

Nutzhölzer und Hautreizung.

Von K. TOUTON, Wiesbaden.

Die Industrie stellt immer neue Anforderungen an die Lieferung ausländischer Nutzhölzer. Mit deren Erfüllung vermehrt sich auch die Bekanntheit mit *Reizungen der Haut*, auch *der Schleimhäute der oberen Atmungswege und der Augen*, die durch die Bearbeitung dieser Hölzer zutage treten. So kommt es, daß nicht nur der Holzhandel und die Industrie großes Interesse an dieser Frage haben, sondern in ganz besonderem Maße auch die Medizin in den verschiedenen Zweigen der Gewerbehygiene und der Dermatologie, der Rhinology und der Augenheilkunde.

Wenn schon 1918 JULIUS V. WIESNER etwa 170 ausländische Nutzhölzer aufführt, von denen ein großer Teil auch bei uns beim Schiffs- und Waggonbau, beim Hausbau, in der Möbeltischlerei, in der Drechslerei verwendet werden, und wenn wir wissen, daß bereits 1907 für 13,4 Millionen Mark tropische Hölzer bei uns eingeführt wurden, so kann man sich leicht einen Begriff davon machen, wie wichtig es für Industrie, Gewerbehygiene und Medizin ist, etwaige Gesundheitsschädigungen durch die Bearbeitung dieser Nutzhölzer kennen zu lernen und die Art, wie man ihnen am besten begegnen kann.

Beim Studium dieser Fragen stößt man auf große Schwierigkeiten, schon allein durch die etwas willkürliche Art, mit der der Handel die verschiedenen Holzarten benennt. Ganz selten nur ist aus der Bezeichnung die wissenschaftlich botanische Herrührigkeit derselben zu erkennen. Dem Kaufmann kommt es nur auf die äußerlich sicht- und fühlbare Beschaffenheit, auf die Verarbeitungsvorzüge der Hölzer an, so daß häufig welche unter der gleichen Bezeichnung zusammengefaßt werden, die z. B. mikroskopisch und ihrer botanischen Provenienz nach wenig oder gar nichts miteinander zu tun haben. Manche Sorten werden mit dem oft äußerst fremdartigen Namen, den die mehr oder weniger wilden Eingeborenen gebrauchen, unterschieden oder auch nach ihrer örtlichen Herkunft oder dem Ausfuhrhafen zusammengeworfen. Nun denke man sich dieses unwissenschaftliche Durcheinander noch in allen möglichen Zeitschriften des Handels, der Industrie, in botanischen, pharmazeutischen und chemischen Berichten zerstreut, so wird man die Schwierigkeiten verstehen, die sich dem Arzt und dem Gewerbehygieniker bei dem Studium dieser Materie entgegenstellen.

Und doch erfordert nicht nur das wissenschaftliche Interesse, sondern das eminent praktische Moment der Gesunderhaltung und Gesundung der beteiligten gefährdeten Arbeiterkreise gebieterisch die Entwirrung der verwickelten Probleme.

Dazu im folgenden ein kleiner Beitrag.

Am längsten und besten bekannt scheint die Hautreizung durch das westindische und ostindische *Seidenholz*, auch *Atlas-, Satin-* und *Feroleholz* genannt. Das *westindische* wird am meisten geschätzt. Es stammt von der zur Klasse der Terbinthineen gehörigen Zanthoxylee *Fagara flava* (Vahl) Krug et Urb., identisch mit *Zanthoxylon cribrosum*. Die beste Sorte kommt von Portorico, andere Sorten aus San Domingo und Jamaika. Auch von *Ferrolia variegata*, das aus Guyana von *Ferrolia Guyanensis*. Es wird in der Möbelindustrie als Fournierholz verwendet, ferner zu Bürstendeckeln, Einlegearbeiten und in der Drechslerei. Das weniger geschätzte *ostindische Satinholz* gehört dem Chloroxylon *Swietenia DC* (Cl. Hesperides, Ordo Cedrelaceae) an. Es wird in Vorderindien und Ceylon als Bauholz verwendet.

Schon 1898 und 1904 beobachtete H. E. JONES verschiedene Hautentzündungen bei Tischlern mit erysipelartiger Rötung und Schwellung an Händen, im Gesicht, an Nacken und Ohren. Bläschen und Blasen schossen auf, es trat ein feuchtes, nässendes Stadium ein, das in Abschuppung endete. Der Ausschlag juckte und brannte stark. Bei Fernbleiben aus der schädlichen Beschäftigung tritt rasche Heilung ein. Nur ausnahmsweise wird der Patient nach dem ersten Anfall unempfindlich. Die Empfindlichkeit tritt meist nicht nach der ersten Berührung mit dem Sägemehl oder dem Holzstaub auf, sondern erst nach kürzerer oder längerer Beschäftigung mit dem Satinholz. Die Rückfälle nach erneuter Berührung werden immer heftiger und treten immer schneller auf. Die Empfänglichkeit hielt in einem Fall noch nach 3 Jahren an.

Hier ist es auch gelungen, die hautreizende Substanz zu erkennen in Gestalt eines kristallinen Alkaloids, des *Chloroxylonin* ($C_{22}H_{29}O_7N$), dessen ursächliche Rolle experimentell erwiesen ist.

Unter *Satinholzdermatitis* faßte man früher alle durch Nutzhölzer hervorgerufenen Hautentzündungen zusammen, weil man gefunden hatte, daß alle Hölzer, welche bei einer gewissen Beleuchtung auf der Schnittfläche einen Seiden- oder Atlasglanz gaben, hautreizend wirkten. Später zeigte sich, daß dies nicht in allen Fällen so war und daß auch Hölzer ohne Seidenglanz Entzündung erregten.

Die Autoren streiten sich noch um die größere oder geringere Gefährlichkeit des Satinholzes verschiedener Herkunft. So hält z. B. BRIDIE das ostindische Chloroxylon für harmlos, die westindische *Fagara* dagegen für sehr gefährlich, so gefährlich,

daß er ihre Bearbeitung für zu verboten hält. CASH dagegen beschuldigt umgekehrt das ostindische als das gefährlichere.

Eine wichtige Rolle in der Holzbearbeitungsindustrie spielt besonders in der neueren Zeit das *Teakholz* (Tik- oder Tekholz). Der Baum *Tectona grandis* L., zu den Verbenaceen gehörig, wächst auf dem vorder- und hinterindischen Festland und auf einigen Inseln des malaiischen Archipels in verschiedenen Varietäten wild, während er auf Java und Sumatra reichlich kultiviert wird. In Java heißt das Teakholz „Djati“ oder „Java-Teak“; es steht dem ostindischen an Güte nach. Vom ostindischen Teakholz unterscheidet man 1. das „Birma-Teak“ und 2. das „Bangkok-Teak“, vom ersteren wieder 2 Sorten das Moulmain-Teak und das Rangoon-Teak, das erstere in England, das letztere in Deutschland überwiegend verarbeitet und zwar hier in der Kriegs- und Handelsmarine, im Waggonbau und bei der Möbel- und Häuserherstellung. Es hat eine ganze Anzahl hervorragender Eigenschaften, u. a. die, daß es wegen seiner Säurefreiheit als unmittelbare Unterlage für Eisen und Stahl, z. B. als Unterlage für Panzerplatten gebraucht werden kann. Das Metall wird nicht angegriffen, sondern durch den Ölgehalt des Teakholzes gut konserviert. Es ist zudem völlig widerstandsfähig gegen Wechsel von Feuchtigkeit und Trockenheit und unter Wasser unvergänglich. Nur der Bohrwurm kann es da zerstören.

Die hautreizende Wirkung wurde 1905 in England zuerst beschrieben, 1913 zuerst bei uns, wo auf der Werft in Wilhelmshaven 6 Teakholzarbeiter zum Teil sehr heftig erkrankten. Einer hatte 1 $\frac{1}{2}$ Jahre ohne jeden Nachteil das Holz bearbeitet, dann bekam er plötzlich eine Hautentzündung der Vorderarme und des Gesichts. Heilung in 14 Tagen. Aussetzen der Arbeit mit Teakholz 4 Jahre lang, dann kam nach der ersten Berührung mit Teakholzstaub eine so heftige Hautentzündung, daß er 10 Wochen arbeitsunfähig war. Alle 6 reagierten örtlich auf Teakholzstaub und alkoholischen Holzextrakt. Im folgenden Jahre wurden Untersuchungen nach den hautreizenden Stoffen angestellt, als welche sich *Harze mit reichlich freien ungesättigten Harzsäuren* ergaben. Dann folgte 1921 in Breslau die Vorstellung eines durch Teakholz an den unbedeckten Körperstellen und am Gliede erkrankten Stellmachers, der bei der Hautprüfung mit Holzpulver und alkoholischem Holzextrakt positiv reagierte, während 20 Kontrollpersonen negativ blieben. Der Kranke selbst blieb intakt durch wässrigen Holzextrakt und eine Anzahl sonst oft reizender Stoffe. 1924 wurde aus Prag von einer Dermatitis nach Arbeiten mit amerikanischem Teakholz berichtet. Dann nahm 1926 Prof. HEINRICH HOFFMANN in Breslau seine von den Arbeitgeber- und -nehmerverbänden in gleichem Maße beachteten Untersuchungen auf. Sie gründeten sich auf Fälle aus einem Breslauer Betrieb, der das Rangoon-Teak im großen verarbeitet. In 5 von 6 Fällen handelte es sich ziemlich gleich-

artig um Rötung, mäßige Schwellung und Schuppung der Hände, Unterarme, des Gerichts und teilweise der Geschlechtsteile, bei 2 Fällen näßte es in den Ellbogenbeugen, also ganz ähnlich wie bei der Satinholzdermatitis. In seinem 6. Fall lag eine Nesselsucht vor, ausgehend von einer Hautstelle, auf der Teakmehl gelegen hatte, möglicherweise aber entstanden durch Einatmung und Resorption des sehr feinen Teakstaubes. HOFFMANN machte seine Versuche mit 14 verschiedenen Teakextrakten, Splintern des Holzes, Teakmehl und dessen Extrakten, Teaköl. Sie alle wirkten positiv bei den 6 Leuten. Von 100 hautgesunden Menschen blieben nur 38 ganz frei von Reizerscheinungen bei 24stündiger Einwirkung des Teakmehls. Wenn bei 20 von diesen das Mehl länger liegen blieb, so trat noch bei 16 eine Reizung auf. Nur 4 von diesen 20 blieben auch bei 10tägiger Einwirkung ganz frei von Reizerscheinungen.

Es lag bei Prüfung mit 6 sonst oft hautreizenden Stoffen bei den 100 Hautgesunden kaum eine polyvalente Überempfindlichkeit vor. — Es ist also eine verhältnismäßig große Zahl sonst normaler Menschen gegen Teakmehl überempfindlich.

Die chemische Natur des hautreizenden Stoffes ist auch heute noch unbekannt, wenn es auch wahrscheinlich ist, daß es sich um *freie ungesättigte Harzsäuren* handelt.

Nach HOFFMANN'S Experimenten wäre eigentlich zu erwarten, daß in einem Teakholzbetriebe eine große Zahl Arbeiter eine Hautentzündung bekämen. In dem Breslauer Betrieb waren es unter 616 nur 16. Das rührt wohl einerseits daher, daß bei den funktionellen Hautprüfungen die Bedingungen viel eingreifender sind. Mit dem hauptsächlich reizenden Holzstaub kommen ferner die einzelnen Arbeiter nur in ganz verschiedenem Grade in Berührung. Dann ist die Sensibilisierbarkeit der einzelnen sehr verschieden (verschieden lange Inkubationszeit).

Zweifellos gehören alle diese Fälle zu den *Gewerbekrankheiten* und nicht zu den Unfällen, wozu sie früher manchmal gerechnet werden sollten.

Die *Behandlung* der klinischen Erscheinungen der Teakholzdermatitis kann sich auf die Anwendung einer Trockenpinselung mit Zusatz eines juckmildernden Mittels beschränken. Desensibilisierungsversuche mit alkoholischem Teakholzextrakt innerlich, durch intramuskuläre Injektion von Teaköl, öligem Aufschwemmung des Rückstandes von alkoholischem, ätherischem Chloroform- und Benzolextrakt, durch häufiges Auflegen von Teakmehl auf die Haut waren zunächst ohne Erfolg (s. am Schluß). *Prophylaktisch* sind vorgeschlagen Lederhandschuhe, planmäßiges und rasches Entfernen von Teakstaub an der Arbeitsstelle durch Exhaustoren, durch häufiges Waschen der Hände und des Gesichts, durch Wechseln des Anzugs nach beendigter Arbeit, also Maßnahmen, wie sie eigentlich bei und nach jeder, besonders mit Staubentwicklung verbundenen Arbeit gehandhabt werden sollten.

Noch von einem dritten ausländischen Nutzholz liegt uns eine ausführliche Untersuchung vor, dem *Cocoboloholz*. Schon 1912 hatte NESTLER in Prag diesem seine Aufmerksamkeit zugewandt und 1925 wurde es von MARGARETHE RICHTER zum Gegenstand einer Hamburger Dissertation gemacht. V. WIESNER bezeichnet noch 1918 seine Herkunft als unbekannt, obwohl NESTLER es schon als wahrscheinlich von der Polygonaceae *Coccoloba* L. aus dem tropischen und subtropischen Amerika herleiten, was einer strengen Kritik aber nicht standhielt. RICHTER, die *Coccoloba* als Eingeborenenamen angibt und als Heimat Zentralamerika, bezeichnet es als eines der schönsten, aber auch teuersten Edelhölzer. Die Hauptausfuhrländer sind Nicaragua, Costarica und Panama. Die verschiedenen Handelssorten werden im allgemeinen nach ihrem Herkunftsort bezeichnet. Nicaragua und Costarica liefern die Handelsmarken Mexiko, Nicaragua und Costarica; Panama führt die Marken Panama und Red Fox aus, von denen die erstere als minderwertig gilt. Ein „südamerikanisches (brasilianisches) Cocobolo“, als „Red Wood“ bezeichnet, hat mit der letzteren Marke keine Ähnlichkeit, glich im Gegenteil mehr den anderen Handelsmarken. — Das Holz wird in Bremen eingeführt und dient in Deutschland wegen seines hohen Preises ausschließlich als Zierholz für feine Drechsler- und Einlegearbeiten. Ein Münchener Drechslermeister hatte beobachtet, daß seine Handwerker bei der Verarbeitung des Holzes Ausschläge bekamen und hatte sich deshalb an Prof. NESTLER gewandt.

Von der Marke *Cocobolo* Costarica kann nach PITTIER als Stammpflanze die Lecythidee *Lecythis costaricensis* Pittier gelten. Die Marken Panama, Nigaracua und Red Fox entstammen Leguminosen, deren Namen alle hier aufzuzählen keinen Zweck hat. Für die Marke Mexiko wird von RECORD eine neue Art vermutet. Das brasilianische *Cocoboloholz* soll von einer Moracee *Brosimum paraense* herrühren, RICHTER aber widerspricht dem und hält auch eine Leguminose für die Stammpflanze.

Die Experimente NESTLERS und RICHTERS ergaben, daß nach längerer Einwirkung des Holzmehles und verschiedener Extrakte, besonders des alkoholischen, Ekzeme entstanden ähnlich den Primelentzündungen. Inkubation nicht kürzer als 12 Stunden. Nach den Bläschen blieben ca. 8 Tage lang graubraune Fleckchen zurück; solange juckte es auch noch. Red Fox wirkte rascher und stärker, bereits nach 2 Stunden. Von dem Staub wurden die Atmungsorgane sehr angegriffen, trockenes, heißes Gefühl in der Nase, bei längerem Arbeiten unangenehme Atmungsbeschwerden.

Die hautreizende Wirkung beruht hauptsächlich auf in Schwefelkohlenstoffauszügen die menschliche Haut gelb färbenden Körpern, *Flavonen*, und zwar dem Flavon *Hämatoxylin*, daneben noch einem aus Schwefelkohlenstofflösung gewonnenen

krystallinen Körper, der Rötung und Brennen verursacht. Während dieser letztere Körper kaum wesentliche Hauterkrankungen hervorruft, ist er vielleicht der Erreger der Reizung der Schleimhäute. Die gesundheitsschädlichen Stoffe sind nicht frei gebildet, sondern an Gerbstoff und andere Körper gebunden, aus welcher Verbindung sie z. B. durch den saueren Hautschweiß abgespalten werden.

Diese 3 Beispiele, die vielleicht die mancherlei Schwierigkeiten der Materie am besten illustrieren, wenn man sich die Fülle der Untersuchungen vergegenwärtigt, die zu den mitgeteilten Resultaten führten, mögen in der Hauptsache genügen, zu zeigen, wieweit auch der Arzt interessiert ist an den Schädigungen durch die Nutzhölzer. Zunächst nun noch einige fälschlich mit dem echten Teakholz durch ihre Bezeichnung zusammengeworfenen Hölzer. Das sind 1. das *afrikanische Teakholz* (auch afrik. Rosenholz genannt) von *Pterocarpus erinaceus*, 2. das *australische Teakholz* von *Endiandra glauca*, 3. das *brasilianische Teakholz* = *Vacapouholz* (auch Brownheart, Wacapou- oder Wegabaholz), zur Papilionaceengattung *Andira* gehörig und 4. das *native Teak* (Moahholz) von *Flindersia australis*. Hautreizende Eigenschaften scheinen von diesen nicht bekannt. Das letztere, das speziell in Hamburg als „Moahholz“ gehandelt wird, ist nicht zu verwechseln mit dem echten australischen Moahholz ebensowenig wie das stark hautreizende *Edelteakholz*, das wahrscheinlich von *Illipe longifolia* oder *latifolia* stammt. Dieses zu Bauzwecken und für Schiffskiele eingeführte Holz heißt in englischen Berichten auch Moahholz, wird aber dort auf *Mangifera indica* L., *Bassia latifolia* L., *Bassia longifolia* Willd., *Mimusops litoralis* Kurz und *Odina Wodier* Roxb. zurückgeführt. Das aus Ostindien, wo der Name Moah nicht gebräuchlich ist, zur Untersuchung an MATTHES und SCHREIBER übersandte Holz — ein *Edelteakholz* — stammt eben wahrscheinlich von den genannten *Illipe*-arten. Hier ist das gräuliche Durcheinander so recht auffällig, das durch die willkürliche Nomenklatur geschaffen wird. Die populären Bezeichnungen für das *Edelteak* in Englisch-Indien lauten: Maà, Moha, Mowa, Mowha, Moja. Das von MATTHES und SCHREIBER untersuchte hat, wie gesagt, stark hautreizende Eigenschaften, wofür die *Harze* mit einem hohen Gehalt an *freien ungesättigten Harzsäuren* verantwortlich sind. Experimentell zeigten sich starke Hautreizungen durch das Holzmehl oder dessen Vaselineverreibung, sowie durch das chloroform- und äthergelöste Harz, während das alkoholgelöste nur schwach wirkte. Das in dem Holz enthaltene *Lapachonon* und *Lapachol* verhält sich ganz indifferent. Diese beiden Körper kommen auch im *Lapachoholz* einer südamerikanischen *Bignoniacee* vor, dessen Petroleumauszug nicht hautreizend wirkt, während es der Äther-, Chloroform- und Alkoholauszug in starkem Maße tut.

Das *Moulehholz* (Mwaloholz) wahrscheinlich von der Moracee *Chlorophora excelsa* (Welw.) Benth. et Hook fil. aus dem tropischen Ostafrika, wo es Mwule heißt. Der Baum heißt auch Odumbaum, afrikanische Eiche, Buscheiche. Vermöge seiner vorzüglichen Eigenschaften gehört das Holz zu den besten termitensicheren Bau- und Möbelhölzern und dient als *Ersatz für Teakholz*. Als solcher wurde es 1909/10 in einer Breslauer Eisenbetonwerkstätte und in einem Bremer Betrieb ausgiebig verarbeitet. Sein Staub verursachte heftige scharlachähnliche Hautentzündungen mit starkem Jucken. Besonders lästig waren Anschwellungen der Augenlider und der Genitalien. Die Erkrankung dauerte gewöhnlich 10–14 Tage. Schweißbildung begünstigte die Hautentzündung. Ähnlich wirkt das Holz der brasilianischen *Tecoma araliacea* (Cham.) P.D.C., was wegen seiner großen Härte zu Eisenbahnschwellen, Wagenachsen, Laetten und Maschinenteilen verarbeitet wird. Die *Harze*, die es neben Lapachol enthält, wirken durch *ungesättigte Verbindungen* im Äther- und Chloroformextrakt *stark hautreizend*. Hierher gehört auch das *Grünherzholz*, Greenheart, wahrscheinlich von *Nectandra Rodiaei* Hook aus Surinam, das aber auch der *Bignonia* oder *Tecoma leucoxylo* zugeschrieben wird. Von diesem Greenheart-Surinam soll das Greenheart-Guyana verschieden sein. Sie haben aber beide die von *freien ungesättigten Harzsäuren* herrührenden hautreizenden Eigenschaften. Das Holz ist sehr geschätzt im Schiffs- und Wasserbau, in der Drechslerei, besonders in Wien zu Spazierstöcken. — Die *Padoukhölzer* stammen von verschiedenen *Pterocarpus*-arten, z. B. *Pt. dalbergioides* Roxb. von den Andamanen, *Pt. macrocarpus* Kurz aus Burma (Burma-Padouk), *Manila-Padouk* v. d. Philippinen vielleicht von *Pterocarpus indicus*. Ein besonders geschätztes Padoukholz stammt von *Pterocarpus santalinus* L. und wird zu Kunstdrechslereien (Schalen, Becher, Einlegearbeiten) verwendet. Es kommt von den Sundainseln. Es ruft bei der Bearbeitung oft schmerzhaftes Gesichtsrötungen und -schwellungen hervor. NESTLER konnte mit seinem Ätherextrakt eine stark blässige Dermatitis erzeugen, während Holzplättchen und Sägemehl keine Hautreizung machten. Das *Okuméholz*, Gabun-Mahagoni von *Aucoumea Kleiniana* Pierre aus dem tropischen Westafrika, zu Zigarrenkisten verwendet, machte einmal unter sehr heftiger Staubentwicklung bei einem Möbeltischler eine bläschenförmige Dermatitis der Brust und ein makulöses toxisches Exanthem daneben am Stamm. Eine Ebenholzvarietät aus der Gattung *Diospyros* (Ebenaceen), das *Makassarholz*, was erst neuerdings zur Möbelverfertigung eingeführt wird, machte bei einem Arbeiter durch seinen Staub eine fast universelle Dermatitis. Die funktionelle Hautprüfung war nur positiv nach einer *intracutanen* Injektion von Makassarholzextrakt, einer wässrigen Aufschwemmung des getrockneten alkoholischen Rückstandes.

Nach diesem Überblick über die *in neuerer Zeit* bekannt gewordenen hautreizenden Eigenschaften zum Teil auch oft erst in den letzten Jahren reichlicher bei uns eingeführter Nutzhölzer will ich aber doch auch die früher bekannt gewordenen, zum Teil schon von unserem Gesundheitsamt charakterisierten hautreizenden Nutzhölzer wenigstens kurz aufzählen, wenn auch nicht in lückenloser Aufstellung. Aus England wurde der *afrikanische Buchsbaum* (*Sercocephalus Diderichiae*) besonders als schleimhautreizend beschuldigt. *Olivenholz*, *Ebenholz* (*Diospyros Delechamp*), *Magenta-Rosenholz*, *westindischer Buchsbaum* von *Aspidosperma Vargassii* DC., auch amerikanisches Buchsbaumholz, in Venezuela „Amarilla yema de huevo“, „Dottergelb“ genannt, das zu Maßstäben, Weberschiffchen, Kämmen und Zahnbürsten verwendet wird. *Kokosholz* von *Brya Ebenus* DC. aus Kuba und Jamaica, auch westindisches oder Kuba-Grenadillholz genannt, zu Messerheften, Pfeifen und Musikinstrumenten verwandt. *Rebhuhnholz*, Partrigewood, Pheasantwood von *Andira inermis* H. B. K., dem Angelimbaum der Brasilianer, zu Messerheften und Schirmstöcken. Verschiedene *Mahagonihölzer*, *Sabicuholz* aus Kuba, *Borneo-Rosenholz*, *indisches Rosenholz*. Von den *Mahagonihölzern* seien besonders genannt: das *westindische* von *Swietenia Mahagoni* und das *westafrikanische* von *Swietenia* oder *Khaya senegalensis*. Weiter: *Rosenholz* von *Rhodorizia scoparia*. Von den *Ebenhölzern*, das *afrikanische* und das von den *Molukken* von *Maba ebenus*. Der *Maracaibo-Buchsbaum* (*Tabebuia pentaphylla*). Dazu kommen noch Bäume aus der giftigen Ordnung der *Anacardiaceen*, der Giftsumach *Rhus Toxicodendron*, *Rhus venenata*, *Rhus vernicifera* u. a. *Melanorrhoea Maingaya* und *Curtisii*, *Melanochyla auriculata*, *Gluta Rengas* und *elegans*, *Mangifera Kemanga* und *foetida* Lom. Von manchen Autoren werden alle *Anacardiaceen* als verdächtig betrachtet. Sie gehören aber eigentlich nicht in unser Gebiet der Nutzhölzer im bisherigen Sinn, manche aber liefern hautgiftige Lacke (*Urushi*). NESTLER hatte schon früher das *Amberholz*, auch *Satin-Nußbaum* oder *Sweetgum* von *Liquidambar styraciflua* L. aus dem östlichen Nordamerika („red gum“) untersucht und eine in Äther lösliche, stearinartige, *hautreizende* Substanz nachgewiesen. Holz und Späne, trocken und mit Wasser, gaben ein negatives Resultat. Die Stearinmasse enthielt Krystalle. Ihr Effekt dauerte bis zu 3 Wochen. Es wird zur Möbeltischlerei und Brandmalerei verwendet.

Hiermit haben wir wohl die hauptsächlichsten in Frage kommenden *ausländischen* hautreizenden Nutzhölzer aufgezählt und ihre besonderen Eigenschaften soweit bekannt wie ihre Reizstoffe, die leider nur selten einwandfrei und genau nachgewiesen sind, gekennzeichnet.

Aber auch unter unseren *einheimischen* originären oder kultivierten Nutzhölzern finden wir solche, die zu allergischen Gewerbedermatosen Anlaß geben können, z. B. die *Eiche* und die

Schwarzerle (*Alnus glutinosa* L.), von der BRÜGEL und PERUTZ 1927 vier sehr interessante Fälle mit familiärer Disposition mitteilte. Diese beruhte, wie die funktionelle Hauptprüfung ergab, auf einer Überempfindlichkeit gegen die „Gruppe der kondensierten Gerbstoffe, die bei der Kalischmelze Phloroglucin, Protocatechin und Essigsäure liefern“. Auch von der *Thuja* und von *Chamaecyparis Lawsoniana* sind idiosynkrasische Hautreizungen bekannt, von *Kiefer* und *Fichte* Asthma und bei der Intracutanreaktion starke Quaddelbildung und mächtige Rötung.

Dieser Überblick über die hautreizenden Nutzhölzer lehrt uns jedenfalls das eine recht eindringlich, daß eine große Zahl der bei der Verarbeitung beschäftigten Personen mehr oder weniger heftig erkranken, der Arbeit für kürzere oder längere Zeit entzogen werden und die Krankenversicherung stark belasten. Da, wie eingangs bemerkt, der Verbrauch an diesen Hölzern in ständigem Zunehmen begriffen ist, so werden es die genannten Nachteile auch sein. Wie ist ihnen nun am besten zu begegnen? Theoretisch kann zweifellos mit Recht die Forderung erhoben werden, jeden Arbeiter, der in einen solchen, reizende Nutzhölzer verarbeitenden Betrieb eingestellt werden soll, vorher einer funktionellen Hautprüfung mit dem betreffenden Holzstaub oder seinen Extrakten zu unterziehen und die Empfindlichen zurückzuweisen. Ob sie durchgeführt werden kann, würde die Praxis ergeben. Da keinesfalls mit einer Angewöhnung, sondern im Gegenteil mit einer immer stärker werdenden Sensibilisierung fast mit Sicherheit zu rechnen ist, so müßten die Betroffenen

über kurz oder lang doch diese Tätigkeit aufgeben und etwas anderes anfangen. Sie hätten dann nur Zeit verloren. Die Erfahrungen mit einer Desensibilisierung durch perorale oder intra- bzw. subcutane Injektionen der betreffenden Holzextrakte sind bis jetzt nicht sehr ermutigend. Vorläufig wenigstens kann man sie noch nicht in Rechnung stellen. Aussichtslos sind sie aber nicht, wie man aus den neuesten Versuchen H. HOFFMANN'S mit *intra-cutanen*, öligen Teakholzextrakt aufschwemmungen ersieht. Zwei seiner so behandelten Kranken reagierten nachher viel schwächer auf Teakholzmehl und konnten auch wieder unter Befolgung von Vorsichtsmaßregeln das Holz ohne Gefahr bearbeiten. Heute müssen wir die Betriebe möglichst ihrer Gefahren entkleiden, insbesondere durch weitgehende maschinelle Raumentstaubung, vielleicht auch durch einen persönlichen Staubschutz der Atmungsorgane. Ob es möglich ist, durch Leder- oder Gummihandschuhe die Hände zu schützen, wird abhängen von der größeren oder geringeren Feinheit des Gefühls, das bei der betreffenden Beschäftigung notwendig ist. Sorgfältiges Waschen des Gesichts und der Hände nach Schluß der Beschäftigung, evtl. mit 2proz. alkoholischem Bleiessig, Wechseln der Arbeitskleidung sind selbstverständlich.

Die eigentliche *Behandlung* der Ausschläge ist meist recht einfach, wenn die schädliche Tätigkeit bald nach der Feststellung des Reizausschlages beendet wird. Dann führt wohl meist eine 2 bis 3 wöchentliche Therapie wie gegen akutes Ekzem zur Heilung, am besten mit einer juckstillenden Trockenpinselung.

Zellteilung und Strahlung¹.

Vorbemerkung: Eine kritische Besprechung der physikalischen „Komponente“ dieser Arbeit hätte die Kompetenz des biologischen Referenten überschritten. Daher wird alles Physikalische in diesem Referat nur ganz kurz und nur soweit es nötig ist mitgeteilt. Ein zweites Referat wird die physikalische Seite der Arbeit behandeln.

Die Arbeit enthält die Ergebnisse einer eingehenden Nachprüfung der bekannten Arbeiten des russischen Histologen A. GURWITSCH und seiner Mitarbeiter. GURWITSCH glaubt bekanntlich nachgewiesen zu haben, daß die Spitzen junger Zwiebelwurzeln und die sog. Sohle der Küchenzwiebel *mitogenetische Strahlen* aussenden. Diese Strahlen regen teilungsfähige Zellen der Zwiebelwurzel (und einige andere Arten teilungsfähiger Zellen) zur Teilung an: in dem Meristem einer bestrahlten (induzierten) Zwiebelwurzel findet man auf der der Strahlungsquelle zugewendeten Seite mehr Kernteilungsfiguren als auf der abgewendeten Seite. Diesen Effekt bezeichnet man als Induktionseffekt. Die eine als Strahlungsspende verwendete Zwiebelwurzel *indu-*

ziert in der anderen (bestrahlten) Wurzel Kernteilungen. Diese mitogenetischen Strahlen sind nach GURWITSCH ultraviolette kurzwellige Strahlen von 200–220 μ Wellenlänge; sie entstehen durch die Reaktion zweier Substanzen, dem hitzebeständigen Mitotin und der Mitotase, einem fermentartigen Stoff. Soviel zur Einführung.

Die Verfasser haben zunächst die grundlegenden Versuche von GURWITSCH wiederholt und dann eigene Wege beschritten. Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung seien nun im Zusammenhang aufgezählt. Vorher muß jedoch hervorgehoben werden, daß der Induktionseffekt, den REITER und GABOR finden, sich etwas von dem Effekt, den die russischen Forscher beschreiben, unterscheidet. Nach R. und G. besteht der Induktionseffekt nicht nur in einer Erhöhung der Zahl der Kernteilungsfiguren sondern außerdem darin, daß in dem bestrahlten Wurzelbereich eine gewisse Anzahl von Zellen, die normalerweise aus dem Verband der teilungsfähigen Zellen ausscheiden und sich in differenzierte Gewebszellen umwandeln würden, teilungsfähig bleiben. Mit diesem Effekt ist sein Gegenstück: über die Norm erhöhte Umwandlung von teilungsfähigen Zellen in teilungsunfähige Zellen und herabgesetzte Mitosenzahl untrennbar verbunden; dieser negative Induktionseffekt findet sich an der der Strahlungs-

¹ T. REITER und D. GABOR: Sonderheft d. wiss. Veröff. a. d. Siemenskonzern. Herausgeg. Zentralst. f. wiss. techn. Forschungsarbeiten des Siemenskonzerns. Berlin: Julius Springer 1928.

quelle abgewendeten Seite der Wurzel aber nur in dem Bereich, der dem positiv induzierten genau entspricht (Fig. 1, 2).

1. Von biologischen Strahlenquellen wurden folgende als wirksam befunden: a) Zwiebelwurzelspitzen, b) Zwiebelsohlenbrei, c) Brei von Kaulquappenköpfen (nur wirksam, wenn junge Kaulquappen [bis zu 1,5 cm Gesamtlänge] verwendet werden; Brei von älteren Kaulquappen induziert nicht), d) Bösartige Tumoren (von

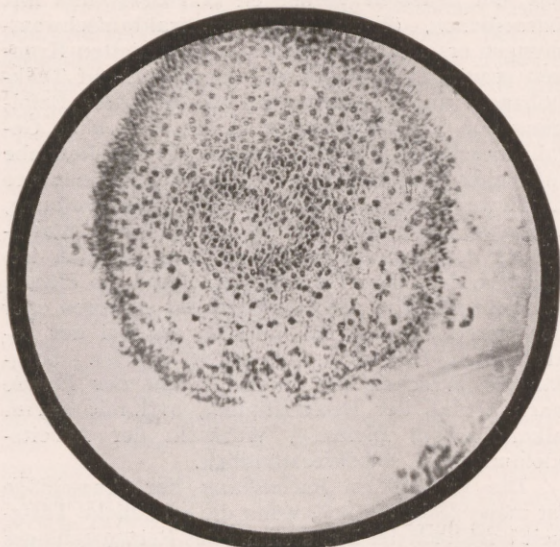


Fig. 1. Mikrophotogramm des Querschnittes einer induzierten Wurzel (in der induzierten Zone). Oben ist die der Strahlenquelle zugewendete, unten die abgewendete Seite. In der zugewendeten Hälfte weit mehr reife Kerne als in der abgewendeten. Sehr starker Ausschlag. (Nach R. u. G.).

Mensch und Ratte) sehr wirksam. *Unwirksam* waren: a) verschiedene Gewebe von erwachsenen Laubfröschen, b) gutartige Tumore des Menschen, c) defibriertes Blut (von Mensch und Säugetieren; *contra* GURWITSCH), d) Hefe.

2. Narkotisierung des Strahlenspenders (mit Chloralhydrat) sistiert die Strahlenemission.

3. Der induzierte Bereich ist kleiner als der Bereich, der von den Strahlen getroffen wird (Konzentrationseffekt). Bringt man zwischen der strahlenden Wurzel und der zu induzierenden Wurzel einen Draht an, so findet man oberhalb und unterhalb von der durch den Draht beschatteten Zone einen Induktionseffekt. Induziert man jedoch ohne Zwischenschaltung eines Drahtes, so ist der Induktionseffekt auf eine Zone begrenzt, die viel schmaler (kürzer) ist, als die, welche beim Schattenversuch durch die Grenzen der induzierten Zonen begrenzt ist. *Deutung:* Die mitogenetischen Strahlen sind nur bei Anwesenheit einer bestimmten Substanz wirksam. Diese Substanz ist entweder in der ganzen Wurzel

vorhanden oder strömt dem Gewebe zu; in beiden Fällen aber steht sie nur in geringen Mengen zur Verfügung. „Man kann sich die Wirkung dieser Substanz vorstellen, wie die Wirkung des Entwicklers auf die belichtete photographische Platte. . . . Wenn der Entwickler in begrenzter Menge vorhanden ist, werden nur die am stärksten belichteten Stellen der Platte entwickelt.“ Es ist dann weiterhin anzunehmen, daß die stärker bestrahlten Zellen diesen Entwickler an sich reißen und daher den Zellen der der Strahlenquelle abgewendeten Seite der Wurzel entziehen.

4. Die mitogenetischen Strahlen breiten sich geradlinig aus. Wenn man die Indikator-(= die zu bestrahlende) Wurzel mit Zwiebelsohlenbrei, der in ein geschlitztes Rohr gefüllt ist, — also mit einer spaltförmigen Strahlenquelle — bestrahlt und einen zweiten Spalt zwischen Strahlenquelle und Wurzel schaltet, so treffen die mitogenetischen Strahlen genau da auf, wo Lichtstrahlen, welche durch zwei entsprechende Spalte geschickt werden, auftreffen. Schon dieses Ergebnis schließt die Möglichkeit, daß die Induktion auf irgendeiner chemischen Fernwirkung beruht, aus; die Verfasser haben aber überdies den Versuch so modifiziert, daß sie die Indikatorwurzel in ein Quarzröhrchen einschlossen; das Ergebnis wurde dadurch nicht verändert.

5. Das mitogenetische Strahlenbündel wurde durch einen Schlitz von etwa 15μ Weite geschickt. „Es zeigte sich ein ca. 3 mm breiter, aber sehr schwacher Ausschlag, von scheinbar unregelmäßig aufeinanderfolgenden Zonen ohne Ausschlag un terbrochen. Dieses Ergebnis mußten wir mit großer Wahrscheinlichkeit als Nachweis einer *Diffraction* ansehen“ (S. 21).

6. Die mitogenetischen Strahlen werden von Glas und Quecksilberoberflächen reflektiert. Sie werden (wie sichtbare Lichtstrahlen) nicht nur von der Vorderfläche einer Glasplatte sondern auch von der Hinterfläche reflektiert und beim Ein- und Austritt (in Glas resp. Luft) gebrochen (Abb. 3).

7. Die mitogenetischen Strahlen passieren eine 0,02 mm starke Glasschicht fast ungeschwächt; eine 5 mm dicke Glasschicht läßt noch etwas durch. Absorptionsversuche mit geeigneten gefärbten Gelatinefiltern (Filterfarben 1. Nitrosodimethylanilin-para + Methylviolett + Säurefuchsin: ist durchlässig für Strahlen von $310-360 m\mu$ und für die mitogenetischen Strahlen;

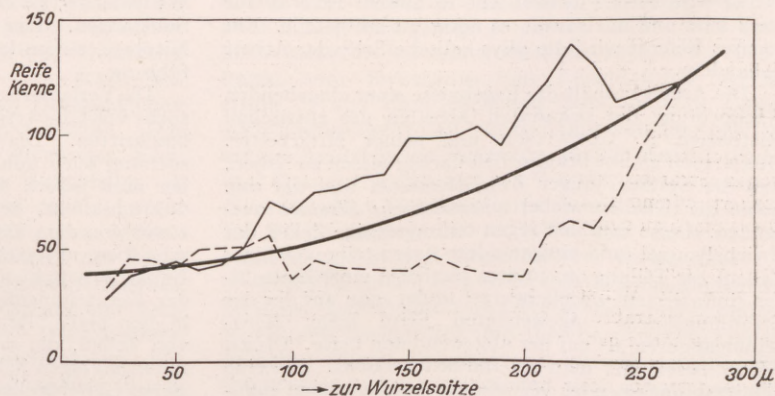


Fig. 2. Ergebnis eines Induktionsversuches. Aufgetragen ist die Zahl der in der zugewendeten (dünne ausgezogene Kurve) und in der abgewendeten Hälfte (unterbrochene Kurve) der Querschnitte gezählten reifen Kerne + Kernteilungsfiguren. Die stark ausgezogene Kurve stellt den (interpolierten) normalen Verlauf dar. (Nach R. u. G.).

2. Auramin: absorbiert Strahlen von mehr als $350\text{ m}\mu$ und läßt (die mitogenetischen Strahlen durch) ließen 320 und $350\text{ m}\mu$ als die Grenzen der Wellenlänge der mitogenetischen Strahlen vermuten.

8. Durch Zwischenschaltung eines Quarzprismas zwischen Strahlenspender und Indikatorwurzel und Kontrolle des Strahlenganges durch Ersatz des biologischen Strahlenspenders durch eine Lichtquelle

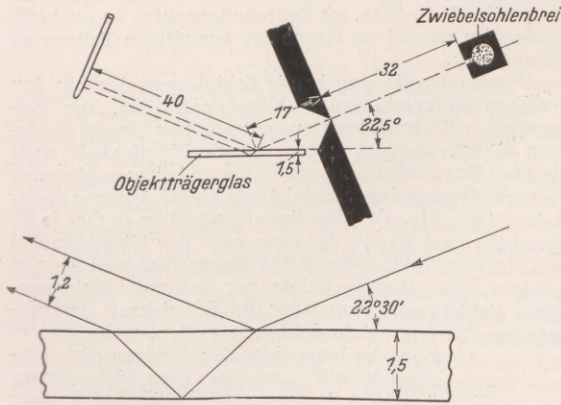


Fig. 3. Reflexion der mitogenetischen Strahlen an einer Glasplatte. Man beobachtet zwei Ausschläge. Der eine entspricht dem an der Vorderseite, der andere dem an der Rückseite der Glasplatte reflektierten Strahl. (Nach R. u. G.).

wurde die Wellenlänge der mitogenetischen Strahlen auf $338-340$ bestimmt (contra GURWITSCH und FRANK, die $200-220\text{ m}\mu$ finden¹).

9. Es wurde versucht, die vom Zwiebelsohlenbrei emittierten Strahlen auf photographische Platten aufzufangen. Zwei Versuche dieser Art gaben eine sehr schwache Schwärzung der Platte. Wiederholungen ergaben negative Resultate. Versuche, Zinksulfid durch die mitogenetischen Strahlen zum Fluoreszieren zu bringen, waren erfolglos.

10. Zwiebelsohlenbrei emittiert die mitogenetischen Strahlen nur im Hellen. Zwiebelwurzeln und Kaulappenkopfbrei emittieren auch im Dunkeln.

11. Die naheliegende Frage, weshalb denn Sonnenlicht und Licht verschiedener künstlicher Lichtquellen, die ultraviolette Strahlen des kritischen Bereiches ausstrahlen, nicht mitogen wirken, führte zur Entdeckung der sog. *Antagonistenstrahlung*. Die vorhin genannten Lichtquellen senden außer den mitogenetischen Strahlen auch andere Strahlen aus, welche den Effekt der mitogenetischen Strahlen aufheben. Diese antagonistischen Strahlen wurden mittels eines Spektrographen isoliert; es sind die Strahlen von $290-320\text{ m}\mu$. Werden diese Strahlen den mitogenen Strahlen (einerlei ob diese „biogen“ sind oder von einer Lichtquelle emittiert werden) beigemischt, so bleibt der Induktionseffekt aus. Werden die Wurzeln nur mit den antagonistischen Strahlen bestrahlt, so wird das Wachstum auf der bestrahlten Stelle gehemmt, und die Wurzel krümmt sich infolgedessen zur Lichtquelle hin. Der Grad der Krümmung kann 90° erreichen. Die Verfasser nehmen an; daß die Antagonisten alle Phasen des Teilungszyklus in gleichem Maße hemmen.

¹ R. und G. haben die von GURWITSCH-FRANK als mitogen befundenen Strahlen geprüft und als ineffektiv befunden.

12. Die durch die Analyse der von biologischen Strahlenquellen emittierten Strahlen erhaltenen Resultate werden durch Bestrahlung der Indikatorwurzel mit ultravioletem Licht (im Quarzspektrographen) verifiziert. Mitogen wirken die Strahlen von $334-365\text{ m}\mu$; am stärksten wirken die Strahlen von $338-340\text{ m}\mu$. Für diese Strahlen ist auch die Zwiebelwurzel am stärksten empfindlich. Außerdem sind auch die Strahlen der Linie $280\text{ m}\mu$ mitogen, aber viel schwächer. Strahlen zwischen 334 und 280 sind unwirksam, desgleichen die noch kürzwelligeren Strahlen (s. oben sub 8). Auffallend ist die Angabe, daß die Stärke des Induktionseffektes, von der eingestrahnten Energiemenge weitgehend unabhängig ist. Sie ist aber abhängig von der Bestrahlungsdauer. 15 Minuten lange Bestrahlung mit Linie 338 der Silberbogenlampe gibt denselben Effekt wie einstündige Bestrahlung mit denselben aber durch einen Schleier um 99% ihrer Intensität geschwächten Strahlen. Ferner ist noch zu erwähnen, daß die mitogenetischen Strahlen der Quecksilberlampe nur bei $5-20$ Minuten langer Bestrahlung mitogen wirken. 30 Minuten lange Bestrahlung gibt keinen Effekt, noch längere (1 Stunde und mehr) Bestrahlung zerstört die oberflächlich gelegenen Zellschichten (Koagulationsnekrosen). Andere Strahlen der Quecksilberlampe (365 und $313\text{ m}\mu$) waren (auch bei längerer Einwirkung) harmlos (obwohl sie intensiver waren als $334\text{ m}\mu$). Die Induktion ist also als Auslösungseffekt anzusehen, die Zellzerstörung hingegen ist von der eingestrahnten Energiemenge abhängig.

13. In einigen kleinen Versuchsreihen wurde die Entwicklung von Molchembryonen (Blastulae des Axolotls) durch die Bestrahlung mit der Linie $346\text{ m}\mu$ stark beschleunigt. (Dauer der Bestrahlung: 30 bis 60 Minuten.) Linie 334 war nicht so wirksam, die Linien 313 und 280 waren unwirksam. Blastulae von *Bufo* verhielten sich etwas anders: hier beschleunigten auch die Linien 365 , 334 und $313\text{ m}\mu$. Endlich wurden auch einige unbefruchtete Eier von *Triton* und *Rana fusca* durch Bestrahlung mit Linie $334\text{ m}\mu$ (5 Minuten) zur Parthenogenese veranlaßt.

Soweit die Befunde¹. In dieser gedrängten Aufzählung sind sie eindrucksvoll genug und das Folgende dient nicht etwa dem Zweck, diesen Eindruck abzuschwächen. Da jedoch das negative Ergebnis der von ROSSMANN vorgenommenen Nachprüfung² der Angaben von GURWITSCH viele Biologen mißtrauisch gemacht haben dürfte, so wird man in diesem Referat vielleicht eine kritische Stellungnahme zu den oben referierten Angaben erwarten. Wenn ich dieser Erwartung entspreche, so kann ich dies nur in dem Ausmaße tun, welches der Kritik jemandes, der zwar das

¹ Der beachtenswerte Versuch, die absolute Dauer des Kernteilungsvorganges aus der relativen Frequenz der Kernteilungsfigur in normalen und erstreckten Wurzeln zu berechnen, sei nur erwähnt, da er die Hauptresultate nicht tangiert. Zu einer Kritik dieses Versuches fühle ich mich nicht befugt, da ich dazu zu wenig Mathematik kann. Ich möchte aber doch bemerken, daß ich aus den Formeln der Autoren die absolute Dauer der Mitose in einer 50 Zellen von der Wurzelspitze entfernten Zelle mit 38 Minuten berechnet habe, für eine Zelle, die 80 Zellen von der Wurzelspitze entfernt ist, jedoch 22 Minuten als Dauer der Mitose finde. (Diese Berechnungen sind von Herrn Dr. GABOR nachgeprüft resp. korrigiert worden.) Eine Verschiedenheit dieser Art erscheint mir jedoch unwahrscheinlich.

² Eine kurze Kritik der Einwände ROSSMANNs findet sich bei R. und G. auf S. 94.

Testobjekt (die Zwiebelwurzel) gut kennt, aber selbst keine Versuche mit mitogenetischen Strahlen angestellt hat, zukommt.

Das Interesse jedes Kritikers wird natürlich in erster Linie der angewendeten Technik gelten. Die Autoren haben diese Technik sehr ausführlich geschildert und man hat durchaus den Eindruck, daß diese Angaben jedem, der sich die nötige Zeit dafür nehmen kann und nimmt, eine Nachprüfung ermöglichen.

Hier nur das Wichtigste: Die Indikatorwurzel wird bestrahlt und dann in BOUINS Gemisch fixiert. Wenn die Bestrahlungsdauer kleiner war als 45 Minuten, so wurde die Wurzel nach der Bestrahlung zunächst in Wasser gelegt und erst eine Stunde nach Beginn der Strahlung fixiert. Die bestrahlte Stelle der Wurzel wird sofort nach dem Ende der Bestrahlung mit einem Tusche-punkt markiert. Die überwiegende Mehrzahl aller Wurzeln wurde in Querschnitte zerlegt. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß man auf den Schnitten durch die bestrahlte Zone nur diese selbst vor sich hat und nicht — wie bei den von GURWITSCH und seiner Schule verwendeten Längsschnitten — bestrahlte und unbestrahlte Zonen in einem Schnitt auszählen muß (wodurch der Induktionseffekt „verwässert“ wird).

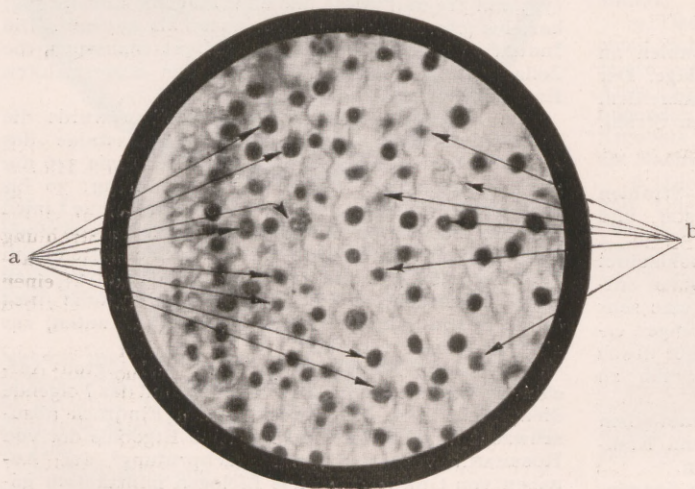


Fig. 4. Mikroskopisches Bild eines Wurzelquerschnittes, mit Beispielen für die Anwendung der Zählungskriterien. a) Reife Kerne; werden bei der Zählung berücksichtigt. b) Kerne in Rückbildung; werden bei der Zählung nicht berücksichtigt. (Nach R. u. G.).

Die Schnitte werden gefärbt und dann wird jeder Schnitt mit einem Projektionszeichenapparat bei 50—100facher Vergrößerung gezeichnet. Die Zeichnungen werden dann ausgezählt und zwar werden erstens nur die Periblemzellen berücksichtigt, zweitens werden aber nicht nur alle Stadien der Mitose gezählt sondern auch eine bestimmte Art von *ruhenden Kernen*. Diese letzteren werden nämlich von R. und G. in zwei Kategorien geteilt: 1. „*Reife Kerne*, scharf charakterisiert durch den in der Mitte der Zelle sich befindlichen, mit Kernfarbstoffen aller Art sich sehr stark färbenden Kern“ (S. 50). Diese reifen Kerne sind nach REITER und GABOR Kerne, die — wenn die Wurzel nicht fixiert worden wäre — sich alsbald wieder geteilt hätten, also in den Zellteilungszyklus hineingehören. 2. Kerne der aus dem Zellteilungszyklus ausgeschiedenen Zellen, länglich, manchmal geschrumpft, kleiner und weniger stark färbbar als die „reifen“ Kerne (Fig. 4).

In den meisten Versuchen werden nun Kernteilungsfiguren und reife Kerne zusammengezählt¹. In der bestrahlten und induzierten Zone der Wurzel ist die Zahl der Kernteilungsfiguren + reifen Kerne an der der Strahlenquelle zugewandten Seite der Wurzel größer als normal, auf der abgewendeten Seite kleiner als normal (Fig. 2).

Die Induktion veranlaßt also Zellen der bestrahlten Seite, die normalerweise aus dem Zellteilungszyklus ausgeschieden wären, im Zellteilungszyklus zu bleiben². Außerdem scheint sie Kerne zur vorzeitigen Teilung zu veranlassen.

Wenn man die eingehende Schilderung der von den Autoren unterschiedenen Kerntypen liest, die beigegebenen Illustrationen ansieht und das Objekt außerdem kennt, so wird man wohl die Möglichkeit einer strikten Unterscheidung von reifen und ausgeschiedenen Kernen etwas geringer einschätzen als die Autoren dieser Arbeit (vgl. Fig. 4). Man findet außerdem in fast jeder Zwiebelwurzel Kerne, die zwar nach der Klassifikation von REITER und GABOR zu den ausgeschiedenen Kernen gehören, sich aber trotzdem zur Teilung anschicken. Diese Fehlerquelle kann aber die Beweiskraft der mitgeteilten Zahlen³ nicht in Frage stellen, wenn anders man die bona fides der Autoren nicht anzweifeln will; und dazu liegt nicht der geringste Anlaß vor. (Trotzdem wird aber gerade der, der wie der Referent, zu einer günstigen Beurteilung der Arbeit neigt, wünschen, daß die Autoren, wenigstens in einigen Stichproben eine ähnliche Kontrolle, wie sie GURWITSCH eingemal durchgeführt hat, vorgenommen hätten, nämlich die Schnitte durch Personen, die nicht wußten, welches die zugewendete und welches die abgewendete Seite der Wurzel ist, hätte auszählen lassen. Diese Bemerkung wird wohl niemand, der statistische Aufnahmen durchgeführt hat, als leichtfertige Verdächtigung auffassen; um so weniger als GURWITSCH selbst diese Kontrolle wiederholt vornimmt. Vor allem aber ist sie unschwer nachzuholen und würde wohl auch eingefleischte Skeptiker überzeugen, was gewiß nur im Interesse der Sache läge.)

Einzelne Schönheitsfehler (wie vor allem die etwas zu kursorischen und etwas zu unkritisch ausgewerteten Versuche über Induktion von Parthenogenese und Entwicklungsbeschleunigung bei Amphibieneiern resp. -embryonen) dürfen diese günstige Beurteilung kaum beeinflussen. Schwerwiegender ist allerdings die Diskrepanz zwischen den Angaben von FRANK und GURWITSCH und den Angaben von REITER und GABOR betreffs der Wellenlänge der wirksamen Strahlen (200—220 μ resp. 338—340 μ), doch ist es nicht

¹ Die Kernteilungsfiguren wurden nur in vier Versuchen extra registriert. In zwei Versuchen wurden auch die ausgeschiedenen Kerne gezählt.

² Eine Indikatorwurzel wurde 30 Minuten lang bestrahlt, dann auf 2—3 Stunden in Wasser gelegt und erst dann fixiert; Resultat: starkes Überwiegen der Mitosen auf der zugewendeten Seite. Ein großer Teil der reifen Kerne ist also wahrscheinlich in Teilung eingetreten.

³ Die Protokolle der wichtigsten Versuche sind in einem Anhang in mustergültiger Weise zusammengestellt.

Sache der Autoren, diese Diskrepanz aufzuklären, und jeder, der die referierte Arbeit durchgelesen hat, wird wohl geneigt sein, den diesbezüglichen Angaben von REITER und GÁBOR mehr Vertrauen zu schenken als den (vielleicht auf Mängeln der Apparatur beruhenden) Angaben der russischen Forscher.

KARL BĚLAŘ, Berlin-Dahlem.

* * *

Im Anschluß an vorstehendes Referat soll hier der Versuch gemacht werden, die erwähnte Arbeit von REITER und GÁBOR über „mitogenetische Strahlung“, soweit sie sich mit der physikalischen Natur derselben und den zu deren Aufdeckung unternommenen Experimenten befaßt, vom Standpunkte des Physikers nochmals einer eingehenderen Besprechung zu unterziehen. Dabei wird es sich nicht vermeiden lassen, daß einzelne, im biologischen Teil schon erwähnte Tatsachen hier wiederholt werden müssen, was wohl durch den sonderbaren Doppelcharakter dieser interessanten Untersuchungen begründet erscheinen mag.

Von zwei Versuchen abgesehen, auf die weiter unten näher eingegangen werden soll, dient freilich als Erkennungskriterium durchweg ein physiologisches: der im biologischen Referat beschriebene „Induktionseffekt“, und zwar fast immer auf Zwiebelwurzeln. Festgestellt wird dabei das Verhältnis der Zahl reifer Kerne und Kernteilungsfiguren in der der Strahlung zugewandten Seite der Wurzel zur entsprechenden Zahl auf der abgewandten Seite eines Wurzelquerschnitts. Die Verwendung dieses Kriteriums hat natürlich zur Voraussetzung, daß die „mitogenetische“ Strahlung schon in der einen Wurzelhälfte so weitgehend absorbiert wird, daß ihre Wirkung in dem der Strahlung abgewandten Teil unmerklich oder mindestens erheblich geschwächt ist, eine Voraussetzung, die wenigstens dort, wo die Verfasser einen positiven Effekt finden, schon durch diesen selbst zur Genüge bewiesen ist. Zunächst wurde an unbestrahlten Wurzeln die statistische Axialsymmetrie in der Verteilung der kritischen Kernfiguren untersucht und genauestens bestätigt. Leider unterlassen es die Verfasser, eine Kurve über die Häufigkeit der natürlichen Symmetrieschwankungen zu geben. Sie geben jedoch an, daß natürliche Schwankungen von 10% in einem Querschnitt selten sind, und bezeichnen als positiven Effekt nur, wenn ein 30proz. Überschuß in 5 aufeinanderfolgenden Schnitten vorhanden ist. Die Verfasser betonen ausdrücklich, daß der zahlenmäßige „Ausschlag“ (prozentueller Überschuß an mitotischen und reifen Kernen auf der zugewandten Seite) keineswegs als Maß für die Intensität der Strahlung dienen dürfe. Wir haben es bei diesem Vorgang vielmehr mit einem sehr komplizierten „Schwärmungsgesetz“ zu tun; einige zahlenmäßige Angaben lassen mit Sicherheit auf das Eintreten einer „Sättigungsschwärzung“ sowohl hinsichtlich der zeitlichen, als auch hinsichtlich der Intensitätsabhängigkeit, schließen. Auch ist sicherlich, wenigstens was diese letztere Abhängigkeit betrifft, ein „Schwellenwert“ des Induktionseffekts vorhanden, der vielleicht reell ist, gewiß aber, schon durch die oben erwähnte, sicherheitshalber nötige, Abgrenzung derjenigen Schwankung gegeben ist, die man noch als positiven Effekt anzusehen sich entschließt. Diese Tatsache dürfte auch die Ursache der Diskrepanz in den Angaben der Verfasser einerseits und GURWITSCH und seiner Mitarbeiter andererseits sein. Dieser Einwand ist wohl der schwerwiegendste, der von physikalischer

Seite gegen die Arbeit erhoben werden könnte und betrifft die Wellenlänge der gefundenen Strahlung. GURWITSCH gibt nämlich als Wellenlänge das Gebiet $\lambda 200-220 \text{ m}\mu$ an und stützt diese Behauptung im wesentlichen auf die von ihm gefundene beträchtliche Schwächung des Effekts durch Glas- und Gelatinefilter. Befindet man sich nun in einem Beobachtungsgebiet, wo der Effekt an sich gering ist — REITER und GÁBOR geben an, daß das bei GURWITSCH im Vergleich zu den von ihnen beobachteten Effekten der Fall war —, ist man also in der Nähe des Schwellenwertes, so würde schon eine geringfügige Reduktion der Strahlung einen viel zu großen Absorptionskoeffizienten und somit zu kleine Wellenlängen vortäuschen¹.

Zunächst wurde die Emission des organischen Materials, meist Zwiebensohlen-Breis, untersucht. Die ersten Versuche beweisen die geradlinige Fortpflanzung der Strahlung durch zwei hintereinander gestellte optische Spalte und durch Schatteneinwirkung eines Drahts. Dabei zeigte sich ein seltsamer „Konzentrationseffekt“: Die „Induktion“ tritt nur in einem kleinen Teile des geometrisch von der Strahlung getroffenen Bereiches ein, außerdem zeigt sich auf der abgewandten Seite der Indicatorwurzel und in der Umgebung der Stelle vermehrter mitotischer und reifer Kernfiguren eine Verarmung derselben, die die Verfasser zwanglos durch Verarmung einer zur Hervorrufung des Effekts nötigen Substanz in den Nachbarzellen erklären.

Ferner wird die Reflexion und Brechung der Strahlung an Wasser und Quecksilber, besonders eindrucksvoll jedoch bei einer 5 mm dicken Glasplatte gezeigt, wobei sich die Spur des an der Vorder- und Hinterfläche reflektierten Strahls auf der Indicatorwurzel zeigt (vgl. Fig. 3). Schon dieser Versuch widerlegt die Annahme einer wesentlich kürzeren Wellenlänge für die Strahlung als $\lambda 340 \text{ m}\mu$. Einen weiteren Versuch, bei dem ein Strahlenbündel, durch einen 15μ breiten Spalt geschickt, einen breiten unregelmäßigen Ausschlag hervorruft, glauben die Verfasser als Beugungserscheinung deuten zu können, was jedoch nach Ansicht des Referenten nicht zulässig erscheint; aus der im Versuchsprotokoll (Skizze) angegebenen Entfernung Spalt-Indicatorwurzel von 30 mm, der Spaltbreite 15μ und der Wellenlänge $0,34 \mu$ berechnet man nämlich einen Abstand von 0,9 mm zwischen der 0. und 1. Ordnung des Beugungsbildes, resp. 0,7 mm zwischen 1. und 2. Ordnung. Das Versuchsprotokoll zeigt aber keineswegs irgendeine derartige Struktur, die sehr unregelmäßigen Abstände zwischen den Maximis sind von der Größenordnung 0,3 mm und dürften wohl rein zufälliger Natur sein.

Besonders hübsch ist der folgende Versuch über die prismatische Ablenkung der mitogenetischen Strahlung und Fokussierung durch eine Quarzlinse (Fig. 5), der später mit einem lichtstarken Doppelmonochromator wiederholt wurde. Als Lichtquelle diente in diesem „Spektralapparate“ Zwiebensohlen-, Kaulquappen- oder Sarkombrei, an Stelle der photographischen Platte steht die Indicatorwurzel. Diese ist nämlich, wie spätere Versuche gezeigt haben, um Größenordnungen empfindlicher für die fragliche Strahlung.

¹ Nicht widerlegt ist damit freilich der Befund von GURWITSCH und FRANK, die mit Ultraviolettlicht des Gebietes von $\lambda 200 \text{ m}\mu$ von künstlichen Lichtquellen einen Effekt fanden. Doch ist dieses Resultat allen Einwänden ausgesetzt, die gegen Arbeiten mit einfacher spektraler Zerlegung immer erhoben werden können.

lung als die Platte¹. Durch Eichung mit Hilfe einer künstlichen Lichtquelle ließ sich so aus der Lage des Induktionsfleckes die Wellenlänge der Strahlung ermitteln. Die Verfasser finden dafür einen engen Bereich um λ 340 m μ . Freilich darf schon wegen des erwähnten Konzentrationseffekts, vor allem aber wegen der durch spätere Versuche bewiesene Selektivität des „Induktionseffekts“ daraus nicht auf eine entsprechende spektrale Schärfe der von dem organischen Material emittierten Strahlung geschlossen werden. Dies tun jedoch die Verfasser in Analogie zu bekannten, in der Natur häufigen, Anpassungserscheinungen (z. B. Sonnenspektrum und Augenempfindlichkeit). Eine Wiederholung des Ablenkungsversuchs mit photographischem Nachweis, also eine direkte Spektralaufnahme der Strahlung, wäre also äußerst wünschenswert, weil nur diese über die Spektralbreite der Emission direkten Aufschluß geben kann.

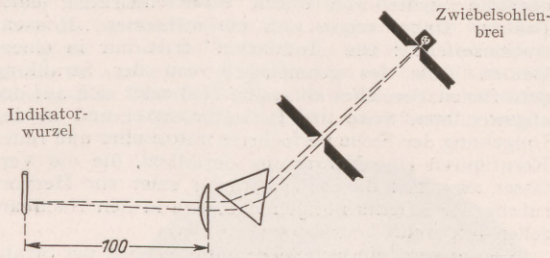


Fig. 5.

Der photographische Nachweis der Strahlung wurde in zwei weiteren Experimenten untersucht. Als Strahler diente wieder Zwiebelsohlenbrei, wobei sich seltsamerweise herausstellte, daß dieser nur dann emittiert, wenn er von sichtbarem Licht getroffen wird. Andere untersuchte Strahler — Sarkombrei, Kaulquappenkopfbrei, lebende Zwiebelwurzel in Verbindung mit der Zwiebelsohle — strahlen auch im Dunkeln. Auf dem Boden eines Kastens, der von einer Seite mit nur sichtbarem (durch Paraffinöl gefiltertem) Licht getroffen wurde, war der Brei ausgebreitet, dessen eine Hälfte durch Chloralhydrat narkotisiert war; so daß er, wie mit der Wurzel als Testobjekt gefunden worden war, dort nicht strahlt. Die „mitogenetische“ Strahlung des Breies fiel nun auf eine hochempfindliche Platte, die durch ein WOODSches Filter abgedeckt war. Dieses Filter läßt bis auf einen schwachen Rest des photographisch unwirksamen Rot nur ultraviolettes Licht einer Wellenlänge zwischen etwa 300 und 350 m μ durch. Das Ergebnis dieses Versuches ist in Fig. 6 wiedergegeben. Man sieht den Plattenschleier auf der Seite des narkotisierten Breies durch eine scharfe Grenze von der schwachen Schwärzung getrennt, die von der mitogenetischen Strahlung herührt. Daß es sich nicht um eine Restdurchlässigkeit des Filters handelt, wird durch die Schärfe der Trennungslinie bewiesen, auch zeigte dies ein Blindversuch mit weißem Papier an Stelle des Breies. Um die Rolle des sichtbaren Lichtes für die Strahlungsfähigkeit des Zwiebelsohlenbreies zu klären, wurde eine Art Phosphoroskop gebaut, das es gestattete, abwechselnd den Brei mit Tageslicht zu belichten und ihn im Dunkeln das Testobjekt (Zwiebelwurzel) bestrahlen zu lassen. Der erwartete Induktionseffekt blieb jedoch aus.

¹ Diese Tatsache scheint auch vom physikalischen Standpunkte wegen eines möglichen Zusammenhangs mit dem Quantenäquivalentgesetz besonders interessant.

Dadurch wird aber nach Ansicht des Referenten noch nicht lückenlos bewiesen, daß zur Emission des Breies *gleichzeitige* Belichtung notwendig ist (die Zeit zwischen Ende der Breibelichtung und Beginn der Wurzelbestrahlung war 0,05 Sek.). Es wurde nämlich nicht untersucht, ob nicht irgendwelche Intermittenzeffekte auftreten; bei der Kompliziertheit sowohl der hier untersuchten Chemilumineszenz als auch des Induktionsvorganges selbst wäre es nämlich vielleicht möglich, daß eine gewisse, wohl noch von der Intensität abhängige Zeitspanne nötig ist, bis der Vorgang überhaupt in Gang kommt, die nicht unterschritten werden

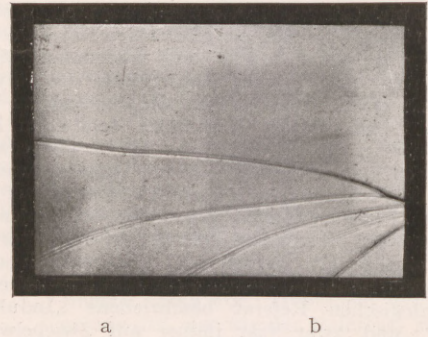


Fig. 6. Photographischer Nachweis der „mitogenetischen“ Strahlung.

a links: Schleier. b rechts: Schwärzung.

darf, wenn überhaupt ein Effekt zustande kommen soll. Durch Einschalten eines rotierenden Sektors in den Strahlengang bei einem der früher beschriebenen Versuche wäre dies leicht nachweisbar.

Die Verfasser gingen nun daran, mit künstlichen Lichtquellen unter Zerlegung des Lichtes in einem lichtstarken Doppelmonochromator, die mitogenetische Wirksamkeit ultravioletten Lichtes zu untersuchen. Mit der Linie λ 334 m μ der Quecksilberlampe erhielten sie schon nach kurzer Belichtungszeit einen Induktionseffekt auf der Zwiebelwurzel. Wirksamer noch erwies sich die Linie λ 338 m μ eines Silberbogens sowie geeignet filtrierte oder prismatisch isolierte Strahlung anderer Lichtquellen (Sonne, Amalgambogenlampe) derselben Wellenlänge¹. Außerdem fand sich schwache mitogenetische Wirksamkeit bei der Linie der Gegend λ 280 m μ . Die gleichen Wellenlängen, die den Induktionseffekt hervorrufen, und *nur diese*, bewirken bei länger andauernder Bestrahlung nekrotische Zerstörung des Zellgewebes, verbunden mit Eiweißkoagulation. Zwischen λ 280 und λ 334 m μ , sowie bei kürzeren und längeren Wellen war keine Spur eines Induktionseffektes nachweisbar². Die spektrale Verteilung der Wirksamkeit (ungefähr gemessen durch die reziproke Belichtungszeit, die zur Hervorrufung eines geringen Induktionseffektes nötig ist) ist in Fig. 7 gezeigt. Die spektrale Schärfe dieses Gebietes (Halbw.-Breite ca. 70 Å.) ist äußerst auffallend. Doch hat sich in neuester Zeit bei den Vitaminuntersuchungen von POHL und WINDAUS das Auftreten verhältnismäßig schmalere Gebiete starker Absorption in hochkomplizierten organischen Verbindungen gezeigt, wobei Lage

¹ Es gelang auch, durch Kombination eines Silberbogens mit einem Glas- und Ultravioletfilter eine Lichtquelle zu konstruieren, die praktisch nur wirksame Strahlen aussendet.

² Vgl. Anm. 1.

und Struktur dieser Gebiete weitgehend durch ultraviolette Bestrahlung verändert werden kann. Vielleicht steht gerade diese letztere Tatsache mit dem von den Verfassern gefundenen „Antagonisteneffekt“ im Zusammenhang. Fällt nämlich gleichzeitig mit der mitogenetisch wirksamen Strahlung Licht des unwirksamen Gebietes zwischen λ 280 m μ und λ 334 m μ auf, so zeigt sich kein Induktionseffekt. Dieser Be-

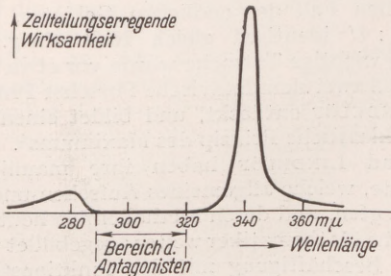


Fig. 7. Ungefähre spektrale Verteilung der „mitogenetischen“ Wirksamkeit.

fund konnte bestätigt werden, durch eine mit einem totalreflektierenden Prisma in geeigneter Weise kombinierten Doppelmonochromator, der es gestattete, Licht beliebiger Wellenlängen zu mischen. Auch die Induktionswirkung der von organischen Objekten emittierten Strahlen wird zerstört durch gleichzeitige Bestrahlung mit Licht des „Antagonistengebietes“. Schwächung der Antagonistenstrahlung mit Gazeblenden zeigte, daß z. B. die Linie λ 313 m μ den Effekt der Linie λ 334 m μ zerstört, wenn ihre Intensität nur ca. 12% der letzteren Linie beträgt. Die Verfasser geben nicht an, ob nur *gleichzeitige* Bestrahlung mit

den „Antagonisten“ Auslöschung bewirkt, oder ob vielleicht diese Strahlung eine mehr oder weniger dauernde Veränderung vielleicht an einem Zwischenprodukt beim Induktionsvorgang hervorruft, die den Effekt verhindert. Dies könnte ebenfalls durch abwechselnde Belichtung nachgewiesen werden. Die „Antagonistenstrahlen“ allein zeigten keinerlei Induktionseffekt (auch keinen „negativen“ Effekt, der durch Verarmung der mitotischen Figuren auf der bestrahlten Seite zum Ausdruck käme), hingegen fanden sie eine allgemeine Wachstumshemmung, die sich in einer Krümmung der Indicatorwurzel nach der bestrahlten Seite hin schon bei kurzer Belichtung bemerkbar macht. Die Wachstumshemmung scheint sich auf alle Phasen des Teilungszyklus zu erstrecken. Doch sind die Versuche hierüber noch nicht abgeschlossen. Die Verfasser geben einen Mechanismus an, der durch Annahme zweier hypothetischer Stoffe verschiedener Eigenabsorption den Antagonisteneffekt erklärt, halten dies aber selbst nur für eine vorläufige Arbeitshypothese.

Einige Absorptionsversuche zeigen eine starke Absorption auch der antagonistisch wirksamen Strahlung an. Da sich die Zellsubstanz aber als sehr trübes Medium erwies, konnte nicht gut zwischen wahrer Absorption und Streuung bei diesen Aufnahmen unterschieden werden, bei denen ein Linienspektrum als Lichtquelle diente. Doch ließe sich vielleicht rechnerisch oder experimentell dieser Streueffekt unter Benutzung eines kontinuierlichen Spektrums eliminieren da dieser keinerlei Selektivität zeigen dürfte.

Wenn im vorstehenden an einigen mehr oder weniger nebensächlichen Punkten Kritik geübt wurde, so ändert dies nichts an dem Hauptergebnis der auch vom physikalischen Standpunkt wunderschönen und äußerst interessanten Arbeit, das dem Referenten auch physikalisch wirklich gesichert erscheint.

F. G. HOUTERMANS, Berlin.

Mathematische Probleme aus der neueren Entwicklung der Hydrodynamik¹.

Von A. WEINSTEIN, Breslau.

LEONARDO DA VINCI, der ebenso groß als Naturforscher wie als Künstler war, hat das Wort geprägt: „Die Mechanik ist das Paradies der mathematischen Wissenschaften, denn durch sie kommt man zur mathematischen Frucht“². Ich will versuchen zu zeigen, daß dieser Ausspruch LEONARDOS heutzutage noch volle Gültigkeit besitzt, obwohl sich in unserer Zeit die Tendenz bemerkbar macht, die Mathematik von den Naturwissenschaften gänzlich abzulösen. So werden wir sehen, daß alltägliche mechanische Vorgänge, für die sich bereits LEONARDO lebhaft interessierte, bis in die jüngste Zeit Anlaß zu umfassenden und eindringlichen mathematischen Gedankengängen geben. Unter diesen Erscheinungen verdient die Wellenbewegung einer schweren Flüssigkeit, sagen wir etwa des Wassers, unsere besondere Aufmerksamkeit. Die Theorie der Wellenbewegung, von LEONARDO antizipiert, ist in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts vor allem in England

gepflegt worden. Dort wurde die theoretische Forschung auf diesem Gebiet durch die vitalen Interessen des Inselreiches angeregt. Erst in der neuesten Zeit erhielt die Theorie der Wellenbewegung wieder in der Heimat LEONARDOS eine wesentliche Förderung. Die Gedankengänge dieser neuen Entwicklung, die sich in erster Linie an den Namen LEVI-CIVITA und seiner Mitarbeiter knüpft, werde ich an Hand eines Beispiels auseinandersetzen.

Wir wollen permanente, fortschreitende Wellen in einem unendlich langen und geraden Kanal betrachten, wobei angenommen wird, daß der

Vorgang in jedem Längsschnitt derselbe ist. Es genügt also, die

Bewegung in einer vertikalen Ebene zu untersuchen¹ (Fig. 1). Es wird angenommen, daß unsere Flüssigkeit unzusammendrückbar und rei-

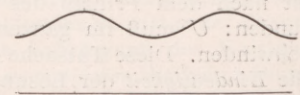


Fig. 1. Periodische Wellen.

¹ Antrittsvorlesung, gehalten bei der Umhabilitation an die Universität Breslau am 1. Dezember 1928.

² Über das Verhältnis LEONARDOS zur Mathematik und zu den Naturwissenschaften s. z. B. die Hamburger Rektoratsrede W. BLASCHKE, „Leonardo und die Naturwissenschaften.“ Leipzig: B. G. Teubner 1928.

¹ Diesem Vorgang ist der zweite der vier Vorträge von T. LEVI-CIVITA, „Fragen der klassischen und relativistischen Mechanik“ gewidmet (Autorisierte Übersetzung; Berlin: Julius Springer 1924). Seither hat die Theorie, wie wir sehen werden, bedeutende Fortschritte gemacht.

bungslos ist; ihre Dichte soll gleich 1 gesetzt werden. Die einzige äußere Kraft, die auf die Flüssigkeitsteilchen wirkt, ist die Schwere; hieraus folgt, daß wir eine wirbel- und quellenfreie Strömung vor uns haben. Es sei deswegen gestattet, zunächst ein paar Worte über wirbelfreie Strömungen im allgemeinen zu sagen.

Bei jeder wirbelfreien Strömung existiert ein sog. Potential, das in unserem Falle eine Funktion der Zeit und des Ortes in der Vertikalebene ist. Die Kenntnis des Potentials, dessen Gradient die Geschwindigkeit der Strömung angibt, genügt zur erschöpfenden Beschreibung des Vorgangs. Das Potential besitzt im Falle einer quellenfreien Strömung folgende bemerkenswerte Eigenschaft. Der Wert des Potentials in irgendeinem Punkt unserer Ebene ist gleich dem Mittelwert, dem Durchschnitt der Werte, die diese Funktion (im selben Augenblick) auf jedem kleinen Kreis mit unserem Punkt als Zentrum annimmt. Man nennt solche Funktionen *harmonische Funktionen*. Ihre Untersuchung spielt in der Analysis eine hervorragende Rolle. Wir wollen kurz einige Eigenschaften dieser Funktionen hervorheben. Eine harmonische Funktion kann zufolge der Mittelwertseigenschaft an keiner Stelle einen Wert annehmen, der durchweg größer oder durchweg kleiner ist als alle Werte in der Umgebung. Betrachten wir eine harmonische Funktion in einem endlichen Gebiet, in einem endlichen Stück der Ebene, so kann also das absolute Maximum und Minimum ihrer Werte nur am Rande angenommen werden. Das ist das sog. Prinzip des Maximums.

Die Mittelwertseigenschaft einer harmonischen Funktion hat nur für innere Punkte eines Gebietes einen klaren Sinn. Am Rande wird sie nichtsagend. Es entsteht naturgemäß das fundamentale Problem, eine stetige harmonische Funktion U zu bestimmen, welche am Rande eines Gebietes willkürlich vorgegebene Werte annimmt. Das ist das berühmte DIRICHLETSche Problem oder die erste Randwertaufgabe der Potentialtheorie, die für die Analysis seit hundert Jahren eine so wichtige Rolle gespielt hat und weiter spielt. Die einfachste Wertverteilung am Rande erhält man, indem man durchweg als Randwert die Null vorschreibt. Dieses Problem möchte ich als *homogene DIRICHLETSche Problem* bezeichnen. Seine Lösung ist nach dem Prinzip des Maximums sofort gefunden: U muß im ganzen Gebiete überall verschwinden. Diese Tatsache garantiert bekanntlich die *Eindeutigkeit* der Lösung des DIRICHLETSchen Problems für endliche Gebiete auch bei beliebiger Wertverteilung am Rande. Denn die Differenz zweier am Rande übereinstimmender Lösungen würde, als Lösung des homogenen Problems, im ganzen Gebiet verschwinden.

Das Prinzip des Maximums, das uns so leicht die Lösung des homogenen DIRICHLETSchen Problems lieferte, gilt nur für endliche Gebiete. Habe ich ein unendliches Gebiet, z. B. einen Parallelstreifen (Fig. 3), so gibt es harmonische Funktionen, die

am Rande des Streifens verschwinden, ohne überall gleich Null zu sein. Die nicht verschwindenden Lösungen des homogenen DIRICHLETSchen Problems wachsen *alle* in diesem Fall im Innern des Streifens gegen das Unendliche außerordentlich rasch (exponentiell) über alle Schranken an. Interessiert man sich nur für Lösungen, die überall im Streifen beschränkt sind, so bleibt also, wie im klassischen Fall des endlichen Gebietes, nur die Lösung: U identisch gleich Null übrig. Diese überaus wichtige Tatsache wurde vor etwa 20 Jahren durch zwei skandinavische Forscher PHRAGMÉN und LINDELÖF entdeckt, und bildet einen Ersatz für das klassische Prinzip des Maximums¹. PHRAGMÉN und LINDELÖF haben ihre mannigfachen Resultate, welche allgemeines Aufsehen und Interesse erregten, und deren Methoden bis heute durch zahlreiche Mathematiker weiter ausgebildet werden, bei der Beschäftigung mit den funktionentheoretischen Methoden der analytischen Zahlentheorie gefunden, einem Gebiet, das scheinbar nichts mit unserem Thema zu tun hat. Für die eigentliche Potentialtheorie war die Lösung des homogenen DIRICHLETSchen Problems für unendliche Gebiete, die sich bei PHRAGMÉN und LINDELÖF nebenbei ergibt, zunächst von untergeordneter Bedeutung.

Die Potentialtheorie beschäftigte sich vorwiegend mit dem Verhalten harmonischer Funktionen in endlichen Gebieten, wobei sie neben dem DIRICHLETSchen Problem noch weitere für die mathematische Physik wichtige Randwertaufgaben untersuchte. Besonders zu erwähnen ist das NEUMANNsche Problem in der Hydrodynamik und das FOURIERSche Problem in der Theorie der Wärmeleitung. Ich formuliere zunächst die zugehörigen homogenen Probleme. Das NEUMANNsche (homogene) Problem lautet: Es sind zu bestimmen harmonische Funktionen U , deren normale Ableitung am Rande eines Gebietes, d. h. die Änderung von U in Richtung senkrecht zum Rande gleich Null ist.

Das FOURIERSche (homogene) Problem lautet wie folgt:

Die normale Ableitung von U soll am Rande proportional der Funktion sein.

In Formeln lauten diese Randbedingungen:

$$\frac{dU}{dn} = 0 \quad (\text{NEUMANNsche Bedingung}),$$

$$\frac{dU}{dn} - kU = 0 \quad (\text{FOURIERSche Bedingung}),$$

wobei k der Proportionalitätsfaktor ist und n die äußere Normale bezeichnet. Das allgemeine (inhomogene) NEUMANNsche bzw. FOURIERSche Problem entsteht, indem man in diesen Randbedingungen die Null auf der rechten Seite beider Gleichungen durch eine willkürlich vorgegebene Funktion ersetzt. Die Lösung der zwei homogenen Randwertaufgaben lautet für endliche Gebiete überaus einfach: $U = \text{const.}$ für das NEUMANNsche,

¹ PHRAGMÉN und LINDELÖF, Sur une extension d'un principe classique de l'analyse usw. Acta mathematica 31 (1908).

$U = 0$ für das FOURIERSche Problem. Diese Resultate haben, wie im Falle des DIRICHLETSchen Problems, die Bedeutung von *Eindeutigkeits-* oder *Unitätssätzen*; darüber hinaus scheinen sie nicht von Interesse zu sein.

Es ist an dieser Stelle ausdrücklich auf die Tatsache hinzuweisen, daß der Faktor k in der FOURIERSchen Bedingung *negativ* ist; ein Umstand, der für die Theorie der Wärmeleitung, insbesondere für die Gültigkeit des Unitätssatzes, durchaus wesentlich ist. Die durch die Aufzählung der potentialtheoretischen Probleme naheliegende Frage, nämlich das dem FOURIERSchen formal gleichberechtigte Problem mit einem positiven Faktor k , wurde in der klassischen Theorie so gut wie nicht behandelt. Die HILBERTSche Theorie der Integralgleichungen erlaubt hier (bei der Beschränkung auf endliche Gebiete) einige allgemeine Aussagen zu machen, jedoch lag zunächst kein Problemkreis vor, der zur Präzisierung der Fragestellung führen konnte. Erst durch die neuere Entwicklung der Hydrodynamik, insbesondere durch die weitere Ausbildung der Methoden von LEVI-CIVITA, ist die Bedeutung und das Interesse dieses neuen Randwertproblems hervorgetreten. Ich habe deswegen kürzlich in einer Note vorgeschlagen, dieses Randwertproblem, d. h. die Aufgabe, eine harmonische Funktion U aus den Randbedingungen

$$\frac{dU}{dn} - kU = \text{gegebene Funktion,}$$

$$\text{bzw. } \frac{dU}{dn} - kU = 0$$

zu bestimmen, wobei k als *positiv* vorausgesetzt wird, nach LEVI-CIVITA zu benennen. Hiermit komme ich auf das Problem der Wellenbewegung zurück, und werde versuchen, zu zeigen, wie es uns auf die LEVI-CIVITASche Aufgabe führt. Hierbei wird sich zugleich ein bemerkenswertes potentialtheoretisches Gegenstück zum PHRAGMÉN-LINDELÖFSchen Ideenkreis ergeben¹.

Wenn man von Wellen spricht, so denkt man unwillkürlich an eine periodische Bewegung. Doch zeigt es sich bald, daß die Periodizität keineswegs für unser Phänomen das Charakteristische ist. Um so mehr wird man die geniale Intuition LEONARDOS bewundern, der als erster das Wesentliche darin erfaßt hat. LEONARDO sagt: „L'impeto è molto piu veloce che l'acqua, poichè molte sono le volte che l'onda fugge il luogo della sua creazione e l'acqua non si muove dal sito.“

Etwas frei interpretiert lautet diese Erklärung folgendermaßen: Der Zustand bei einer permanenten Welle pflanzt sich mit konstanter Geschwindigkeit

¹ Zur Orientierung des Lesers sei bemerkt, daß unser Problem in den Arbeiten von LEVI-CIVITA nicht explizite ausgesprochen wird. Erst unsere Formulierung deckt die bemerkenswerte formale Analogie auf zwischen den Problemen der Hydrodynamik und denen der Theorie der Wärmeleitung. Sie erlaubt zugleich den Anschluß potentialtheoretischer Fragestellungen an den PHRAGMÉN-LINDELÖFSchen Ideenkreis.

keit unverändert fort; die Wasserteilchen führen dabei Bewegungen aus, deren Geschwindigkeit klein ist gegenüber der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Zustands.

In dieser Erklärung ist von Periodizität, wie man sieht, nicht die Rede. Allerdings hat man zunächst durch Jahrhunderte hindurch nur periodische Wellen beobachtet. Erst vor etwa 90 Jahren bemerkte der englische Physiker SCOTT RUSSELL zufällig bei einem Spaziergang eine eigenartige Erscheinung, eine Welle in einem Kanal, die aus einer einzigen Erhebung bestand, welche sich ohne Veränderung der Form mit konstanter Geschwindigkeit fortbewegte. Diese sog. Einzelwelle wird heutzutage regelmäßig als Vorlesungsversuch vorgeführt (Fig. 2).

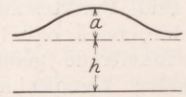


Fig. 2. Die Einzelwelle.

Die theoretische Hydrodynamik war nun vor die Aufgabe gestellt, die Existenz sowohl der periodischen als auch der Einzelwellen, insbesondere ihre Fortpflanzungsgesetze aus den mechanischen Prämissen herzuleiten. An der Ausführung dieses Programms haben vor allen die englischen Forscher AIRY, STOKES und Lord RAYLEIGH gearbeitet und haben höchst bemerkenswerte Resultate erreicht. So hat AIRY seine berühmte, allerdings nur in erster Approximation richtige Formel

$$\frac{gh}{c^2} = \alpha \frac{e^\alpha + e^{-\alpha}}{e^\alpha - e^{-\alpha}}$$

(wobei α eine Abkürzung für $\frac{2\pi h}{\lambda}$ ist) gefunden, eine Beziehung zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit c , der Wellenlänge λ und der Tiefe h des Kanals (g ist die Schwerebeschleunigung), welche besagt, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer periodischen Welle mit der Wellenlänge zunimmt, dabei aber stets unter dem Wert \sqrt{gh} bleibt.

Für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Einzelwelle hat Lord RAYLEIGH durch einen kühnen, wenn auch mathematisch nicht einwandfreien Kunstgriff, die experimentell bestätigte Formel

$$c^2 = g(h + a)$$

gefunden, wobei a die maximale Höhe der Welle über dem mittleren Niveau des Wassers bedeutet. Doch ist auch dieses Resultat (das auch BOUSSINESQ erhalten hat) nur als eine Approximation anzusehen.

Den ersten entscheidenden Schritt in der Theorie der Wasserwellen, die Erbringung des Existenzbeweises für den Fall *periodischer* Wellen endlicher Höhe hat erst vor etwa vier Jahren LEVI-CIVITA getan¹. Das neue der Methode von LEVI-CIVITA war die prinzipielle Heranziehung der mächtigen

¹ Détermination rigoureuse des ondes permanentes d'ampleur finie. Mathematische Ann. 93 (1925). LEVI-CIVITA betrachtet die Wellenausbreitung in einem Kanal von unendlicher Tiefe. Der Fall endlicher Tiefe ist mathematisch nur unwesentlich davon verschieden und wurde von D. J. STRUIK (Mathem. Ann. 95 [1926]) behandelt.

Hilfsmittel der Funktionstheorie und der konformen Abbildung.

Das Wellenphänomen ist für einen mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit c mitbewegten Beobachter ein stationärer Vorgang. Das bedeutet insbesondere, daß das Potential nur von dem Ort, und nicht von der Zeit abhängt. Die Funktionstheorie lehrt, daß man in jedem Punkt unseres vertikalen Kanalschnittes neben dem Potential noch eine weitere dem Potential, wie man sagt, konjugierte harmonische Funktion, die sog. Strömungsfunktion, einführen kann. Diese Strömungsfunktion ist durch das Potential im wesentlichen eindeutig bestimmt und hat auf jeder Stromlinie, insbesondere auf dem Wellenprofil, einen konstanten Wert. Faßt man die Werte des Potentials und der Strömungsfunktion als Koordinaten eines (Bild-)Punktes auf, so entsteht (in einer Hilfsebene) eine, nach der Lehre der konformen Abbildung winkeltreue geographische Karte unseres vertikalen Kanalschnittes. Das unregelmäßige, von einem zunächst unbekanntem Wellenprofil begrenzte Stromgebiet, erscheint im Bilde als ein Parallelstreifen, dessen Breite gleich 1 gesetzt werden darf (Fig. 3). Wir operieren jetzt in dieser

Bild des Wellenprofils

Bild des Kanalbodens

Fig. 3. Der Parallelstreifen.

geographischen Karte, die uns zur Fixierung des Ortes der Wasserteilchen dient. Als unbekannte Größe wird zweckmäßig der Winkel ϑ gewählt, den die Geschwindigkeit eines Teilchen mit der Längsrichtung des Kanals bildet. Die Kenntnis dieses Winkels als Funktion des Ortes in der geographischen Karte, d. h. als Funktion des Potentials und der Strömungsfunktion, genügt, um den tatsächlichen Ort und die Geschwindigkeit der Wasserteilchen zu ermitteln, d. h. um das Wellenproblem zu lösen. Dieser Winkel ϑ ist eine harmonische Funktion des Ortes im Streifen. An seinem unteren Rande, der dem Kanalboden entspricht, ist ϑ offenbar gleich Null. Das Energieprinzip liefert für ϑ eine weitere Relation, die auf dem oberen Rand des Streifens (dem Bild des Wellenprofils) gültig ist. So sehen wir, wie die LEVI-CIVITASche Methode das Problem der Wellenbewegung zu einem Randwertproblem für harmonische Funktionen macht. Die Bedingung für ϑ auf dem oberen Rande des Streifens ist allerdings sehr kompliziert und soll nur der Vollständigkeit halber explizite angeführt werden. Sie lautet:

$$\frac{d\vartheta}{dn} = p e^{-3\tau} \sin \vartheta,$$

wobei τ die zu ϑ konjugierte Funktion bedeutet, die also durch ϑ prinzipiell bestimmt ist; p ist eine Abkürzung für $\frac{gh}{c^2}$ und ist, wie die Fortpflanzungsgeschwindigkeit c selber, eine a priori unbestimmte positive Konstante.

Die Kompliziertheit unseres Randwertproblems legt den Gedanken nahe, es nach der Methode der

sukzessiven Annäherung auf eine Kette einfacherer Probleme zurückzuführen, deren Lösungen sich immer mehr der Lösung des ursprünglichen Problems nähert. Ersetzt man in der obigen Randbedingung die Exponentialfunktion durch die Zahl 1, den $\sin \vartheta$ durch ϑ selbst, so erhält man, indem man die erste Näherung für ϑ mit U bezeichnet, die Bedingung, daß

$$\frac{dU}{dn} - kU = 0$$

auf dem oberen Rand des Streifens sein soll. Da die unbekannte Konstante k als Näherungswert für p positiv ist, haben wir in unserer Terminologie für U die (homogene) Bedingung von LEVI-CIVITA vor uns. (Am unteren Streifenrand gilt nach wie vor die Bedingung $U = 0$.) Wir suchen harmonische Funktionen U , die diese homogenen Randbedingungen erfüllen, ohne dabei überall im Streifen gleich Null zu sein. (Zu beachten ist ein interessanter, durch den physikalischen Charakter des Problems bedingter Gegensatz zur Fragestellung der Theorie der Wärmeleitung: Dort interessierte uns die Tatsache, daß es keine nichtverschwindenden Lösungen des FOURIERSchen homogenen Problems geben kann¹.)

Bei der Ermittlung der Funktion U stellt sich nun ein bedeutsamer Unterschied zwischen dem Fall der periodischen und dem der Einzelwelle ein. Im periodischen Fall genügt es, die Untersuchung auf einen Periodenstreifen, d. h. auf ein endliches Gebiet zu beschränken. Im Falle der Einzelwelle hat man dagegen ein homogenes Randwertproblem im ganzen unendlichen Parallelstreifen vor sich. Damit erhalten wir ein potentialtheoretisches Gegenstück zu dem funktionentheoretischen Problemkreis von PHRAGMÉN und LINDELÖF. Die funktionentheoretischen Methoden, welche dort zur Bestimmung der harmonischen Funktionen U im Falle der speziellen DIRICHLETSchen Randbedingung $U = 0$ genügen, erweisen sich bei allgemeineren Randbedingungen, insbesondere in unserem Falle, als unzureichend. Die Unkenntnis aller Lösungen dieses Problems hat längere Zeit einen Fortschritt in der Theorie der Einzelwelle verhindert.

Erst vor kurzem ist es gelungen, die Frage zu klären. Die sämtlichen Lösungen unseres Problems für die Funktion U zerfallen in drei wesentlich verschiedene Klassen²:

1. Die triviale Lösung: $U = 0$ überall im Streifen.
2. Lösungen, die im Innern des Streifens überaus rasch (exponentiell) über alle Grenzen anwachsen. Hinzu kommt für $k > 1$:

¹ Es sei jedoch an dieser Stelle erwähnt, daß unser homogenes Problem überraschenderweise in einem anderen Kapitel der modernen Hydrodynamik, in der Theorie des freien Strahles auftritt, wobei die Fragestellung dort sich mit derjenigen FOURIERS deckt. Vgl. A. WEINSTEIN, Ein hydrodynamischer Unitätssatz. Mathem. Z. 19 (1924).

² A. WEINSTEIN, Rendiconti della R. Accademia dei Lincei 1927, S. 259, und C. R. Acad. Sc. Paris 184, 497.

3. Eine rein *periodische* Lösung U , deren Periode durch die Konstante k eindeutig bestimmt ist.

(Ich erinnere daran, daß man bei der DIRICHLETschen Bedingung $U = 0$ nur Lösungen der ersten oder zweiten Klasse hat. Dieser PHRAGMÉN-LINDELÖFSchen Alternative steht in unserem Fall eine Dreiteilung gegenüber.)

Die einzigen überall endlichen, nicht trivialen Lösungen unseres Problems sind rein periodisch. (Sie sind übrigens mit den AIRYSchen einfachen Wellen identisch.) Daher eignet sich das ursprüngliche LEVI-CIVITASche Verfahren nur für periodische Wellen, wo es auch zum vollen Erfolg führt. Die weiteren Näherungslösungen, die wir ebenfalls mit U bezeichnen wollen, in diesem Falle genügen auf dem oberen Rand des Streifens einer Bedingung von der Gestalt

$$\frac{dU}{dn} - kU = \text{gegebene Funktion}$$

(wo k jetzt eine gegebene *positive* Konstante ist) und lassen sich leicht bestimmen. Wir können zusammenfassend sagen: Das ursprüngliche, sehr komplizierte Wellenproblem läßt sich im Falle periodischer Wellen auf eine Kette von LEVI-CIVITASchen Problemen (welche bis auf das erste nicht homogen sind) zurückführen. Das Verfahren konvergiert

sehr rasch und zeigt die Überlegenheit der funktionentheoretischen Methoden.

Die Theorie der Einzelwelle ist von anderer Natur und erfordert zu ihrer Bearbeitung eines anderen Verfahrens. Doch zeigten sich auch hier die Vorzüge der funktionentheoretischen Methode. Es ist tatsächlich vor kurzem gelungen, einen Algorithmus aufzustellen, welcher erlaubt, die wesentlichen Eigenschaften der Einzelwelle mathematisch weiter zu verfolgen und u. a. das RAYLEIGHsche Resultat über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu verschärfen¹. Die vollständige Lösung des Problems steht noch aus; doch ist zu hoffen, daß die verfeinerten Hilfsmittel der modernen Mathematik erlauben werden, auch hier das Ziel zu erreichen.

So sehen wir, daß heute, wie zur Zeit LEONARDOS, ganz einfache Erscheinungen der Außenwelt, zu deren Feststellung es keiner geschulten Experimentatoren bedarf, uns auf mathematische Probleme führen, welche den Erfindungen scharfsinniger spekulativer Köpfe an Interesse nicht nachstehen.

¹ A. WEINSTEIN, Sur la vitesse de propagation de l'onde solitaire. Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, Roma 1926. Vgl. auch die Verhandlungen des zweiten Internationalen Kongresses für Technische Mechanik. Zürich 1926.

Wärmeausgleich in Krystallen im Lichte der Quantenmechanik.

Von TH. V. KÁRMÁN, zur Zeit auf dem pazifischen Ozean.

Die Theorie der spezifischen Wärme von Krystallen ist durch Anwendung der PLANCKschen Quantenstatistik zu einem befriedigenden Abschluß gebracht worden. Man erhält ein mit der Erfahrung gut übereinstimmendes Ergebnis, wenn man das Krystallgitter als ein System linearer Oszillatoren betrachtet und die Energieverteilung zwischen diesen nach den Regeln der Quantenstatistik vornimmt. Die Abweichungen, die zwischen Theorie und Experiment noch vorhanden sind, kann man sicher unserer mangelhaften Kenntnis der Gitterkräfte zuschreiben. Dagegen begegnet man grundsätzlichen Schwierigkeiten, wenn man ein richtiges Bild von dem Wärmeausgleichsvorgang, von der Wärmeleitung, gewinnen will. DEBYE hat gefunden, daß ein System linearer Oszillatoren kein Phänomen aufweist, welches ein Analogon zur Wärmeleitung bietet: einem solchen System muß man vielmehr unendlich große Wärmeleitung zuschreiben. Um einen Ausweg zu finden, hat DEBYE die Abweichungen im Verlauf des für die Wechselwirkung der Gitterpunkte geltenden Kraftgesetzes von der Linearität herangezogen und eine mittlere Weglänge der wärmetragenden elastischen Wellen und daraus die Wärmeleitungskonstante errechnet. Er hat zwar in dieser Weise für hohe Temperaturen das empirisch gefundene Gesetz: Wärmeleitung umgekehrt proportional der Temperatur abgeleitet, aber die so abgeleitete Wärmeleitungskonstante ist — entsprechend der gemachten Annahmen — nicht durch die Kom-

pressibilität, sondern durch höhere Ableitungen des Kraftgesetzes bedingt. Es erscheint indessen unwahrscheinlich — wie es auch von SCHRÖDINGER bereits im Jahre 1914 bemerkt wurde — daß eine so grundlegende Eigenschaft der Körper, wie die Wärmeleitung, von den Feinheiten des Kraftverlaufs bei größeren Deformationen abhängen soll, um so mehr, als die Meßergebnisse zeigen, daß die Wärmeleitungskonstante bei ähnlich gebauten Krystallen annähernd der Schmelztemperatur proportional ist; diese hängt aber zweifellos mit der Kompressibilität zusammen. Ferner gelangt man, wenn man versucht, die DEBYESche Theorie auf niedrigere Temperaturen zu übertragen, zu Ergebnissen, die der Erfahrung widersprechen.

Es scheint mir, daß die neue Quantenmechanik einen Weg zeigt, um dieser Schwierigkeiten Herr zu werden und die Erscheinung der Wärmeleitung besser zu erfassen.

Ich betrachte das einfachste Modell: zwei Massenpunkte mit der Masse m , zwischen denen eine elastische Kraft wirkt. Die potentielle Energie des Systems sei

$$U = \frac{1}{2} \alpha (x_1^2 + x_2^2 - 2x_1x_2)$$

wobei x_1 und x_2 die Verschiebungen der Atome aus der Gleichgewichtslage bezeichnen. Ich beschränke mich auf Bewegung an einer geraden Linie. Wenn man zunächst das Glied $-2x_1x_2$ streicht, so bedeutet dies, daß beide Massenpunkte

unabhängig voneinander schwingen können; wir haben dann zwei lineare Oscillatoren ohne gegenseitige Koppelung und wir können für beide die SCHRÖDINGERSCHEN Eigenfunktionen anschreiben, die den möglichen Energiewerten

(in diesem Falle den Werten $\left[\frac{1}{2} + n\right] h\nu$, n ganzzahlig)

entsprechen. Physikalisch ist das System so zu beschreiben: wir berücksichtigen wohl die gegenseitige Anziehung und Abstoßung der Punkte, betrachten aber die Schwingungen des Atoms 1, als wenn 2 in Ruhe wäre und vice-versa. Wir fassen nun — um einen Schritt weiter zu gehen — den Einfluß der Verschiebungen des Atoms 2 auf die Bewegung von 1 als Störung auf und führen das Glied $-\alpha x_1 x_2$ als Störungsglied neben dem Hauptglied

$$U_0 = \frac{1}{2} \alpha (x_1^2 + x_2^2)$$

in die SCHRÖDINGERSCHE Gleichung

$$\frac{4\pi m i}{h} \frac{\partial \psi}{\partial t} = \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_2^2} \right) - \frac{8\pi^2 m}{h} (U_0 - \alpha x_1 x_2) \quad (1)$$

ein. Wir können dann die Änderung des Bewegungszustandes für den Moment der Einführung der Störung ausrechnen und gelangen zu dem Ergebnis, daß ein Energieübergang zwischen 1 und 2 nur dann stattfindet, wenn der Energieinhalt der beiden Partikeln sich gerade um eine Einheit $h\nu$ unterscheidet, d. h. wir finden die Regel wieder, die man z. B. mit Hilfe des Korrespondenzprinzips für den Energieübergang im BOHRSCHEM Atom erhalten hat.

Wir können das Ergebnis in folgender Weise illustrieren. Man denke sich die Quantenzahlen der beiden Oscillatoren als Abscissen und Ordinaten zu einem rechtwinkligen System aufgetragen; die Punkte $n n'$ bilden dann ein quadratisches Netz, jeder Punkt des Netzes stellt einen möglichen Zustand dar; ein Energieübergang findet indessen nur in den Zuständen statt, denen Punkte entsprechen, die benachbart zu der Geraden $n = n'$ an beiden Seiten derselben liegen.

Hierdurch ist der Vorgang des Energieüberganges der Berechnung zugänglich gemacht. Die SCHRÖDINGERSCHE Gleichung liefert den Energiestrom, wenn ein bestimmter dieser Zustände vorhanden ist; die PLANCKSCHE Statistik liefert die Wahrscheinlichkeit dafür, daß das System in einem Zustand sich befindet, in welchem Übergang stattfinden kann, und zwar in Abhängigkeit von der Temperatur. Denken wir uns die beiden Punkte, die in Wirklichkeit selbst Gitterteile darstellen, verschieden temperiert, so ist die Wahrscheinlichkeit des Überganges von 1 zu 2 verschieden von der des Überganges von 2 zu 1 und wir erhalten einen Wärmestrom in der Richtung abfallender Temperatur.

Mit Hilfe dieser Überlegung und Benutzung der Gleichung (1) — allerdings in einer etwas

roh approximierender Weise — erhalten wir für den Energiestrom den Ausdruck

$$E = \frac{\alpha h \sum_n \{ \Pi_1(n) \Pi_2(n-1) - \Pi_1(n-1) \Pi_2(n) \} n^2}{m \sum_n \sum_{n'} \Pi_1(n) \Pi_2(n')} \quad (2)$$

wobei $\Pi_1(n)$ und $\Pi_2(n)$ die Wahrscheinlichkeit dafür bezeichnen, daß der Oscillator 1 bzw. 2 in dem n -ten Quantenzustand sich befindet. Das Produkt $\Pi_1(n) \Pi_2(n-1)$ liefert somit die Wahrscheinlichkeit für einen Zustand, in welchem Übergang von 1 zu 2 stattfinden kann und der Gesamtausdruck liefert die mathematische Hoffnung für den mittleren Wärmestrom in der Richtung $1 \rightarrow 2$.

Nun ist nach der PLANCKSCHEM Statistik

$$\Pi(n) = \text{prop. } e^{-\frac{h\nu}{kT}}$$

oder wenn wir $\theta = \frac{h\nu}{k}$, die sog. charakteristische Temperatur einführen

$$\Pi(n) = \text{prop. } e^{-\frac{\theta}{T}}$$

so daß wir erhalten

$$E = \frac{\alpha h \sum_n \left\{ e^{-\frac{\theta}{T_1}} e^{-\frac{\theta}{T_2}(n-1)} - e^{-\frac{\theta}{T_1}(n-1)} e^{-\frac{\theta}{T_2} n} \right\} n^2}{m \sum_n \sum_{n'} e^{-\frac{\theta}{T_1} n} e^{-\frac{\theta}{T_2} n'}} \quad (3)$$

Für kleine Temperaturdifferenzen $T_1 - T_2$ erhält man durch leichte Zwischenrechnung $\left(T = \frac{T_1 + T_2}{2} \right)$

$$E = \frac{\alpha h}{2m} \left(\cotg \frac{\theta}{T} \right) \frac{1}{1 + \cos \frac{\theta}{T}} \frac{\theta}{T^2} (T_1 - T_2) \quad (4)$$

Für hohe Temperaturwerte T folgt aus (4)

$$E = \frac{\alpha h}{4m} \frac{T_1 - T_2}{T} \quad (5)$$

Der Wärmeübergang ist daher für hohe Temperaturen proportional dem reziproken Wert der absoluten Temperatur, der thermische Widerstand proportional der Temperatur selbst. Die Wärmeübertragung hat laut Formel (4) für den einfachen Oscillator bei einem bestimmten Wert der Temperatur (in der Größenordnung von θ) einen Höchstwert und fällt bei niedrigen Temperaturen zu Null.

Nun besteht aber der Krystall aus einem System von Oscillatoren mit verschiedenen Frequenzen zwischen Null und einer Grenzfrequenz. Man kann jedoch dieselbe Betrachtung, die wir für zwei Oscillatoren durchgeführt haben, auch für zwei Systeme, z. B. für zwei lineare Punktreihen, durchführen. Es seien die Hauptkoordinaten des Systems I $q_1 q_2 \dots q_n$, des Systems II $q'_1 q'_2 \dots q'_n$. Wir vernachlässigen zunächst die Terme mit $q_i q'_k$ in dem Energieausdruck, d. h. wir betrachten die Schwingungen von I bei Festhaltung der Punkte des Systems II und umgekehrt. Alsdann führen

wir die Wechselwirkung der Schwingungen als Störung ein. Durch dieses Verfahren gelangt man zu einer Berechnung des Wärmeüberganges zwischen zwei verschiedenen temperierten Systemen, die für hohe Temperaturen dasselbe Resultat liefert, wie die Berechnung für 2 Einzeloscillatoren, aber für niedrige Temperaturen statt Null einen endlichen verhältnismäßig hohen Grenzwert für die Wärmeleitungszahl ergibt.

Leider ist das Versuchsmaterial, welches man hauptsächlich Herrn EUCKEN verdankt, sehr spärlich, insbesondere für niedrige Temperaturen; man weiß aber, daß Diamant, dessen charakteristische Temperatur bei 2000° C liegt, so daß für diesen Stoff normale Temperaturen als sehr niedrige anzusehen sind, zwischen 0° und 300° abs. Temperatur eine von der Temperatur praktisch unabhängige Wärmeleitfähigkeit besitzt und wenn man

die Versuchsergebnisse für Steinsalz, Sylvin, Quarz und Diamant als Funktion von T/θ aufträgt, so sieht man, daß die Wärmeleitfähigkeiten dieser Stoffe sich sinngemäß nach einem universellen Gesetz einordnen.

Ich hoffe, daß ich die Zeit haben werde, den hier skizzierten Gedanken näher auszuführen. Es wäre wichtig, mehr experimentelles Material zu besitzen, um sicher entscheiden zu können, ob die hier dargelegte Auffassung den Schlüssel zum Verständnis der Wärmeleitung liefert, oder jene DEBYES, die — wenigstens für hohe Temperaturen — durchaus innerhalb der klassischen Thermodynamik und Mechanik bleibt, während, wie die Formel (5) zeigt, unsere Ableitung auch für hohe Temperaturen die Konstante h enthält — ein Zeichen dafür, daß der Vorgang einen grundsätzlich quantenmechanischen Charakter hat.

Zuschriften.

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

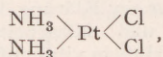
Für die *Zuschriften* hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Über die Stabilität räumlicher Atomkonfigurationen.

L. PAULING hat kürzlich durch ein einfaches wellenmechanisches Näherungsverfahren Ionenradien berechnet. Indem man nach dem Vorschlag von J. A. WASASTJERNA für die Zentralatome die positiven, für die umgebenden die negativen Ionenradien einsetzt, erhält man, mit der Bedingung vom Anionenkontakt die V. M. GOLDSCHMIDTSchen¹ kristallochemischen Gesetze als geometrische Gesetze dichtester Kugelpackungen. Ich konnte nun zeigen², daß man auf gleiche Weise auch den Bau einzelner gasförmiger und gelöster Moleküle voraussagen kann.

Viele Unregelmäßigkeiten und besonders die Diagonalanalogien im periodischen System werden verständlich. So ist z. B. aus den Ionenradien zu erwarten, daß SnF₄ pyramidal gebaut ist und ein Dipolmoment besitzt, demzufolge im Gegensatz zum flüssigen SnCl₄ fest ist, was mit der Erfahrung übereinstimmt. BF₃ ist eben gebaut und leicht flüchtig, desgleichen BCl im Gegensatz zu den salzartigen Fluoriden und Chloriden der 3. Vertikalreihe.

Die Konfiguration der WERNERSchen Komplexsalze ergibt sich auch in besonderen Fällen, wie beim



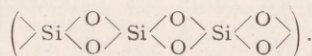
ohne neue Annahmen.

Die Ionenradien stellen bekanntlich Gleichgewichtslagen von verbundenen und nichtverbundenen Atomen dar; eine starke Verschiebung der Abstände verursacht eine Verminderung der Bindungsenergie: zwischen 4 O-Atomen ist für C zuviel „Platz“ vorhanden, im

¹ V. M. GOLDSCHMIDT, Ber. dtsch. chem. Ges. 60, 1263 (1927).

² P. GOLDFINGER, Versuch zur Verallgemeinerung der Stereochemie, Promotionsarbeit, Zürich, Februar 1929, dort auch ausführliche Literaturhinweise.

Gegensatz zum Si; demzufolge ist CO₂ viel leichter flüchtig als Kieselsäure



HNO₃ bildet keine wohldefinierten Hydrate im Gegensatz zur Phosphorsäure, die infolge ihrer Struktur sich auch zu Pyrophosphorsäure dimerisieren kann, aber auch als Metaphosphorsäure in polymerer Form vorkommt. Im gleichen Zusammenhang ist auch klar, daß S, Se, Te, im Gegensatz zur 6-Wertigkeit gegen F, gegen Cl nur 4wertig sind.

Mit zunehmender Zahl der umgebenden Atome nimmt nämlich der Raum zu, der für das Zentralatom auf Grund der Gesetze der dichtesten Kugelpackungen¹ übrigbleibt.

Auf Grund dieser Gesetze wurden in der 2. Kolonne der folgenden Tabelle die Radien der Zentralatome berechnet; in der 3. Kolonne stehen die PAULINGSchen Werte, die in ausgezeichneter Übereinstimmung mit der Erfahrung die Stabilität der Halogen-oxo-säuren ergeben:

R	(ber. nach GOLDSCHMIDT)	R	(ber. nach PAULING)
0,2	FO ₃ '	0,07	unbekannt
	ClO ₃ '	0,26	stabil, kleines Dipolmoment
	BrO ₃ '	0,39	zu erwarten
	JO ₃ '	0,50	pyramidal, Dipolassoziiert.
0,29	FO ₄ '	0,07	unbekannt
	ClO ₄ '	0,26	stabil
	BrO ₄ '	0,39	paßt weder auf Tetraeder n. Quadrataeder
	JO ₄ '	0,50	eben, bildet oktaedrisches JO ₆ '
0,53			für Tetraeder
			für eben Tetragonal

Zürich, Eidgen. techn. Hochschule, Labor. f. allg. u. anal. Chemie, den 10. März 1929.

PAUL GOLDFINGER.

Eine Verallgemeinerung der Stereochemie.

Es ist bemerkenswert, daß nur wenige von den mit der Strukturtheorie im Einklang stehenden denkbaren räumlichen Atomkonfigurationen und auch von ihrer durch Symmetriebedingungen eingeschränkten Zahl sich experimentell realisieren lassen. Trotz einiger Ausnahmen entspricht ihre Zahl im wesentlichen der VAN T' HOFF-LE BELSchen Lehre.

Wie bei kristallisierten und gasförmigen (gelösten) anorganischen Molekülen¹, kann man nun auch die Gesetze der Stereochemie ohne Annahme gerichteter Kräfte durch geometrische Konstruktion dichtester Kugelpackungen² erhalten, so daß die bekannten Experimentaltatsachen eindeutig und richtig wiedergegeben werden.

3 Substituenten sollen ein C-Atom eben umgeben, 4 Substituenten tetraedrisch. Das positive C-Ion ist nämlich kleiner als 0,2, alle Anionen aber größer als 1,2 Å und auf Grund der Radienquotientenbedingungen für Kugelpackungen entspricht dies ebener resp. tetraedrischer Struktur. Dagegen ist S (= 0,3), Se (= 0,4), Te (= 0,8) so groß, daß die dichteste Kugelpackung in organischen Verbindungen (bei 3 Substituenten) eine 3seitige, beim Te (4 Substituenten) eine 4seitige Pyramide mit S, Se, Te an der Spitze ist: Konfigurationen, die die bekannten Isomeriefälle am einfachsten erklären. Auch die sterische Hinderung und Enantiomorphie o-substituierter Diphenyl-derivate folgt aus der Auffassung der Moleküle als dichteste Kugelpackungen.²

Die genauere Kritik des Experimentalmaterials wird zeigen, ob und wann die geometrisch betrachteten Atom- oder Ionenradien von den von L. PAULING, V. M. GOLDSCHMIDT und W. L. BRAGG angegebenen Werten abweichen; es ist wohl zu erwarten, daß die richtigen Werte etwas kleiner als die negativen (für die umgebenden) und etwas größer als die positiven Ionenradien (für die Zentralatome) sein könnten.

Die vorliegenden Überlegungen wurden im Anschluß an eine experimentelle Untersuchung in der Diphenylreihe³ gemacht. Ich möchte auch an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. KUHN, für zahlreiche Anregungen, Hinweise und Besprechungen meinen Dank aussprechen.

Zürich, Eidgen. Techn. Hochschule, Labor. f. allg. u. anal. Chemie, den 10. März 1929.

PAUL GOLDFINGER.

Über die Invarianz der Naturgesetze.

Die allgemeine Relativitätstheorie stellt die Forderung auf, daß die Gleichungen, welche zur mathematischen Formulierung der Naturgesetze dienen, gegenüber Koordinatentransformationen kovariant sein sollen. Dieses Prinzip scheint aber nur eine beschränkte Gültigkeit zu haben.

Im Gebiete der makroskopischen Physik ist die Forderung der Invarianz durchaus berechtigt, denn der Einfluß des Experiments auf das beobachtete Objekt kann immer als genügend klein gedacht werden und die Resultate der Messung müssen von dem Bezugssystem des Beobachters unabhängig sein.

¹ Vgl. vorhergehende Notiz.

² Anmerkung bei der Korrektur: Nicht erklärt werden die von W. SCHLENK und E. BERGMANN (Liebigs Ann. 463, 1 u. 127, 1928) kürzlich beschriebenen Isomeren; vgl. jedoch J. MEISENHEIMER und W. THEILACKER (Liebigs Ann. 469, 26, 1929) sowie H. MEERWEIN und A. MIGGE, B. 62, 1046 (1929).

³ Erscheint demnächst in Liebigs Ann.

Anders in der Quantenphysik. Die Quantenmechanik beschreibt nicht das „wirkliche“ Geschehen, sondern die möglichen Messungsergebnisse, und nach den Ideen von HEISENBERG (Ungenauigkeitsrelation) kann der Einfluß des Beobachters auf das beobachtete Objekt nicht beliebig herabgedrückt werden. Es besteht also die volle Möglichkeit, daß die quantenmechanischen Operatoren vom Bezugssystem des Beobachters abhängen und nicht invariant oder kovariant sind. Kurz gesprochen: *Das einzige vollberechtigte Bezugssystem in der Quantenmechanik ist das System des Beobachters.*

Diese Bemerkung hat einen allgemeinen Charakter. Speziell dürfte sie bei der relativistischen Formulierung des Mehrkörperproblems von Nutzen sein. In diesem Problem müssen danach nur die unmittelbar aus der klassischen Theorie übernommenen Größen (z. B. das Viererpotential des äußeren Feldes), nicht aber die die Wechselwirkung zwischen den betrachteten Körpern beschreibenden quantenmechanischen Operatoren, vierdimensionale Kovarianten sein. Auch nichtinvariante Größen, wie die Zeit t und der Abstand z zwischen den Körpern, dürfen in den Gleichungen vorkommen; darunter sind die in dem Bezugssystem des Beobachters gemessenen Größen zu verstehen.

Leningrad, Physikalisches Institut der Universität, den 29. März 1929.

V. FOCK.

Der isoelektrische Punkt des Koproporphyrins und seine physiologische Bedeutung.

Die Eigenschaft der Porphyrine, sowohl in Säuren wie in Basen löslich zu sein, ist längst bekannt, ebenso wie die Tatsache, daß dabei typische Absorptions- und Emissionsspektren (letztere bei der Bestrahlung im kurzwelligen Licht) auftreten, die man als „saure“ bzw. „alkalische“ Porphyrinspektren zu bezeichnen pflegt. Verfasser hat nun von dem in der Hefe vorkommenden Koproporphyrin (K.) den isoelektrischen Punkt nach verschiedenen Methoden bestimmt, der bei ca. p_H 4 liegt und bei dem das K. eine Reihe kritischer Eigenschaften aufweist. Außer dem Minimum der Löslichkeit und Maximum der Flockbarkeit und Adsorbierbarkeit ist vor allem das interessante optische Verhalten hervorzuheben. Eine isoelektrische K.-Lösung zeigt im kurzwelligen Licht betrachtet ein Minimum der Lichtemission und das auftretende Fluoreszenzspektrum nimmt eine Zwitterstellung zwischen dem sauren und alkalischen Spektraltyp ein. Ähnliches gilt für die Absorptionsspektren. Mit der sukzessiven Entfernung aus der isoelektrischen Zone entwickeln sich nach der einen Seite die Spektren vom sauren, nach der andern Seite die Spektren vom alkalischen Typus. Sehr fruchtbar erwies sich die elektrochemische Betrachtungsweise des K. als Ampholyt zur Klärung der Vorgänge bei der von H. FISCHER und Mitarbeitern¹ beobachteten K.-Synthese durch Hefe in vitaminfreier, zuckerhaltiger Nährlösung. H. FISCHER und KÖNIGSDÖRFFER² haben zuerst die Fluoreszenz (Flu.) von Koprohefezellen im Flu.-Mikroskop beobachtet und R. M. MAYER² hat unter anderem festgestellt, daß die fluoreszierenden (flu.) Koprozellen im Verlauf der Koprokultur immer erst am Ende der Gärung auftraten, um bei der Überimpfung der Hefe in neue Gärflüssigkeit zu verschwinden, wobei K. in Lösung ging. Außerdem stimmte die Zahl der flu. Zellen und der toten Zellen meistens über-

¹ Vgl. Chem. Ber. 60, 2611 (1927). (Zusammenf. Vortrag.)

² Z. f. physiol. Chem. 177, 47; 179, 114 (1928).

ein. Eine befriedigende Erklärung für diese Erscheinung konnte bisher nicht gegeben werden.

Durch unsere Versuche konnte bewiesen werden, daß Koprohefe 70–80% des gesamten K. in lockerer adsorptiver Bindung enthält und daß dasselbe ohne jede Schädigung der Hefe eluiert werden kann, wobei die Flu. verschwindet. Kommt also Koprohefe in die neutrale bis schwach alkalische Nährlösung, so wirkt dieselbe als Eluens, K. geht in Lösung und die Zellflu. verschwindet. Im Verlauf der Gärung in Zuckerlösung fällt nun das p_H bis zum isoelektrischen Punkt des K., wobei dieses an die Hefe adsorbiert wird. Auch dieser letztere Vorgang konnte außerhalb der Koprokultur ausgeführt werden. Selbst in Verdünnungen von 1 : 10⁷ läßt sich K. an Hefe adsorbieren, wenn man dafür sorgt, daß das Milieu, in dem das K. zuerst gelöst war, auf p_H 4 gebracht wird. Dabei nehmen die toten und geschwächten Zellen so gut wie quantitativ den Farbstoff auf unter Bildung von rotflu. Zellen. Lebende Hefezellen adsorbieren K. weniger vollständig, es kommt aber nicht zur Bildung von rotflu. Zellen. Während das K. in die toten Zellen eindringt, wird es von den lebenden Zellen nur oberflächlich adsorbiert. Damit ist für das Auftreten und Verschwinden von fluoreszierenden Koprozellen die richtige Erklärung gefunden. Ein eingehender Bericht über eine fast 1 Jahr lang fortgesetzte Untersuchung über Koprohefe und den isoelektrischen Punkt von K. befindet sich a. a. O. im Druck.

München, Wissenschaftliche Station für Brauerei,
den 6. April 1929. HERMANN FINK.

Niederschlag und Oberflächenspannung.

Die Veröffentlichung einer ausführlichen Arbeit von H. L. LUCE¹ über den Einfluß von Flächenkrümmung auf chemische Reaktionen veranlaßt uns zu einer vorläufigen Mitteilung über ähnliche Versuche, die im hiesigen Institut in den letzten beiden Jahren unter Leitung von Herrn Professor GERLACH ausgeführt wurden.

Stellt man aus Molekülstrahlen² einen Jodniederschlag her, so wird dieser nur unter den Bedingungen homogen, daß die Auffangplatte frei von adsorbierten Gasen und unregelmäßigen Oberflächenspannungen ist. Wird dagegen die Platte oberflächlich geätzt, aufgeraut oder örtlich in irgendeiner Weise beansprucht, so bilden sich daselbst sofort Krystallkeime. Ferner konnte durch Auswägen der Niederschläge auf verschieden

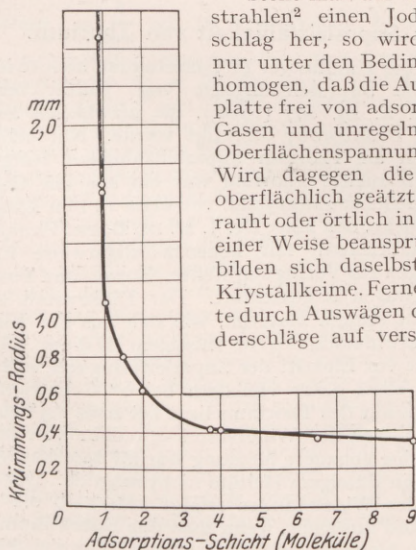


Fig. 1. Adsorbierte Molekülzahl als Funktion des Krümmungsradius des Adsorbers.

¹ LUCE, Ann. Phys. 1929, 165–257.

² DUNOYER, C. R. 152, 592–594 (1911).

gekrümmten Glas- und Silberflächen ein enger Zusammenhang zwischen Krümmungsradius und Niederschlagsdicke festgestellt werden. Die Arbeiten von REBOUL¹ und LUCE über chemische Reaktion an Silberstäbchen zeigen einen ähnlichen Zusammenhang. Auch uns scheint die Ansicht LUCES berechtigt, daß es sich beim Niederschlag um einen Adsorptions- und Diffusionsvorgang handelt. Es wurden Adsorptionsschichten ausgewogen, wobei sich zeigte, daß die von LANGMUIR² vermutete Monomolekularschicht nur an Ebenen und schwach gekrümmten Flächen besteht. Hat der Krümmungsradius den Wert von weniger als 0,4 mm, so erhält man eine Schicht von mehreren Molekülen (Fig. 1). Welchen Einfluß die Oberflächenkrümmung und Gitterorientierung auf den Diffusionsvorgang hat, wird zur Zeit noch an Silbereinkristallen untersucht.

Tübingen, Physikalisches Institut, den 9. April 1929.
J. WULFF.

Das Hg II-Spektrum im Ultrarot.

Das erste Funkenspektrum des Quecksilbers wurde im Gebiete von 6000–10600 Å. mit einem Plangitterspektrographen photographiert zu dem Zweck, das Spektrum zu analysieren. Inzwischen erschien die Arbeit von PASCHEN³, wo das Spektrum zum größten Teil analysiert wurde. Meine Messungen bestätigen die Zuordnung von PASCHEN und ferner sind eine Anzahl neue Linien gefunden, die in der folgenden Tabelle gegeben sind.

Als Lichtquelle diente eine stark kondensierte Entladung durch reinen Quecksilberdampf in einer Entladungsröhre ähnlich der von STILES⁴ benutzten, die aber von Pyrexglas verfertigt war. Bei Variation der Temperatur der Röhre wurde es möglich, zwischen dem ersten und zweiten Funkenspektrum zu unterscheiden, indem die Resultate von L. und E. BLOCH⁵ zugrunde gelegt wurden. Für die Aufnahmen wurden teils Kryptocyanin teils Neocyaninplatten benutzt, und die Linien wurden gegen Eisenlinien gemessen, mit Ausnahme der Linien mit einer Wellenlänge größer als 9000 Å., wo Ba-Linien als Vergleichslinien dienten. Die Genauigkeit ist für $\lambda < 8600$ Å., ca. 0,2 Å und für $\lambda > 8600$ Å. ca. 0,5 bis 1,0 Å., weil in diesem Gebiete eine Spaltbreite von 0,10 bis 0,15 mm benutzt wurde, wegen der relativ kleinen Empfindlichkeit der Platten für diese Wellenlängen. Ein Teil der gemessenen Linien ist auch von PASCHEN gefunden, wird aber dennoch in der Tabelle angegeben, weil die Intensitäten wegen der verschiedenen Anregungsbedingungen oft sehr abweichend sind.

Man sieht, daß die von PASCHEN vorausgesagten Linie *D₂–2 P₂ gefunden ist. Wenn PASCHEN die Wellenlänge 9975,0 Å. angibt, muß es ein Druckfehler sein. Das starke Dublett 4 F–5 G gibt eine bessere Berechnung des Termes

$$5 G = 17627 n^* = 4,99020$$

Man mußte erwarten, daß hier auch die G-Terme doppelt sind; wegen der großen Unsicherheit der Wellenlängen 4 F–5 G konnte die Aufspaltung aber nicht nachgewiesen werden.

¹ REBOUL, C. R. 155, 1227 (1912); 156, 1376 (1913).

² LANGMUIR, Z. Elektrochem. 26, 197 (1920).

³ PASCHEN, Sitzgsber. preuß. Akad. Wiss., Physik.-math. Kl. 32 (1929).

⁴ STILES, Astrophys. J. 30, 48 (1909).

⁵ L. und E. BLOCH, J. de Physic. 1923, 333.

J	λ_{Luft}	V_{vac}	Komb.	$V_{\text{ber.}}$	PASCHEN	J
3	10590	9441	2 P ₂ - 3 S	9446		
1	10565	9463				
0	9972	10025				
4	9946,0	10051	*D ₂ - 2 P ₂	10056		
6d	9760,2	10243	4 F ₃ - 5 G	10244		
6	9639,0	10372	Y - 2 S	10372		
6d	9520,3	10501	4 F ₄ - 5 G	10501		
3	9241,6	10819				
2	9021,0	11082				
2	8975,1	11139				
2	8967,9	11148				
6	8571,8	11663				
10	8548,2	11695	C - 5 G	11693		
5d	8406,2	11892	4 P ₂ - 6 D ₃	11900		
6	8177,6	12225	X - 3 S	12227		
20	7944,6	12584	2 S - 3 P ₁	12584	7944,66	8
3d	7882,0	12684	4 P ₁ - 6 D ₃	12685		
2	7822,5	12780				
1	7783,4	12844				
10	7621,0	13118	3 P ₁ - 3 S	13118	7621,3	0
5d	7505,4	13214	4 D ₃ - 6 F ₄	13215	7504,4	1
3d	7555,9	13231	5 G - 10 H	13228		
3d	7538,1	13262				
10	7486,1	13354	3 P ₂ - 4 D ₂	13354	7485,87	0
3d	7475,3	13374				
3d	7428,7	13458				
8	7417,8	13477	2 S - X	13475	7418,1	6
3d	7412,8	13487	4 D ₂ - 6 F ₃	13488	7412,5	0
4	7401,9	13506				
8	7395,5	13518	5 F ₃ - 10 G?	13530	7390	0
20	7346,3	13608	2 P ₂ - 4 D ₂	13608	7346,37	4
4	7342,8	13615	5 F ₄ - 10 G?	13613	7344,16	0,5
2	7334,1	13631				
5	7325,3	13648				
6	7110,8	14063	3 S - 5 P ₁	14051		
4d	7006,9	14268				
4	6938,1	14409	3 S - 5 P ₂	14413	6936,2	0
4	6715,2	14887				
3	6689,6	14945				
1d	6675,5	14976	4 P ₁ - 6 S	14973		
1	6646,1	15042				
4	6638,7	15059				
3	6594,1	15161				
2	6566,5	15225				
3	6553,3	15255				
8	6521,1	15330	Y - 3 S	15330	6521,13	2
2	6501,5	15377			6501,47	0
1	6440,4	15523				
2d	6425,1	15564				
5d	6394,7	15633	4 F ₃ - 6 G	15633,4	6394,94	4
2d	6367,5	15700				
6	6361,8	15714	4 P ₁ - 7 D ₂	15718	6360	0
5	6314,3	15833				
6d	6291,1	15890	4 F ₄ - 6 G	15890,4	6291,26	6
6	6242,5	16015				
1	6240,3	16021				
3	6196,3	16134	X - 4 D ₂	16135		
3	6194,2	16140				
5	6186,4	16160				
2	6182,1	16171				
5	6158,3	16234				
20	6149,2	16258	2 S - 3 P ₁	16256	6149,50	20
10	6146,2	16266			6146,93	3
1	6116,6	16344	4 P ₂ - 7 S?	16355	6114	0
5	6100,5	16388	X - 4 D ₃	16389	6100,0	0
5	6089,8	16416				
3	6029,9	16584				
2d	6026,0	16590				
6	6017,2	16614				

Außer den Hg-II-Linien wurde ein Hundert neue Linien beobachtet, die vom Hg-III- und Hg-IV-Spektrum herrühren.

Kopenhagen, Institut für theoretische Physik der Universität, den 12. April 1929. EBBE RASMUSSEN.

Über das Bandenspektrum des Heliums.

Im Bandenspektrum des Heliums konnten eine Reihe bisher nicht geordneter Banden analysiert werden. Es sind dies im Triplettssystem die Banden $4^3y \rightarrow 2^3p$ ($o \rightarrow o$) bei $\lambda = 443 \text{ m}\mu$, $4^3x \rightarrow 2^3p$ ($i \rightarrow i$) bei $\lambda = 446 \text{ m}\mu$ und $4^3p \rightarrow 2^3s$ ($i \rightarrow o$) bei $\lambda = 347 \text{ m}\mu$ und im Singulettssystem die Banden $3^1(x) \rightarrow 2^1p$ ($i \rightarrow i$) bei $\lambda = 629 \text{ m}\mu$, $3^1d \rightarrow 2^1p$ ($i \rightarrow i$) bei $\lambda = 613 \text{ m}\mu$

und $5^1z \rightarrow 2^1p$ ($o \rightarrow o$) bei $\lambda = 418 \text{ m}\mu$. Die von WEIZEL und FÜCHTBAUER (Z. Physik 44, H. 6/7, 431 ff. [1927]) angegebenen 4 Banden $5^3p \rightarrow 2^3s$ ($o \rightarrow i$) bei $\lambda = 356 \text{ m}\mu$, $5^3p \rightarrow 2^3s$ ($i \rightarrow i$) bei $\lambda = 337 \text{ m}\mu$, $6^3p \rightarrow 2^3s$ ($i \rightarrow i$) bei $\lambda = 323 \text{ m}\mu$, und $7^3p \rightarrow 2^3s$ ($i \rightarrow i$) bei $\lambda = 313 \text{ m}\mu$ wurden mit größerer Dispersion nachgemessenen und konnten verbessert werden. Mit Hilfe dieser Banden konnten die Terme 4^3y ($n = 0$), 4^3x ($n = 1$) im Triplettssystem, und die Terme $3^1(x)$ ($n = 1$), 3^1d ($n = 1$) und 5^1z ($n = 0$) im Singulettssystem ermittelt und ihre Rotationsstruktur untersucht werden. Ferner wurden die Werte der Terme 5^3p ($n = 1$), 6^3p ($n = 1$) und 7^3p ($n = 1$) zum Teil sehr verbessert.

Die Untersuchung der (x) -Terme an den fünf nunmehr vorhandenen Termen, $3^1(x)$ ($n = 0$), $3^3(x)$ ($n = 0$), $4^3(x)$ ($n = 0$), $3^1(x)$ ($n = 1$), $3^3(x)$ ($n = 1$) beweist erneut die Zusammengehörigkeit der Terme x und y als Feinstrukturkomponenten eines einzigen Elektronenterms.

Die Schwingungsquanten des Triplettsystems wurden genauer berechnet und mit Hilfe der neuen Banden vervollständigt. Man erhält folgende Werte:

	2p	3p	4p	5p	6p	7p
0	1697,70	1651,20	1637,50	1632,60	1630,20	1629,22
4						
0,5	3z	4z	$3(x)$	$4(x)$		
	1549	1594	1569,20	1600	cm^{-1}	

Die neu ermittelten Werte für 5 p, 6 p, 7 p und $4(x)$ lassen deutlich erkennen, daß sich die Schwingungsquanten aller Triplettzustände für hohe Hauptquantenzahlen einem Grenzwert zwischen 1625 und 1630 cm^{-1} nähern, was durch die Deutung der Terme als Terme eines Leuchtelektrons gefordert wird (s. W. WEIZEL, Z. Physik 54 [1929]). Eine ausführliche Arbeit wird demnächst in der Zeitschrift für Physik erscheinen.

Rostock, Physikalisches Institut, den 17. April 1929.

WALTER WEIZEL. ERICH PESTEL.

Supraleitfähigkeit von Thorium.

Auf der Hamburger Physikertagung konnte ich u. a. über die Supraleitfähigkeit von Tantal berichten (Physik. Z. 29, 897 [1928]), die inzwischen an einer zweiten Drahtprobe bestätigt wurde. Nunmehr habe ich auch an Thorium Supraleitfähigkeit festgestellt. Das untersuchte Thorium war ein aus der Gasphase abgeschiedener Einkrystall von etwa 12 mm Länge und 3 mm Dicke, den Herr Dr. J. H. DE BOER (Philips Glühlampenfabriken) mir liebenswürdigerweise für die Messungen zur Verfügung stellte. Strom- und Potentialdrähte waren angeklemt. Der Einkrystall besteht aus recht reinem Material, wie sich aus der Kleinheit des Restwiderstandes in flüssigem Helium schließen läßt, der vor Eintritt der Supraleitfähigkeit vorhanden ist und etwa 0,017 von dem bei 0°C beträgt. Der Sprungpunkt des Thoriums liegt bei etwa $1,4^\circ \text{abs}$. Bei $1,3^\circ \text{abs}$ war der Widerstand $< 0,0001$ von dem bei 0°C . Eine genauere Messung war an dem kurzen Einkrystall in flüssigem Helium nicht möglich. Der rasche Abfall des Widerstandes erfolgt innerhalb $0,2^\circ$.

Es sind nunmehr, wenn man das Eutektikum Gold-Wismut hinzunimmt, über dessen Supraleitfähigkeit Prof. W. J. DE HAAS kürzlich berichtete (diese Z. 17, 85 [1929]) 8 Supraleiter mit folgenden Sprungpunkten bekannt:

Pb	$7^\circ,3$	Ta	$4^\circ,5$	Hg	$4^\circ,2$	Sn	$3^\circ,7$	In	$3^\circ,4$	Tl	$2^\circ,5$
		Au-Bi	$2^\circ,15$	Th	$1^\circ,4$						

Thorium ist also von den bisher bekannten Supraleitern derjenige mit tiefstem Sprungpunkt. Er liegt nahe an der tiefsten Temperatur $1,2^\circ$, bis zu der herab die Widerstandsmessungen bisher ausgeführt wurden. Deshalb erscheint es wohl möglich, daß unter den schon untersuchten Metallen — im Kältelaboratorium der Reichsanstalt wurden von mir, teilweise zusammen mit Herrn Dr. VOIGT, schon über 40 Metalle, viele in mehreren Exemplaren, geprüft — noch Supraleiter vorhanden sind, deren Sprungpunkt tiefer als die tiefste bis jetzt erreichte Meßtemperatur liegt. An sich war anzunehmen, daß der Eintritt der Supraleitfähigkeit mit immer mehr abnehmender Temperatur immer unwahrscheinlicher wird, da alle statistischen Eigenschaften entsprechend dem NERNSTschen Wärmethorem in der Nähe des absoluten Nullpunktes konstant werden müssen. Nach dem Befund am Thorium scheint aber die Annäherung an den absoluten Nullpunkt bezüglich des elektrischen Widerstandes doch noch nicht weit genug zu sein, so daß Messungen in Temperaturen unter $1,2$ abs. nötig sein dürften.

Der Widerstand einer Siliciumprobe ging zwischen $4,2$ und $1,2^\circ$ auf den 4. Teil herunter, wonach es nicht ausgeschlossen erscheint, daß Silicium in noch tieferen Temperaturen auch supraleitend wird.

Bemerkenswert ist, daß alle bisher bekannten Supraleiter verhältnismäßig niedrige $\beta\nu$ -Werte (charakteristische Temperaturen nach DEBYE) haben. Doch ordnen sich die Sprungpunkte nicht nach der Höhe der $\beta\nu$ -Werte. Der Zusammenhang zwischen Sprungpunkt und anderen Eigenschaften (SIZOO zieht die magnetische Suszeptibilität heran) ist noch nicht geklärt.

Berlin - Charlottenburg, Physikalisch - Technische Reichsanstalt, den 19. April 1929. W. MEISSNER.

Beugung von Molekularstrahlen am Gitter einer Krystallspaltfläche.

Nach DE BROGLIE sollte ein Strahl von Molekülen Welleneigenschaften zeigen, wobei die zugehörige

Wellenlänge $\lambda = \frac{h}{mv}$ ist (h PLANCKSche Konstante,

m Masse, v Geschwindigkeit der Moleküle). Für He von Zimmertemperatur ist z. B. die „wahrscheinlichste“ Wellenlänge $0,57 \cdot 10^{-8}$ cm. Trifft ein Strahl von Molekülen auf die Spaltfläche eines Steinsalzkrystalls, so sollte diese wie ein ebenes Kreuzgitter wirken, und die Intensitätsverteilung der von der Spaltfläche ausgehenden Moleküle sollte die eines Kreuzgitterspektrums sein.

Herr KNAUER und ich haben kürzlich¹ über Versuche berichtet, bei denen die Reflexion von Molekularstrahlen aus Helium an Spaltflächen von NaCl-Krystallen untersucht wurde. Wir fanden dabei Erscheinungen, die deutlich auf Beugungseffekte hinwiesen, die wir jedoch im einzelnen nicht zu deuten wußten.

Der untersuchte Strahl hatte den Querschnitt eines schmalen Rechteckes, dessen eine Kante etwa 10mal so lang wie die andere war. Er fiel so auf die Spaltfläche auf, daß diese der langen Kante parallel war. Die Reflexion hing dann noch stark von der Krystallorientierung ab. Wir untersuchten zwei Lagen: 1. Würfelkante des Krystalls parallel zur Einfallsebene des Strahls, 2. Spaltfläche in ihrer Ebene um 45°

gegen Lage 1 gedreht. Bei gleichem Einfallswinkel war die Intensität des gespiegelten Strahls für beide Lagen verschieden.

In Fortsetzung dieser Versuche habe ich die Apparatur so umgebaut, daß die Spaltfläche während des Versuches beliebig in ihrer Ebene (also bei konstantem Einfallswinkel) gedreht werden konnte. Es ergab sich, daß die Reflexion in den beiden früher untersuchten Lagen am stärksten war. Bei einem Glanzwinkel von 10° war das Maximum bei Lage 1 ziemlich flach, dagegen bei Lage 2 sehr scharf, d. h. eine Drehung um $7^\circ - 8^\circ$ genügte, um die Intensität der Reflexion auf die Hälfte herabzudrücken. Dieses Verhalten legte die Deutung nahe, daß bei Lage 2 Beugungsmaxima mit in den Auffangspalt trafen, die in der Strahlebene, d. h. in Richtung der langen Kante des Strahlquerschnittes lagen. Aus den Apparatdimensionen ergab sich, daß Strahlen in dieser Richtung bis zu etwa 12° Winkelabstand vom gespiegelten Strahl noch in den Auffangspalt gelangen konnten. Die Rechnung ergab, daß die dem gespiegelten Strahl nächstgelegenen Beugungsmaxima tatsächlich innerhalb dieses Bereiches zu erwarten sind und nahezu in der Strahlebene liegen. Sie rühren von dem quadratischen Kreuzgitter her, das die Na⁺ (und ebenso die Cl⁻) auf der Spaltebene bilden. Bei Lage 2 liegt die eine Hauptachse dieses Gitters in der Einfallsebene, und 2 Maxima der Ordnung 01 sind etwa $8\frac{1}{2}^\circ$ vom gespiegelten Strahl entfernt und liegen nur etwa 1° außerhalb der Strahlebene. Bei einer Verdrehung des Krystalls rücken sie sehr rasch aus dieser Ebene heraus und verschwinden. Bei Lage 1 liegen die zu erwartenden Maxima sehr viel weiter vom gespiegelten Strahl ab und können nicht in den Aufnahmepalt gelangen. Zur weiteren Prüfung dieser Annahme, die auch die anderen von uns früher beobachteten merkwürdigen Erscheinungen größtenteils zu deuten erlaubt, wurde der Versuch bei einem Glanzwinkel von 20° wiederholt. In Übereinstimmung mit der Rechnung wurde das Maximum in der Intensität der Spiegelung bei Lage 2 viel flacher.

Um die vermuteten Maxima direkt zu beobachten, wurde jetzt der Strahl hochkant auf den Krystall geschickt, d. h. die schmale Seite des Strahlquerschnittes parallel zur Spaltfläche. Die Breite des Strahls in Richtung der erwarteten Beugungsmaxima betrug 2 bis 3° . Krystall Lage 2, Glanzwinkel etwa 12° . Jetzt wurden zu beiden Seiten des reflektierten Strahls 2 symmetrische Intensitätsmaxima gefunden, im Abstand $8-9^\circ$ vom gespiegelten Strahl. Die Maxima verschwanden bei Drehung der Krystallspaltfläche in ihrer Ebene. Bei Lage 1 waren, in Übereinstimmung mit der Rechnung, keinerlei Intensitätsmaxima bis zu 20° Abstand vom direkt reflektierten Strahl zu finden, doch hatte dieser selbst etwa die doppelte Intensität wie bei Lage 1. Strahlen von höherer bzw. tieferer Temperatur, d. h. kleinerer bzw. größerer Wellenlänge gaben Verschiebungen der Intensitätsmaxima nach dem reflektierten Strahl hin bzw. von ihm weg. Doch wurde der Betrag der Verschiebung, namentlich bei den höheren Temperaturen, zu klein gefunden, was möglicherweise an Mängeln der Versuchsanordnung liegt. Bei H₂ wurden ebenfalls schwächere aber noch deutlich beobachtbare Intensitätsmaxima gefunden, die bei Drehung des Krystalls in Lage 1 verschwanden.

Hamburg, den 20. April 1929. OTTO STERN.

¹ Z. Physik 53, 779 (1929).

Die Sonnenfinsternis-Expedition des Einstein-Turmes.

Die Sonnenfinsternis-Expedition des Einstein-Turmes sandte am 14. Mai via Transradio aus Takengon auf Sumatra folgendes Telegramm nach Potsdam: Astrograph 3 Platten je über 30 beste Sterne. Coelostat 4 Platten je über 10 gute Sterne. Hierbleibe mit beiden Instrumenten. Grotrian noch nicht entwickelt. KLÜBER.

Besprechungen.

EGGERT, J., Lehrbuch der Physikalischen Chemie in elementarer Darstellung. 2. verbesserte Aufl., gemeinsam bearbeitet mit Dr. LOTHAR HOCK. Leipzig: S. Hirzel 1929. XI, 552 u. 123 Abbild. Preis geh. RM 25.—, geb. RM 27.—.

„Die lebhafteste Nachfrage nach meinem Buch hat mir gezeigt, daß es seinen Platz gefunden und seinen Zweck anscheinend erfüllt hat, obwohl sich bei kritischer Beurteilung mancherlei Schwächen und Lücken offenbarten.“ So leitet der Verfasser das Vorwort zur zweiten, verbesserten Auflage seines nun gemeinsam mit LOTHAR HOCK, Gießen, überarbeiteten Lehrbuches ein.

Der Referent muß bekennen, daß er seinerzeit nach Durchsicht der ersten Auflage von den erwähnten Schwächen so beeindruckt war, daß er sich nicht entschließen konnte, das Buch seinen Schülern warm zu empfehlen. Im Lauf der letzten beiden Jahre mußte er aber bei den sehr zahlreichen Diplomprüfungen die überraschende Erfahrung machen, daß auffallend häufig diejenigen Studenten der Chemie und Hüttenkunde, die durch besonders gute Kenntnisse auffielen, zu ihrer Einarbeitung das EGGERTSche Lehrbuch benutzt hatten.

Es mußte demnach schon in seiner ersten Auflage Qualitäten besitzen, die dem kritisch eingestellten Fachkollegen zunächst weniger in die Augen sprangen als die tatsächlichen Fehler. Aufmerksam gemacht fällt es nicht schwer, diese guten Seiten aufzufinden. Die einleitenden Kapitel des Buches sind von allen Schwierigkeiten, die so leicht den Studenten abschrecken oder entmutigen, frei. Die anschauliche Art der Darstellung, die an der Hand von zahlreichen Beispielen den Jünger in das Gebiet einführt, ist speziell der Denkgewohnheit des Chemikers, Hüttenmannes, Biologen usw. angepaßt. Für die Schönheiten des strengen deduktiven Aufbaues, wie er in der theoretischen Physik gepflegt wird, hat der jene Zweige der Naturwissenschaften wählende Student von Haus aus kein richtiges Verständnis. Gelegentliche Unsauberkeiten in den Ableitungen stören ihn nicht, sein Interesse ist nur auf das theoretische Resultat eingestellt, soweit es ihm den Überblick über das ihn beschäftigende Tatsachenmaterial erleichtert.

Es wäre von diesem Gesichtspunkt aus zulässig, überhaupt in einem elementaren Lehrbuch der physikalischen Chemie auf exakte Herleitungen unter Hinweis auf andere Werke zu verzichten, die benutzten Gesetze nur im Resultat anzugeben und ihre Anwendung durch Beispiele zu erläutern.

Wenn Ableitungen gebracht werden, so sollten sie möglichst streng sein, weil sie nur so dem Nachdenkenden tatsächliche Befriedigung zu bieten vermögen. Die neue Auflage läßt die Bemühung erkennen, diesbezügliche Schwächen der ersten zu beheben. So ist z. B. die Behandlung der Gasgleichgewichte wesentlich verbessert worden. Leider erhebt sich die Darstellung aber nicht so weit, daß sie gewisse in der physikalisch-chemischen Literatur althergebrachte Inkorrektheiten z. B. bei der Anwendung der HELMHOLTZschen Gleichung vermeidet. Auf einige andere Mängel mag hier noch verwiesen werden. Die beschränkte

Gültigkeit des Gesetzes $\frac{\partial \lambda}{\partial T} = c_{p, \text{Gas}} - c_{p, \text{fl.}}$ hätte be-

merkt werden sollen. Bei der Behandlung der Quantentheorie der Molarwärmen werden Oszillator und Rotator nicht scharf genug auseinandergehalten. Auf S. 262 findet sich eine Kapitelüberschrift: „Folgerungen aus dem 1. Hauptsatz“, während der Abschnitt bereits wesentliche Anwendungen des 2. Hauptsatzes enthält, nämlich die Herleitung des Massenwirkungsgesetzes. Die verhältnismäßig breite Behandlung enuerer Arbeiten mag auch manchem, der die frühere Entwicklung noch lebendig in Gedanken und ihre Mühen mitgetragen hat, unberechtigt erscheinen. Die zurückliegenden

Errungenschaften der physikalischen Chemie erscheinen in dem Buch vielfach stark perspektivisch verkleinert. Der Student freut sich aber, über die Tagesfragen unterrichtet zu werden, sein Eifer zur Mitarbeit wird geweckt. Besonders lobend muß hervorgehoben werden, daß das Buch in keiner Weise einseitig ist, sondern aus allen Gebieten das Wesentliche in anregender Form mitteilt. So erfüllt es die vornehmste Aufgabe, die einem Lehrbuch genau wie dem Lehrer zufällt, es weckt Interesse und regt zu weiterer Beschäftigung mit den behandelten Gegenständen an. Der eingangs erwähnte Erfolg der ersten Auflage wird sich sicher bei der neuen, verbesserten Auflage in erhöhtem Maße bekunden.

M. VOLMER, Berlin.

LOCKYER, T. MARY, and WINIFRED L. LOCKYER, Life and Work of Sir Norman Lockyer. With the assistance of H. DINGLE and contributions by CHARLES E. ST. JOHN; MEGH NAD SAHA, F.R.S.; Sir NAPIER SHAW, F.R.S.; H. N. RUSSELL; The Rev. J. GRIFFITH; Sir RICHARD GREGORY and A. FOWLER, F.R.S. London: Macmillan and Co., Ltd., 1928. XII, 474 S. und 17 Tafeln. 15 × 23 cm. Preis 18 sh.

Das Buch besteht seinem Inhalt nach aus zwei Abteilungen. Der erste Teil enthält auf 226 Seiten die von MARY und WINIFRED LOCKYER in Gemeinschaft mit Prof. DINGLE geschriebene Biographie Sir NORMAN LOCKYERS. In sehr ausführlicher Weise wird das Leben und die wissenschaftliche Tätigkeit dieses englischen Astronomen geschildert. Die Darstellung ist für den deutschen Geschmack häufig etwas breit. Sir NORMAN LOCKYER war einer der ersten Astronomen, die in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts die Spektroskopie auf die Erforschung der Himmelskörper anwandten. LOCKYERS Arbeitsfeld war in der Hauptsache die Sonne, und hier hat er wertvolle Pionierarbeit geleistet. Besonders zwei Dinge sind es, die seinen Namen der Nachwelt für immer erhalten werden: Die Auffindung einer Methode zur Beobachtung der Protuberanzen unabhängig von totalen Sonnenfinsternissen und die Entdeckung der Linien des Heliums im Chromosphärenspektrum der Sonne.

LOCKYER hat auf vielen Gebieten der astronomischen und physikalischen Forschung anregend gewirkt.

Wenn die Hypothesen, die er auf Grund seiner astronomischen oder physikalischen Beobachtungen aufstellte, sich nicht durchsetzten, so lag das zum Teil daran, daß die Zeit für LOCKYERS Ideen noch nicht reif war. In manchen Punkten entsprechen seine Ansichten unserer heutigen Auffassung; andere, wesentliche Teile seiner Hypothesen werden von uns heute anders gedeutet, als LOCKYER es tat.

Der zweite Teil des Buches enthält eine ausführliche Darstellung der wichtigsten Entdeckungen und Theorien LOCKYERS in der Hauptsache aus der Feder von Prof. DINGLE. Um einen Vergleich der Ansichten LOCKYERS mit den heutigen Anschauungen zu geben, ist von namhaften Vertretern der einzelnen Gebiete der Stand der modernen Forschung in besonderen Aufsätzen behandelt. Als wichtigste dieser Beiträge seien folgende erwähnt: ST. JOHN gibt einen erschöpfenden Überblick über die moderne Sonnenforschung; M. SAHA behandelt im Anschluß an LOCKYERS Dissoziationstheorie die moderne Ionisationstheorie; Sir NAPIER SHAW berichtet über die Beziehung zwischen Sonnen-tätigkeit und meteorologischen Erscheinungen; im Anschluß an die von DINGLE dargestellte Entwicklung der Sterne nach der Meteoritentheorie LOCKYERS bespricht H. N. RUSSELL die Arbeiten LOCKYERS vom Standpunkt der heutigen Astronomie aus; Rev. J. GRIFFITH berichtet über die Feststellung des Alters ägyptischer Tempel und englischer Steinmonumente auf Grund astronomischer Betrachtungen.

LOCKYER war 50 Jahre Herausgeber der bekannten englischen, wissenschaftlichen Wochenschrift „Nature“, die er von ihrer Begründung im Jahre 1869 an leitete. Er starb im Jahre 1920.

Das Buch enthält außer mehreren Bildnissen von LOCKYER eine Anzahl Tafeln, die in der Hauptsache Ansichten von LOCKYERS Observatorien in South Kensington, Westgate und Sidmouth sowie Sonnen- und Sternspektren geben. OTTO KOHL, Berlin-Dahlem.

V. EULER, HANS, **Chemie der Enzyme**. Dritte, nach schwedischen Vorlesungen völlig umgearbeitete Auflage. II. Teil: Spezielle Chemie der Enzyme. 1. Abschnitt: Die hydrolysierenden Enzyme der Ester, Kohlehydrate und Glucoside, bearbeitet von HANS V. EULER, K. JOSEPHSON, K. MYRBACK und K. SJÖBERG. München: J. F. Bergmann 1928. VII, 473 S. und 65 Abb. 17 × 26 cm. Preis geb. RM 39.60.

Der vorliegende Band umfaßt einen wesentlichen Teil der Neuauflage des rühmlichst bekannten Lehrbuches über die Enzyme. Zu seiner Herausgabe hat sich der schwedische Forscher diesmal mit einer Anzahl seiner bedeutendsten Schüler zusammengetan. Angesichts des starken Anwachsens der Literatur und der zahlreichen wichtigen Fortschritte, die auf diesem Gebiet in letzter Zeit gemacht worden sind, hat das vorliegende Werk gegenüber der vorigen Auflage, die vor 6 Jahren erschien und auch in dieser Zeitschrift 1923, 997 ausführlich besprochen wurde, eine wesentliche Umarbeitung erfahren. Wenn sich auch prinzipiell an der Anlage des Werkes nichts geändert hat, so ist doch eine durchgreifende Änderung in der Reihenfolge und Einteilung der Kapitel nötig gewesen und dementsprechend eine beträchtliche Vergrößerung des Umfanges um fast die Hälfte der früheren Seitenzahl erfolgt. Während im ersten Band des Buches alles zusammengestellt worden ist, was bis jetzt an allgemeinen Gesetzen, Beziehungen und Regelmäßigkeiten in der Enzymchemie bekannt gewesen ist oder bei der Durcharbeitung gefunden werden konnte, hat der Verfasser im vorliegenden Bande alle Tatsachen gesammelt, welche dazu beitragen können, ein wichtiges und vollständiges Bild von den einzelnen Enzymen zu liefern. Zu diesem Zwecke wird bei jedem Enzym einleitend das Substrat und der chemische Vorgang bei seiner Ver-

wandlung behandelt. Über das Vorkommen der Enzyme werden nur insoweit Angaben gemacht, als solche für die Chemie der Enzyme von Wert sind, in erster Linie für die Wahl des Ausgangsmaterials bei der Darstellung von Enzympräparaten oder für das Verständnis der chemischen Aufgaben des Enzyms. Durchgehend wird versucht, wenigstens eine brauchbare Darstellungsmethode für jedes Enzym anzugeben. Unter den zahlreichen in der Literatur vorliegenden Versuchsreihen über die Dynamik der Enzymreaktionen sind ohne historische Rücksicht immer nur einige zuverlässige und besonders typische Messungen ausgewählt worden. Auch über den Einfluß der Temperatur findet man bei jedem Enzym eine Auswahl der genauesten Angaben. Ferner wird die Bedeutung der chemischen Aktivatoren und Paralytoren, der Salze und besonders der Acidität hervorgehoben. Schließlich sind bei jedem Enzym die wichtigsten Methoden zur Messung seiner Wirksamkeit zusammengestellt und besprochen.

Gegenüber der vorigen Auflage haben besonders die Kapitel über Lipasen und esterspaltende Enzyme, über Phosphatasen und Sulfatasen, über Glucosidasen, Amylasen, Cellulasen, über Hydrolasen der Pektinstoffe und viele andere sehr wesentliche Erweiterungen, Ergänzungen und Verbesserungen erfahren, wobei die neueren bedeutsamen Ergebnisse von Forschern wie L. MICHAELIS, WILLSTÄTTER, C. NEUBERG, H. PRINGSHEIM, KUHN u. a. weitgehend berücksichtigt und kritisch verarbeitet wurden. Überall ist die souveräne Beherrschung des Stoffes und die klare, übersichtliche und flüssige Darstellungsweise des Verfassers zu bewundern, und es gewährt einen besonderen Reiz, ihn über die wichtigen Erfolge seiner eigenen Schule berichten zu sehen, die auf diesen Gebieten vielfach führend und bahnbrechend gewesen ist und der wir in der Enzymchemie viele weittragenden Entdeckungen und Beobachtungen verdanken.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß das EULERSCHE Lehrbuch aus der Forscherwerkstatt heraus geboren, auch neben dem berühmten Kompendium C. OPPENHEIMERS seine sichere Stellung in der wissenschaftlichen Welt sich erobern und behaupten wird. Allen denen, die sich theoretisch oder praktisch mit den Enzymen beschäftigen, sei jedenfalls das treffliche Werk hiermit wärmstens empfohlen. FELIX EHRlich, Breslau.

Aus den Nachrichten der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen.

Mathematisch-physikalische Klasse 1928.

(Redaktion: HANS STILLE, Sekretär der Mathematisch-physikalischen Klasse.)

W. MEINARDUS, Über den Wasserhaushalt in der Antarktis, 2. Mitteilung. (Vorgelegt am 2. XII. 1927; verspätet gedruckt.) In der Eiszeit ist die Antarktis stärker vereist gewesen als heute, wie die Beobachtungen an verschiedenen Stellen des Südpolargebiets beweisen. Die damals vermehrte Eisausfuhr muß eine Steigerung der Wasserdampfeinfuhr durch die einströmende Luft gegenüber der Wasserdampfausfuhr durch die ausströmende Luft zur Voraussetzung gehabt haben, um innerhalb der Antarktis den Überschuß des Niederschlags über die Verdunstung, d. h. den Abfluß, zu vergrößern. Um den erforderlichen Wasserdampfschuß zu liefern, war eine verstärkte Luftzirkulation und ein gleichzeitig erhöhter Wassergehalt der Luft erforderlich. Beides weist auf eine Erwärmung der Antarktis hin. Denn nach den Beobachtungen stehen Windstärke, Wassergehalt und Temperatur in enger Beziehung. Es werden die verschiedenen Möglichkeiten der Kopplung von Luftaustausch, Wassergehalt der Luft, Niederschlag, Verdunstung und Abfluß diskutiert und schließlich bestimmte Beziehungen zwischen diesen Elementen für

die Eiszeit abgeleitet. Daß die allgemeine Luftzirkulation in höheren südlichen Breiten damals größer war als heute, kann als ein gesichertes Ergebnis der Untersuchung angesehen werden.

A. WINDAUS und A. BUTENANDT, Untersuchungen über das Rotenon, den physiologisch wirksamen Bestandteil der *Derris elliptica*. (Vorgelegt am 16. V. 1928.) Das aus der Wurzel von *Derris elliptica* isolierte Rotenon besitzt die Formel $C_{23}H_{22}O_6$; es wird der Versuch unternommen, die Konstitution dieses Giftstoffes klarzulegen.

O. MÜGGE, Über die Entstehung stengliger und faseriger Minerale und ihrer Aggregationsformen. (Vorgelegt am 22. VI. 1928.) Krystalle auch gut kristallisierender Substanzen erscheinen zuweilen in der Form von Stengeln oder feinen, meist annähernd parallel gerichteten Fasern (mit durchaus kristalliner Struktur). Diese Unterdrückung der regelmäßigen Krystallform ist meist die Folge eines Wachstums unter äußerem Zwang, z. B. bei mechanischer Hemmung desselben in langsam sich öffnenden feinen Klüften von Gesteinen, deren Wände dicht mit Kry-

stallkeinem besetzt sind; so namentlich auch in kristallinen Schiefen, bei denen so zugleich eine „Regelung“ der Gemengteile durch Auswahl jener Kristallkeime eintreten kann, die die günstigste Orientierung zu den Wänden jener Klüfte haben, die bei der Deformation der Gesteine entstehen. Beim Wachstum und Schmelzfluß kann die Schmelzpunktsisotherme die Rolle einer hemmenden Wand übernehmen, bei der Pseudomorphosierung von Porphyroblasten ebenso die Abdruckfläche im umgebenden Grundgewebe. Bei der kristallinen Umbildung von Gelen haben die Fasern meist die Richtung senkrecht zu ihrer Oberfläche, und entsprechend dem Wachstum der einzelnen Geltröpfchen und der Unregelmäßigkeit ihrer Oberfläche wird die Mannigfaltigkeit der Fasern und ihrer Anordnung eine größere. — Bei feinfaserigen Ausblühungen aus feinporigen Wänden, die im Gegensatz zu anderen Fasern nicht an ihrer Spitze, sondern am Grunde wachsen, sind meist durch glatte Kurven ihrer Längsschnitte ausgezeichnet, die meisten besonders leicht pseudomorphosierbar. — Die Chrysotile, bei denen die Feinheit der Fasern die aller vorgenannten um mehrere Größenordnungen übertrifft, sind wahrscheinlich nicht Produkte von kristallinem Wachstum, sondern von faserigem Zerfall stark gespannter kolloider Massen.

A. WINDAUS, Über die Formeln der Digitalisglykoside. III. Über Gitalin und einige andere Digitalisstoffe. (Vorgelegt am 20. VII. 1928.) Es wird nachgewiesen, daß die Formel $C_{17}H_{28}O_6$, die Cloetta dem Gitalin erteilt, unrichtig ist, und daß das Gitalin in seiner Zusammensetzung den anderen Digitalisglykosiden nahe verwandt ist.

A. SMAKULA, Göttingen, Zur Kenntnis des Absorptionsspektrums von Ergosterin in bestrahltem und unbestrahltem Zustand. (Vorgelegt von R. POHL am 20. VII. 1928.) Der photochemische Umsatz des Ergosterins im Lichte des Magnesiumfunken wird mit Bestrahlungsdauern von $2\frac{1}{2}$ Sekunden bis zu 3 Stunden verfolgt. Durch Differenzbildung wird das Absorptionsspektrum des ersten photochemischen Reaktionsproduktes angenähert ermittelt. Die führende Rolle des Sauerstoffs bei Untersuchung der photochemischen Einwirkung wird ausführlich diskutiert.

H. KIENLE, Göttingen, Über die Beobachtung der Sonne und ihrer Umgebung außerhalb totaler Sonnenfinsternisse. (Vorgelegt von M. BORN am 26. X. 1928.) Auf Grund eigener Versuche und Vergleiche mit anderen Erfahrungen wird gezeigt, daß es unmöglich ist, die Corona außerhalb einer Finsternis zu fotografieren. Ebenso erscheint es aussichtslos, die Lichtablenkung durch Photographie von Fixsternen in der Nähe der unverfinsterten Sonne nachzuprüfen. Dagegen lassen sich spektralphotometrische Untersuchungen der Chromosphäre wohl anstellen.

H. STILLE, Über europäisch-zentralasiatische Gebirgszusammenhänge. (Vorgelegt am 23. XI. 1928.) Die „Rheniden“, d. h. der gegen Norden gefaltete große Stamm des variskischen (jungpaläozoischen) Gebirgssystems Europas, findet in Zentralasien seine Fortsetzung in den „Alaiden“. Gegen die Alaiden, d. h. gegen Süden, ist die Faltung der „Tianschaniden“ gerichtet, die als Fortsetzung der „Uraliden“ aufzufassen sind. Dieses Gegeneinander der alten Faltungsrichtungen wird unter vergleichender Heranziehung der Verhältnisse Europas behandelt. Südlich der Alaiden herrscht im Transalai und Pamir junge Faltung in Fortsetzung der Faltung der europäischen Alpen. Bei der Darstellung des Verbindungsgebietes zwischen den Alpen und Pamiriden wird besonders auf die Auffassungen WILSERS über den Bau des Schwarzmeergebietes und des Kaukasus Bezug genommen.

R. HILSCH und R. W. POHL, Über den Durchgang von Kathodenstrahlen durch gitterförmige elektrische Felder. (Vorgelegt von R. POHL am 7. XII. 1928.) Es wird über Versuche berichtet, die Aufspaltung von Kathodenstrahlen an Kristallgittern modellmäßig mittels elektrisch geladener Drahtgitter nachzuahmen.

R. BRINKMANN, Göttingen, Gipfelflur und Lagerstättenstockwerke in den Alpen. (Vorgelegt von H. STILLE am 12. XII. 1928.) Die Erlagerstätten magmatischen Ursprungs lassen sich nach „Stockwerken“, d. h. nach Tiefenstufen ihrer Entstehungsverhältnisse, gliedern, und umgekehrt lassen sich aus der Art der heute in geringen Erdtiefen erscheinenden Lagerstätten gewisse Rückschlüsse auf die Hebungen machen, die sie nach ihrer Bildung erfahren haben. So benutzt auch Verfasser die Erzlagerstätten der Alpen, ihre Einteilung nach Entstehungsstockwerken zunächst noch weiter ausbauend, als Indikationen für das regional verschiedene Ausmaß der postoligozänen Hebungen innerhalb dieses Gebirges und findet dabei sehr bemerkenswerte Analogien zwischen der Art der Lagerstätten und der „Gipfelflur“ der Alpen, d. h. jener großwellig verbogenen Fläche, durch die wir uns die höchsten Gipfel des Gebirges verbunden denken.

A. WINDAUS und O. RYGH, Über die Ester des Ergosterins und ihr Verhalten bei der Ultraviolettbestrahlung. (Vorgelegt von A. WINDAUS am 21. XII. 1928.) Es wird gezeigt, daß die meisten Ester des Ergosterins nach der Bestrahlung antirachitisch unwirksam sind; die Verseifungsprodukte dieser bestrahlten Ester sind dagegen antirachitisch hoch wirksam.

J. FRANCK und H. SPONER, Beitrag zur Bestimmung der Dissoziationsarbeit von Molekülen aus Bandenspektren. (Vorgelegt von J. FRANCK am 21. XII. 1928.) Zur genaueren Bestimmung der Dissoziationsarbeit von Molekülen war bisher nur der Verlauf der Kantenserien der Absorptions- und Emissionsbandenspektren benutzt worden. In der Arbeit werden die Bedingungen angegeben, unter denen der Intensitätsderartige Bestimmung erlaubt. Als Beispiele werden Verlauf (Rotationsstruktur) in einer Einzelbande eine Emissionsspektren einiger Metallhydride näher diskutiert.

O. KUHN, Göttingen, Zur Entwicklungsphysiologie der Feder. (Vorgelegt von F. v. WETTSTEIN am 21. XII. 1928.) Die Konturfeder der Vögel ist das Produkt verschiedener Differenzierungsvorgänge, die in bestimmter Reihenfolge ablaufen. Wir unterscheiden drei Strukturtypen: Fahne, Dune, Seide. Ein Pigmentierungstyp kann sich auf die ganze Feder oder nur auf bestimmte Teile erstrecken. Treten mehrere Struktur- oder Pigmentierungstypen an einer Feder auf, so erfolgt an der Grenze ein „Differenzierungsumschlag“. Ein Strukturbildungsumschlag von einer höheren zu einer niedrigeren Struktur kann experimentell durch unzureichende Ernährung erzeugt werden. Der normale Strukturwechsel zwischen Fahnen- und Dunenteil der Feder ist jedoch streng an einen bestimmten Bildungsabschnitt des Federindividuums gebunden. Ebenso liegen die Verhältnisse bei dem Pigmentierungswechsel des Zeichnungsmusters gewisser Federn. Bei vielen Vögeln unterscheidet sich das jugendliche Federkleid vom erwachsenen oder das der männlichen Tiere von dem der weiblichen. In diesen Fällen des Alters- und des Saisondimorphismus ist der Eintritt in die Bildung eines zweiten Pigmentierungstyps zeitlich bestimmt und unabhängig von Federgeneration, Federindividuum und verbrauchter Pigmentquantität. Einzelnen Bezirken und einzelnen Follikeln gewisser Bezirke kommt bei diesen Vorgängen eine weitgehende Selbständigkeit zu.