall aber ist das Buch so anregend geschrieben und so sehr von der Persönlichkeit des Verf., getragen, daß auch der es nicht ohne Gewinn

aus der Hand legen wird, der manchen Gedankengängen vielleicht skeptisch gegenübersteht.

P. STARK, Frankfurt a. M.

Handwörterbuch des Deutschen Aberglaubens. Herausgegeben unter besonderer Mitwirkung von E. HOFFMANN-KRAYER und Mitarbeit zahlreicher Fachgenossen von HANNS BÄCHTOLD-STÄUBLI. Bd. I (11 Lieferungen). Berlin u. Leipzig: Walter de Gruyter u. Co. 1927/28. LXXI, 1763 Spalten. 18×26 cm. Preis pro Lieferung RM 4.—.

Die bisher zumeist benutzten *allgemeinen* Werke über Aberglauben, z. B. die von SCHINDLER (Breslau 1858), MEYER (Basel 1884) und LEHMANN-PETERSEN (zuletzt Stuttgart 1925), sowie die *besonderen* über deutschen Aberglauben, z. B. das von WUTKE (Berlin 1900), waren zwar für ihre Zeit gute, ja zum Teil sehr verdienstliche Leistungen, sind jedoch von nur geringem Umfange, daher nicht erschöpfend und der ganzen Art ihrer Anlage nach unzureichend. Es war deshalb ein sehr berechtigter Gedanke der Herausgeber, eine neue umfassende Darstellung zunächst des *deutschen* Aberglaubens anzubahnen, und zwar wesentlich des im 19. und 20. Jahrhunderts herrschenden, jedoch unter tunlichster Berücksichtigung auch früherer Zeiten und anderer Länder. Als leitende Absicht galt, die vorhandenen Überlieferungen zu sammeln, ihren Ursprung aufzudecken, ihre Geschichte zu verfolgen, ihren im Laufe der Zeiten oft wechselnden Sinn zu enträtseln und die für den weiter Forschenden maßgebenden Quellennachweise zu erbringen. Das Wort „Aberglauben“ wurde hierbei mit Recht im weitgehendsten Sinne ausgelegt: seinen Gegenstand bilden u. a. die Zugehörigen der drei Naturreiche (Steine, Pflanzen, Tiere, Menschen), Sitten und Gebräuche, Feste und Kulte, Arten des Glaubens und der Zeremonien, Volks-

medizin, Gebrauchsgegenstände und ihre Verwendung in Haus und Landbau, Handwerk und Gewerbe, endlich die gesamte Umwelt, von Dorf und Wald an bis zum Himmel und seinen Wundern. Der in Betracht zu ziehende Umkreis ist also ein ungeheurer und weder im engeren Rahmen zu erschöpfen, noch durch das naturgemäß stets begrenzte Wissen des einzelnen; demgemäß ist das Werk auf 5–6 Bände mit im ganzen 250 bis 280 Druckbogen veranschlagt, und die Herausgeber zogen einen Stab von mehreren hundert Gelehrten aller Sondergebiete zur Mitarbeit heran.



Die sehr zweckentsprechende alphabetische Anordnung bringt es mit sich, daß schon im ersten Bande (ebenso aber auch in den bereits vorliegenden Lieferungen des zweiten) eine fast endlose Fülle verschiedenster Gebiete berührt wird; es ist ebensowenig denkbar, auch nur das Wichtigste aufzuzählen, ja selbst bloß anzudeuten, als diese oder jene Einzelheit zu be-

sprechen oder gar zu kritisieren. An vorliegender Stelle muß daher die Versicherung genügen, daß das ganze Werk ein wahrhaft Vorbildliches ist: gewaltig das Material, das auch der schon Vielbelesene immer wieder aufs neue bestaunen wird, wohlgedacht seine Verteilung auf die etwa 3000 Schlagworte, echt wissenschaftlich seine Verwertung, gewissenhaft und reichhaltig die Aufzählung der Quellen. Seitdem J. GRIMM die Bedeutung auch des Aberglaubens für die Volkskunde erschloß, hat diese, und insbesondere die deutsche, keine mit der vorliegenden auch nur annähernd vergleichbare Bereicherung erfahren. Man kann nur wünschen, daß das gesamte Unternehmen in gleichem Sinne fortschreite und in gleicher Weise vollendet werde, unter allseitiger Teilnahme aller gebildeten Kreise, auch der naturwissenschaftlichen, deren Kenntnisse und Einsichten es in höchst mannigfaltiger und nicht alltäglicher Art zu bereichern geeignet ist. Es gereicht in gleicher Weise den Herausgebern zur Ehre, wie den Mitarbeitern und auch dem Verlage, der betreff Papier, Druck und Ausstattung sichtlich keinerlei Opfer gescheut hat.

EDMUND O. VON LIPPIMANN,
Halle.

BERG, BENGT, *Die seltsame Insel*. Berlin: Dietrich Reimer 1929. 186 S. und 105 Bilder. 16 × 24 cm. Preis geb. RM 9.—.

Vor der Küste Gotlands liegt die seltsame Insel, ein gewaltiger Felsen, aus den Tiefen des nordischen Meeres

emporragend — öde und verlassen im nordischen Winter. Wenn der Frühling kommt, wird die Insel von Tausenden von Seevögeln bevölkert. Von der seltsamen Insel und dieser Bevölkerung erzählt BENGT BERG, selbst ein Kind dieser nordischen Meeresküsten. Er hat sie mit Kamera und Feder festgehalten. Die Figur zeigt eine Möve im Fluge.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft (Berliner Zweigverein).

In der Sitzung vom 22. Oktober gab Herr SÜRING zunächst eine eingehende Schilderung von Verlauf und Inhalt der Dresdener Tagung des Hauptvereins, über die in einem erweiterten Dezemberheft der Meteorologischen Zeitschrift ein ausführlicher Bericht zu finden sein wird. Herr KONRAD BÜTNER sprach sodann über **Strahlungsmessungen im Flugzeug**, ein Vortrag, der auf den in mehreren Flügen gewonnenen Erfahrungen und Ergebnissen beruhte. Die aus den wenigen früheren Ballonaufstiegen bekannten Tatsachen ließen sich durch die Untersuchungen wesentlich sichern und erweitern. Hauptprobleme, die sich bei Strahlungsmessungen in der Höhe bieten, sind etwa folgende: Wie verhält sich die atmosphärische Trübung in der freien Atmosphäre bei verschiedenen Wetterlagen, und wie wirkt dieselbe auf die verschiedenen

Bereiche (Wellenlängen) der Sonnenstrahlung? Die Kenntnis der einzelnen von unten und von oben fließenden Strahlungsströme kann erweitert werden, wobei die Untersuchung mindestens getrennt für langwellige und kurzwellige Strahlung durchgeführt werden muß. Schließlich bietet die Strahlungsverteilung unter und über den Wolken ein besonderes Interesse.

Die Eigenschaften des Flugzeuges erfordern zunächst eine besondere Meßtechnik; dem Referenten stand vorwiegend die Teilnahme an bereits anderweitigen wissenschaftlichen Zwecken dienenden Flügen des täglichen aerologischen Dienstes offen, in einigen Fällen war ihm auch eine Beteiligung an Passagierflügen möglich. Der beschränkte Raum sowie der störende Einfluß der Vibration und besonders des Fahrtwindes nötigten zu Ergänzungen an der Konstruktion

der Instrumente, auf Grund deren die Messungen einen genügenden Genauigkeitsgrad beanspruchen können, woran sich jedoch in der Diskussion Zweifel ergaben. Die direkte Sonnenstrahlung wurde mit einem Michelson-Bimetallaktinometer mit abgeänderter Lamelle gemessen, wobei zur Visierung der Sonne ein Winkelprisma benutzt wurde. Als Pyranometer für die kurzwellige Strahlung diente ein Moll-Gorczyński-Solariometer, das zuerst infolge eines Konstruktionsmangels ganz unmögliche Werte lieferte; zur Messung der Albedo wurde ein Kimball-Hobbs-Pyranometer verwendet. Die Ausstrahlung nach oben und nach unten wurde mit einem Effektivpyranometer nach ALBRECHT gemessen. Die Instrumente wurden teils an den Tragflächen, teils am Beobachtersitz und in einigen Fällen am Einstieg zur Passagierkabine angebracht. Es gelang, die Leitungen unter Benutzung moderner Schaltungen in einem relativ kleinen Meßkasten zusammenzufassen. — Die Beobachtungen in der Höhe sind bekanntlich, sobald für Sauerstoffatmung nicht gesorgt wird, infolge physiologischer Störungen erschwert, von denen die eintretende Gedächtnisschwäche am unangenehmsten empfunden wurde.

Der Vortragende diskutierte die Ergebnisse der Messungen sehr vorsichtig, indem er sich auf die Angabe einzelner Resultate beschränkte, wobei eine bis zur Höhe von 4500 m bei einer Dunstschicht bis zu 2500 m durchgeführte Beobachtungsreihe besonderer Erwähnung bedarf. Die Gesamteinstrahlung stieg von 1,1 cal auf 1,7 cal, der Rotanteil von 0,6 auf 0,9 cal bei 3500 m, der Trübungsfaktor verringerte sich von 3,6 auf 1,1. Das oben bezüglich des Einflusses der Wolken aufgeführte Problem konnte nicht gefördert werden, da die Messungen in diesem Falle zu Bedenken Anlaß geben, indem das Auftreten instrumenteller Störungen nicht restlos geklärt werden konnte. Bei den Passagierflügen wurde besonders die Albedo der einzelnen Bodenbedeckungen gemessen, worüber einige Mitteilungen am Platze sein dürften. Von der zum Boden gelangenden Strahlung reflektieren: heller Sand, Brandung bis 63%, vermutlich noch mehr, Felder, Wiesen, Weiden 14%, Heide 10%, Wasser, heller Laubwald 9%, dunkler Mischwald knapp 5%. — Ein ausführlicher Bericht wird in den Beiträgen zur Physik der freien Atmosphäre veröffentlicht werden.

E. R.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Gründung eines Verbandes baltischer Pflanzengeographen. Auf einer Tagung, die vom 23. bis 27. August in Dorpat auf Einladung von Prof. Dr. SPOHR, des Leiters des dortigen Botanischen Gartens, stattfand und die von etwa 20 Vertretern aus Finnland, Estland, Lettland, Litauen und Danzig besucht war, wurde die Gründung eines Verbandes der in den Ostseeküstenländern tätigen Pflanzengeographen beschlossen. Der Verband, für den absichtlich nur die lockere Organisationsform einer freien Vereinigung und nicht die eines straff organisierten Vereins gewählt wurde, bezweckt die Förderung der pflanzengeographischen Forschung im Ostseegebiet nach jeder Richtung und die Pflege des wissenschaftlichen Verkehrs zwischen seinen Mitgliedern durch Veranstaltung von regelmäßigen Tagungen, die abwechselnd in den verschiedenen angeschlossenen Ländern stattfinden sollen — die nächste ist für Pfingsten 1930 in Helsingfors vorgesehen —, Meinungsaustausch über aktuelle Forschungsprobleme, Besprechung über gemeinsame Arbeitsprogramme, gemeinsame Exkursionen usw. Von den bei der diesmaligen Tagung gehaltenen Vorträgen berührten Themen von allgemeinerer Bedeutung, insbesondere diejenigen von K. R. KUPFFER, Riga, der über den weiteren Ausbau seiner an den Begriff des „Florengefalles“ anknüpfenden statistischen Untersuchungsmethode und deren Anwendung auf die ostbaltische und südfinnländische Flora sprach, und K. LINKOLA, Helsingfors, der über seine Untersuchungen über das Vorkommen von Samenkeimlingen in den natürlichen Pflanzenvereinen berichtete, eine wohl von dem Vortragenden zum ersten Male aufgegriffene, mühevoll untersuchungserfordernde Frage, deren Beantwortung wichtige Aufschlüsse über die Entstehung, Erhaltung und Weiterentwicklung der Pflanzengesellschaften erwarten läßt. — Von den unternommenen Exkursionen war besonders eindrucksvoll diejenige nach dem Kaster-Perawald, dem am Westufer des Peipus-See gelegenen Lehrforst der Universität Dorpat. Schon die Zusammensetzung des Baumbestandes erscheint dem an das mitteleuropäische Waldbild gewöhnten Auge von hoher Eigenart und findet hier höchstens in manchen Wäldern des nördlichen Ost-

preußens eine entfernte Parallele. Neben der Fichte (Rottanne), die auf fast allen Böden den Hauptwaldbaum bildet, spielen insbesondere noch Birken und Espen, sowie auf sandigen Böden auch die Kiefer, eine wichtige Rolle, wogegen von den sog. edlen Laubhölzern — Rot- und Weißbuche kommen in Livland bereits nicht mehr vor — nur die Linde noch eine etwas häufigere Erscheinung, allerdings vorwiegend im Niederwuchs, darstellt. Überraschend und imposant ist auch die gewaltige Höhe der Bäume; die höchsten und ältesten Fichten weisen eine solche von 45 m auf, während die Durchschnittshöhe auch der Kiefern, Birken und Espen in den Hochwaldbeständen etwa 30–35 m beträgt. Dieser schlank emporstrebenden Schaftbildung entspricht als weiterer für die Wälder des Ostens und Nordostens charakteristischer Zug die schmale Kronenbildung auch bei ausgewachsenen alten Kiefern, die, von der bei uns gewohnten breiten Schirmform stark abweichend, deutlich darauf hinweist, daß wir es hier mit einer klimatisch wesentlich anders angepaßten Rasse zu tun haben. Großes Interesse boten auch die Flächen, die entweder nach Kahlschlag oder nach Trockenlegung von Moorgelände der natürlichen Wiederbestockung überlassen geblieben waren. Von den versuchsweise angebaute ausländischen Baumarten hat sich besonders die sibirische Lärche gut bewährt. Auch die begleitende Kraut- und Staudenflora der Wald- und Moorbestände zeigte in formationsbiologischer Hinsicht und mehr noch in ihrer Artenzusammensetzung viel des Eigenartigen, wie es uns in anderer Form auch bereits am Tage vorher bei der Exkursion nach den Embachwiesen in der Nähe von Dorpat entgegengetreten war. W. WANGERIN.

Theory and Practice of Pendulum Observations at Sea. (F. A. VENNING MEINESZ, Publication of the Netherland's Geodetic Commission. Delft 1929, 95 S.) Der Gedanke, welcher den Schweremessungen von VENNING MEINESZ auf hoher See zugrunde liegt, ist der, daß eine Horizontalbeschleunigung, welche die Aufhängepunkte zweier Pendel in gleicher Weise beeinflusst, aus der Differenz der Gleichungen hinausfällt. Es wurde daher der Apparat so konstruiert, daß eine photographische Registriervorrichtung die Differenz

der Bewegung zweier Pendel aufzeichnet. Der Einfluß einer vertikalen Beschleunigung gibt nur Glieder höherer Ordnung, welche gegenüber dem Werte der Schwerkraft nicht in Betracht kommen. Da es sich als notwendig erwies, noch ein zweites Pendelpaar zu beobachten, so wurde die Einrichtung so getroffen, daß der Apparat drei Pendel enthält, von denen Pendel 1 und 2, sowie Pendel 2 und 3 je ein Paar bilden. Zur Gewinnung gewisser Reduktionsgrößen wird das zweite Pendel noch für sich registriert. Zwei Hilfspendel, welche sehr stark gedämpft sind, dienen zur Kontrolle der Stellung des Apparates in der Schwingungsebene und senkrecht dazu. Es ist selbstverständlich, daß gute Resultate nur erwartet werden können, wenn die Bewegung des Schiffes verhältnismäßig klein ist. Das trifft nun meist im Unterseeboot zu, da die unruhige Bewegung des Wassers nicht weit in die Tiefe reicht.

Das erste Kapitel bringt eine ausführliche Theorie, während das zweite eine genaue Beschreibung des Apparates und seiner Handhabung enthält, das dritte endlich befaßt sich mit dem Vorgang bei der Berechnung und der Gewinnung der Resultate.

Mit dem Nachweis der Möglichkeit, das Pendel auch auf hoher See zu verwenden, ist wohl wieder einer der größten und wichtigsten Fortschritte in der Erforschung der Schwerkraftsverhältnisse der Erde gemacht worden, weil nun die ganze, ungeheure, bisher unerforschte Fläche des Ozeans hinzukommt. Nachdem man sich durch viele Jahrzehnte die äußerste Mühe gegeben, die Aufstellung der Pendel möglichst fest zu gestalten, um den Einfluß des lästigen Mitschwingens zu beseitigen, muß es wohl als ein genialer Gedanke erscheinen, nunmehr doch das Pendel auf das schwankende Schiff zu bringen. Es war auch eine außerordentliche Geschicklichkeit und Umsicht notwendig, um den Pendelapparat mit allen jenen Hilfsvorrichtungen zu versehen, welche zur Elimination aller störenden Einflüsse notwendig sind. Es wäre aber unrecht, wenn man über dieser neuen Errungenschaft die großen Verdienste HECKERS vergessen wollte, der mit außerordentlichem Geschick und zähem Fleiße die Methode der Schwerebestimmung zur See mit Siedethermometern zu einem Grade der Vollkommenheit gebracht hat, die kaum erwartet werden konnte. Aber es kann nicht geleugnet werden, daß der ganze Komplex der Erscheinungen, die dieser Methode zugrunde liegen, etwas viel Unpräziseres hat als die Pendelbeobachtung. Auch ist die Handhabung des Apparates offenbar erheblich schwieriger. Wahrscheinlich hätte aber auch HECKERS Methode im Unterseeboot bessere Resultate ergeben.

Jedenfalls bedeutet die neue Methode eine bedeutende Vereinfachung, und es ist jetzt zu hoffen, daß nunmehr alle Staaten, welche über Unterseeboote verfügen, diese in den Dienst der Wissenschaft stellen werden, damit möglichst bald eine möglichst große Anzahl von Schwerestationen gewonnen werden kann. Im Zusammenhang mit der Möglichkeit, mit Hilfe des Echolotes rasch die Tiefe des Meeres zu bestimmen, wodurch eine genaue Kenntnis der für die Reduktion der Schweremessungen nötigen Daten erreicht wird, dürfte ein großer Aufschwung dieses Zweiges der Geodäsie und der Geophysik bevorstehen. A. PREY.

Rußland als Agrarstaat. In der Z. f. Politik 1929, 107—122, ist ein Aufsatz des russischen Forschers W. VON POLETIKA erschienen, der die Aufmerksamkeit

vieler Kreise, besonders der Wirtschaft und der Naturwissenschaften, verdient, denn er zeigt, wie Rußland durch Politik, Boden und Klima durchaus nicht der Agrarstaat ist, für den es meist angesprochen wird. Schon bei der Verteilung der Bevölkerung zeigt es sich, daß sie im wesentlichen der der Niederschläge entspricht. An sich erhält ja Rußland überhaupt nicht viel Niederschläge, da die feuchten Meereswinde einen guten Teil ihres Wasserdampfgehaltes schon in West- und Mitteleuropa abgeben und der spärliche Rest nur durch das Verdunsten des Regens dort wieder etwas angereichert wird. Am feuchtesten ist daher der Westen, die Ukraine, mit 500 mm jährlich, während Nord- und Südostrußland kaum 200 mm erhält. Zu den häufigen Dürren im Sommer kommt der lange Winter, so daß der russische Bauer während 7—9 Monaten nichts auf dem Acker zu tun hat, gegen z. B. nur 2—4 Monate beim deutschen Bauern. Der Russe kann sich mangels Gelegenheit in der Ruhezeit nicht gewerblich oder industriell betätigen. Früher glaubte man für die Rückständigkeit der russischen Landwirtschaft die Schuld in dem Großgrundbesitz und dem Mangel an Acker für die Bauern zu finden, aber es wirkt wie eine Offenbarung, zu erfahren, daß schon vor der Revolution 1917 bereits 80% aller Ländereien (unter je 50 Desjatinen = 55 ha) in Bauernbesitz war; 1920 stieg dieser Anteil auf 96,8%, und damit wurde der Ertrag an Getreide usw. noch weiter vermindert. Denn nur große Güter erzeugen Überschuß, und nur große Güter können sich die Fortschritte der Landwirtschaft zunutze machen; Kleinbauern hängen am Alten und bleiben stets zurück. Deshalb hat Rußland 1921 und 1928 Hungersnöte erleben und Getreide einführen müssen! Als Ursachen für die Agrarüberbevölkerung Rußlands findet der Verfasser erstens Mängel der Agrarpolitik und der Gesetzgebung der zaristischen Regierung, weil damals der Grundbesitz weder verkauft, noch mit Hypotheken belastet werden durfte, zweitens in dem niedrigen Stande der Landwirtschaft, wodurch die Erntennorm kleiner als in irgendeinem anderen Kulturlande ist, und drittens in den für die Landwirtschaft ungünstigen Naturverhältnissen, wovon Dürre und Winterstrenge schon genannt waren. Dazu kommen Frühjahrsüberschwemmungen durch schnelle Schneeschmelze, wogegen im Sommer zahlreiche Flüsse fast austrocknen. Auch Nachtfroste, Gewitter mit Hagelschlag, verfinsternde Staubnebel und heiße Winde in der Wachstumszeit sind in vielen Gegenden der Feind des Bauern.

Besserung erwartet der Verfasser von einer richtigen Agrarpolitik, nicht wie sie vor und nach dem Kriege geübt wird. Von der Brache und dem Dreifeldersystem zum Fruchtwechsel überzugehen, verbietet das Klima durch die genannten Schädigungen. Vor allem sollte die bäuerliche Kleinwirtschaft von der Steppe mit ihren unberechenbaren Klimaschäden in die nördliche Laubwaldzone oder in den regenreicheren Westen verlegt werden. Auch haben Westsibirien und Südostrußland (Kaukasien) sowie Turkestan noch brauchbares Ackerland, während Ostsibirien nur als erzeuendes Bergwerksland zu verwerten ist. Weiter fordert der Verfasser bessere Landwirtschaftsverfahren sowie mehr und mehr Übergang zur Industrie, weil nur so der großen Arbeitslosigkeit gewehrt werden könne.

C. KASSNER.