

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Fünfzehnter Jahrgang

30. Juni 1927

Heft 26

Die physikalische Realität der Lichtquanten.

Mitteilung an das Franklin-Institut in Philadelphia, vorgelegt am 18. Mai 1927.

VON MAX PLANCK, Berlin.

Meine geehrten Damen und Herren!

Ihnen allen ist bekannt, daß die theoretische Physik, deren Entwicklung durch zwei Jahrhunderte hindurch in einheitlich aufsteigender Linie vor sich ging und noch vor einem Menschenalter ihrem endgültigen Abschluß nahe schien, gegenwärtig in eine überaus ernste und folgenschwere Krise eingetreten ist. Nicht als ob ihre Grundprinzipien in Frage gestellt wären. Denn gerade ihre allgemeinsten und einfachsten Gesetze, wie das Prinzip der Erhaltung der Energie, die Hauptsätze der Thermodynamik, die Grundgleichungen des elektromagnetischen Feldes, haben auch die gefährlichsten Belastungsproben bisher erfolgreich überstanden, und dienen nach wie vor der weiteren Forschung als Führer. Es wäre daher auch ganz unrichtig, von einem Zusammenbruch der Wissenschaft zu reden. Aber unsere Vorstellungen von den Vorgängen, auf welche jene Prinzipien ihre Anwendung finden, sind in neuerer Zeit vollständig ins Wanken geraten. Manche Begriffe, die wir zu den einfachsten und anschaulichsten rechnen durften, die es in der Welt geben kann, haben sich als unklar, als verschwommen, ja als widerspruchsvoll herausgestellt, und es ist sicher, daß wir in mancher Beziehung geradezu von vorn aufbauen müssen, wenn wir die wichtigste Voraussetzung der physikalischen Forschung: die Verträglichkeit der verschiedenen physikalischen Gesetze miteinander, nicht aus dem Auge verlieren wollen.

Kein Vorgang in der Natur z. B. erscheint sowohl dem Laien als auch dem Naturforscher einfacher und anschaulicher als die Bewegung eines materiellen Körpers, etwa einer Kugel, und dieser Einfachheit der Anschauung entspricht vollkommen die Einfachheit der bisher bekannten Gesetze, welche die Bewegungsvorgänge beherrschen. Kein Wunder, daß man von Alters her, schon seit den Zeiten der griechischen Philosophen, sämtliche physikalische Vorgänge auf Bewegungen materieller Körper zurückzuführen suchte, und daß man später durch die Erfolge der großartigen Entdeckungen von GALILEI, KEPLER, NEWTON in diesem Streben erst recht bestärkt wurde.

Heute wissen wir genau, daß die Gesetze der Mechanik nur angenäherte Gültigkeit besitzen. Ich meine hier nicht die Korrektur, welche die Relativitätstheorie gebracht hat; denn diese, so fundamental sie auch auf unsere Anschauungen eingewirkt hat, bedeutet doch im letzten Grunde keine Komplizierung, sondern im Gegenteil eine Vereinfachung und eine Veredelung der klassischen Mechanik. Bei unserer jetzigen Betrachtung handelt

es sich um etwas ganz anderes, viel erschütternderes. Die Erfahrung hat uns nämlich zu der unabweichlichen Folgerung gezwungen, daß nicht nur die Gesetze der Mechanik, sondern sogar der Grundbegriff der Mechanik, der materielle Punkt, nichts elementares ist, sondern unter Umständen, bei stark gekrümmten Bewegungen, geradezu seinen Sinn verliert. Bei einem derartig bewegten Massenpunkt, etwa einem Elektron, hat es nämlich gar keinen Sinn, von einem bestimmten Ort zu reden, den das Elektron zu einer bestimmten Zeit einnimmt. Je stärker sich die Bahn krümmt, desto mehr scheint sich die Lage des Elektrons zu verwischen, sie wird unscharf und zerfließt sozusagen in den umgebenden Raum, ähnlich wie ein Lichtstrahl, der auf den Rand eines Schirms trifft, nicht einheitlich weitergeht, sondern nach allen Richtungen des Raumes abgelenkt und zersplittert wird. Ist also die Bahn des Elektrons eine periodische oder quasi-periodische, und nimmt sie einen sehr kleinen Raum ein, wie im BOHR'SCHEN Atommodell, so verbreitert sich gewissermaßen das Elektron in jedem Augenblick über seine ganze Bahn, und die Bewegungsvorgänge gleichen viel mehr den Schwingungen einer kontinuierlichen stehenden Welle als denen eines punktförmigen Pendels.

So löst sich die korpuskulare Mechanik auf in eine undulatorische Mechanik, deren Gesetze zwar noch keineswegs in allen Einzelheiten erforscht sind, aber doch, dank den von L. DE BROGLIE und E. SCHROEDINGER in die Wissenschaft eingeführten Ideen, schon heute eine feste Grundlage gewonnen haben. Wir dürfen ihnen um so zuversichtlicher trauen, als sie in ihren Folgerungen vollkommen übereinstimmen mit den mathematisch formulierten Postulaten, welche schon früher, namentlich von W. HEISENBERG, lediglich auf Grund der Erfahrungstatsachen, in die Quantenmechanik eingeführt worden sind.

Wenn sich so wenigstens eine Aussicht eröffnet, um allmählich einen tieferen Einblick in die wahre Natur der mechanischen Energie zu gewinnen, so erscheint der Weg zu einem Verständnis des Wesens der elektromagnetischen Strahlungsenergie zur Zeit noch gänzlich versperrt zu sein. Hier erleben wir in gewissem Sinne gerade die umgekehrte Entwicklung wie bei den korpuskularen Bewegungen. Während die korpuskularen Quanten, wie wir gesehen haben, bei stark gekrümmten Bewegungen sich räumlich ausbreiten und in Wellengebilde zerfließen, scheint im Gegenteil die im reinen Vacuum mit Lichtgeschwindigkeit fortschreitende Strahlungsenergie bei hohen Frequenzen räumlich

zusammenzuschrumpfen, und sich auf einzelne Raumpunkte zu konzentrieren, die sich ähnlich wie Korpuskeln bewegen und daher als Lichtquanten bezeichnet werden.

Dieser letztere Umstand muß auf den ersten Blick noch viel unbegreiflicher erscheinen, als der erstgenannte. Denn bei den korpuskularen Bewegungen haben wir es mit Materie, bzw. mit elektrischer Ladung zu tun, und diese birgt sicherlich des Geheimnisvollen noch so viel in sich, daß manches andere Rätsel damit verknüpft sein mag, dessen Lösung gegeben sein wird, sobald es gelingt, den Schleier des ersten Geheimnisses genügend zu lüften. Aber die Gesetze der Fortpflanzung strahlender Energie im reinen Vakuum durften wir nach den glänzenden Erfolgen der MAXWELLSchen Theorie als vollständig, bis in alle Einzelheiten bekannt ansehen. Das reine Vakuum an sich birgt ja nichts Rätselhaftes, keine Materie, keine elektrische Ladung, es dient nur als Träger des elektromagnetischen Feldes. Und die Gesetze dieses Feldes werden mit einer Vollständigkeit und Genauigkeit, welche auch den feinsten Interferenzmessungen gegenüber standhält, durch Gleichungen dargestellt, denen eine quantenhafte Anhäufung von Energie durchaus fremd ist. Denn die Größe des elementaren Wirkungsquantums spielt in den MAXWELLSchen Gleichungen keine Rolle, es wäre überhaupt schon aus Dimensionsgründen gar nicht möglich, diese Größe in den MAXWELLSchen Gleichungen unterzubringen, ohne daß noch weitere Konstante dazutreten.

Also gerade an dem Punkt, wo die Verhältnisse am einfachsten zu liegen schienen, und wo wir uns nach allen bisherigen Erfahrungen einer endgültigen Erfassung der Natur am nächsten zu fühlen das Recht hatten, stoßen wir auf ein völlig unerwartetes dunkles Rätsel. Immer wieder erhebt sich die Frage: muß man den Lichtquanten wirklich eine physikalische Realität zuschreiben, oder gibt es am Ende doch noch ein Mittel, ihnen in einer Weise Rechnung zu tragen, welche der MAXWELLSchen klassischen Elektrodynamik ihre Gültigkeit beläßt?

Vielfach sind die Bemühungen, diese Frage zu beantworten; noch heute wogt der Streit hin und her. Lassen wir uns demselben hier eine kurze Betrachtung widmen.

Von vornherein ist klar, daß eine Entscheidung nur im engsten Anschluß an die Tatsachen der Erfahrung gefunden werden kann. Da wir in letzter Linie immer nur Wirkungen des elektromagnetischen Feldes auf die Materie, nämlich auf Meßinstrumente, niemals aber das elektromagnetische Feld selbst beobachten, so möchte es wohl auf den ersten Blick aussichtsreich scheinen, die Bedeutung der Lichtquanten lediglich auf die Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie, also auf die Vorgänge der Emission und Absorption zu beschränken, dagegen für die Fortpflanzung im reinen Vakuum in Abrede zu stellen. Dann könnte man für die Energiestrahlung im Vakuum alle klassischen Gesetze aufrecht erhalten.

Aber eine nähere Überlegung wird uns zeigen, daß dieser Ausweg nicht zum Ziele führt, falls wir überhaupt an den stets bewährten Grundprinzipien der Physik festhalten wollen. Zunächst ist nicht zu bezweifeln, daß der strahlenden Energie im reinen Vakuum als solcher eine physikalische Realität zugeschrieben werden muß. Dies folgt aus dem ersten Hauptsatz der Wärmetheorie, dem Energieprinzip, in seiner Anwendung auf Emission und Absorption strahlender Wärme. Aber ein Wärmestrahle besitzt nicht nur nach dem ersten Hauptsatz eine bestimmte Energie, sondern er besitzt auch nach dem zweiten Hauptsatz, dem Prinzip der Vermehrung der Entropie, eine bestimmte Entropie. Denn wenn die Entropie nicht vorhanden wäre, so könnte sie sich nicht vermehren. Wir müssen daher notgedrungen der Entropie, ebenso wie der Energie, eine selbständige, von jeglicher Materie unabhängige Existenz zuschreiben, woran der Umstand nichts ändert, daß wir, um die Größe der Entropie zu berechnen, die Temperatur eines materiellen Körpers messen müssen, der mit der Wärmestrahlung im stationären Energie-Austausch steht.

Halten wir nun weiter an dem von L. BOLTZMANN eingeführten Zusammenhang zwischen Entropie und Wahrscheinlichkeit fest, ohne den ein Verständnis für den Inhalt des zweiten Hauptsatzes unmöglich zu sein scheint, so ergeben sich daraus die Gesetze für die zeitlichen und räumlichen Schwankungen der Energie in einem Wärmestrahle von bestimmter Temperatur.

Wenn wir jetzt das aus der gemessenen Strahlungsentropie abgeleitete Gesetz für die Energieschwankungen vergleichen mit dem von der klassischen Theorie geforderten Schwankungsgesetz, so findet man, daß zu den durch das letztere Gesetz gelieferten Schwankungen noch eine neue, ganz andere Art von Schwankungen hinzukommt, deren Statistik nur durch das Vorhandensein von diskreten Energieatomen von der Größe der Lichtquanten erklärt werden kann. Denn die Schwankungen sind bei tieferen Temperaturen und kurzen Wellen viel zu groß, als daß sie auf die klassische Theorie zurückgeführt werden könnten.

Bei dieser ganzen Betrachtung spielt die Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie gar keine Rolle. Wir werden daher nicht umhin können, den Lichtquanten im reinen Vakuum eine reale physikalische Existenz zuzuschreiben. Das ist schon im Jahre 1909 von A. EINSTEIN hervorgehoben worden. Aber andererseits dürfen wir doch die Lichtquanten nicht als voneinander unabhängig betrachten. Denn dann würden wir nur die zweite Art von Energieschwankungen erhalten, nicht aber die von der klassischen Theorie gelieferten, bei hohen Temperaturen und langen Wellen vorherrschenden Schwankungen, welche doch ebenfalls von dem durch die Messungen festgestellten Strahlungsgesetz gefordert werden.

Hier klafft nun diejenige Lücke, welche nach meiner Meinung am allertiefsten in das Gefüge der Quantentheorie eingreift, und welche durch keinen

der neueren Fortschritte ausgefüllt wird. Ohne Zweifel steht die gegenseitige statistische Abhängigkeit der Lichtquanten in einem Zusammenhang mit den Interferenzerscheinungen kohärenter Lichtstrahlen, man könnte also etwa daran denken, daß ein jedes Lichtquant gewissermaßen einen Stempel seiner Abstammung mit sich herumträgt, und daß zwei Lichtquanten gleicher Abstammung beim Zusammentreffen miteinander interferieren können. Aber damit wäre die Schwierigkeit nicht behoben. Denn die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens wird bei geringen Lichtintensitäten viel zu klein, um die tatsächlich eintretenden Interferenzerscheinungen zu erklären. Vielmehr scheinen die MAXWELLSCHEN Feldgleichungen, welche von Lichtquanten gar nichts wissen, bis zu den kleinsten Lichtintensitäten herab die Interferenzerscheinungen vollkommen genau wiederzugeben.

Daher werden wir uns die Eigenschaften der Lichtquanten unmöglich in einzelnen Raumpunkten konzentriert denken können. Vielmehr wird von jedem Lichtquant eine Art von Wirkung in die Ferne ausgehen, und zwar nicht nur in die räumliche, sondern auch in die zeitliche Ferne; denn nach der Relativitätstheorie können wir in dieser Beziehung keinen Unterschied machen zwischen Raum und Zeit. In der Tat legt die Form mancher sehr allgemeiner Sätze der allgemeinen Mechanik und der Atomphysik die Auffassung nahe, den Verlauf eines Vorganges außer von dem Anfangszustand auch vom Endzustand abhängig zu denken, und so eine gewisse direkte Wechselwirkung der beiden zeitlich auseinanderliegenden Zustände einzuführen. Das Prinzip der Kausalität würde dadurch nicht seinem Wesen, sondern nur seiner Form nach beeinflußt werden. Immerhin bedeuten derartige Gedankengänge eine schwere Belastung unseres derzeitigen Vorstellungsvermögens, und ihre Durchführung würde eine tiefgreifende Umwandlung aller unserer physikalischen Anschauungen mit sich bringen.

Welches ist nun aber der Preis, der solch eines kostbaren Opfers wert erscheint? Es wäre vermessen, schon heute darüber ein Urteil aussprechen zu wollen, aber ich möchte doch wenigstens einen Versuch machen, um die Richtung anzudeuten, in welcher das erstrebte Ziel gelegen sein mag. Ver-

mutlich dürfen wir es erblicken in der vollkommenen Verschmelzung der beiden großen Gebiete der Physik, die jetzt noch durch eine unüberbrückbare Kluft getrennt sind: der Korpuskularphysik und der Kontinuums- oder Wellenphysik. Wenn dies Ziel einmal erreicht sein wird, werden diese beiden Gebiete nicht mehr prinzipiell voneinander verschieden erscheinen, sondern sie werden nur die entgegengesetzten Enden eines einzigen, beide umfassenden Gebietes darstellen.

Die klassische Theorie kennt und behandelt nur die beiden extremen Fälle: einerseits die korpuskularen Bewegungen, an deren äußersten Grenze die geradlinige gleichförmige Bewegung eines Massenpunktes steht, andererseits die Wellenbewegungen, an deren äußersten Grenze das statische homogene Feld steht. Vom neu gewonnenen Standpunkt aus betrachtet gibt es aber weder eine reine korpuskulare Bewegung noch eine reine Wellenbewegung. Vielmehr trägt jede Korpuskularbewegung etwas von einer Wellenbewegung und jede Wellenbewegung etwas von einer korpuskularen Bewegung an sich. Der Unterschied ist nur ein gradueller, quantitativer. Sobald nämlich bei der Bewegung eines materiellen Punktes das Verhältnis des Impulses zu der Bahnkrümmung, welches bei der geradlinigen Bewegung einen unendlich großen Wert besitzt, auf die Größenordnung des universellen Wirkungsquantums herabsinkt, beginnen die Wellengesetze eine merkbare Rolle zu spielen, und umgekehrt: sobald bei einem monochromatischen Lichtstrahl das Verhältnis seiner Energie zu seiner Frequenz, welches für ein statisches Feld unendlich groß ist, auf die nämliche Größenordnung herabsinkt, beginnen die Korpuskulargesetze sich bemerklich zu machen. In welcher Beziehung aber die Korpuskulargesetze zu den Wellengesetzen im allgemeinen Fall stehen, bleibt die große Frage, um die sich gegenwärtig eine ganze Generation von Forschern heiß bemüht. Wir dürfen nicht daran zweifeln, daß es schließlich doch gelingen wird, zu einem befriedigenden Ergebnis zu gelangen, und daß dann die theoretische Physik einen weiteren bedeutsamen Schritt vorwärts getan haben wird zur Erreichung ihres höchsten Zieles: dem Aufbau eines einheitlichen Weltbildes.

Die Bedeutung der Kreislaufstörungen für die Entstehung von Gehirnkrankheiten¹⁾.

VON W. SPIELMEYER, München.

Grundbedingung für das Leben eines Organismus ist seine Ernährung. Auch das Leben eines Einzelorganes oder Gewebes ist an diese Bedingung geknüpft. Wird die Zufuhr von Nahrungsstoffen aus dem Blute ganz unterbunden, so stirbt das betreffende Organ oder der Organanteil ab. Wird sie in mehr oder weniger hohem Maße beschränkt, so leidet das Gewebe entsprechend Not: dabei erweisen sich die funktionell höherwertigen Bestand-

teile im allgemeinen als empfindlicher; sie gehen selbst bei unvollständiger Absperrung der Nahrungszufuhr eher zugrunde oder sie entarten stärker als die anderen, gewissermaßen nur Neben- und Hilfsfunktionen leistenden Gewebeelemente des gleichen Organes.

Wir sehen das besonders deutlich beim Zentralnervensystem. Seine funktionstragenden nervösen Bestandteile, die Nervenzellen und -fasern, sind äußerst empfindlich — empfindlicher auch als die Gewebe anderer Organe. Sie sterben schon auf

¹⁾ Vortrag in der wissenschaftlichen Sitzung der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft am 15. XII. 1926.

eine kurzdauernde Absperrung von der Blutzufuhr ab, während die sog. Stütz- und Binde-substanz, die feinnetzig und faserig zwischen den Nervenzellen und -fasern ausgespannt ist, sich mit weniger Nahrung begnügen kann und deshalb viel widerstandsfähiger ist.

Nur von solchen *Absperrungen der Blutzufuhr* und ihren *Folgen* soll hier die Rede sein. Es gibt noch andere Kreislaufstörungen, z. B. die allgemeine Blutüberfüllung und die allgemeine Blutarmut des Gehirns; sie spielen jedoch in der Ent-

Da ich hier den Vorzug habe, vor einem Hörerkreise von vorwiegend Nichtmedizinern zu sprechen, so möchte ich erst von einigen altbekannten anatomischen Vorgängen reden, weil anders es nicht klar werden dürfte, um welche Fragen es *heute* bei unseren Laboratoriumsstudien geht. So beginne ich mit ganz einfachen Beispielen, und zwar mit der grobmechanischen Verstopfung von Blutgefäßen und ihren Folgen auf das Gewebe der Hirnrinde — der Hirnrinde, die uns Psychiater vorwiegend beschäftigt, da die Intaktheit psychischer und höherer körperlich nervöser Funktionen ihre Unversehrtheit zur Voraussetzung hat.

Die Blutgefäße für die Hirnrinde, welche als ein nervenzellenreiches Band das Großhirn begrenzt, verlaufen in den Hirnhäuten. Diese liegen als Hülle der Hirnrinde auf; von dort aus treten die Blutgefäße in die Hirnsubstanz ein. Pressen wir am herausgenommenen Gehirn einen Farbstoff in die großen Arterien, so dringt die Farbstoffmasse auch in die feinen Aufzweigungen der die Rinde versorgenden Gefäße. Das illustriert Fig. 1: hier haben wir es mit einer Mikrophotographie zu tun, nämlich mit der Wiedergabe eines Schnittes von ungefähr $\frac{1}{50}$ mm Dicke in 30facher Vergrößerung. Die Arterien der weichen Hirnhaut sind, wie man sieht, prall mit der das Blut vertretenden Injektionsmasse gefüllt, und man kann nun den Eintritt der einzelnen Gefäße in die Hirnrinde verfolgen und sehen, wie sich die Arterien nach kürzerer oder längerer Strecke aufzweigen und in der Hirnrinde ein dichtes, sehr feines Netz von sog. Haargefäßen, von Capillaren, bilden.

Unterbrechungen der Blutzufuhr werden, soweit es sich um grobmechanische Verlegungen handelt, entweder innerhalb der Blutbahn, d. h. durch innerhalb der *Lichtung* des Gefäßes auftretende Verstopfungen verursacht oder aber durch Erkrankungen der Gefäßwand, die eine Verengung oder gänzliche Verlegung des Rohres machen. Das eine sind die *Pfropfbildungen*, das andere die eigentlichen *Blutgefäßkrankheiten*.

Durch Ausscheidung festwerdender Massen aus dem flüssigen Blute bildet sich an Ort und Stelle ein sog. Thrombus, ein Blutpfropf, der das zuvor meist übertrieben ausgedehnte Blutgefäß verstopft. Pfröpfe können auch von anderen Stellen des Körpers in die Hirngefäße verschleppt werden, und zwar nicht nur Blutabscheidungen, sondern auch andere Massen, wie z. B. Fett, das bei Brüchen großer Knochen aus dem fett-haltigen Knochenmark ins Blut gelangen und die Gefäße anderer Organe verlegen kann. Da es sich hier um tropfig flüssige Substanzen, nicht um grob kompakte Pfröpfe handelt, so gelangen diese auch in das feinere Gefäßnetz

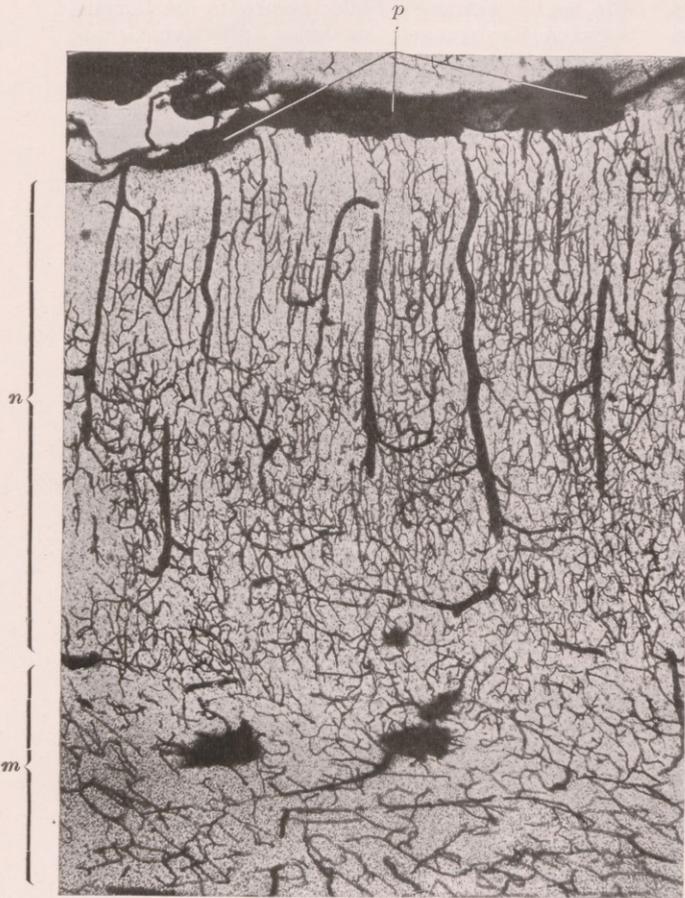


Fig. 1. Schnitt senkrecht durch die Großhirnrinde bei 30facher Vergrößerung. Darstellung der Blutgefäße und ihrer Verzweigungen: die in die arteriellen Blutgefäße eingepreßte Injektionsmasse macht die von den Hirnhäuten (*p*) eintretenden Arterien gut sichtbar; man kann sie in ihrem Verlaufe mehr oder weniger weit verfolgen und sieht ihre Verzweigungen bis in das feine Netzwerk der Haargefäße. Im Gegensatz zu der sehr reich mit Blutgefäßen versorgten Rinde (*n*) ist die darunter gelegene Masse von markhaltigen Nervenfasern (*m*) nur schlecht damit versehen.

stehung von Gehirnkrankheiten keine wesentliche Rolle, ebenso auch nicht manche plötzlich auftretenden Schäden, wie etwa Zertrümmerungen im Gehirn durch Blutungen.

der Hirnrinde und verlegen kleinste Gefäßschlingen.

Viel wichtiger für die Entstehung von Gehirnkrankheiten ist die zweite Gruppe solcher Kreislaufunterbrechungen, nämlich die, welche durch eine Gefäßwanderkrankung bedingt sind. Hierher gehören vor allem die *Arteriosklerose* und die Gefäßveränderungen bei *Infektionskrankheiten*, so insbesondere bei der *Syphilis*.

An dem arteriosklerotisch veränderten Blutgefäß, das in Fig. 2 oberhalb der Hirnrinde in der weichen Hirnhaut liegt, würde normalerweise die mit *x* bezeichnete Linie die Begrenzung gegen die Lichtung bilden; wie man sieht, hat sich hier

das Lumen verengt, so daß von der ursprünglich weiten Röhre nur ein feinsten Spalt oder nichts mehr übrigbleibt.

In Fig. 2 läßt sich auch gleich noch das Wesentlichste von den *Folgen* solcher Verlegungen der Blutgefäße auf das *Hirngewebe* zeigen. Sie sind im Grunde dieselben, ob nun eine innere Lumenverstopfung oder eine Gefäßverengung durch Wanderkrankung vorliegt und ob diese letztere arteriosklerotischer oder entzündlich syphilitischer oder ähnlicher Art ist. Bestimmend für den Umfang des Gewebsausfalles ist nicht die Art der Kreislaufstörung, sondern ihr Grad, nämlich die mehr oder weniger vollständige Kreislaufunter-

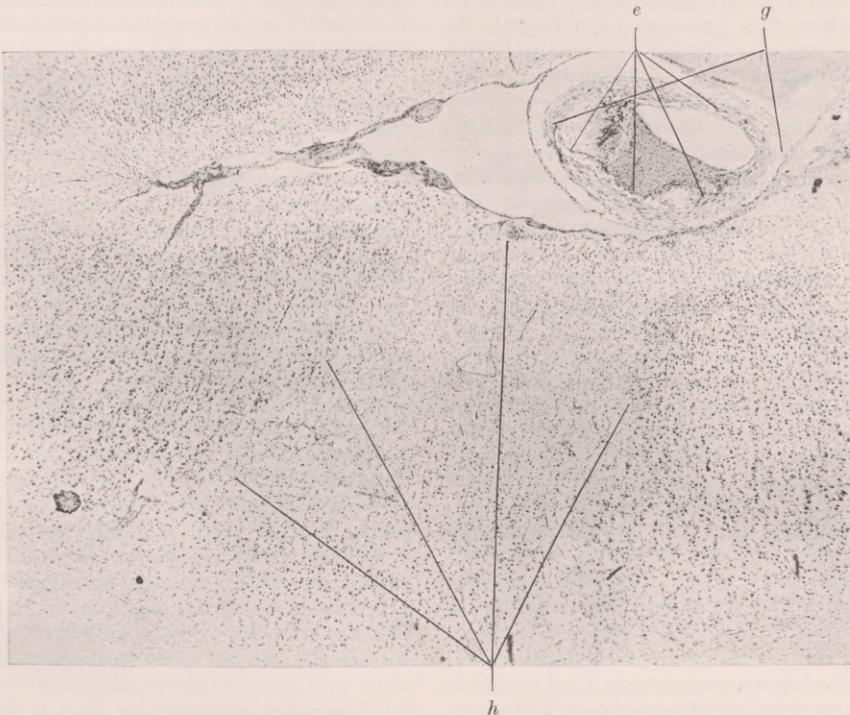


Fig. 2. Schnitt senkrecht durch die Großhirnrinde bei ungefähr 20facher Vergrößerung. Oberhalb der Hirnrinde sieht man in der Hirnhaut bei *g* ein größeres arterielles Gefäß, dessen Wand sehr stark verdickt ist; durch eine besonders links ausgesprochene Wucherung der Innenhaut des Gefäßes wird die Lichtung außerordentlich verengt. (Die lichte Weite des Rohres würde normalerweise etwa von der hier mit *e* markierten gewellten Linie begrenzt sein.) *h* Verödungsherd, in welchem die Nervenzellen der Hirnrinde abgestorben und deshalb nicht mehr färbbar sind, während sie in dem intakten Gebiete, besonders links und rechts vom Herde, gut sichtbar sind. Fall von arteriosklerotischem Irresein.

eine Gewebswucherung nach innen entwickelt (zumal am linken Teil des Gefäßes); dadurch ist das Rohr sehr stark verengt, weil eben das Lumen von dieser Gewebsmasse größtenteils ausgefüllt ist. Was an Lichtung noch übrig ist, genügt nicht zur Erhaltung des Lebens in dem Gebiete, welches durch das Gefäß mit Blut, d. h. mit Nährstoffen versorgt werden soll. — Auch bei anderen Formen der Wanderkrankung — der entzündlichen, vor allem der syphilitischen — kann man sich leicht davon überzeugen, wie insbesondere die nach innen gerichtete krankhafte Gewebswucherung

brechung. Das erste, was wir sehen, ist gleichsam eine „Erbleichung“ des Nervengewebes. Normalerweise nimmt dieses bei unseren technischen Färbungen der mikroskopischen Schnitte bestimmte Farben in bestimmter Weise an. Wenn es abgestorben ist, so ist es für gewisse Farben nicht mehr empfänglich. Das sieht man in Fig. 2; es ist ein Photogramm eines $\frac{1}{50}$ mm dicken Schnittes durch die Hirnrinde bei ungefähr 30facher Vergrößerung. Nach einer bestimmten Methode (Nissl) sind hier die Nervenzellen der Hirnrinde gefärbt. Sie erscheinen, wo sie intakt sind, bei

dieser schwachen Vergrößerung wie schichtenförmig übereinander gelagerte Reihen von Punkten und länglichen Körnchen. In dieser Weise treten sie an den beiden Seiten der Figur deutlich hervor. In den mittleren Partien dagegen findet sich eine lichte Stelle; das ist ein arteriosklerotischer Herd, in welchem die Nervenzellen abgestorben und deshalb nicht mehr färbbar sind; einzelne sind erst im Zerfall begriffen und deshalb noch in Andeutung färberisch darstellbar. Was hier im mittleren Teile des Präparates gleichsam erleuchtet erscheint, entspricht dem Versorgungsgebiet eines arteriosklerotisch verengten Gefäßes, nämlich der Fortsetzung jener Arterie, die oberhalb der Rinde in der weichen Hirnhaut gelegen ist und von der wir vorhin sprachen (a in Fig. 2). In einem etwas späteren Stadium, durchschnittlich nach einigen Wochen, ist ein solcher aus der Ernährung ausgeschalteter Bezirk in eine kleine Höhle umgewandelt: wir finden eine *Erweichung* an der Stelle des abgestorbenen Gewebes.

Solche Erweichungen sind die Folgen einer Ausschaltung von Hirnteilen aus der Blutbahn; wir haben es dann mit einem vollständigen Gewebstod zu tun. Nun finden wir aber, wie ich eingangs sagte, auch unvollständige Verlegungen des Gefäßrohres, und zwar gerade besonders bei den arteriosklerotischen und syphilitischen Erkrankungen; unter solchen Bedingungen geht nur das hochwertige, die nervösen Funktionen tragende Hirngewebe zugrunde, während die mehr Nebenfunktionen leistende Binde substanz erhalten bleibt, weil sie sich mit weniger Nahrung begnügen kann.

Die Veränderungen, von denen ich bisher sprach, sind ihrer Entstehung nach verhältnismäßig durchsichtig: eine vollständige Verlegung bestimmter Gefäßabschnitte bringt die von ihnen versorgten Hirngebiete zum Absterben; ist die grobmechanische Unterbrechung der Blutzufuhr geringer, so betrifft der Gewebstod im wesentlichen die empfindlichen nervösen Apparate, und es werden die dadurch verursachten Lücken durch eine Wucherung von minderwertigem Zwischengewebe ausgeglichen. Deutlich erkennbar ist der Entstehungsmechanismus dabei an der grobmateriellen Verstopfung innerhalb des Gefäßlumens oder an der Verengung des Gefäßrohres durch eine krankhafte Wucherung und Verdickung der Blutgefäßwand.

Es gibt aber andere Bilder, in denen der Entstehungsmechanismus nicht so am Tage liegt und wo es sich bei den Ausfällen des Nervengewebes gleichwohl um die Folgen von Kreislaufstörungen handelt. Mit solchen Dingen beschäftigen wir uns seit einiger Zeit an der Deutschen Forschungsanstalt für Psychiatrie in München, und davon soll im 2. Teil dieses Vortrages die Rede sein.

Wir haben nicht allzu selten einen Gewebstod an Stellen gesehen, wo die zugehörigen Gefäße *keine* Verlegungen des Lumens und keine Wanderkrankung aufwiesen: frische oder alte Verödungen und Narben bei *intakten* Gefäßen an Ort und Stelle.

Mitunter fanden wir einen ausgedehnten frischen Gewebstod in weiten Gebieten des Großhirns ohne Veränderungen der zugehörigen Blutgefäße; und dieser herdförmige Gewebszerfall weist überall die gleiche Entwicklungsphase, dasselbe Alter der Veränderung auf. Es muß also eine Zirkulationsstörung zu gleicher Zeit an sehr verschiedenen Stellen des Gehirns zur Auswirkung gelangt sein. Und gerade bei diesen ausgedehnten gleichartigen Einschmelzungen schien es uns von vornherein klar, daß nicht eine grobmaterielle Rohrverengung den Gewebstod machen konnte.

Was trägt nun die Schuld daran? Die pathologische Anatomie ist ihrer Forschungsart nach nicht geeignet, die tieferen Zusammenhänge und Ursachen klarzulegen; bei solchen Versuchen verliert sie leicht den sicheren Boden und ist schon oft in vage Spekulation geraten. Aber sie ist auch nicht nur starres Sehen. In seinem geistvollen Referat hat der Heidelberger Pathologe ERNST auf der Düsseldorfer Naturforscherversammlung das in warmer Begeisterung und überlegener Ruhe auseinandergesetzt: „Zum Schauen bestellt“ verbindet der Morphologe Anschauung mit physiologischem Denken, indem er den Gegenstand biologisch auffaßt und sinnend betrachtet. So können wir auch hier getrost an die Deutung des Bildes gehen, um aus dem morphologischen Befund den eben noch greifbaren Hergang seiner Entstehung aufzuklären.

Wir haben bei den hier in Frage stehenden Veränderungen solche Bilder vor uns, die ihrer *Qualität* nach ganz denen entsprechen, wie wir sie beim *Gewebstod* infolge von *wohlerweisbarem Gefäßverschluß* sehen. Und weiter stimmen diese Ausfälle auch in *Sitz* und *Ausbreitung* mit den *sicher zirkulatorisch* bedingten Defekten überein. Deshalb meine ich, dürfen wir den Schluß ziehen, daß auch hier eine *Kreislaufstörung* in der Entstehung schuld ist: sie kann *nicht grobmaterieller* Natur sein, denn sie ist als solche *nicht morphologisch* erkennbar, aber wir dürfen auf sie schließen, weil der *Effekt* am nervösen Gewebe — ihre Folgeerscheinung daran — der *gleiche* ist wie bei *sichtbarem* Abschluß der Blutzufuhr.

Wir dürfen annehmen, daß diese Kreislaufstörung *funktioneller* Natur ist. Wir kennen solche aus der klinischen Beobachtung seit langem. Zumal in der Neurologie spielen sie eine Rolle. Seit langer Zeit kennt man Krankheiten, die als „*vasomotorisch-trophische Neurosen*“ bezeichnet werden und bei denen der nervöse Gefäßapparat abnorm funktioniert. Irgendwelche Reize auf die die Blutbahn versorgenden Nerven bringen vorübergehend eine abnorme Enge, einen Gefäßkrampf, oder eine abnorme Weite, eine Blutstauung und eine Gefäßlähmung, zustande.

Sie kennen solche Menschen, die über das Blaßwerden der Finger und über das Gefühl des Abgestorbenseins darin klagen. Bei manchen bleibt es dabei, bei anderen schließt sich dann an diese abnorme Blutleere an den Händen eine schmutzig

bläuliche Verfärbung infolge Verlangsamung und Lähmung der Zirkulation an Ort und Stelle an. Das sind mehr oder weniger flüchtige Erscheinungen, die bald wieder einem normalen Verhalten des Kreislaufes weichen. Ganz ähnlich ist das sog. „intermittierende Hinken“, die Erschwerung und Schwäche im Gebrauch eines Beines mit dem Gefühl lähmungsartiger Unsicherheit, Kälte und Kribbeln, wie wir es besonders bei Arteriosklerotikern und dann auch unter dem Einfluß mancher Gifte, speziell des Nikotins, sehen. Hier können wir durch Betastung der peripherischen Blutgefäße gut wahrnehmen, wie dieser Zustand auf einem Gefäßkrampf beruht: infolge der starken Verengung des Gefäßrohres werden die Pulse am Fuße schwächer oder gar nicht mehr fühlbar.

Solche Vorstellungen werden noch gestützt durch die neuerdings viel geübte Capillarmikroskopie, nämlich durch die Untersuchung der feinsten Gefäße, z. B. des Nagelfalzes oder der Lippen oder der Bindehaut mit dem Mikroskop. Dabei läßt sich auch oft z. B. bei Leuten mit krankhaft gesteigertem Blutdruck und bei den vasomotorisch trophischen Neurosen abnorme, krankhafte Enge der zuführenden Gefäße und eine Stauung und Schlingelung der abführenden Gefäße beobachten.

Einen solchen Vorgang, wie er hier in der Körperperipherie der klinischen Beobachtung und Deutung direkt zugänglich ist, vermutet man seit langer Zeit auch für gewisse *zentrale* nervöse Erscheinungen. Man erklärt damit plötzliche Schwindelanfälle, vor allem flüchtige, sich rasch ausgleichende Lähmungen der Gliedmaßen, der Sprache, Beeinträchtigungen des Sehens (Ausfälle einer Gesichtsfeldhälfte) usw. Man spricht von „intermittierendem Hinken des Gehirns“, denn diese Erscheinungen sind nicht wie bei einer groben Ausschaltung zentralen Nervengewebes länger andauernd, sondern sie gleichen sich bald wieder aus, können also nicht auf einer materiellen Verlegung des Kreislaufes an Ort und Stelle und auf einem wirklichen Gewebstod beruhen.

Solche Vorgänge spielen ganz offensichtlich im Beginne der Arteriosklerose eine große Rolle, ferner auch bei Leuten, bei denen man von einem essentiellen Hochdruck spricht, bei denen also als einziges oder wesentlichstes Symptom eine starke Erhöhung des Blutdruckes besteht. Hier kommt es nicht selten zu Attacken, die bedrohlich aussehen wie ein Schlaganfall und die sich doch bald wieder zurückbilden. Auch für gewisse Zustände, die bei der Migräne auftreten — dem halbseitigen Kopfschmerz mit Flimmern vor den Augen, Einschränkung des Gesichtsfeldes, Augenmuskellähmung, Sprachstörung, halbseitiger Lähmung —, auch dafür erwägt man mit guten Gründen die Wirksamkeit funktioneller Kreislaufstörungen.

Dauern diese jeweils nur kurze Zeit an, so vermag sich das nervöse Gewebe wieder zu erholen, zumal die Unterbrechung der Blutzufuhr meist keine ganz vollständige sein dürfte. Dementsprechend gleicht sich eine durch einen flüchtigen

Gefäßkrampf bedingte Lähmung restlos aus. Es ist ganz so wie beim intermittierenden Hinken und wie bei den vasomotorischen Erscheinungen an den Fingern.

Nun sehen wir an den Enden der Gliedmaßen mitunter, daß ein lange dauernder Gefäßkrampf oder eine Gefäßlähmung wie bei der RAYNAUDschen Krankheit ein Brandigwerden der Finger nach sich zieht; und so kann es auch im Zentralnervensystem zu einem vollständigen oder unvollständigen Gewebstod kommen, wenn der funktionelle Gefäßkrampf bzw. die anschließende Gefäßlähmung ein bestimmtes Gebiet vom Kreislauf lange und intensiv genug ausgeschaltet hat. Nur tritt eine solche deletäre Folge im Zentralnervensystem viel häufiger ein, weil es in seiner Ernährung sehr viel empfindlicher ist als das bedeutend anspruchslosere Gewebe an den Extremitäten.

Die Anatomie gibt, wie ich meine, die sichere Grundlage für die eben gemachten Schlüsse. Ich zeigte vorhin ein Bild einer gewöhnlichen arteriosklerotisch bedingten Einschmelzung innerhalb der Hirnrinde; hier war der Zusammenhang zwischen einem arteriosklerotisch stark verengten Gefäß und einem herdförmigen Gewebsausfall in der Hirnrinde klar ersichtlich. Im Vergleich dazu ist der Befund in Fig. 3 zunächst außerordentlich überraschend: auch hier eine ganz ähnliche Verödung in der Hirnrinde wie in Fig. 2, aber weit und breit nichts von organisch verengten Gefäßen. Wir erklären dieses *Absterben* des nervösen Gewebes aus einer *nichtmateriellen, funktionellen örtlichen Kreislaufstörung*. Mitunter verbreiten sich solche Verödungen und Ausfälle über große Strecken der Hirnrinde, ganze Windungsbezirke zeigen im Absterben begriffene Nervenzellen. Es muß sich also hier eine Reihe von Tagen vor dem Tode ein Gefäßkrampf über große Gebiete des Gehirnes geltend gemacht und weite Bezirke ausgeschaltet haben.

Nachdem wir diese Dinge bei der *Arteriosklerose* kennengelernt und die örtliche Gestaltung und die Qualität der Veränderung genauer ermittelt hatten, war es meinen Mitarbeitern¹⁾ und mir auch möglich, gewisse Befunde bei *anderen* Krankheiten und Schäden in gleicher Weise zu deuten. Das gilt z. B. für die merkwürdigen Schädigungen, die nach schweren *Gehirnerschütterungen* sofort oder auch erst viel später in Erscheinung treten. Es kann nach unseren Erfahrungen, speziell nach den Untersuchungen meines Mitarbeiters Dr. NEUBÜRGER, keinem Zweifel unterliegen, daß RICKERS lange Zeit nicht oder nur wenig beachtete Lehre zu Recht besteht, wonach infolge von Schädelverletzungen Reize auf die Nerven der Blutgefäße wirksam und dadurch funktionelle Kreislaufstörungen hervorgerufen werden. — Hierher gehören weiter *Infektionskrankheiten*, bei denen solche funktionellen Kreislaufstörungen im Gehirn nach unseren Erfahrungen zweifellos recht

¹⁾ Ich nenne besonders die Herren HILLER, METZ, NEUBÜRGER, WEIMANN.

häufig sind. Wir sahen ihre Folgen am nervösen Gewebe beim *Typhus*, bei der sog. *Hirngrippe* und nicht zum mindesten auch bei der auf dem Boden der syphilitischen Infektion erwachsenen progressiven *Paralyse* (Dr. METZ und Dr. NEUBÜRGER). Ich glaube, für gewisse Anfälle, die die Paralyse oft einleiten, nämlich für Anfälle von starkem Schwindel und Bewußtlosigkeit mit nachfolgender flüchtiger Lähmung der Sprache oder der Gliedmaßen wahrscheinlich machen zu können, daß hier funktionelle Kreislaufstörungen mitspielen. — Weiter gehören hierher gewisse *Vergiftungen*, wie die *Morphium-* und *Kohlenoxydvergiftungen* nach Untersuchungen der Herren Dr. HILLER, MEYER, WEIMANN. Die Bilder eines frischen Unterganges von Nervenzellen der Hirnrinde stimmen hier grund-

Arteriosklerose und dem gesteigerten Blutdruck Hirntraumata, verschiedene Infektionskrankheiten und verschiedene Vergiftungen Gehirnveränderungen aufweisen, die durch örtliche funktionelle Kreislaufstörungen verursacht sind.

Nur von der *Epilepsie* möchte ich hier noch ein paar Worte sagen, da wir nämlich nach epileptischen Anfällen Veränderungen finden konnten, die wir ebenfalls auf Kreislaufstörungen beziehen und die mit dem pathophysiologischen Mechanismus des epileptischen Krampfes in innerem Zusammenhange stehen. Wir finden solche Veränderungen nicht nur bei dem, was man schlechthin „Epilepsie“ nennt, sondern auch bei anderen Krankheiten, die mit epileptischen Anfällen einhergehen, wie z. B. bei der Eklampsie der Schwan-

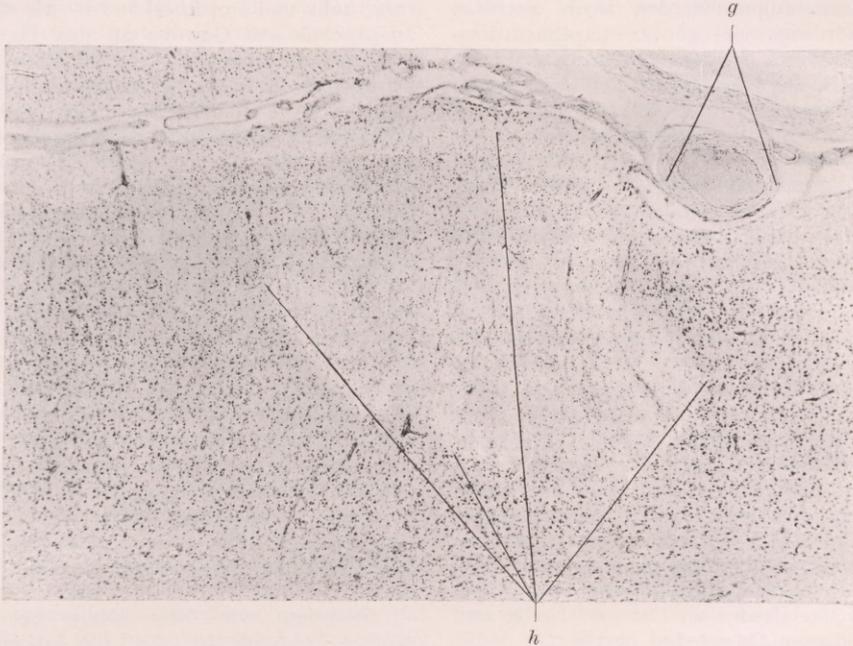


Fig. 3. Schnitt senkrecht durch die Hirnrinde bei ungefähr 20facher Vergrößerung. Das in der Hirnhaut gelegene arterielle Gefäß *g* erscheint normal und seine Lichtung nicht verengt. *h* Verödungsherd innerhalb der Großhirnrinde, in welchem die Nervenzellen abgestorben sind. Beginnendes arteriosklerotisches Irresein.

sätzlich mit denen überein, die wir etwa bei frischen Herden einer Hirnarteriosklerose sehen. Dabei ist es besonders interessant, daß sowohl bei diesen Vergiftungen, wie auch bei Infektionen und anderen Noxen mit einer gewissen Regelmäßigkeit bestimmte Teile des Gehirnes vornehmlich von der Schädigung betroffen werden. Diese Bevorzugung *umschriebener* Gebiete hat nach unseren Untersuchungen mit lokalen Besonderheiten des Verhaltens der Blutgefäße zu tun.

Ich will das einzelne über Krankheiten und Schädlichkeiten, bei denen wir mikroskopisch im Gehirn die Einwirkung funktioneller Kreislaufstörungen auf das Gewebe aufdecken können, nicht aufzählen. Es genüge, daß außer bei der

geren, bei den Hirnkrämpfen der Keuchhustenkinder, bei traumatischer Epilepsie, bei Idiotien mit epileptischen Krämpfen usw. Wir haben es hier überall im Prinzip mit denselben Veränderungen zu tun, die wir bei einer vorübergehenden Absperrung gewisser Teile des Hirngewebes von der Blutbahn sehen: wir finden vielfach sehr charakteristische Untergangserscheinungen besonders an den Nervenzellen bestimmter Teile des Gehirnes nach schweren epileptischen Krämpfen. Und wir schließen so, daß *der dem epileptischen Anfall zugrunde liegende pathophysiologische Mechanismus eine funktionelle Kreislaufstörung* ist, denn materielle Blutgefäßveränderungen sehen wir wieder nicht. Wir meinen, daß dem Anfall eine Zu-

sammenziehung der Gefäße, ein Gefäßkrampf, vorausgeht. Das stimmt überein mit Beobachtungen, die bei Menschen während der Operation gemacht wurden, wo man bei freigelegtem Gehirn dem Anfall vorausgehend eine Blutleere der Gefäße und eine Erbleichung des Gehirnes beobachten konnte.

Wir führen die Beweise für die Wirksamkeit solcher funktionellen Kreislaufstörungen in der Genese dieser verschiedenen Hirnkrankheiten nur durch die Analyse ihrer Folgeerscheinungen am Gewebe. Deren völlige Übereinstimmung mit dem, was wir bei sicher zirkulatorisch bedingten Gefäßverlegungen, nämlich bei den eingangs erwähnten grobmechanischen Behinderungen des Blutzuflusses finden, gibt uns, meine ich, ein Recht zu solchen Schlüssen. Aber sehen können wir natürlich diesen Vorgang am Gefäßapparat selbst nicht; es ist eben bei den inneren Organen nicht so wie an der Körperoberfläche. Die Gefäßkrämpfe und andere funktionelle Störungen am Zirkulationsapparat gleichen sich mit dem Tode aus, und wir haben wenig Aussicht, bei unseren anatomischen Untersuchungen noch etwas davon zu finden. Desto wichtiger ist es, wenn einmal ausnahmsweise, wie z. B. bei der Kohlenoxydvergiftung, noch etwas davon zu sehen ist. So ist es schon länger bekannt, daß in den frühesten Stadien der Kohlenoxydvergiftung ein bestimmter Hirnteil auffallend blaß erscheint, in dem sich nachher mit ziemlicher Regelmäßigkeit herdförmig umschrieben die größte Zerstörung findet. Mein früherer Mitarbeiter Dr. WEIMANN hat am mikroskopischen Präparat zeigen können, daß so etwas auch an einer anderen Prädilektionsstelle dieses Vergiftungsprozesses im Gehirn vorkommt, nämlich im Bereiche des sog. Ammonshornes, das auch bei anderen Schädlichkeiten und Krankheiten auffallend vulnerabel ist: in einem sehr frühen Stadium der Kohlenoxydvergiftung erschienen die Blutgefäße und Capillarschläuche in dem Bezirke blutleer, in welchem man mit großer Regelmäßigkeit ein Absterben der Nervenzellen findet; in dem dicht benachbarten Gebiet, das intakt zu bleiben pflegt, waren die Blutgefäße gut mit Blut gefüllt. Später kommt es nach unseren Erfahrungen an den Stellen, wo ursprünglich ein Gefäßkrampf und eine Gefäßleere war, zu einer Stauung des Blutes infolge von Gefäßlähmung, und es kann schließlich die Zirkulation hier ganz aufgehoben sein. Es erinnern diese Bilder an das, was ich vorhin bei der RAYNAUDSchen Krankheit sagte. Dort finden wir bei einem und demselben Individuum in aufeinanderfolgenden Phasen anfangs das Stadium der Erbleichung, später das der Blutstockung und der Aufhebung der Zirkulation, oder anders gesprochen: anfangs das Stadium des Gefäßkrampfes, später das der Gefäßlähmung. Es würde das einem von RICKER aufgestellten, sog.

„Stufengesetz“ entsprechen, wonach dem Gefäßkrampf eine Gefäßerweiterung und Lähmung folgt.

Ich meine, daß die Ergebnisse der anatomischen Untersuchung und die daraus gezogenen Schlüsse auch für die *Behandlung* nutzbar gemacht werden können. Wir dringen ja bei unseren theoretischen und praktischen Versuchen nur ganz ausnahmsweise einmal bis an die Wurzeln der Dinge, und eine wirklich kausale Behandlung ist bei den Krankheiten etwas ungemein seltenes. Es bedeutet schon immer etwas, wenn wir die Erscheinungen ihrem Wesen nach erkennen und wenigstens eine rationale *symptomatische* Behandlung anzuwenden vermögen. Hier wäre sie gegen die vasomotorischen gefäßverengenden Funktionsstörungen zu richten. Es ist ein Fortschritt, wenn uns heute die Arteriosklerose nicht einfach als eine unaufhaltsame Alterskrankheit und ein frühzeitiger Verbrauch der Wandbestandteile der Arterien erscheint, sondern wenn wir sehen, daß hier anfangs rein funktionelle Störungen Beschwerden und objektive Symptome auslösen, und wenn wir wissen, daß selbst grobmaterielle Veränderungen in den Organen, speziell im Gehirn, keineswegs immer Folgerscheinung auch einer grobmateriellen Gefäßwanderkrankung sind, sondern daß diese schließlich organische Schädigung die Konsequenz einer funktionellen Störung sein kann. Die funktionellen krankhaften Vorgänge aber zu beeinflussen, wird uns von vornherein aussichtsvoller erscheinen dürfen: hier in der Form gefäßerweiternder Mittel und einer Herabsetzung des Blutdruckes, der wohl oft in enger Beziehung zu diesen Gefäßkrämpfen steht. Auch bei der Epilepsie, der Migräne und anderen Krankheiten werden uns diese Befunde bei den therapeutischen Bemühungen Richtung geben. Und vielleicht gelingt es, über die Erkenntnis des Wesens dieser funktionellen Störungen hinaus in der Kette der ursächlichen Faktoren einen Schritt rückwärts zu tun und die wieder ihnen zugrunde liegenden Momente zu erkennen.

Auch wenn der therapeutische Nutzen aus solchen anatomischen Untersuchungen länger als gehofft auf sich warten ließe, würde das nicht denen recht geben, denen die theoretische Forschung in der Medizin für den Heilzweck unnütz erscheint. Es gilt noch immer GOETHES Wort: „Man wird sich durch die Erfahrung überzeugen, wie es bisher der Fortschritt der Wissenschaft bewiesen hat, daß der reellste und ausgebreitetste Nutzen für die Menschen nur das Resultat großer und uneigennütziger Bemühungen sei, welche weder tagelöhnermäßig ihren Lohn am Ende der Woche fordern dürfen, aber auch dagegen ein nützlich Resultat für die Menschheit weder am Ende eines Jahres noch Jahrzehnts vorzulegen brauchen.“

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

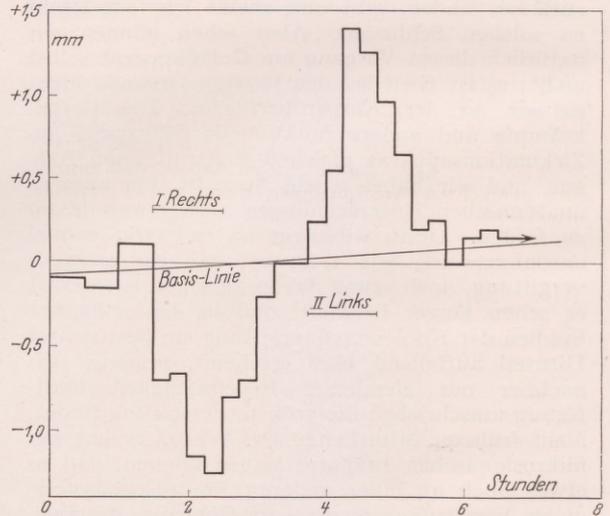
Für die *Zuschriften* hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Über die mit der Nervenregung verknüpften chemischen Vorgänge.

Vor kurzem hat der eine von uns¹⁾ in Gemeinschaft mit Professor A. V. HILL in London festgestellt, daß der Leitungsvorgang im Nerven mit einer Wärmebildung verknüpft ist, die pro Gramm Nerv (Ischiadicus des Frosches bei 15°) und Sekunde Reizung (280 maximale Reize pro Sekunde) $6,9 \times 10^{-5}$ cal beträgt, während der Ruhestoffwechsel eine Wärmetönung von $2,0 \times 10^{-5}$ cal pro Gramm und Sekunde besitzt. Die Wärme des Erregungsvorganges zerfällt in zwei aufeinander folgende Phasen, die ein Verhältnis von 1 : 9 von „initialer“ und „verzögerter“ Wärme haben und — ebenso wie der Erregungsvorgang selbst — offenbar einem Oxydationsprozeß entsprechen. Auch bei längerem Aufenthalt in Stickstoff gelingt keine Trennung der beiden Phasen. Vielmehr nehmen sie im gleichen Maße ab, während der Erregungsvorgang allmählich erlischt.

Wir haben nun mittels manometrischer und chemischer Methoden die zugrunde liegenden Stoffwechselforgänge erforscht. Der unter denselben Umständen wie bei der Wärmemessung bestimmte Ruhestoffwechsel beträgt im Durchschnitt von 60 Experimenten 16 cmm O₂ pro Gramm und Stunde (Schwankungen von 11—21), während sich aus der Ruhewärmebildung 15 cmm O₂ berechnet. Der respiratorische Quotient ist 0,7—0,8. Bei der Reizung wird Extrasauerstoff aufgenommen, der für kurze Reizzeiten (je 22 Sekunden) im Durchschnitt 61 cmm O₂ (in 20 Versuchen Schwankungen von 48—91 cmm) pro Gramm und Stunde beträgt. Der respiratorische Quotient des Extrasauerstoffverbrauches ist 1,0. Aus der Wärmebildung berechnet sich bei Kohlehydratverbrennung 48 cmm Sauerstoff. Bei kontinuierlicher Reizung sinkt dieser Extrasauerstoff auf 18 cmm O₂ pro Gramm und Stunde, was mit der Verlängerung der Refraktärperiode unter gleichen Umständen²⁾ in Zusammenhang steht. Die Kurve der Atmungsgeschwindigkeit bei einem durchschnittlichen Versuch mit einständiger Reizung ist in Fig. 1 für Ablesungszeiten von je 15 Minuten dargestellt. Die Messung geschah mit einem Differentialmanometer, wobei die korrespondierenden Nerven sich in gegenüberliegenden Gefäßen befanden, so daß die Ruheatmung fast genau kompensiert wurde. Dieser entspricht die Basislinie der Figur. In der Zeit I werden die Nerven des rechten Gefäßes gereizt, während der Zeit II die des linken; dem entspricht der auf der Ordinate angegebene Ausschlag in Millimeter pro 15 Minuten, der je nach der gereizten Seite nach oben oder unten geht. (Es befinden sich jederseits 4 Nerven von 170 mg in 3 ccm Gasraum. Die Ablesungen sind auf 0,1 mm genau.) Wichtig erscheint, daß die Atmungsgeschwindigkeit während der Reizperiode *allmählich* ansteigt und nachher *allmählich* abfällt. Diese *Verzögerung* ist zur Hauptsache nicht durch die Ver-

suchsanordnung bedingt, sondern hat eine reelle Basis und stimmt überein mit dem Verlauf der Wärmebildung. Das anaerobe Verhalten des Nerven zeigt gegenüber dem Muskel gewisse Besonderheiten. In der Ruhe wird etwa 4—6 Stunden lang Milchsäure mit einer Geschwindigkeit von 0,07 mg pro Gramm und Stunde gebildet, d. h. etwa dreimal soviel, als aerob der gleichzeitig aufgenommene Sauerstoff verbrennen könnte; dies Verhältnis ist dasselbe wie bei dem Ruhestoffwechsel des Muskels. In Gegenwart von Glucose hält diese Milchsäurebildung mindestens 24 Stunden in gleicher Höhe an; ihr Absinken im ersten Fall beruht danach auf Er-



Kurve der Atmungsgeschwindigkeit (in mm Manometerflüssigkeit pro 15 Minuten) bei der Reizung des Nerven.

schöpfung des Kohlehydrats. Während sich kein Anhaltspunkt dafür ergibt, daß einmal entstandene Milchsäure durch die Atmung in Kohlehydrat zurückverwandelt werden kann, ist doch nach $\frac{1}{2}$ —2ständiger Anaerobiose die Atmung erheblich gesteigert, wobei der größte Teil des in Wegfall gekommenen Sauerstoffes nachgeatmet wird. Daß die anaerobe und aerobe Stoffwechselphase im Nerven enger verknüpft sind als im Muskel, zeigt das Verhalten des gereizten Nerven in Stickstoff. Durch die Reizung wird nur ganz unbedeutend mehr Milchsäure gebildet als in der Ruhe. Der wesentliche Teil des Reizstoffwechsels scheint unmittelbar mit der Oxydation verknüpft und die Erregungsleitung des Nerven nur so lange möglich, als Sauerstoff, sei es in freier Form, sei es an Acceptoren des Gewebes gebunden, dem Angriff des Atmungsenzyms zugänglich ist. Für solche Oxydation auf Grund chemisch gebundenen Sauerstoffes spricht, daß in der Ruheanaerobiose während der Anfangszeit Kohlen-säure gebildet wird, ehe die Milchsäurebildung einsetzt.

Der Vergleich mit dem Tätigkeitsstoffwechsel des Muskels ergibt das folgende: Die Gesamtenergie für einen einzelnen maximalen Erregungsvorgang im Nerven beträgt 9×10^{-7} cal pro Gramm bei 15°, während die dadurch ausgelöste Muskelzuckung eine

¹⁾ DOWNING, GERARD und HILL, Proc. of the roy. soc. of London, Ser. B. 100, 223. 1926; R. W. GERARD, Journ. of physiol. 62, 349. 1927; GERARD, HILL und ZOTERMANN, Journ. of physiol. 62. 1927, im Druck; GERARD, Journ. of physiol. im Druck; vgl. auch Naturwissenschaften 15, H. 18, S. 414. 1927.

²⁾ FIELD und BRÜCKE, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 214, 103. 1926.

Energieproduktion von 7×10^{-3} cal pro Gramm besitzt. Da aber etwa 25 mg periphere Nerven 4 g Muskeln innervieren, so löst der im Nerven sich abspielende energetische Prozeß im Muskel ungefähr den *ein-millionenfachen* Energiebetrag aus.

Die ausführlichen Veröffentlichungen erscheinen im *Amer. Journ. of physiol.* und in der *Biochem. Zeitschr.*

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, den 19. Mai 1927.

R. W. GERARD. O. MEYERHOF.

Das Jod als Pflanzennährstoff.

Unter diesem Titel veröffentlichte Fr. Prof. Dr. M. v. WRANGELL, Hohenheim, in dieser *Zeitschr.* 15, 70, 1927 eine Arbeit, in der sie mitteilt, daß auf Grund ihrer Pflanzenversuche und der daraus gewonnenen Analysenergebnisse durch Jod keine Jodanreicherung in der Pflanze zu erzielen wäre, und zwar auch nicht durch Gaben, die den natürlichen Jodgehalt des Chilealpeters weit übersteigen.

Weiterhin setzt sich M. v. WRANGELL dort auch mit den von uns auf der 89. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Düsseldorf gehaltenen Vorträgen auseinander und gibt zur Kenntnis, durch ihre Arbeiten den Beweis erbracht zu haben, daß unsere dort gemachten Ausführungen nicht den Tatsachen entsprechen.

Zunächst sei darauf hingewiesen, daß wir auf der Naturforscher- und Ärzteversammlung in Düsseldorf zwar ausführlich über die von uns durchgeführten Tierversuche berichteten, über das Problem Jod und Pflanze aber nur unser beabsichtigtes Programm entwickelten und ganz allgemein die Ansicht vertraten, daß, falls die in Bearbeitung stehenden Pflanzenversuche eine Anreicherung des Jods durch Jodgaben zeigen sollten, auf diesem Wege ebenso eine Jodprophylaxe zu erreichen wäre, wie bei der schon bewiesenen Jodanreicherung der Milch durch Jodfütterung, kurzum neben der bisherigen Vollsalzprophylaxe auch eine solche durch jodangereicherte pflanzliche und tierische Produkte erzielt werden könnte. Wir betonten dabei ausdrücklich, daß die Medizin in dieser Hinsicht das Endurteil über Brauchbarkeit oder Nichtbrauchbarkeit dieser neuen Form der Prophylaxe abzugeben hätte und wir nur neben der rein theoretischen Frage der Biochemie des Jods, bzw. der Kenntnis des Jods als biogenes Element die Grundfragen dieser medizinischen Anwendungsmöglichkeit, insofern sie Boden, Pflanze und Tier betrifft, klären wollten.

Die von uns angestellten Versuche zur Klärung des Zusammenhanges zwischen Jodgaben und Zusammensetzung der Pflanzen sind inzwischen teilweise beendet worden. Sie im einzelnen hier anzuführen, ist wegen der Kürze des uns zur Verfügung gestellten Raumes unmöglich. Wir verweisen auf unsere ausführlichen Veröffentlichungen an anderer Stelle¹⁾ und möchten nur kurz mitteilen, daß bei Freilanddüngungsversuchen zu Zuckerrüben mit Jodgaben von 0,251 kg bis 2,511 kg J als NaJO_3 pro Hektar auf einem schweren Lehmboden bei den mit Jod gedüngten Parzellen im Vergleich zur Gründüngung sowohl bei den Wurzeln als insbesondere

bei den Blättern der Zuckerrüben ein Vielfaches an Jod festzustellen war. Bei Joddüngungsversuchen zu Spinat auf Freiland mit dem gleichen Boden bei einer Jodgabe von 800 g J je Hektar in Form von KJ konnten ebenfalls erhebliche Unterschiede zwischen dem Jodgehalt der Pflanzen „ohne Jod“ und „jodgedüngt“ beobachtet werden. Letztere zeigten bis zu zehnfach höheren Jodgehalt als die ersteren. Schließlich ergaben Joddüngungsversuche in Vegetationsgefäßen zu sieben verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen bei einer Jodgabe von 0,5 mg J, bzw. 1,0 mg J je Versuchsgefäß im Vergleich zur Volldüngung ohne Jod ebenfalls eine bedeutende Erhöhung des Jodgehaltes durch die einfachen und doppelten Jodgaben. Der bei diesem Vegetationsgefäßversuch angewandte Boden war ein relativ jodarmer Sandboden aus der Miocänstufe des Tertiärs.

Aus den von uns durchgeführten Versuchen geht somit unzweifelhaft hervor, daß durch Zugabe von Jod eine beträchtliche Jodanreicherung in der Pflanze erfolgt.

Bezüglich der sonstigen Polemik M. v. WRANGELLS gegen uns verweisen wir auf unsere Veröffentlichung in den „Fortschritten der Landwirtschaft“. Erwähnt sei nur noch, daß von uns nie behauptet wurde, daß Jod ein Pflanzennährstoff sei, wie der Titel der Arbeit M. v. WRANGELLS. „Das Jod als Pflanzennährstoff“ vielleicht vermuten lassen könnte. Die Klärung der Frage, ob Jod für die Pflanze ein biogenes Element ist oder nicht, soll vielmehr das Endziel unserer Arbeiten sein. Um Mißdeutungen gleich im Vorhinein zu begegnen, weisen wir ausdrücklich darauf hin, daß für uns die Jodanreicherung der Pflanzen durch Jodgaben natürlich nicht den geringsten Beweis für die Lebensnotwendigkeit des Jods für die Pflanze darstellt. Nur ganz anders angestellte Versuche können diese außerordentlich schwierige Frage klären. Ebensovienig soll unsere Arbeit eine Aufforderung an den Landwirt sein, nun mit Jod zu düngen. Obwohl schon oftmals erwähnt, ist es vielleicht doch nicht überflüssig, nochmals darauf aufmerksam zu machen, daß wir lediglich die Biochemie des Jods aus rein theoretischen Erwägungen einerseits studieren wollen, andererseits den Zusammenhängen zwischen Jod und Kropfvorkommen bzw. Kropfprophylaxe nachzugehen beabsichtigen. Das Endurteil über diese letzte wichtige Frage steht selbstverständlich der Medizin zu.

Weihenstephan bei München, Agrilkulturchemisches Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule, den 19. Mai 1927. A. STROBEL und K. SCHARRER.

Das Kontaktaktivieren des Wasserstoffs durch Metalle.

(Vorläufige Mitteilung.)

Leitet man Wasserstoff über bis 400° — 800° erhitztes Pd, Ni oder Fe im bis 3—5 mm Hg evakuierten Raume, so ist keine Lumineszenz im Dunkeln zu beobachten. Eine violette helle Lumineszenz (manchmal ist sie grün oder gelb) ist beobachtbar im Falle, wenn wir einen schwachen Sauerstoff- oder Luftstrom dem Wasserstoffstrom in Distanz vom Metalle zumischen. Dieses Leuchten ist dauernd und breit. Leitet man aber H_2 und O_2 gemischt über das Metall bei denselben Bedingungen, — ist nichts zu bemerken. Dies ist auch im Falle höheren als 20 mm Hg-Druckes. Bei noch höherem Druck und Temperatur bekommt man die gewöhnliche Wasserstoffflamme. Auch Unreinheit der Metalle und Gase beeinflussen die Abwesenheit des Effektes.

Über die Natur und Ursache des Leuchtens ist derzeit nichts zu sagen. Spektralanalyse und ge-

¹⁾ K. SCHARRER und A. STROBEL, Die Jodanreicherung der Pflanzen durch Jodzufuhr. *Angew. Botanik* 1927, H. 2. — K. SCHARRER und J. SCHWAIBOLD, Zur Kenntnis des Jods als biogenes Element. X. Mitteilung: Untersuchung einiger Kulturpflanzen auf ihren natürlichen Jodgehalt und dessen Steigerung durch Joddüngung. *Biochem. Zeitschr.* 1927. (Im Druck.)

naueres Studium werden es hoffentlich möglich machen. Die Arbeit ist im Gang.

Ist das Leuchten eine übliche Reaktionslumineszenz, — auch dann ist es gewissermaßen interessant als ein neuer Fall derartiger Erscheinungen. Die Bedingungen des Effekterscheinens, die Notwendigkeit an reinen Metallen und Gasen, die Temperatur der Mischungszone der H_2 und O_2 (Zimmertemperatur), wie auch mehrere andere Details der Versuchsanordnung und Resultate (ausführlicher Bericht folgt demnächst) zeigen auch jetzt viel mehr als übliche Chemilumineszenz.

Endlich: das Bekommen des Leuchteffektes als Resultat mehrerer [seit 1923]¹⁾ Untersuchungen einer Katalysiestudienmethode, einer Methode zum Beweis, daß bei Kontaktadsorptionsprozessen Gasaktivierung und deshalb Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit folgt, — dies spricht einigermaßen auch, daß in diesem Falle wir, vielleicht eine wichtige Methode für Gas-katalysiestudien hätten.

Die Abwesenheit in Literatur derartiger Arbeiten und Resultate [BÖHM und BONHOEFFER²⁾ aktivierten H_2 durch Glimmentladung] erlaubt mir diese vorläufige Mitteilung zu veröffentlichen.

Auch hier danke ich dem Herrn Prof. Dr. L. PISSARSCHESKY für stetige Hilfe in meiner Arbeit.

Jekaterinoslaw, Berg-Institut, Chemisches Laboratorium L. PISSARSCHESKY, den 22. Mai 1927.

M. POLYAKOFF.

Resonanz bei Stößen zweiter Art.

Beobachtungen an sensibilisierter Fluoreszenz und Chemilumineszenz.

Intensitätsmessungen an den Spektren der Chemilumineszenz des Natriums mit Halogen und Halogen-salzen im Vakuum (1) haben eine vom Bogenspektrum abweichende Intensitätsverteilung der Linien der Nebenserien ergeben. Da besonders bei der Reaktion von Natrium mit Sublimat sich auffallende Linienverstärkungen zeigen und dabei auch die Ausstrahlung der 2537 Linie des Quecksilbers auffällt (2), versuchten wir die Anomalie auf Grund der Erscheinung der sensibilisierten Fluoreszenz von G. CARIO und J. FRANCK (3) zu erklären.

In ein Quarzgefäß wurden Hg- und Na-Dampf eingeführt und mit gekühlter Quecksilberdampflampe beleuchtet. Die Fluoreszenzstrahlung des Natriums ist als rötliches Licht (Kontrastwirkung) mit bloßem Auge beobachtbar. Die spektrographische Aufnahme zeigt eine besonders auffallende *Intensitätsverteilung derart, daß diejenigen Linien der Nebenserien am stärksten auftreten, deren oberes Energieniveau einer möglichst vollständigen Aufnahme der Anregungsenergie des Quecksilbers entspricht*. Das Natrium bildet auf Grund seines Termschemas einen scharfen Indicator dafür, in welcher Funktion die Energieabgabe des 2^3P_1 -Zustandes des Quecksilbers (112,04 Cal) sich auf Anregungsenergie des Natriums und translatorische Energie verteilt. Denn zwischen 103 und 113 Cal liegen die $D_{1,2}$ -Terme 5 bis 8 und die S-Terme 4 bis 7.

Die Tabelle zeigt das Termschema, die Anregungsenergie ist vom Grundzustande aus in Calorien berechnet.

Die Intensitätsfolge der Nebenserienlinien des Natriums im Bogenspektrum (bei 0,1 mm Druck im Vakuum durch Anregung mit Induktorium erhalten) ebenso wie in der Chemilumineszenz bei Reaktion mit

¹⁾ Scient. Mag. of the chemical catheder of Katerinoslaw 1926.

²⁾ BÖHM und BONHOEFFER, Zeitschr. f. Physik. Chem. 119. 1926.

Chlor wird beobachtet in abnehmender Intensität: 4 D, 5 D, 6 D, 7 D, 4 S, 8 D, 5 S, 6 S, 7 S (—2 P). Der Quotient 4 D/7 S ist größer als 20/1.

Na-Term	Calorien	Calorien	Hg-Term
4 $D_{1,2}$	98,21		
4 S	103,40		
5 $D_{1,2}$	105,28		
5 S	108,05	107,02	2^3P_0
6 $D_{1,2}$	109,12		
6 S	110,76		
7 $D_{1,2}$	111,42		
7 S	112,49	112,04	2^3P_1
8 $D_{1,2}$	112,93		
8 S	113,68		

Dagegen zeigt sich bei Anregung durch die Quecksilberatome im 2^3P_1 -Zustand die Reihenfolge: 7 S, 7 D, 8 D, 6 D, 5 D, 5 S, 6 S, 4 D, 4 S (—2 P), bei der das früher schwächste Glied 7 S—2 P zum stärksten geworden ist, das früher überwiegende 4 D—2 P fast das schwächste. Bei Gaszusatz zum Resonanzgefäß tritt die Verstärkung der 7 S—2 P-Linie gegenüber einer Verstärkung der 5 S—2 P-Linie und ihrer Nachbarn zurück: Das Quecksilberatom wird durch die Neutralgasmoleküle in den benachbarten metastabilen 2^3P_0 -Zustand gebracht und stößt vorwiegend in diesem auf Natriumatome; der nunmehr verfügbaren Energie 107,02 Cal ist der 5 S-Zustand mit 108,05 Cal die nächste bei 1,03 Cal Differenz (5 D 1,74 Differenz; 6 D 2,10 Cal).

Die Ausstrahlung der D-Linie ist mit jedem Emissionsakt einer Nebenserienlinie gekoppelt; die Beobachtung zeigt, daß die D-Linie nicht stärker als der Summe der Intensitäten der Nebenserienlinien entsprechend auftritt.

Die Aufnahme einer Induktorentladung in Natriumdampf, dem Quecksilber zugesetzt ist, zeigt gegenüber der Entladung in reinem Natriumdampf eine Verstärkung der höheren Glieder der Nebenserien im Verhältnis zu den niederen, die eine Zehnerpotenz übersteigt.

Bei der Chemilumineszenz des Natriums infolge Reaktion mit Sublimat ist eine Verstärkung der 5 S—2 P-Linie auf den vierfachen Wert der 5 D und 6 D—2 P-Linienverstärkung gegenüber dem Bogenspektrum gemessen worden; bei der 7 S—2 P-Linie wird die Zunahme auf den doppelten Wert der Nachbarn geschätzt [photographisch photometriert (4)].

Diese Schärfe der Resonanz bei Stößen zweiter Art läßt Natriumatome als geeignet zu Indicatoren für die Unterscheidung der 2^3P_1 - und der metastabilen 2^3P_0 -Zustände des Quecksilbers erscheinen.

Diese Beobachtungen zeigen, daß die Energie eines angeregten Atoms beim Stoß möglichst als Anregungsenergie des gestoßenen Atoms wiedererscheint, und daß eine Verwandlung eines Teils der Anregungsenergie in translatorische Energie nur mit viel geringerer Wahrscheinlichkeit stattfindet. Diese „Resonanz“ ist so scharf, daß trotz einer mittleren translatorischen Energie von 3 Cal Terme, die um 1 Cal abweichen, schon viel seltener erreicht werden.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, den 23. Mai 1927.

H. BEUTLER, B. JOSEPHY.

Literatur.

1. F. HABER und W. ZISCH, Zeitschr. f. Phys. 9, 302. 1922. — H. BEUTLER und M. POLANYI, Naturwissenschaften 13, 711. 1925. — K. IJALIKOV und A. TEREININ, Zeitschr. f. Phys. 40, 107. 1926. — H. BEUTLER, ST. V. BOGDANDY und M. POLANYI, Naturwissenschaften, 14, 164. 1926.
2. H. FRÄNZ und H. KALLMANN, Zeitschr. f. Phys. 34, 924. 1925.
3. G. CARIO und J. FRANCK, Zeitschr. f. Phys. 17, 202. 1922.
4. H. BEUTLER, Zeitschr. f. Instrumentenkunde 47, 61. 1927.

Besprechungen.

FLEXNER, ABRAHAM, Die Ausbildung des Mediziners. Eine vergleichende Untersuchung. Ins Deutsche übertragen von WALTHER FISCHER, Rostock. Berlin: Julius Springer 1927. IV, 285 S. 16 × 24 cm. Preis geh. RM 9.—.

Man kennt den Autor in Deutschland als einen der Männer, die sich um den glänzenden Aufschwung des medizinischen Unterrichts in den Vereinigten Staaten verdient gemacht haben, er kann deshalb sicher sein, für ein Buch seiner Feder, das dieses Thema behandelt, bei uns aufmerksame Leser zu finden. Ganz besonders, wenn es sich nicht nur um mehr oder weniger überzeugende Meinungsäußerungen handelt, sondern um solche, die gestützt sind auf ein großes Tatsachenmaterial. FLEXNER gibt eine kritische Zusammenstellung der Einrichtungen des medizinischen Unterrichtswesens in Europa und in Nordamerika, und zwar hat er seine Kenntnisse nicht nur gedruckten oder schriftlichen Mitteilungen entnommen, sondern er hat die auf Europa bezüglichen durch Besuche der hervorragendsten europäischen Universitäten gesammelt. Für die deutschen Verhältnisse, die meiner Kontrolle zugänglich sind, kann ich feststellen, daß seine Angaben völlig zutreffen, und wenn, was ich nicht bezweifle, die übrigen sich durch die gleiche Zuverlässigkeit auszeichnen, so ist diese Zusammenstellung von bedeutendem Wert. Bedauerlich ist nur, daß sie nicht ganz vollständig ist. In Europa fehlen abgesehen von Rußland, dessen politische Zustände noch der Stabilität entbehren, und aus dem zur Zeit zuverlässige Angaben schwer erhältlich sind, die neugebildeten Oststaaten und die südeuropäischen Länder besonders Italien und Spanien.

Es ist natürlich unmöglich, in einem kurzen Referate auf die Einzelheiten der mitgeteilten Tatsachen einzugehen, und ich beschränke mich darauf, unter Anlehnung an das Inhaltsverzeichnis einzelne Punkte hervorzuheben, die mir in Rücksicht auf die deutschen Verhältnisse besonders wichtig erscheinen.

In einem einleitenden Kapitel fixiert der Autor seinen Standpunkt, die Medizin ist für ihn eine Wissenschaft, wie die von Alters her als solche anerkannten Disziplinen. Und zwar gilt das nicht nur für die „Laboratoriumswissenschaften“, die zu ihr gerechnet werden, sondern auch für die klinischen Fächer. Das bildet die Grundlage aller Erörterungen. Auf die Ausführungen dieses schön geschriebenen ersten Kapitels einzugehen, muß ich mir versagen, neue Gedanken bringen sie nicht, wohl aber sind sie sehr zeitgemäß, ich möchte allen denen empfehlen, sie zu lesen, die augenblicklich sich bemühen, einen Gegensatz zwischen medizinischer Wissenschaft und ärztlicher Kunst zu konstruieren und die den Primat der letzteren auf ihre Fahne schreiben.

Das zweite Kapitel unterscheidet drei Typen der Medizinschulen: den klinischen Typus, den Universitätstypus und den der Privatunternehmungen. Der letzte gehört der Vergangenheit an, er ist der Typus der leistungsunfähigen Zwergschulen, die massenhaft — über 400 — in den Vereinigten Staaten aufgeschossen und die Aufgabe in die Hand nahmen, Ärzte auszubilden, um dem rasch wachsenden Bedürfnisse zu genügen. Sie haben in vergangenen Zeiten die amerikanischen Ärzte in Mißkredit gebracht, wenn man auch schon immer wußte, daß unter ihnen auch manche bessere waren. Von ihnen sind nur noch Reste vorhanden, an ihrer Stelle sind vortreffliche Anstalten vom Universitätstypus getreten.

Die beiden anderen Typen haben sich am reinsten

in Frankreich und in Deutschland (einschließlich der skandinavischen Länder, Hollands und der Schweiz) ausgebildet, in Frankreich der klinische Typus, in Deutschland der universitäre. Die verschiedenen Typen haben sich ausgewirkt in der Entwicklung des Lehrpersonals, in Frankreich in der zweigleisigen Laufbahn des Agrégé der Fakultät und des Médecin des Hôpitaux, während in Deutschland der Unterricht ganz in den Händen der Universität ist und selbst die leitenden Ärzte der großen kommunalen Spitäler fast ausnahmslos aus der Reihe der Universitätsangehörigen genommen werden. Am meisten aber tritt der Unterschied hervor in der Form und Anordnung des Unterrichts, in Frankreich der uralte Lehrlingsunterricht — der Student wird vom ersten Tage an in die Kliniken geschickt — in Deutschland die durch Herkommen und Vorschriften gesicherte sorgfältige Vorbildung desselben in den Laboratoriumswissenschaften, bevor er zum klinischen Unterricht zugelassen wird. Das erste System nennt FLEXNER das natürliche, das zweite das logische. Den Vorzug gibt er dem logischen, nicht nur die Vereinigten Staaten haben es angenommen, auch die Engländer haben ihre ursprünglich nach dem klinischen Typus geordneten Schulen unter Einführung des logischen Systems reorganisiert. Alles das wird ausführlich in den die verschiedenen Studiengänge behandelnden Kapiteln V bis X ausgeführt.

Kapitel III und IV besprechen die Fragen der ärztlichen Vorbildung und bringen eine sorgfältige Zusammenstellung der darauf bezüglichen Vorschriften in den verschiedenen Ländern. FLEXNER gibt der mathematisch-naturwissenschaftlichen den Vorzug, ich auch, wenn ich auch nicht so weit gehe, wie er, dem als ideales Zukunftsbild die völlige Absolvierung des gesamten Unterrichts in Physik, Chemie und Naturwissenschaften im Rahmen des Schulunterrichts vorschwebt. Die Wogen des Kampfs zwischen humanistischer und mathematisch-naturwissenschaftlicher Vorbildung haben sich soweit geglättet, als man überall dahin gelangt ist, die verschiedenen Schultypen neben einander für das Medizinstudium anzuerkennen in der Annahme, daß der zweckmäßigste von ihnen sich den anderen gegenüber durchsetzen wird. Wenn man sieht, wie trotz der Macht der Gewohnheit und der Vorurteile in der kurzen seit der Gleichstellung verflossenen Zeit eine große Abwanderung von den humanistischen zu den realistischen Schulen eingesetzt hat, kann man wohl annehmen, daß letztere bei der Entwicklung nicht zu kurz kommen werden. Das einzige, was strittig geblieben ist, ist die Frage, ob für den Arzt eine gewisse Kenntnis der lateinischen Sprache unerlässlich ist. Über diese Frage sind grade in der letzten Zeit in Europa heftige Kämpfe ausgefochten worden mit dem Ergebnis, daß überall mit einer einzigen Ausnahme Medizinstudenten, die in einer lateinlosen Schule ihre Vorbildung erworben haben, nachträglich gewisse Kenntnisse in der lateinischen Sprache in einer Prüfung nachweisen müssen. Nur in Schweden kann man ohne Latein Arzt werden, es wäre wünschenswert, von dort zu erfahren, ob sich dabei die prophezeiten Nachteile eingestellt haben. Ich bezweifle es. Denen, die behaupten, daß wer ohne lateinische Vorbildung zur Universität kommt, Klarheit des Denkens und des Ausdrucks in der eigenen Sprache vermissen läßt, muß ich erwidern, daß ich selbst niemals einen Unterschied zwischen den Schülern eines humanistischen Gymnasiums und einer Realschule feststellen konnte. Wer aber trotzdem daran festhält, muß die Realschüler erbarmungslos vom

Studium ausschließen, denn einem kurzen Drill in der lateinischen Sprache zum Zwecke einer Zulassungsprüfung wird doch niemand solche Wunderwirkung zuschreiben, und ein solches Examen ist die einzige Forderung, an der selbst die Fanatiker der lateinischen Vorbildung noch festhalten. Ist nicht die Wahrnehmung, daß gerade die Lehrer der alten Sprachen sich nichts von der Prüfung versprechen, und daß allein die Ärzte selbst an ihr festhalten, geeignet die Verfechter derselben bedenklich zu stimmen? So war es in der Schweiz, wo eine Bewegung der Ärzte gegen die Meinung der altsprachlichen Lehrer die Beibehaltung des Examens durchgesetzt hat. So auch in Frankreich, wo wie ich aus FLEXNERS Buch erfahren habe, ein rückschrittlicher Erlaß des Ministers gegen das Gutachten des Conseil supérieur de l'instruction publique im Jahre 1923 die klassische Vorbildung wieder obligatorisch gemacht hat.

Daß der Zeitaufwand, den der Lateinunterricht auf einem Gymnasium erfordert, sich lohnt, wenn er keinen anderen Zweck hat, als das Verständnis der medizinischen Kunstausrücke zu sichern — sie sind noch dazu fast alle griechischen Ursprungs — wird doch kaum jemand ernsthaft behaupten.

Bei einem so anerkennenden Beurteiler des deutschen Medizinunterrichts, wie FLEXNER es ist, müssen wir besondere Aufmerksamkeit dem widmen, was er an ihm auszusetzen hat. An dem Unterricht in den Laboratoriumsfächern bemängelt er, daß sein Schwerpunkt allzu sehr in die demonstrierenden Vorlesungen gelegt würde, doch erkennt er an, daß dem fleißigen Studenten genügend Gelegenheit geboten ist, sich praktisch zu betätigen. Nicht so im klinischen Unterricht. Er wirft ihm vor, daß die klinische Vorlesung dem Studenten nicht die Möglichkeit gewähre, sich selbst bei der Untersuchung und Behandlung der Kranken zu beteiligen, ein Vorwurf, der vollkommen berechtigt ist. Daß das sog. Praktizieren nur eine Scheinbetätigung ist, wird jeder klinische Lehrer zugeben. Nur glaube ich nicht, daß das „natürliche“ System der Franzosen, bei dem der stagiaire hinter seinem Chef bei der Krankenvsichte herläuft, ein tauglicher Ersatz ist. Sehr viel besser ist das englische System der „Einheiten“, bei dem der Unterricht in einer Anzahl von kleinen Konventikeln erteilt wird, doch kann ich mir nicht vorstellen, wie sich dieses System auf unsere Organisation des Unterrichts aufpflanzen läßt. Die Einheiten müßten bei uns von den Assistenzärzten geleitet werden, und neben dem zersplitterten Unterricht in den Einheiten der des Professors in dem großen Zötus bestehen bleiben. Man kann auch die Studenten durch andere Einrichtungen bei unserer Unterrichtsform mehr mit den Kranken in Fühlung treten lassen. Einmal dadurch, daß man letztere unter die Studenten verteilt und diese beim Praktizieren Bericht erstatten läßt. Dieses System habe ich lange Zeit gehandhabt, aber dabei festgestellt, daß es sich nur empfiehlt, solange die Praktikantenzahl sehr klein ist, so daß die Praktikanten sehr häufig aufgerufen werden können, sonst muß man gewärtigen, daß sie sich nicht allzuviel um ihre Kranken kümmern. Deshalb habe ich das System geändert, ich habe allen Praktikanten einen Monat Amanuensendienst im Krankenhause auferlegt. Dieses System ist dem früheren vorzuziehen, weil es eine intensivere Beschäftigung der Praktikanten mit den Kranken verbürgt und sie unter die Kontrolle erfahrener Assistenten stellt, auch ermöglicht es eine Kontrolle durch die letzteren. Freilich ist ein Monat eine sehr kurze Zeit, eine längere Beschäftigung erlaubte der Umfang meiner Krankenabteilung nicht. Immer-

hin habe ich den günstigen Einfluß der Einrichtung daran feststellen können, daß sich allmählich immer zahlreichere Studenten freiwillig in den Ferien für solche Dienste zur Verfügung stellten. Als dann das praktische Jahr eingeführt wurde, glaubte ich, die Einrichtung, die für die Assistenten viel Mehrarbeit, für mich mancherlei Ärger mit sich brachte, fallen lassen zu dürfen.

Ein sehr wirksamer Ersatz der englischen Einheiten sind die Kurse der Assistenten. Außer dem althergebrachten Kursus der physikalischen Diagnostik habe ich neben der klinischen Vorlesung einen Kurs der chemisch-mikroskopischen, einen Kurs der bakteriologisch-serologischen Diagnostik, einen neurologischen und einen röntgenologischen Kurs eingerichtet, die sämtlich von fähigen Assistenten geleitet wurden, und die sich zu wirklichen klinischen Unterrichtskursen auswuchsen. Die Zuhörerzahl war bei ihnen beschränkt.

Ein Nachteil unserer Form des Unterrichts, den ich immer empfunden habe, scheint Flexner nicht zum Bewußtsein gekommen zu sein. Meines Erachtens mangelt ihm die enzyklopädische Belehrung. Die alte Vorlesung über spezielle Pathologie und Therapie, die ich noch gehört habe, existiert nicht mehr, nicht die Kliniker, die Studenten haben sie fallen lassen, sie war ihnen zu trocken, auch ich habe sie — sie war damals Zwangskolleg — nur bezahlt. Das, was an ihre Stelle getreten ist, und was ich viele Jahrzehnte vorgetragen habe, ausgewählte Kapitel der inneren Medizin, ist wertvoller für den Lehrer, als für den Schüler. Soll dieser einen Überblick über das ganze Gebiet gewinnen, so müßte er bei der geringen Stundenzahl die der Vorlesung zur Verfügung steht, ihr während der ganzen klinischen Studienzeit folgen, und dazu fehlt ihm die Zeit. Viel größere Anziehungskraft, als die trockene theoretische würde eine demonstrierende Vorlesung haben, und sie würde eine wertvolle Ergänzung des Unterrichts sein, freilich nur, wenn ihr die genügende Zeit gewährt würde, und wenn dem Lehrer ein großes Krankenhaus zur Verfügung stände, denn es bedarf eines großen Krankenmaterials für dieselbe, über das nur wenige klinische Spitäler gebieten. Es wäre eine Aufgabe für die Krankenhausdirektoren, freilich eine mühevoll und zeitraubende, aber eine Aufgabe, die des Schweißes der Edlen wert wäre. Unser klinischer Unterricht genügt nur für die Begabten und Fleißigen, die ihr Wissen aus Lehrbüchern vervollständigen. Das tun zwar die Faulen auch, aber erst vor dem Examen, und Kenntnisse, die für das Examen eingepaukt werden, verflüchtigen sich ebenso schnell wie sie erworben wurden. FLEXNER dürfte freilich für eine Ergänzung des klinischen Unterrichts durch eine demonstrierende Vorlesung nicht viel übrig haben, er liebt demonstrierende Vorlesungen nicht, und noch weniger liebt er die Unbegabten und Faulen. Er ist ein Anhänger des englischen Systems der Auswahl, der Ehrenstudenten und der ähnlich wirkenden Aussiebung durch das französische System des Externats und Internats. Dem deutschen System macht er direkt den Vorwurf, daß es zuviel Rücksicht auf die Unbegabten nähme, dadurch vergeude man nicht nur Zeit und Mühe, sondern schädige auch das Niveau des Unterrichts. Gewiß, es wäre gut, wenn man diese unerfreulichen Schüler los werden könnte, aber das Land braucht Ärzte, und die Ehrenstudenten werden niemals ausreichen, um das Bedürfnis zu decken. FLEXNER selbst sagt ja, daß auch die andere Sorte durch die Examina mit allen möglichen Hilfen geschleppt werde.

Noch eine andere Frage, die FLEXNER augenschein-

lich sehr am Herzen liegt, muß ich berühren, die Frage der „vollbeschäftigten“ Professoren, die in Amerika in größerer Zahl angestellt sind. Daß die große Privatpraxis vieler Kliniker ihre Lehrtätigkeit stark beeinträchtigt, ist nicht zu bestreiten, und daß ein Kliniker, der seine ganze Zeit dem Unterricht und der Forschung widmet, viel mehr leisten kann, als einer, der nur Gastrollen in seiner Klinik gibt und oft auf Reisen abwesend ist, steht fest. Aber das System der vollbeschäftigten Professoren durchzuführen, würde Kosten machen, die augenblicklich in Deutschland unerschwinglich sind und sicher für ein Jahrhundert unerschwinglich bleiben werden. Im letzten Kapitel des Buches, das von den Kosten des Unterrichts handelt, kann man sich darüber informieren. Und wenn das Geld aufzutreiben wäre, würde die Durchführung wirklich wünschenswert sein? Ich bezweifle es. Der Hinweis auf LOUIS, der freiwillig seine Praxis aufgab, um sich ganz der Forschung zu widmen, klingt sehr überzeugend, aber LOUIS tat das, nachdem er in vielen Jahrzehnten durch eine große, einträgliche Privatpraxis ein großes Vermögen und ein großes Ansehen erworben hatte. Wenn man alle Kliniker als vollbeschäftigte Professoren anstellen wollte, so würden sie keine Reichtümer besitzen und die kümmerliche Vermögenslage eines Professors der Theologie und Philologie teilen. Wenn man sie, wie FLEXNER vorschlägt, auch etwas besser bezahlte, als diese, so würde damit nicht viel geändert sein, eine erhebliche Besserstellung würde, wie FLEXNER selbst bemerkt, nicht möglich sein, ohne daß der Unmut der Zurückgesetzten erregt würde. Und nicht nur die finanzielle Lage der Kliniker würde sich verschlechtern, auch das große Publikum würde ihnen nicht das Ansehen schenken, das sie jetzt besitzen, wo es in ihnen ihre autoritativen Ratgeber erblickt. Gewiß, wenn einer von ihnen eine welterschütternde Entdeckung machen würde, würde es in ihm den großen Mann bewundern, dazu gehört aber eine große Begabung und viel Glück. Wie viele gibt es, die beides haben? Natürlich wird man immer Kliniker genug finden, aber die Auswahl würde doch beschränkt werden. Schon jetzt gehört eine große Dosis Idealismus dazu, die Stellung des Direktors eines der großen kommunalen Krankenhäuser mit der eines Klinikers an einer kleinen Hochschule zu vertauschen. Eine Beschränkung der Auswahl muß aber unbedingt vermieden werden, für den Unterricht, besonders für den Universitätsunterricht ist gerade das Beste gut genug, die gesamten Ausführungen FLEXNERS führen zu dem Punkte, in dem alle Erörterungen über Unterrichtsfragen zusammenmünden: Organisation und Apparate stehen erst in zweiter Linie, in der ersten steht immer der begabte und tüchtige Lehrer. FLEXNER weist auf die Professoren der Physik und Chemie hin, die sich mit ihren mageren Professorengelältern begnügen und sich durch die Lockungen der Großindustrie von ihrer Lehraufgabe nicht ablenken lassen. Stimmt das? Für Deutschland sicher nicht, am wenigsten für die Chemiker, die sich ihre Entdeckungen patentieren lassen und durch Verwertung der Patente in der Großindustrie große Einnahmen erzielen.

Es gibt andere Mittel außer der Einführung der vollbeschäftigten Kliniker, um den Kollisionen einer übergroßen Privatpraxis mit den Amtspflichten vorzubauen. Das was FLEXNER außer der Vollbeschäftigung vorschlägt, ein Gentlemanabkommen, das die Privatpraxis soweit wie notwendig einschränkt, scheint mir nicht viel zu versprechen. Ein solches Abkommen geht meines Erachtens jeder Professor stillschweigend dadurch ein, daß er sein Amt übernimmt, und ein

gewissenhafter Mann wird sich durch dasselbe gebunden fühlen.

L. LICHTHEIM, Bern.
REINKE, J., *Das dynamische Weltbild*. Physik und Biologie. Leipzig: J. A. Barth 1926. VI, 157 S. 15 × 22 cm. Preis RM 4.—.

Der Verf. kennzeichnet sein Buch als Versuch, ein dynamisches Gesamtbild der Natur „aus der Vogelperspektive zu zeichnen“, aber unter Vermeidung jeder Abschweifung ins Metaphysische. Die Aufgabe der Wissenschaft ist nicht erschöpft im messenden Bestimmen, „auf Farben im Weltbilde wollen wir nicht verzichten“; es handelt sich um die Synthese überaus zahlreicher auf analytischem Wege gewonnener Bausteine. Das Reich der Natur ist gegliedert in die drei Stufen der leblosen Vorgänge (das Gebiet der Atome), des leiblichen Lebens und des seelischen Lebens; sie sind übereinander gebaut, so daß die zugehörigen Wissenschaften in dieser Reihenfolge einander zur Voraussetzung haben.

Die ersten vier Kapitel entwickeln, in Anlehnung an die Physik, die allgemeine Idee der Naturdynamik. Das erste, „Grundlagen“, enthält erkenntnistheoretische Vorbemerkungen, im zweiten „Der Zusammenhang im Gefüge der Natur“ wird der Begriff des Naturgesetzes, der Kausalität und Finalität erörtert, das dritte „Allgemeine Dynamik“ handelt vom Begriff der Kraft und dem Reich der Naturkräfte, das vierte über Kraftfelder trägt bereits rein physikalischen Charakter. Im zweiten Hauptteil wird die Dynamik durch die drei Provinzen der Natur verfolgt: ein Kapitel Physik „Die leblose Materie“, zwei Kapitel Biologie „Die belebte Materie“, „Dynamik der Gestaltung“, ein Kapitel Psychologie „Die Seele als biologisches Problem“.

Ohne mich genau an die im Buche eingehaltene Reihenfolge zu binden, berichte ich kurz über die wichtigsten Stellungnahmen des Verf.

1. Neben der *Kausalität* wird die *Finalität* als eine gleichberechtigte Erkenntnisform von Naturzusammenhang anerkannt. Das Auge ist zum Sehen geschaffen. „Daß ein so wunderbares Ding wie die tierische Muskelfibrille zufällig entstehen könnte, halte ich für ausgeschlossen.“ Von der (durch Differentialgesetze geregelten) Entwicklung eines Organismus heißt es: sie sei nicht nur abhängig von den vorausgegangenen Phasen des Prozesses, sondern auch vom Integral, von der *Ganzheit* des Typus, der alle Differential-schritte in vorgezeichneter Richtung zusteuern. Wenn man die Finalität beschuldige, Anthropomorphisierung der Natur nach Analogie menschlicher Zwecksetzungen zu sein, so könne man mit demselben Recht behaupten, daß die kausale Denkweise die menschliche Erfahrung wirksamen Handelns und des Gefühls der Muskelkräfte auf die ganze Natur übertrage.

2. Finale Beziehungen treten auch im Gebiet des Anorganischen auf (in diesem Zusammenhang wird auf das Hamiltonsche Prinzip der Mechanik hingewiesen und auf gewisse Vorstellungen in der Quantentheorie, nach welchen Anfang und Ende eines Quantensprungs die gleichberechtigten Determinanten desselben sind). Aber sie spielen eine weitaus wichtigere Rolle im Gebiet des Lebens. Mit dem ersten Punkt hängt daher eng der zweite zusammen: die Anerkennung des *Lebens* als einer nicht auf die Kräfte der leblosen Materie zurückführbaren organisierenden Potenz. „Die Differenz zwischen einem Menschen und seiner Leiche ist das Leben“, lautet eine Definition. (So überzeugend sie beim ersten Anhören klingt, ist sie freilich bedenklich genug; was würde man zu einer Erklärung sagen wie dieser: die Differenz zwischen dem Wasser und seinem

Dampf ist „das Fluide“?) „Hat man das Gefüge eines Lebewesens bis in die letzten Elementarmechanismen aufgelöst, so bleibt doch noch ein immaterieller oder supermaterieller Rest übrig, jener Faden, den die Parze einst abschneidet.“ Bei der Entwicklung eines Organismus müssen Kräfte tätig sein, die, scheinbar von dessen Ganzheit ausgehend, den Weg und die Richtung der Entwicklung von der Keimzelle an bestimmen; sie können nur supermaterieller Art sein. Diese „Lenker des ganzen Vorgangs“ sind von REINKE als *Dominanten* bezeichnet worden. Das Wort füllt freilich einstweilen nur hypothetisch eine Lücke, er will dem Dominantenbegriff keinen „dogmatischen Wert“ zuschreiben, wie DRIESCH seinen Entelechien. Wie für die Ontogenie sind auch für die Phylogenie umbildende richtunggebende Triebkräfte zu fordern; Mutation und Selektion reichen nicht aus.

3. Die Wirklichkeit ist *psycho-physischer Natur*; das *Seelische* wird als eine reale Sphäre innerhalb der Gesamtnatur anerkannt, mit Kräften eigener Art: Willenskraft, Urteilskraft, Vorstellungskraft und dergleichen. Beide Teile sind durch *Wechselwirkungen* miteinander verbunden: meine Wahrnehmungen sind Wirkungen der Außenwelt auf meine Seele, in meinen Handlungen greift Seelisches verursachend in den Ablauf der physischen Vorgänge ein. Der Einwand, daß Ungleichartiges nicht aufeinander wirken könne, wird als unberechtigt zurückgewiesen. Die Auffassung der Beziehung von Leib und Seele als einer Wechselwirkung wird verteidigt gegen den Materialismus, den sensualistischen Monismus MACHS, den Parallelismus FECHNERS und ZIEHENS Substanztheorie.

4. Die wichtigsten und fruchtbarsten Bemerkungen scheinen mir diejenigen zu sein, welche die Suche nach den „Trägern“ der entwicklungsbestimmenden Einflüsse und der *Vererbung* betreffen. Die meisten Biologen möchten das Wirksame an „Organisatoren“ (SPEMANN) — Keimteile, welche andere indifferentere Teile in ihrer Entwicklung bestimmen — und das die Vererbung Bewirkende in den Geschlechtszellen als eine besondere *Substanz* fassen. WEISMANN lokalisiert seine „Determinanten“ in *Biophoren*, WINKLER, der im Anschluß an JOHANNSEN und GOLDSCHMIDT das *Gen* definiert als ein Etwas, dessen Vorhandensein in der Keimzelle das Auftreten einer bestimmten Eigenschaft am Organismus bewirkt, spricht davon, daß die (offenbar körperlich gedachten) Gene ungeheuer klein sein müßten, GOLDSCHMIDT macht unbekannt *Hormone* für die Vererbung verantwortlich (denn Enzyme sind Stoffe, die bereits in kleinster Menge zu wirken vermögen und dabei selbst nicht verbraucht werden; die formativen Hormone unterscheiden sich freilich darin von WEISMANN'S Biophoren, daß sie erst im Laufe der Entwicklung entstehen). Prinzipiell ist diese Einstellung so unberechtigt, wie wenn man nach der „Masse“ eines Körpers, welche für den Verlauf von Stoßreaktionen das Bestimmende ist, als einer besonderen verborgenen Substanz im Körper, einem Massenhormon oder -chromosom suchte. REINKE stellt fest, daß der Bewegungskomplex der Vererbung, der die Elternmerkmale in Geschlechtszellen konvergent zu Anlagen verdichtet und diese Anlagen — deren Summe er als Bildungspotential bezeichnet — in der Entwicklung des Keimes divergent wieder zur Entfaltung bringt, zur Zeit physikalisch-chemisch nicht analysierbar ist. Er vergleicht die in Ei und Spermie enthaltene „potentielle Kopie“ mit der auf einer Schallplatte enthaltenen Kopie eines Musikstückes. Wenn auch in speziellen Fällen genauere Lokalisation gelungen ist (geschlechtsbestimmende Chromosomen), bleibt es im Prinzip doch

dabei: „*Dynamische Erbfaktoren sind Tatsachen, korpuskulare*, auch unter dem Bilde unsichtbarer nur chemisch zu kennzeichnender Gene, *sind Fiktionen*“.

Diese Stellungnahmen REINKES sind nicht von heute — er hat sie seit langem vertreten, so noch zuletzt in seinen „Grundlagen einer Biodynamik“ (1923). Der Anlaß der gegenwärtigen Schrift scheint zu sein, daß er an gewissen neueren Theorien der *Physik* und ihrer kritischen Einstellung zu solchen Begriffen wie Kausalität und Substanz eine Stütze für seine Positionen findet und ihnen Vorstellungen entnehmen möchte für eine allgemeine, das vitale und psychische Gebiet mit spannende Dynamik. Darauf deutet auch der Untertitel „*Physik und Biologie*“ hin. Seine *erkenntnistheoretische Stellung* bezeichnet der Verf. als *kritischen Realismus*. Dem Idealismus kann er nicht Gerechtigkeit widerfahren lassen, weil er die Sphäre des „Sinns“ im Gegensatz zum Sein, des „Gesichts“ nicht kennt, die erkenntnistheoretisch nun doch einmal das Erste ist, und dafür von vornherein die Seele als psychische Realität, als Naturstück einschleibt. Im letzten Kapitel findet sich unter dem Titel „*Beziehungen der Seele zur Umwelt*“ eine Auseinandersetzung mit KANTS Lehre der Idealität und Apriorität von Raum, Zeit, Kausalität. Da heißt es: Als a priori gegeben gilt in meinen Augen alles, was den Menschen wie den Tieren durch Zeugung und durch Geburt verliehen wurde (die Flügel der Insekten so gut wie ihre Instinkte). Es handelt sich um vitale Anpassungen; das ist die Lösung des apriori-Rätsels. Kein Wunder, daß er auch die logischen Gesetze in der seelischen Struktur des Menschen wurzeln läßt. „Die Bühne unserer Vorstellungen ist von Menschendingen bevölkert, die der Hunde von Hundendingen usw.“ Daß außer uns ein Raum und Kausalbeziehungen zwischen den „Dingen an sich selbst“ bestehen, ist ebenso gewiß wie das Bestehen dieser reinen Verstandesbegriffe in unserer Seele; REINKE möchte darum auch lieber von Raumsinn, Zeitsinn, Kausalitätssinn statt von reinen Verstandesbegriffen sprechen.

Für die kritische *Analyse des Kausalitätsbegriffs*, zu der die Physik drängt, hat der Verf. kein rechtes Verständnis, obwohl er MACHS Auffassung, daß es sich lediglich um Funktionsbeziehungen handelt, beifällig zitiert und mit Recht darauf hinweist, daß finale Zusammenhänge nicht minder funktionaler Natur seien als kausale. Aber er sieht offenbar nicht, daß die funktionalen Relationen als solche sich der einen wie der andern Deutung gegenüber indifferent verhalten. MACHS Anschauung wird so formuliert: „Ist A durch B kausal bedingt, so bedeutet dies, daß A in entsprechender Weise von B abhängt, wie in der Geometrie eine Kurve von den ihr Bezugssystem bildenden Koordinaten. Es handelt sich um die funktionale Zuordnung eines Ereignisses zu einem Bezugssystem.“ (!) Es werden positive und negative Bedingungen unterschieden, positive Bedingungen sind bewegende Faktoren, negative Bedingungen sind Widerstände. „Die Wirkung steht im direkten Verhältnis ihrer positiven, im umgekehrten Verhältnis ihrer negativen Bedingungen. Diese quantitativ gefaßte Beziehung ist die Kausalität.“ Die Formulierung des Kausalgesetzes als der Satz, daß unter gleichen Bedingungen immer und überall das gleiche erfolge, wird mit dem Beispiel zurückgewiesen, daß ein Blitzschlag manchmal zündet, manchmal ein kalter bleibt. Gegen den Versuch, die dynamischen Gesetze als statistische zu erweisen, wird eingewandt: Ist nicht schon das biologische Gesetz „Alle Menschen sind sterblich“ ein ausnahmslos gültiges? In den Ausführungen der ersten Kapitel wird der Kraftbegriff so

vage gefaßt —: das Gesetz als objektive Macht, Symbol für alles Wirkende in der Natur —, daß die Idee der Dynamik keinen rechten, mit andern Naturauffassungen kontrastierenden Inhalt bekommt. Es wird gar nicht unterschieden zwischen der durch einen Vektor mathematisch repräsentierten, zeiträumlich variierenden konkreten Kraft und der Kraftart, die wir meinen, wenn wir generell von *der* elektrischen Kraft, *der* Gravitation reden; oder vielmehr Verf. scheint nur den zweiten populäreren Kraftbegriff im Auge zu haben — mit dem sich doch aber keine Physik treiben läßt! Die Frage, worauf die Zerlegung der einheitlichen Kraft in ihre Komponenten und die Unterscheidung verschiedener Kraftarten sich gründet, wird darum auch gar nicht gestellt. Auch in der Theorie der Kraftfelder schreckt ihn „die ungeheure Mannigfaltigkeit der Felder, die sich tausendfältig kreuzen und schneiden, so daß nirgends leerer Raum übrig bleibt“; *das* Feld als die nicht in Komponenten zerspaltene Einheit, als welche es in die physikalischen Gesetze eingeht, kennt er nicht.

Die Natur setzt sich zusammen aus mechanischen, thermodynamischen, elektrodynamischen, biodynamischen (diaphysischen) und psychodynamischen Vorgängen. Es entspricht offenbar einer typisch biologischen Denkweise, die in der Entwicklung die Erklärung sieht, wenn zu den bekannten materiellen Kräften noch „elektronenbildende Kräfte“ postuliert werden; „sowohl die Erzeugung elektrischer Felder wie die Erzeugung von Elektronen ist durch irgend etwas bewirkt worden, was wir den so zahlreichen Naturkräften beizuzählen haben“. Aus der Mechanik wird der Begriff der *Systemkraft* übernommen. Da Systemkräfte keine Arbeit leisten, werden sie den energetischen Kräften als *Lenker der Energie* gegenübergestellt. Das Bildungspotential, die diaphysischen Kräfte werden häufig so gedeutet. Vergleicht man das Lebewesen mit einer Uhr, so entsprechen sie den Verbindungen der Teile, welche den regulären Gang der Uhr, ihre Ganzheit bedingen; „diaphysische Kräfte bedeuten eine zwangsläufige Einstellung der die körperliche Entwicklung tragenden materiellen Vorgänge auf die Ganzheit des Leibes“. Systemkräfte sind zerstörbar (denn man kann die Uhr zerstampfen), sind gebunden an die Form und darum quantitativ nicht voll zu erfassen. Über ihnen stehen, wie im Falle der Uhr als transzendentes Prinzip der Verstand des Uhrmachers, so im Falle der Organismen die Dominanten; denn „die Systembedingungen könnten an sich selbst zum Aufbau einer organisierten Gestalt nicht genügen, so wenig wie gestaltbildende Stoffe“. — Physikalisch ist die hier vorgenommene Unterscheidung zwischen Energie und Lenkern der Energie verfehlt. Nimmt man die Verbindungen, welche die phänomenologische Mechanik einführt, als solche hin, so sind die Systemkräfte bloße mathematische Fiktionen. Geht man aber auf die wahrhaft wirksamen elastischen, letzten Endes elektrischen Kräfte zurück, so ist der Umstand, ob eine Kraft an einem sich bewegenden Körper Arbeit leistet oder nicht, keine irgendwie prinzipielle Unterscheidung: es kommt nur darauf an, ob die Kraft-richtung momentan zur Geschwindigkeit senkrecht steht oder nicht.

Aber vielleicht sind die Systemkräfte nur ein nicht ganz überwundenes Überbleibsel aus früheren Konstruktionen des Verf. Die Vorstellung, welche er vor allem der Physik entlehnt, ist die des *Kraftfeldes*, wie sie von FARADAY und MAXWELL in der Elektrodynamik ausgebildet wurde. Die Kraftfelder hätten wohl die Systemkräfte ganz verdrängen sollen; jetzt wirren sich beide Bilder oft durcheinander. Dem dynamisch denkenden Biologen muß natürlich das Kraftfeld darum sympathisch sein, weil es ohne Substanzübertragung Wirkungen dort hervorruft, wo das wirkende Agens sich nicht befindet, und darum zur Stiftung von Ganzheit prädestiniert ist. Betätigt es sich nicht auch so im *Atombau*? Der Bericht freilich, den REINKE in Kap. IV und V seiner Schrift über Atomismus und die physikalische Theorie der Felder gibt, enthält böse Mißverständnisse (vgl. z. B. den Paragraphen über Schwierigkeiten der reinen Feldtheorie). Im Grunde kommt er doch nicht von dem stofflichen Medium los und der These, daß alles auf Bewegung zurückgeführt werden müsse; so ist ihm LENARDS Äther und Uräther willkommen. In der Atomtheorie werden Wirkungsquantum und Elektronenladung durcheinander gebracht. — Im zweiten Teil wird der Begriff des Kraftfeldes sukzessive auf Vorgänge in der organischen Substanz, dann auf die biologischen und psychologischen Prozesse erweitert. Von den Feldern, welche von den Enzymen im organisierten Protoplasma ausgehen, heißt es, sie könnten zunächst als elektrodynamische und Gravitationsfelder gelten; „doch dürften den einzelnen Verbindungen besondere Kraftfelder entsprechen“. Die Wirkung des Bildungspotentials beruht auf „*Organisationsfeldern*“, welche die elektrodynamischen Kraftfelder überlagern. Und in dem letzten Kapitel über die Dynamik des Seelenlebens werden von der Seele ausgehende *psychische Kraftfelder* eingeführt, die sich in den Hirnzellen mit materiellen Kraftfeldern vielfach überschneiden. Seelische Kraftfelder sind an sich raumlos, doch durch diese Verbindung sind sie räumlich beschränkt.

Es dürfte aus dem Gesagten deutlich sein und könnte durch Zitate kraß belegt werden, daß dem Verf. die mathematisch-physikalische Denkweise, der er doch zum wesentlichen Teil seine Terminologie entnimmt, von Grund aus fremd ist. Aber rechten wir mit ihm darob nicht! Wir Mathematiker und Physiker erfahren einmal mehr, in welcher eisigen Vereinsamung wir noch immer mit dieser unserer erhabenen, aber unmenschlichen, dem Warmen und gefühlsmäßig Verschwommenen so abholden Denkart unter den lebendigen Geistern unserer Tage leben. Es ist gut, wie REINKE es tut, gegen Vorstellungen anzukämpfen, die, fern ihrem Ursprungsort, durch die ganze Breite der Naturwissenschaft ergossen, sich zu Dogmatismen verhärteten, wenn ihnen in ihrem Ursprungsgebiet der Boden entzogen ist. Es ist aber nicht gut — und um dieser Gefahr willen konnte ich hier Kritik nicht umgehen —, daß die Begriffsumwälzungen, die augenblicklich in der Physik sich vollziehen, ihres tiefen und präzisen Sinnes entkleidet werden und vage Analogien zu vorschnellen Synthesen von Physik und Biologie Verwendung finden.

H. WEYL, Zürich.

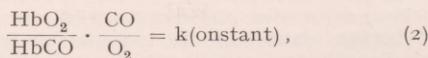
Über Kohlenoxydwirkung ohne Hämoglobin und einige Eigenschaften des Atmungsferments¹⁾.

Bis vor kurzem war man der Meinung, daß Kohlenoxyd nur auf hämoglobinführende Organismen wirke. Hämoglobin (Hb) reagiert mit Kohlenoxyd nach der Gleichung:

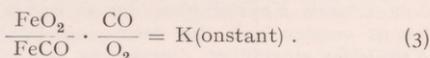


Ich habe gefunden, daß Kohlenoxyd nicht nur auf hämoglobinführende Organismen wirkt, sondern allgemein auf lebende Zellen, von denen ich untersucht habe: Hefen, Bakterien, Leberzellen, Netzhaut, Chorion. Kohlenoxyd hemmt die Atmung dieser Zellen reversibel und spezifisch. Andere Zellkatalysen, z. B. die Gärungen, werden durch Kohlenoxyd nicht beeinflußt. Selbst in Kohlenoxyd von 60 Atmosphären Druck fanden wir die Gärung von Hefezellen nicht nachweisbar gehemmt.

Die Substanz, die in der Zelle mit Kohlenoxyd reagiert, ist nicht Hämoglobin, verhält sich aber in auffallender Weise dem Hämoglobin ähnlich. In Hämoglobinlösungen, die Sauerstoff und Kohlenoxyd enthalten, haben wir das Gleichgewicht



wobei CO und O₂ die Konzentrationen an Kohlenoxyd und Sauerstoff bedeuten. Dieselbe Gleichung gilt nun nach meinen Versuchen für die Atmung in Kohlenoxyd, oder, um es mehr chemisch auszudrücken, für die Verteilung des Atmungsfermentes zwischen Sauerstoff und Kohlenoxyd. Bezeichnen wir das Atmungsferment mit Fe, so haben wir, analog Gleichung (2)



Zwar können wir FeO₂ und FeCO nicht direkt bestimmen wie HbO₂ und HbCO, wohl aber das Verhältnis $\frac{\text{FeO}_2}{\text{FeCO}}$ durch Messung der Atmungshemmung.

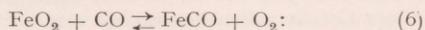
Bedeutet nämlich in irgendeinem Sauerstoff-Kohlenoxyd-Gemisch α den Bruchteil der normalen (ungehemmten) Atmung, so ist

$$\frac{\text{FeO}_2}{\text{FeCO}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad (4)$$

und Gleichung (3) geht über in

$$\frac{\alpha}{1 - \alpha} \cdot \frac{\text{CO}}{\text{O}_2} = K. \quad (5)$$

Diese Gleichung stimmt sehr genau für Hefezellen, suspendiert in alkoholhaltiger Phosphatlösung. Es folgt daraus, daß Kohlenoxyd mit dem Atmungsferment wie nach Gleichung (1) reagiert:



Kohlenoxyd wirkt also auf die Atmung, indem es den Sauerstoff aus dem Atmungsferment verdrängt. Hier wie im Fall des Hämoglobins ist die Wirkung des Kohlenoxyds bestimmt durch das Verhältnis $\frac{\text{CO}}{\text{O}_2}$. Verdünnen wir ein Sauerstoff-Kohlenoxydgemisch beliebig mit Stickstoff, so bleibt die Wirkung auf die Atmung, ebenso wie die Wirkung auf das Hämoglobin, konstant.

¹⁾ Nach einem am 12. Mai in der Royal Society in London gehaltenen Vortrag.

Ein Unterschied besteht nur hinsichtlich der Zahlenwerte von k und K der Gleichungen (2) und (3). k der Gleichung (2) ist nach J. HALDANE von der Größenordnung 10⁻², während ich K der Gleichung (3) etwa gleich 8 finde. Hämoglobin bindet also Kohlenoxyd fester als Sauerstoff, das Atmungsferment bindet Sauerstoff fester als Kohlenoxyd. —

Im Jahre 1896 entdeckte JOHN HALDANE, daß die Affinität zwischen Hämoglobin und Kohlenoxyd abnimmt, wenn man belichtet. Die Affinität zwischen Hämoglobin und Sauerstoff dagegen wird durch Belichtung nicht verändert. Belichtet man also Hämoglobin, das im Dunkeln mit Sauerstoff und Kohlenoxyd ins Gleichgewicht gebracht worden ist, so verschiebt sich das Gleichgewicht zugunsten des Sauerstoffes (Reaktion von rechts nach links in Gleichung (1).)

Ebenso verhält sich, wie ich gefunden habe, das Atmungsferment. Seine Affinität zu Sauerstoff ist im Dunkeln und im Licht gleich, seine Affinität zu Kohlenoxyd ist im Dunkeln größer als im Licht. Bringt man also Hefezellen mit Sauerstoff und Kohlenoxyd im Dunkeln ins Gleichgewicht und belichtet, so nimmt die atmungshemmende Wirkung des Kohlenoxydes ab und verschwindet bei genügend starker Belichtung vollständig.

Die Wirkung des Lichtes kann man benutzen, um die Eigenschaften des Atmungsfermentes näher zu bestimmen. Belichtet man Hefe in Kohlenoxyd mit verschiedenen Wellenlängen gleicher Intensität, so wirkt blau am stärksten, grün und gelb schwächer, rot gar nicht. Unter der sehr wahrscheinlichen Annahme, daß die Unterschiede der Wirkungen wesentlich durch Unterschiede in der Lichtabsorption bedingt sind, folgt, daß das Atmungsferment am stärksten im blau absorbiert, schwächer im grün und gelb, gar nicht im rot. Das Atmungsferment ist also eine gefärbte Substanz, wahrscheinlich von roter Farbe.

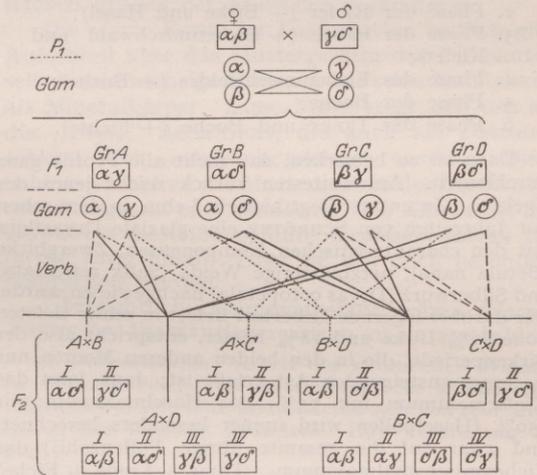
Fasse ich zusammen, so hat sich gezeigt, daß lebende Zellen ein dem Hämoglobin verwandtes Pigment enthalten, dessen Funktion in der Aufnahme und Aktivierung des molekularen Sauerstoffes besteht. Ein dem Hämoglobin verwandtes rotes Pigment ist vor kurzem von KEILIN als weitverbreiteter Zellbestandteil entdeckt worden. Da KEILINS Cytochrom in der Zellatmung als Katalysator eine Rolle spielt, so lag zunächst die Annahme nahe, das durch Kohlenoxyd nachweisbare Pigment sei identisch mit KEILINS Cytochrom. Dann müßte Kohlenoxyd das Spektrum des Cytochroms ändern. Das ist nicht der Fall. Leitet man durch eine Hefesuspension sauerstoffhaltiges Kohlenoxyd, so erscheint das Spektrum des reduzierten Cytochroms und bleibt bestehen. Kohlenoxyd verhindert also die Oxydation des Cytochroms, ohne mit ihm zu reagieren.

Deshalb müssen wir in lebenden Zellen mindestens zwei hämoglobinähnliche Pigmente unterscheiden, das durch Kohlenoxyd nachweisbare Pigment und das KEILINSsche Cytochrom. Beide Pigmente sind Atmungsfermente, aber von verschiedener Funktion. Das erste Pigment nimmt den molekularen Sauerstoff auf und aktiviert ihn. KEILINS Cytochrom — selbst nicht autoxydabel — überträgt den aktivierten Sauerstoff auf die organischen Moleküle. In der Sprache der Fermentchemie ist das erste Pigment eine Oxydase, das zweite eine Peroxydase. OTTO WARBURG.

Botanische Mitteilungen.

Die Selbststerilität von *Veronica syriaca*. (Zeitschr. f. induct. Abstammungs- u. Vererbungslehre 41. 1926.) Die Frage nach den Ursachen der Selbststerilität hat die Botaniker je und je wieder beschäftigt. Sowohl von der physiologischen Seite (JOST, Individualstoffe), wie auch von der mendelistischen (CORRENS, Sterilitätsfaktoren) ist man an das Problem herangegangen. Versuche von COMPTON (Reseda) und EAST (Nicotiana) haben ergeben, daß in manchen Fällen eine einfache Mendelspaltung vorliegt, „daß Selbststerilität und Selbstfertilität Allelomorphen eines einfachen Faktorenpaares sind, wobei Selbstfertilität über Selbststerilität dominiert“. Die Verhältnisse können aber wesentlich komplizierter liegen. Dafür liefert eine ausführliche Mitteilung von FILZER Belege, die sich im Anschluß an entsprechende Voruntersuchungen von LEHMANN mit den Verhältnissen bei *Veronica syriaca* beschäftigt. Es hat sich dabei herausgestellt, daß in diesem Falle multiple Allelomorphe vorhanden sind, daß also mehrere Gene für Selbststerilität vorliegen, die offenbar in demselben Chromomer lokalisiert sind und in einem Chromosomensatz nur in der Einzahl auftreten können. Nach den Untersuchungen von FILZER müssen für *Veronica* nach dem gegenwärtigen Stand der Analyse zum mindesten 12 solche Sterilitätsgene angenommen werden. Die diploide Phase von *Veronica* verfügt entsprechend der Tatsache, daß hier 2 Chromosomensätze vorhanden sind, jeweils über 2 solche Faktoren, die haploide — Embryosack und Pollenkörner — nur über einen. Im einzelnen liegen nach FILZER die Dinge nun derart, daß die aus den Pollenkörnern hervorgehenden Pollenschläuche im Griffelkanal nur dann normal weiterwachsen, wenn in dem Gewebe des Griffelkanals kein gleichartiger Sterilitätsfaktor vorhanden ist. Stimmt der von dem Pollenschlauch zugeführte Sterilitätsfaktor mit einem der beiden im Griffelgewebe vorhandenen überein, dann wird das weitere Wachstum des Pollenschlauches sistiert. Das sich hieraus ergebende Bild im Kreuzungsversuch wird am besten durch das der Arbeit von FILZER entnommene Schema illustriert, das sich auf 2 Individuen bezieht, die hinsichtlich der beiden Sterilitätsfaktoren voneinander abweichen. Diese Faktoren sind hier mit α und β (der eine Elter) und γ und δ (der andere Elter) bezeichnet. Der eine Elter produziert Gameten von der Konstitution α und β , der andere solche von der Konstitution γ und δ . Die 4 möglichen Kombinationen sind durch die Verbindungslinien zwischen den Gameten angedeutet. Es müssen danach in der F_1 -Generation, da hier alle Pollenschläuche ihren Weg ins Innere des Fruchtknotens vollenden und eine Befruchtung vollziehen können, 4 verschiedene Typen von F_1 -Pflanzen auftreten, die in dem Schema als Gr. A, Gr. B, Gr. C und Gr. D bezeichnet sind. Alle 4 stellen den Ausgangsformen gegenüber Neukombinationen dar. Die Struktur ihrer diploiden Kerne ist in den kleinen Rechtecken verzeichnet, darunter stehen die Gameten, die bei jeder der 4 Formen auftreten. Wie bei den Ausgangsformen so ist bei keinen dieser 4 Klassen der F_1 -Generation, von denen keine mit den Elterformen identisch ist, eine Selbstbefruchtung möglich, da allenthalben die Gameten im Griffelkanal Gewebe mit entsprechenden Sterilitätsfaktoren antreffen. Dagegen führt Kreuzbefruchtung zum Ziel, aber nicht allenthalben in demselben Grad. Kein Ausfall findet statt, wenn man Gr. A mit Gr. D, sowie wenn man Gr. B mit Gr. C kreuzt. Das ist nach den hier gegebenen Voraussetzungen ohne weiteres durchsichtig, jeweils die Hälfte kehrt zu den

Ausgangsformen in der P_1 -Generation zurück. Bei den Kombinationen $A \times B$, $A \times C$, $B \times D$ und $C \times D$ aber, bei denen in üblicher Weise die zuerst genannte Form stets die Mutterform, die zweite den Pollenlieferant bezeichnet, führt nur die Hälfte der möglichen Kombinationen zum Ziel. Dies sei nur für den Fall $A \times B$ näher ausgeführt. B liefert 2 Sorten von Gameten, α und δ . Die Pollenschläuche von α bleiben im Griffelkanal stecken, weil sich der hier vorhandene Sterilitätsfaktor α auswirkt, δ aber gelangt zum Embryosack, trifft dort auf Eizellen von der Konstitution $\alpha\delta$, d. h. Gr. B oder $\gamma\delta$, d. h. eine der P_1 -Formen, beide in gleicher Anzahl. In derselben Weise lassen sich die anderen Kombinationen ableiten, das Ergebnis ist im Schema eingetragen. Dagegen fehlen hier die reziproken Kreuzungen $B \times A$, $C \times A$ usw., doch bereitet es keine Schwierigkeiten, sich auch hier die zu erwartenden Ergebnisse nach dem bereits Gesagten abzuleiten. Eine einfache Überlegung zeigt, daß die reziproken Kom-



binationen keineswegs gleichsinnig ausfallen. Es läßt sich auch genau voraussagen, welches Resultat eintreten muß, wenn man die F_1 -Pflanzen mit den Elternpflanzen rückkreuzt, doch ist bei FILZER die Analyse noch nicht bis zu diesem Punkt gediehen. Zusammenfassend läßt sich sagen: bei Selbstbefruchtung herrscht in allen Fällen völlige Selbststerilität, bei Kombinationen, die sich auf Formen erstrecken, welche in beiden Sterilitätsfaktoren voneinander abweichen, glücken alle möglichen Kombinationen, deckt sich dagegen nur ein Sterilitätsfaktorenpaar, dann ist ein Ausfall von 50% zu verzeichnen. Es liegt in der Natur der Sache, daß Pflanzen, die hinsichtlich des Sterilitätsfaktors homozygot sind, nicht existieren können, da ein Pollenschlauch nie in den Griffelkanal vordringen kann, der schon den gleichartigen Faktor enthält. Ob 2 Formen, die man noch nicht näher kennt, in einem oder in 2 Sterilitätsfaktoren oder in keinem übereinstimmen, das läßt sich sofort durch Kreuzungsversuche entscheiden. Es bleibt abzuwarten, wieweit sich die bei *Veronica syriaca* gefundenen Erfahrungen auf andere Objekte ausdehnen lassen.

Pollenanalytische Untersuchungen an Thurgauischen Mooren. Die Moore der Schweiz haben vor etwa 2 Jahrzehnten eine klassische Darstellung durch das

umfassende Werk von FRÜH und SCHRÖTER erfahren. Diese Darstellung ist in vieler Hinsicht noch jetzt führend, und nur ein Mangel macht sich bemerkbar, der aber lediglich durch die Entstehungszeit bedingt ist: eine pollenanalytische Durchforschung der verschiedenen Torfhorizonte, wie sie jetzt im Mittelpunkt der Moorforschung steht, fehlt noch. Und doch bietet gerade die Schweiz mit ihrem großen Reichtum an Mooren einen idealen Boden für derartige Untersuchungen. Neuerdings dringt aber auch diese Forschungsrichtung dorthin vor. Davon legt eine kurze vorläufige Mitteilung von P. KELLER Zeugnis ab, die sich mit den thurgauischen Mooren beschäftigt (Mitt. d. Thurg. naturf. Ges. 1926, H. 26). An drei herausgegriffenen Profilen, die sich auf das Mooswangerried bei Sirnach, das Buhwiler Torfried und den erloschenen Egelsee bei Frauenfeld beziehen, wird die Wandlung des Waldbildes, wie sie sich von der Eiszeit bis zur Gegenwart vollzogen hat, an der Hand der Pollendiagramme charakterisiert. Es ergibt sich gleichmäßig folgender Phasenwechsel:

1. Phase der Birke (+ Kiefer);
2. Phase der Kiefer (+ Birke und Hasel);
3. Phase der Hasel (+ Eichenmischwald und Kiefer);
4. Phase des Eichenmischwaldes (+ Buche);
5. Phase der Buche;
6. Phase der Tanne und Buche (+ Fichte).

Dazu ist zu bemerken, daß nicht alle Profile ganz durchlaufen. Am weitesten zurück reicht jenes des Egelsees. Zu unterst liegt hier ein Lehm, in dem schon vor Jahrzeiten von SCHRÖTER eine glaziale Dryasflora mit den charakteristischen Komponenten, Zwergbirke (*Betula nana*), netzblättrige Weide (*Salix reticulata*) und Silberwurz (*Dryas octopetala*) nachgewiesen wurde. Der darüber lagernde Lebertorf liefert in seiner tiefsten Zone 82% Birke und 18% Kiefer, entspricht also der Birkenperiode, die in den beiden anderen Mooren nur in ihrem ansteigenden Ast erfaßt ist; dann folgt das Kiefermaximum mit 75%, das Haselmaximum mit 150% (Haselpollen wird immer besonders berechnet, und zwar auf die gesamte übrige Pollenzahl), das Eichenmischwaldmaximum (Ulme + Linde + Eiche) mit 55%, und schließlich das Buchenmaximum mit 52%. An dieser Stelle bricht das Profil ab, das Buchen-Tannenmaximum ist nur bei den beiden anderen Profilen erreicht, und zwar liefert das Mooswangerried zu oberst 32% Tanne und 18% Buche. Hier erreicht auch die allenthalben zuletzt erscheinende Fichte ihre höchsten Werte, die indessen nur beim Buhwilerried 10% knapp übersteigen. Vergleicht man diese Befunde mit den von STARK für Südwestdeutschland ermittelten Tatsachen, dann ergibt sich eine äußerst weitgehende Übereinstimmung: die Profile könnten direkt dem badischen Bodenseegebiet entnommen sein. Damit gewinnt die von STARK vertretene Vermutung, daß es sich hier um eine besondere westliche Facies der Waldentwicklung handelt, eine breitere Grundlage. Diese westliche Facies ist vor allem dadurch gekennzeichnet, daß die Fichte, die im Osten vor der mehr atlantisch getönten Buche und Tanne erscheint, im Westen nachhinkt, ein Verhalten, das, wie besonders neuerdings FIRBAS ausgeführt hat, mit den besonderen Einwanderungsbedingungen zusammenhängt. Von sehr großer Bedeutung ist noch, daß es KELLER geglückt ist, die verschiedenen Waldphasen an die prähistorische

Zeitrechnung anzugliedern. Das Profil vom Egelsee enthält nämlich drei Pfahlbaukulturschichten, die dem Neolithikum angehören und mit denen sich zeitlich die Eichenmischwaldperiode deckt. Das bildet den Ausgangspunkt für die Einreihung der übrigen Perioden.

Zur Physiologie der Wurzelspitze von *Neottia nidus avis* Rich. und einigen grünen Orchideen. (HEINRICH WOLFF.) *Neottia nidus avis*, die Nestwurz, zeichnet sich von der Mehrzahl der einheimischen Orchideen durch ihre blasse Färbung aus, die eine Folge der weitgehenden Reduktion des Blattgrüns darstellt. Im Zusammenhang damit steht die Tatsache, daß die Pflanze nur eine äußerst verschwindende Kohlenstoff-assimilation unterhält. Deshalb ist es schon vor langer Zeit den Botanikern aufgefallen, daß sich im Gewebe der Pflanze große Mengen von Stärke vorfinden, und das hat zu der Vermutung geführt, daß die Nestwurz befähigt sein muß, irgendwie aus den organischen Verbindungen im Erdboden Nutzen zu ziehen. Bloß dadurch wird es verständlich, daß sie imstande ist, im tiefsten Waldesschatten zu gedeihen. Diese Frage ist neuerdings von H. WOLFF experimentell in Angriff genommen worden (Jahrb. f. wiss. Botanik 66. 1926). Das seltsame Wurzelsystem der Pflanze, das ja zu der Namengebung geführt hat, ist von einem Mycorrhizapilz bewohnt, und bei der Schwierigkeit, mit der die höheren Pflanzen die organischen Verbindungen des Bodens angreifen, lag natürlich die Vermutung auf der Hand, daß es der Pilz ist, der hier entscheidend eingreift, und zwar durch die Ausscheidung von Fermenten, welche die komplizierten Kohlenhydrate des Bodens zu einfacheren Stufen abbauen. Deshalb hat WOLFF den Wurzelpilz der Nestwurz, den er als *Orcheomyces Neottiae* bezeichnet, rein kultiviert und sein Verhalten gegenüber künstlichen Nährlösungen untersucht. Es hat sich dabei herausgestellt, daß der Pilz tatsächlich imstande ist, verschiedene Kohlenhydrate (Hexosen, Pentosen, Pentosane), aber auch Glucoside zu seinem Aufbau zu verwerten und damit erhebliche Massenzuwachse zu erzielen. Hier handelt es sich also um die Kohlenstoffernährung. Darüber hinaus konnte WOLFF aber auch feststellen, daß *Orcheomyces* auch den Stickstoff der Luft verwertet, eine Beobachtung, die man nicht gleichmäßig bei allen Mycorrhizapilzen gemacht hat. Bei vielen sind derartige Versuche negativ verlaufen, indessen hat sich speziell bei den Mycorrhizen der Ericaceen Ähnliches gezeigt (*Phoma radidis* Oxyccoci, *Ph. radidis* Andromedae, *Ph. radidis* Ericae usw.), und neuerdings konnte DUGGAR von dem Mycorrhizenpilz der Rübe (*Ph. Betae*) Entsprechendes berichten. Vergleicht man den jeweils gefundenen Stickstoffgewinn bezogen auf 1 g verbrauchten Zucker, so zeigt sich, daß manche *Ericaceemycorrhizen* ökonomischer arbeiten: bis 22 mg N gegen 10,8, dagegen schließt sich das Bodenbacterium *Azotobacter* mit 10,7 mg ziemlich genau an *Orcheomyces Neottiae* an, und *Clostridium Pasteurianum* — im Gegensatz zu *Azotobacter* eine anaerobionte Bakteriengattung — wird mit seinen 1,2 mg von unserem Mycorrhizapilz wesentlich übertroffen. Es sei noch bemerkt, daß die Pilze einiger anderer, noch grüner Orchideen im Prinzip mit *Orcheomyces Neottiae* übereinstimmen, so *O. conopeae* in *Gymnadenia conopea*, *O. maculati* in *Orchis maculata* und *O. Helleborines* in *Helleborine palustris* bzw. *latifolia*. Es scheint sich hier also um eine weiter verbreitete Erscheinung zu handeln.

STARK.