

**Zeitschrift:** Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft =  
Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della  
Società Elvetica di Scienze Naturali

**Herausgeber:** Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 115 (1934)

**Rubrik:** Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten und Hauptvorträge

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

II. Teil  
Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten  
und  
Hauptvorträge

Vorträge  
gehalten in den Sektionssitzungen

---

II<sup>e</sup> Partie  
Discours d'introduction du Président annuel  
et  
Conférences principales

Communications  
faites aux séances de sections

---

II<sup>a</sup> Partita  
Discorso inaugurale del Presidente annuale  
e  
Conferenze principali

Comunicazioni  
fatte alle sedute delle sezioni



Leere Seite  
Blank page  
Page vide

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

# Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten der S.N.G.

zur 115. Jahresversammlung in Zürich

Von

Dr. PAUL KARRER  
Prof. a. d. Universität Zürich

Hochansehnliche Versammlung!

Im Namen der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, im Namen aller naturwissenschaftlich interessierter Kreise unseres Kantons und unserer Stadt, heisse ich Sie zur 115. Jahresversammlung bei uns herzlich willkommen. Wir freuen uns aufrichtig, dass Sie unserem Rufe zahlreich gefolgt sind und hoffen, dass auch die diesjährige Jahresversammlung, von hohem wissenschaftlichen Geiste getragen, allen Teilnehmern zu einem bleibenden Gewinn werde. Wir wünschen der Schweiz. Naturf. Gesellschaft und insbesondere ihren emsigen Sektionen bei der nunmehr beginnenden Arbeit reichen Erfolg.

Sie haben sich heute in einer unserer Schweizerstädte versammelt, in der, ausgehend von den beiden Hochschulen, seit langer Zeit ein reges wissenschaftliches Leben herrscht. Gestatten Sie mir, dass ich Ihnen zur Begrüssung einiges davon erzähle, und zwar aus der Lokalgeschichte meines eigenen Faches, der Chemie, so wie sie sich dem Betrachter zeigt, der innerhalb einer kurzen Stunde in Gedanken ein Jahrhundert zurückeilt.

In Zürich besitzt die chemische Forschung keine weit zurückreichende Tradition. Hier hat im Mittelalter kein PARACELsus gewirkt wie im benachbarten Basel; hier kennt man nicht, wie auf dem Hradschin im alten Prag, ein Goldmachergässchen, in welchem alchemistische Chemiker ihrem Handwerk oblagen und auf Befehl der Könige Gold darzustellen suchten. Die chemische Forschung in Zürich setzte schlagartig mit dem Jahr ein, als die Universität gegründet und der erste Lehrstuhl für Chemie geschaffen wurde; sie reicht also genau 100 Jahre zurück.

Der Mann, dem der Regierungsrat des Kantons Zürich den ersten Lehrstuhl für Chemie anvertraute, war KARL AUGUST LÖWIG. Anlässlich der Jahrhundertfeier der Universität hat ihm die Zürcher Chem. Gesellschaft letztes Jahr im Chemiegebäude eine Erinnerungstafel errichtet. LÖWIG kam aus Heidelberg, er war ein Schüler GMELINS. Es ist fast selbstverständlich, dass die Behörden damals nur im Ausland nach einem Chemiker Umschau halten konnten, denn in der Schweiz gab es noch keine eigentliche chemische Schule. Dass die Wahl eine glückliche gewesen, zeigte sich bald. LÖWIG war nicht nur ein guter Dozent, er betrieb auch mit grosser Energie die Gründung und den Ausbau eines brauchbaren Laboratoriums und führte in ihm zahlreiche experimentelle Untersuchungen aus, die für die damalige Zeit bemerkenswerte Leistungen darstellen. Er arbeitete über Schwefelverbindungen, natürliche Senföle und charakterisierte die Zellulose im Mantel der Tunicaten; gleichzeitig mit BALARD und unabhängig von ihm fand er das Element Brom, doch kam er mit der Veröffentlichung zu spät. Durch die Analyse der Mineralwasser von Seewen, Schinznach und Baden hat er sich auch um die einheimischen Bäder verdient gemacht. Für die Bedeutung LÖWIGS und für das Ansehen, das er bei seinen Zeitgenossen besass, spricht der Umstand, dass er nach zwanzigjähriger Tätigkeit in Zürich zum Nachfolger BUNSENS nach Breslau berufen wurde.

Sein Nachfolger war GEORG STÄDELER, ein Schüler WÖHLERS in Göttingen. Zwei Jahre nach seinem Einzug in Zürich übernahm er neben der Chemieprofessur an der Universität auch diejenige am neu gegründeten eidgenössischen Polytechnikum (1855). Und nun begann ein ungemein intensives wissenschaftlich chemisches Leben an den beiden Schwesteranstalten, das bis in unsere Tage nie eine Verlangsamung oder einen Unterbruch erfuhr. Namen, wie WISLICENUS, VICTOR MERZ, ALFRED WERNER, VICTOR MEYER, HANTZSCH, BAMBERGER, WILLSTÄTTER, STAUDINGER, R. KUHN, RUZICKA — um nur die Nachfolger STÄDELERS in den beiden Professuren für allgemeine Chemie zu nennen — haben in unserer Wissenschaft hervorragenden Klang und lassen Zürich als eines der Zentren chemischer Forschung im verflossenen Jahrhundert erscheinen.

Vergleicht man die Art und Weise, wie die beiden Zürcher Hochschulen ihre Professuren für allgemeine Chemie in den letzten

80 Jahren besetzten, so wird man gewahr, dass sie dabei verschiedene Methoden angewandt haben, etwas verschiedene Wege gegangen sind. An der Universität wechselte der Lehrstuhl nach STÄDELER bis heute nur viermal seinen Inhaber, an der jüngeren Schwesteranstalt, der Technischen Hochschule, achtmal. Der Grund dafür liegt gewiss nicht darin, dass die Alma mater Turicensis ihre Söhne weniger knapp hielt, als die eidgenössische Schwester die ihrigen, sondern das hängt damit zusammen, dass die Universität ohne Ausnahme Gelehrte auf diesen Lehrstuhl berief, die in Zürich selbst studiert hatten und die sich daher mit der Stadt mehr oder weniger eng verbunden fühlten, während die Technische Hochschule es vorzog — wiederum ohne Ausnahme — die Dozenten für dieses Fach von auswärts zu holen. So finden wir an der Universität als Nachfolger STÄDELERS dessen Schüler JOHANNES WISLICENUS (der auch am Polytechnikum lehrte), hierauf VICTOR MERZ, der bei STÄDELER studiert hatte, nachher ALFRED WERNER, der seine Studienjahre bei HANTZSCH am Polytechnikum verbrachte und schliesslich den Sprechenden, der im WERNERSCHEN Laboratorium seine Ausbildung empfing. Selbst sämtliche Extraordinarien für allgemeine Chemie, die im Laufe der Jahre an der Universität wirkten, hatten ihre Studien ganz oder grösstenteils in Zürich verbracht, ich nenne hier SCHWEIZER, WEITH und PFEIFFER. Trotz dieser Art von Inzucht hat keiner der genannten Dozenten in seinem Forschungsgebiet auf seinen Lehrer zurückgegriffen, sondern jeder hat eine selbständige Forschungsrichtung eingeschlagen.

Das Polytechnikum übernahm nach dem Wegzug STÄDELERS zuerst den an der Universität lehrenden WISLICENUS; dessen Nachfolger wurde VICTOR MEYER, der bei A. W. HOFMANN in Berlin und bei BUNSEN in Heidelberg studiert hatte; dann kam HANTZSCH aus Leipzig; darauf folgte BAMBERGER, ein Schüler A. W. HOFMANNs in Berlin und A. v. BÆYERS in München; hierauf WILLSTÄTTER, ebenfalls der BÆYERSCHEN Schule entstammend; dann STAUDINGER, Schüler VORLÄNDERS und THIELES (in Strassburg), KUHN, Schüler WILLSTÄTTERS in München und schliesslich Kollege RUZICKA, der seine Studien in Karlsruhe bei STAUDINGER betrieben hatte.

Durch diese zahlreichen Berufungen von auswärts wurde viel frisches Blut nach Zürich verpflanzt; wie Sie hörten, handelte es sich ausnahmslos um Gelehrte aus deutschen Schulen, insbesondere

denjenigen von BUNSEN, A. W. HOFMANN, A. V. BÆYER, THIELE usw., die damals zu den ersten in der Welt zählten.

Wenn es auch bei Gründung der Zürcher Universität selbstverständlich schien, dass man für das in der Schweiz damals noch nicht beheimatete Fach der Chemie einen Vertreter aus dem Ausland berief, so ist es vielleicht auf den ersten Blick nicht ebenso einleuchtend, warum die Schulratspräsidenten KAPPELER und GNEHM bei einer Vakanz in Chemie immer wieder im Ausland Umschau hielten. Es waren unterdessen Hunderte von Chemikern durch unsere Hochschulen gegangen und die chemischen Fabriken hatten sich zu einer blühenden Industrie unseres Landes entfaltet. Trotzdem fehlte der einheimische akademische Nachwuchs fast vollkommen. Welches die tieferen Ursachen dieser bedauernswürdigen Erscheinung waren — wer vermöchte es genau anzugeben? War es mangelnde Begabung, war es mangelndes Interesse für den Lehrberuf, der keine goldenen Berge versprach? VICTOR MEYER neigte in der ersten Zeit seines Zürcher Aufenthaltes dieser Auffassung zu; tief enttäuscht über das mangelnde Interesse der Jugend an wissenschaftlichen Problemen schrieb er im Jahre 1873 an einen Freund folgende Zeilen:

„Ich habe mir nun noch einen Assistenten aus Stuttgart geholt, so dass ich jetzt zwei mir unbedingt ergebene Assistenten um mich habe, die den Intrigen der Schweizer wohl einigermassen die Spitze bieten werden. Ich kann, ohne mich zu erheben, sagen, dass ich von meinen Stuttgarter Schülern geradezu vergöttert wurde, weit über mein Verdienst wurde ich von ihnen geliebt, das habe ich deutlich gesehen, während man mir hier nur Feindseligkeit und Misstrauen entgegenträgt... Ob es mir je gelingen wird, mich in Zürich beliebt und heimisch zu machen, das bezweifle ich sehr und muss es bei dem Charakter der Schweizer als ganz natürlich betrachten, wenn sie mich nicht mögen; ich glaube daher, dass ich den ersten Ruf, den ich an eine deutsche Universität erhalten sollte, annehmen werde, falls sich hier nicht vieles ändert. Du kennst den Charakter der Schweizer nicht und wirst daher vielleicht noch nicht ganz verstehen; die Leute sind von ausgezeichneter Energie, Arbeitskraft, ein durch und durch tüchtiges Volk, aber ohne jeden Sinn für das Ideale, ausschliesslich auf praktische Tätigkeit und Erwerb gerichtet. Demnach haben sie keinen Sinn (im allgemeinen natürlich, es gibt auch Ausnahmen) für rein theo-

retische Wissenschaften und Herr v. PLANTA hatte vollkommen recht, als er mir nach Harzburg schrieb: eine einzige chemische Entdeckung im Bereiche der Chemie der Käsebereitung macht Sie in der Schweiz unsterblicher als tausend Untersuchungen über die feinsten Isomeriefälle der organischen Chemie.“

Wenn auch VICTOR MEYER sein Urteil über die Schweizerverhältnisse nachher etwas modifizierte und sich in Zürich später glücklich fühlte, so hatte er mit den aus jenem Brief hervorgehenden Klagen vermutlich nicht so unrecht. Es ist leider eine Tatsache, mit der wir auch heute noch zu rechnen haben, dass unsere einheimischen Studenten nur selten die Opfer, Entbehrungen und Entsagungen auf sich nehmen wollen, die eine akademische Laufbahn den meisten Dozenten auferlegt. Wir sind mit unserer Studentenschaft, die sich für eine stärkere Heranziehung des einheimischen akademischen Nachwuchses an die Hochschule einsetzt, ganz einverstanden, aber dieser Nachwuchs muss sich auch in guter Qualität zur Verfügung stellen und bereit sein, die damit verbundenen Entsagungen zu tragen.

Die Forschungsgebiete der in Zürich in den letzten hundert Jahren wirkenden Chemiker waren sehr verschiedenartig. Es lassen sich vielleicht drei hauptsächliche Arbeitsrichtungen unterscheiden: Naturstoffe, organisch präparative Untersuchungen und Stereochemie.

Auf dem ersten Gebiet, demjenigen der Naturstoffe, beschäftigte sich schon LÖWIG mit Erfolg, wie dies seine früher erwähnten Arbeiten zeigen. Sein Nachfolger STÄDELER kam eigentlich von der physiologischen Chemie her, die er als ausserordentlicher Professor in Göttingen vertreten hatte. Nach der Übernahme des Zürcher Lehrstuhls setzte er diese physiologisch-chemischen Studien an unserer Universität fort. Er befasste sich u. a. mit der Verbreitung gewisser Aminosäuren, insbesondere des Leucins und Tyrosins in der kranken Leber, widmete zahlreiche Untersuchungen den Eiweissarten und anderen kompliziert gebauten Naturstoffen, wie Chitin, tierischem Schleim usw. Von ihm stammen die richtigen Bruttoformeln des Milchzuckers, Xanthins, Scyllits, und der Alloxansäure und er hat sich sogar bereits an eine erste Bearbeitung des Eierfarbstoffs gewagt.

WISLICENUS hat während seiner Zürcher Zeit die berühmten Untersuchungen über die Milchsäure ausgeführt; ihre Bedeutung

liegt zwar insbesondere in ihren neuen stereochemischen Gedanken, sie können aber hier ebenfalls Erwähnung finden, da sie die chemische Kenntnis dieses wichtigen Stoffwechsel- und Gärungsproduktes mächtig förderten. Demselben Forscher verdankt man noch einen anderen interessanten physiologischen Versuch. Zur Erforschung des Ursprungs der Muskelkraft unternahm er mit FICK im Jahr 1865 die Besteigung des Faulhorns, wobei sich die beiden Männer jeder Eiweissnahrung enthielten; durch Feststellung des Körpergewichtes vor und nach der Besteigung ermittelten sie die Arbeitsleistung, sowie aus dem im Harn ausgeschiedenen Stickstoff das abgebaute Muskeleiweiss. Der Verbrauch an Eiweiss war so gering, dass er nur einen kleinen Teil der aufgewandten Energie decken konnte und WISLICENUS und FICK kamen zur Auffassung, dass der übrige Teil durch stickstofffreie Nahrungsmittel geliefert worden sei. Sie setzten sich damit in Gegensatz zu LIEBIG.

Einen besonders starken Impuls empfing die Erforschung der Naturstoffe in Zürich durch RICHARD WILLSTÄTTER. In seine Zürcher Zeit fallen die grundlegenden Untersuchungen über die Chlorophylle, die Reindarstellung dieser beiden grünen Blattfarbstoffe, das Studium zahlreicher Umwandlungsprodukte, ihr Abbau zu einfacheren Spaltstücken. Daneben liefen ebenso bedeutsame Arbeiten über den verwandten Blutfarbstoff, über die gelben Blattfarbstoffe Carotin, Xanthophyll und Verwandte aus derselben Gruppe, über Alkaloide und anderes mehr. WILLSTÄTTER hat durch diese Forschungen in gewissem Sinn eine neue Epoche der Untersuchung von Naturstoffen begründet; das Neuartige seiner Arbeitsweise lag darin, dass er von ausserordentlich grossen Mengen Ausgangsmaterialien ausging und gleichzeitig die Methoden zu ihrer Bearbeitung und Bewältigung angab. Dadurch gelang es, auch solche Substanzen, die sich nur in sehr kleinen Quantitäten in ihnen vorfinden, rein darzustellen und genauer kennen zu lernen. Die moderne organische Chemie, die sich mit der Erforschung der Enzyme, Hormone, Vitamine usw. befasst, basiert auf dieser modernen Arbeitsweise, für die WILLSTÄTTER Pionierarbeit geleistet hat.

Auch seinen Nachfolgern verdankt man viele wichtigen Untersuchungen über Naturstoffe: STAUDINGER bearbeitete den Kautschuk und mit RUZICKA die wirksamen Bestandteile des Insektenpulvers; insbesondere hervorzuheben sind auch die wichtigen Forschungen RUZICKAS über Terpene und Sesquiterpene, durch die er die grosse



Gruppe natürlicher Sesquiterpene konstitutionell erschloss. Im Muscon und im Zibeton, den Geruchsträgern des Moschus und des Zibets, entdeckte er Repräsentanten einer bis anhin nicht bekannt gewesenen Verbindungsgruppe, der hochgliedrigen Ringketone, die auch in theoretischer Hinsicht grosses Interesse besitzen.

Zu den Forschern, die sich ihren Namen insbesondere durch Untersuchungen organisch-chemischer Kunstprodukte machten, müssen wir VICTOR MEYER, BAMBERGER, MERZ, STAUDINGER, WEITH, SCHWEIZER, SANDMEYER u. a. rechnen. In VICTOR MEYERS Zürcher Zeit fallen die grundlegenden Arbeiten über Dampfdichtebestimmungen bei niederen und hohen Temperaturen, für die eine neue, noch heute benutzte Dampfdichtebestimmungsmethode geschaffen wurde. Im Verlauf dieser Untersuchungen wurde u. a. die Dissociation der Halogene bei hohen Temperaturen aufgefunden und messend verfolgt. Ferner entdeckte V. MEYER am Polytechnikum das Thiophen, den Grundkörper einer neuen Verbindungsklasse, die ihn nachher jahrelang beschäftigen sollte. Es ist bekannt, dass diese im Teerbenzol in kleiner Menge vorkommende Schwefelverbindung einem verunglückten Vorlesungsversuch ihre Entdeckung verdankt. Damals galt für das Benzol noch eine bestimmte Farbenreaktion, die sog. Indopheninreaktion als charakteristisch. Als VICTOR MEYER diese Reaktion einmal in der Vorlesung demonstrieren wollte, fiel sie negativ aus. Die genauere Erforschung dieses Misserfolges führte dann zu der Feststellung, dass statt Teerbenzol ein Benzol benutzt worden war, das man aus einem Benzolderivat (Benzoessäure) hergestellt hatte. Dadurch wurde es offensichtlich, dass im Teerbenzol ein Stoff enthalten sein musste, der in dem aus Benzoessäure gewonnenen Benzol fehlte. Er ist das Thiophen, das auf diesem Wege entdeckt worden ist.

Ein bedeutender Einfluss auf die Arbeitsmethodik der organischen Chemie ging unzweifelhaft auch von BAMBERGER aus, der von 1893 bis 1907 in Zürich wirkte. Wenn RICHARD WILLSTÄTTER neue Wege zur Bearbeitung grosser Mengen von Ausgangsmaterialien wies, so hat BAMBERGER die Methodik des Arbeitens mit kleinsten Quantitäten entwickelt und gepflegt; er war in gewissem Sinne Mikrochemiker; durch die Verwendung kleinster Substanzmengen reduzierte er die Zeit, die zur Aufarbeitung der Reaktionsprodukte nötig ist, auf ein Minimum, was ihn in den Stand setzte, auch sehr zersetzliche und unbeständige neue Körper zu entdecken

und zu isolieren. Einer seiner Schüler schildert uns seine Laboratoriumseinrichtung in folgenden Worten: „BAMBERGERS Hauptwerkzeug war das Reagenzglas in Miniaturformat (diejenigen üblicher Grösse pflegte er als Kübel zu bezeichnen). Daneben waren direkt aufs Reagenzglas passende Kühlerchen, Bechergläser in Fingerhutgrösse, Trichterchen von entsprechenden Dimensionen, wenige Kubikzentimeter fassende Erlenmeyer und Fraktionierkölbchen die von ihm meist gebrauchten Geräte.“ Wer heute in ein organisches Laboratorium tritt, in dem schwer zugängliche, wertvolle Naturprodukte bearbeitet werden, wird ein ähnliches Instrumentarium antreffen, wie es BAMBERGER ein Menschenalter früher für organisch-präparatives Arbeiten einführte. Seiner Zeit weit voraus eilend hat er die Wichtigkeit des Mikroversuches für viele Probleme erkannt und diesen der Forschung dienstbar gemacht. Von seinen überaus zahlreichen Arbeiten sind besonders bekannt geworden diejenigen über die Hydrierung des Naphtalins, Chinolins und Isochinolins und ihrer Derivate; er entdeckte die Nitronsäuren, die technisch wichtigen Isodiazotate, Nitrosobenzol, Phenylhydroxylamin, und fand die interessanten Umlagerungen der Phenylhydroxylamine in p-Aminophenol und Chinole bzw. Chinoläther. Die Fülle neuer, sorgfältiger Beobachtungen, die seinem Laboratorium entsprangen, ist erstaunlich.

Aber auch den anderen in Zürich wirkenden Organikern verdankt man zahlreiche Entdeckungen von hoher Bedeutung. So fanden die befreundeten Forscher VICTOR MERZ und WILHELM WEITH gemeinsam die direkte Schwefelung der Amine, die später für die Herstellung der sog. Schwefelfarbstoffe grosse praktische Wichtigkeit erlangte; sie entdeckten die heute noch technisch benutzte Synthese der Ameisensäure aus Natronkalk und Kohlenoxyd, sowie diejenige der Oxalsäure durch rasche Destillation der Formiate; in ihrem Laboratorium fanden die für die Anilinfarbindustrie unentbehrlichen Naphtalinsulfosäuren eine eingehende Bearbeitung, ferner die Halogenisierungsmethoden mit Hilfe der Halogenüberträger u. a. m. — EDUARD SCHWEIZER, von 1853—1860 Extraordinarius an der Universität, entdeckte die Löslichkeit der Cellulose in Kupferoxydammoniak, der sog. SCHWEIZERSchen Flüssigkeit. Mit diesem Verfahren wird heute eine Kunstseide, die qualitativ wertvollste, die sog. Bembergseide fabriziert; die SCHWEIZERSche Entdeckung hat also in der Nachzeit eine ungeahnte Bedeutung erlangt.

STAUDINGER baute während seiner Zürcher Jahre die Chemie der von ihm aufgefundenen Ketene aus und knüpfte daran zahlreiche Untersuchungen über Polymerisationen und Kondensationen zu hochmolekularen Stoffen. Und schliesslich dürfen wir bei der Aufzählung unserer grossen Zürcher Organiker auch TRAUGOTT SANDMEIER nicht vergessen, der zwar nie eine Professur innehatte und auch nicht sehr lang in unserer Stadt weilte, da er später in die Basler Industrie übertrat, der aber in seiner kurzen Zürcher Hochschultätigkeit (er war zuerst Mechaniker und hierauf Vorlesungsassistent bei VIKTOR MEYER) die nach ihm benannte Reaktion, den Ersatz aromatischer Aminogruppen durch andere Atome, auffand. Diese Reaktion, welche zu den wichtigsten der organischen Chemie und zu den unentbehrlichsten der Technik gehört, hätte allein genügt, seinen Namen unsterblich zu machen; doch hat er sich später noch auf vielen anderen Gebieten, insbesondere demjenigen der Farbstoffchemie, durch originelle Entdeckungen ausgezeichnet.

Und nun über unsere Zürcher Stereochemiker! Hier prangen vor allem drei Namen in goldenen Lettern: WISLICENUS, HANTZSCH und WERNER. WISLICENUS' weitestreichende Leistung aus seiner Zürcher Zeit ist zweifellos die Aufklärung der Isomerieverhältnisse bei den Milchsäuren; er zeigte, dass die optisch aktive Fleischmilchsäure und die inaktive Gärungsmilchsäure strukturidentische Formen sind und er hat aus dieser Erkenntnis die prophetische Folgerung gezogen, dass diese Tatsachen dazu zwingen, die Verschiedenheit isomerer Moleküle von gleicher Strukturformel durch verschiedene Lagerung ihrer Atome im Raum zu erklären. VAN'T HOFF bezeichnete diesen Ausspruch von WISLICENUS als die Anregung, die ihn bewog, sich mit der räumlichen Ausbildung der Kohlenstoffverbindungen zu beschäftigen, was zur Aufstellung seiner berühmten Theorie, zur eigentlichen Begründung der Stereochemie führte.

Auch HANTZSCH hat zusammen mit ALFRED WERNER in Zürich eine neue Stereoisomerie entdeckt, die Cis-trans-Isomerie der Oxime und verwandter Kohlenstoff-Stickstoffverbindungen (Hydrazone usw.), die eine ausserordentlich interessante und wichtige Bereicherung unserer stereochemischen Vorstellungen schuf. Und schliesslich kam WERNER mit seiner berühmten Koordinationslehre, die nicht nur die anorganische Chemie revolutionierte, sondern, weit hinauslangend in andere Gebiete, auch auf die Kristallbauforschung, Mineralogie

und selbst die Biologie befruchtend wirkte. ALFRED WERNER ist neben KEKULÉ der grösste Systematiker in unserer Wissenschaft; seine Vorstellungen und Anschauungen stützte er durch ein ausgedehntes Versuchsmaterial, bei dessen Bearbeitung er von verschiedenen Kollegen, insbesondere auch PAUL PFEIFFER, unterstützt worden ist.

Das chemische Leben Zürichs wäre aber unvollständig geschildert, würden wir nicht auch der Technologen gedenken, die seit der Gründung des Polytechnikums an diesem wirkten und durch ihre Tätigkeit direkt und indirekt unsere einheimische chemische Industrie befruchteten. Zuerst war es BOLLEY, aus Heidelberg stammend, von 1838 bis 1854 Lehrer an der Kantonsschule in Aarau, dem der Bundesrat den Lehrstuhl für Technologie anvertraute; unter seinen Nachfolgern finden wir KOPP, LUNGE, GNEHM, BERL, GRANDMOUGIN, CÉRÉSOLE, BOSSHARD, FIERZ u. a. Manche dieser Männer übten einen Einfluss auf die technische Chemie aus, der weit über unsere Landesgrenzen reichte. Von LUNGE darf man sagen, dass er als erster die Verfahren der Technik wissenschaftlich bearbeitet und den Unterricht der angewandten Chemie wissenschaftlich betrieben hat. „Als ich in den Neunzigerjahren den Aufgaben der anorganischen Grossindustrie gegenübertrat,“ erzählt FRITZ HABER, „sagte mir jedermann, dass an keiner anderen Stelle chemische Technologie in ähnlich vollkommener Weise zu lernen sei wie bei LUNGE; er ist ein König gewesen, der durch Wissen und Schaffen, durch Unterricht und Forschung auf dem Felde der angewandten Wissenschaft die Geister der Zeitgenossen gelenkt und der wissenschaftlichen Arbeit Provinzen erworben hat, durch die vorher nur das Handwerk Streifzüge unternommen hatte.“

Und schliesslich lag auch die analytische Chemie mit TREADWELL Vater und TREADWELL Sohn, die physikalische Chemie mit LORENZ, BREDIG, BAUER, VICTOR HENRI, HALBAN u. a., die Agrikulturchemie mit SCHULZE, WINTERSTEIN, WIEGNER all die verflossenen Jahre hindurch in besten Händen. Es ist nur Mangel an Zeit, nicht eine geringere Bewertung der Leistungen, wenn ich auf ihre Werke nicht im einzelnen eintrete. Wer wollte überhaupt die Bedeutung der einzelnen Forscher gegeneinander abwägen? Unser grosser Landsmann GOTTFRIED KELLER hatte wohl recht mit seinen klugen und treffenden Worten: „Es ist überhaupt die Frage, ob nicht zu dem bescheidensten Gelingen eine dichte Unterlage von

bewussten Vorsätzen und allem Apparate der Geniesucht gehöre und der Unterschied mag oft nur darin bestehen, dass das wirkliche Genie diesen Apparat nicht sehen lässt, sondern vorweg verbrennt, während das bloss Vermeintliche ihn mit grossem Aufwande hervorkehrt und wie ein verwitterndes Baugerüst stehen lässt am unfertigen Tempel.“

Verzeihen Sie mir auch, wenn ich viele andere Namen, die der chemischen Forschung in Zürich im letzten Jahrhundert Ehre machten, nicht besonders nennen kann; es wären darunter noch manche von hervorragendem Klang, wie z. B. derjenige K. HEUMANN'S, des Entdeckers der beiden (und einzigen) technischen Indigosynthesen. Das Bild von dem Blühen unserer Wissenschaft in unserer Stadt würde noch leuchtender, wenn wir auch das Werk dieser Kollegen vor uns erstehen sehen könnten.

Die Behörden unserer beiden zürcherischen Hochschulen haben, wie Sie aus meinen Ausführungen entnehmen, bei der Besetzung der Lehrstühle für Chemie eine bewundernswürdig glückliche Hand gehabt. Dies verdanken sie offenbar wesentlich dem Umstand, dass sie sich bei Berufungen allein von sachlichen Gesichtspunkten leiten liessen. Schon bei der Gründung der Universität und nachher wiederum bei derjenigen des Polytechnikums wurden die besten Köpfe ausgesucht, die zu bekommen waren, so dass dieses Vorgehen sogar auf die Gegner der Hochschulen Eindruck machte. Nach der Gründung des Polytechnikums schrieb Nationalrat v. GONZENBACH, der sich immer gegen die Gründung dieser schweizerischen Anstalt ausgesprochen hatte, an ALFRED ESCHER, den Vizepräsidenten des Schulrates: „Erlauben Sie, dass ich Ihnen meine innige Freude über die Vorschläge der Lehrstellen am Polytechnikum ausspreche. In der Schweiz war man an ein derartiges Absehen von politischer Färbung seit langem nicht mehr gewohnt. Ich begrüsse diese Erscheinung als einen wirklichen Fortschritt.“ Wir haben allen Grund, uns heute solcher grosszügiger und mutiger Worte mehr als je zu erinnern; heute, wo die Welt in politische Interessengruppen aufgelöst ist und in einer törichten Überschätzung der materiellen Güter die Achtung vor der geistigen Leistung fast verlernt hat. Im allgemeinen haben es die kantonalen und eidgenössischen Behörden auch verstanden, gute Chemiedozenten längere Zeit an ihren Hochschulen zu halten. Als in Erlangen einmal eine Chemieprofessur frei wurde, ging KAPPELER sogar so weit, dass er dem am Poly-

technikum lehrenden VIKTOR MEYER prophylaktisch eine Gehaltsaufbesserung von Fr. 1000 verschaffte, da er fürchtete, VIKTOR MEYER könnte nach Erlangen berufen werden. Solche väterliche Fürsorge unserer Behörden ist heute vielleicht etwas seltener geworden.

Unter den Chemikern, die an den Zürcher Hochschulen lehrten, war das ausländische Element also lange Zeit vorherrschend, und zwar bestanden insbesondere Beziehungen zum nördlichen Nachbarreich. Eine Fühlungnahme mit der französischen Schule wurde öfter eingeleitet, aber leider nicht immer erfolgreich. So suchte z. B. bei der Gründung des Polytechnikums der Schulrat für einen dritten Lehrstuhl für Chemie KARL FRIEDRICH GERHARDT, einen Elsässer, der damals in Paris weilte, zu gewinnen; die Wahl wäre ohne Zweifel eine sehr glückliche gewesen, ist doch GERHARDT der prominenteste Vertreter der Typentheorie und hat grosse Verdienste um die Schaffung der modernen chemischen Strukturlehre; aber die Berufung zerschlug sich, weil GERHARDT Fr. 12,000 Gehalt forderte, was damals in der Schweiz alle vorstellbaren Masse überstieg.

Wenn es den Behörden, trotz der bescheidenen Schweizer Verhältnisse, doch so oft gelang, erste Kräfte für die Zürcher Lehrstühle der Chemie zu gewinnen, so hing das einerseits mit den politischen Verhältnissen des benachbarten Auslandes, anderseits mit der Vorurteilslosigkeit unserer schweizerischen Schulmänner zusammen. Für sie hatte die Rassenfrage, die in Deutschland schon in früheren Jahrzehnten manchem Forscher ein Vorwärtskommen an deutschen Universitäten erschwerte, keine Bedeutung, und so finden wir denn auch unter den Chemiedozenten, die in Zürich im letzten Jahrhundert wirkten, viele, die aus solchen Gründen eine Stellung an einer schweizerischen Hochschule gerne übernahmen. Daneben gab es eine andere Gruppe von Emigranten, die wegen freiheitlicher Bestrebungen ihr Vaterland verlassen mussten und in der Schweiz Zuflucht suchten. So stammte JOHANNES WISLICENUS aus einer Familie, die lange für die Freiheit gekämpft hatte; sein Vater war in Deutschland wegen Teilnahme an politisch freiheitlich eingestellten Organisationen verhaftet und zu 12 Jahren Festungsstrafe verurteilt worden; später musste er wegen weiteren Verfolgungen mit seiner Familie nach Amerika auswandern, wo auch sein Sohn Johannes in liberalen Ideen aufwuchs, denen er später, als Mann, noch lange huldigte. Die freiheitlichen Institutionen in



der Schweiz veranlassten später die Familie, aus Amerika nach Zürich zurückzukehren, wodurch sich die erste Berührung zwischen JOHANNES WISLICENUS und unserer Stadt ergab. Auch Professor BOLLEY war ein politischer Flüchtling. Er nahm 1833 an einer Aufstandsbewegung in Deutschland teil, wurde eingekerkert und wandte sich nach Verbüßung der Strafe der Schweiz zu, da er sich, wie JOHANNES SCHERR sagt, „sein Vaterland etwas anders organisiert wünschte und dachte denn in Gestalt einer königlich-preussischen Kaserne oder eines kaiserlich-österreichischen Klosters“. — Eine noch bewegtere Vergangenheit hatte EMIL KOPP. Begeistert von den Lehren Fouriers, kämpfte er als Deputierter des Departements Niederrhein in Paris für sozialistische und demokratische Ideen, wurde hierauf 1849 in Anklagezustand versetzt und in contumaciam verurteilt. Der Strafe entzog er sich durch Übertritt in die Schweiz, wo er noch im selben Jahre zum Professor der Physik in Lausanne ernannt wurde. Aber seines Bleibens war hier nicht lange. Nach dem Staatsstreich vom Jahre 1851, durch den sich Napoleon III. in die Alleingewalt setzte, unterzeichnete KOPP den Appel aux Armes an das französische Volk und wurde deswegen vom schweizerischen Bundesrat des Landes verwiesen; dass ihn derselbe Bundesrat 20 Jahre später als Professor für technische Chemie wieder ans Polytechnikum zurückrief, haben wir schon gehört.

Es braucht kaum betont zu werden, dass solche Männer, die für ihre Überzeugung Gut und Leben einsetzten, selbständige, eigenwillige Naturen waren, starke Persönlichkeiten, denen diese Eigenschaften auch im Lehrberuf und im Verkehr mit den Studenten zugute kamen. „Diese beiden Vermögen bilden ja das Geheimnis aller Erziehung“, sagt uns GOTTFRIED KELLER, „unverwischte lebendige Jugendlichkeit, welche allein die Jugend kennt und durchdringt und die sichere Überlegenheit der Person in allen Fällen. Eines kann oft das andere zur Notdurft ersetzen, wo aber beide fehlen, da ist die Jugend eine verschlossene Muschel in der Hand des Lehrers, die er nur durch Zertrümmerung öffnen kann.“ — Viele unserer Zürcher Chemiedozenten sind denn auch im Gedächtnis der späteren Generationen als hervorragende Redner, Lehrer und Pädagogen haften geblieben.

Ein Rückblick sollte nicht ohne einen Ausblick schliessen. Die chemische Forschung in Zürich hat ein Jahrhundert lang geblüht wie eine Blume, die man auf unverbrauchtes Erdreich pflanzt.

Wird sie auch in Zukunft in Ehren bestehen? Wohl nur, wenn die grössten Anstrengungen von allen Seiten geschehen. Das wissenschaftlich chemische Arbeiten hat sich in den letzten Jahrzehnten wesentlich verändert, die Bearbeitung aktueller Probleme erfordert mehr als früher gute Apparate und teure Rohstoffe. In vielen ausländischen Staaten sind Forschungsinstitute erstanden, mit denen unsere einfachen Einrichtungen nicht mehr in Konkurrenz treten können. Wenn diese Unterschiede noch grösser werden, so können auch die stärksten Talente unseres akademischen Nachwuchses nicht verhindern, dass Zürich als Forschungsstätte allmählich auf einen tieferen Rang gedrängt wird. Und ein weiteres müssen wir von unseren Schulmännern fordern, dass wie bis anhin nur die Tüchtigkeit den Ausschlag bei Berufungen geben darf. Die Hochschule ist kein Objekt, das sich zum Spielball der Politik eignet; wer sie in politische oder konfessionelle Fesseln schlägt, wer zugibt, dass sich an ihr die Demagogie breitmacht, bringt sie zum Verkümmern. Vielleicht würde uns die Schwere eines solchen Verlustes erst nachher voll zum Bewusstsein kommen. Lassen Sie mich schliessen mit den Worten, in die der kürzlich verstorbene belgische Grossindustrielle SOLVAY seinen Glauben an eine unabhängige Wissenschaft gekleidet hat: *La vérité sera la science ou elle ne sera pas.*

Damit erkläre ich die 115. Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft für eröffnet.



# Le neutron et le positron

## La radioactivité artificielle

Par

Prof. Dr F. JOLIOT, Paris

A la fin du siècle dernier, la découverte de la radioactivité par HENRI BECQUEREL et des radioéléments par PIERRE et MARIE CURIE a fourni à la science le premier exemple de la transformation d'un élément chimique en un élément chimique différent; ces transmutations sont spontanées et nous ne disposons d'aucun moyen pour les provoquer ou les empêcher.

C'est en 1919 que RUTHERFORD montra la possibilité de provoquer la transmutation des éléments légers en les irradiant par les rayons  $\alpha$ .

Dans ce type de réaction nucléaire la particule  $\alpha$  est capturée par le noyau atomique, comme l'a démontré BLACKETT dans le cas de l'azote. Le noyau émet presque instantanément un proton.

Ce phénomène est extrêmement rare (environ atome est ainsi transformé pour  $10^6$  rayons  $\alpha$  irradiant la matière), en raison des faibles dimensions du projectile et de la cible et aussi parce que les noyaux, grâce à la charge électrique qu'ils possèdent, étendent autour d'eux une véritable barrière dite d'énergie potentielle qui tend à s'opposer à l'entrée des projectiles électriquement chargés.

Je voudrais particulièrement insister sur un nouveau type de transmutation qui a conduit à la découverte d'une particule nouvelle, le neutron.

Il y a environ quatre ans, BOTHE et BECKER montrèrent que certains éléments légers comme *Li*, *Be*, *B* irradiés par les rayons  $\alpha$  émis par le polonium émettent un rayonnement pénétrant. Cette radiation dans le cas du *Be* et *B* capable de traverser des épaisseurs de matière beaucoup plus élevée que ne le font les rayons X

est certainement d'origine nucléaire. Le pouvoir pénétrant est intermédiaire entre celui des rayons  $\gamma$  émis par les radioéléments et celui des rayons cosmiques. Les propriétés des rayonnements dans

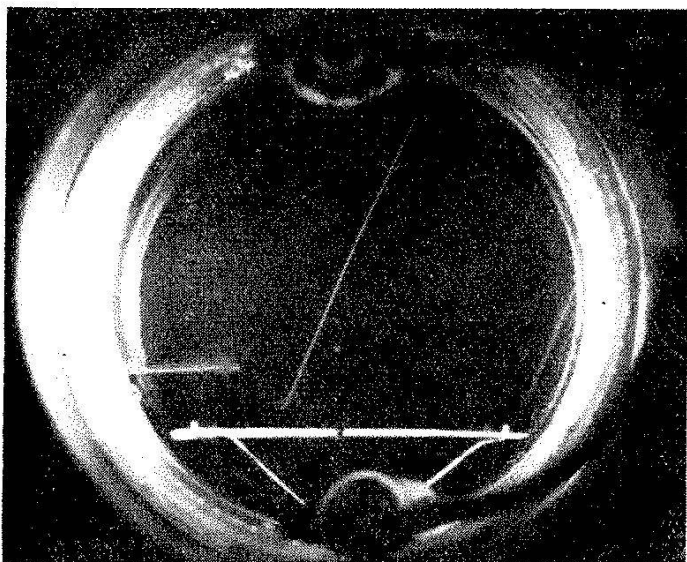


Fig. 1

ce domaine étaient inconnues et on pouvait penser, en particulier, qu'ils étaient capables de provoquer des phénomènes nouveaux dans la matière qu'ils traversaient.

Madame JOLIO et moi-même, nous avons pu montrer que ces rayonnements possèdent la propriété remarquable de projeter, souvent avec de grandes vitesses, les noyaux légers constituant la matière traversée. Les méthodes employées furent la méthode d'ionisation et la méthode des trajectoires de brouillard de WILSON. La fig. 1 montre un noyau d'hydrogène projeté par le rayonnement d'une source de  $Po + Be$  irradiant une couche de paraffine. Ce phénomène de projection est général; nous avons pu photographier des rayons d'hélium projetés par le même rayonnement, fig. 2. Ce phénomène de projection de noyaux se traduit par le fait que les rayonnements sont plus absorbés, à masses superficielles égales, par des éléments légers que par des éléments lourds, ce qui est le contraire de ce qui a lieu avec les rayons  $\gamma$  des radioéléments. D'autre part, les expériences faites par la méthode WILSON

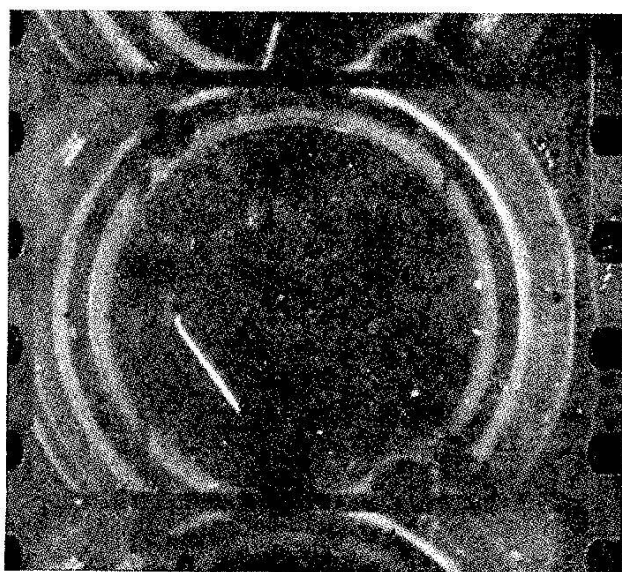


Fig. 2

montraient que les substances irradiées émettaient des électrons de grande énergie indiquant la présence dans le rayonnement de photons de grande énergie. Immédiatement après nos premières publications relatives à ce phénomène, CHADWICK reprit nos expériences et les confirma en comparant les énergies cinétiques des divers noyaux projetés. Il montra que le rayonnement devait se composer de particules non chargées en mouvement rapide et de masse voisine de celle du proton. Ces particules neutres, dont l'existence avait déjà été envisagée souvent, sans qu'on ait pu les mettre en évidence, avaient été nommés neutrons. Ce bref historique montre les étapes successives qui ont fourni les preuves expérimentales de l'existence des neutrons.

Ces neutrons ont des propriétés particulières que je résumerai ainsi :

Dans son passage à travers la matière, il ne produit sensiblement pas d'ionisation le long de sa trajectoire, sauf quand il rencontre un noyau à une distance assez faible pour lui communiquer, par choc élastique, une énergie suffisante pour le mettre en mouvement. Ces chocs sont rares, étant donné les faibles dimensions des particules et l'on comprend pourquoi une telle particule puisse traverser de grandes épaisseurs de matière. Parfois le choc contre un noyau n'est pas élastique et il y a capture du neutron et transmutation du noyau rencontré avec émission d'une particule  $\alpha$  ou  $H$  ( $N_{14}$ ,  $B_{11}$ ) fig. 3. Le neutron n'étant pas chargé, la barrière d'énergie potentielle des noyaux vis-à-vis du neutron est petite et la chance de provoquer une transmutation lors de la rencontre est relativement grande. On pouvait croire que les neutrons devaient constituer des projectiles de choix pour transmuter les noyaux même lourds et de grands efforts furent faits pour produire artificiellement des faisceaux intenses de neutrons.

L'énergie cinétique d'un neutron est obtenue en mesurant l'énergie cinétique maximum des protons ou des noyaux projetés dans un choc direct. Cette énergie est reliée au parcours des protons facilement mesurables. On a pu voir ainsi que le glucinium



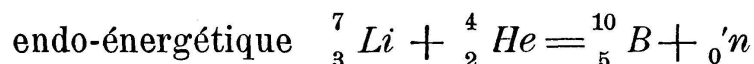
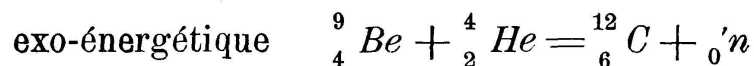
Fig. 3

irradié par les rayons  $\alpha$  de *Po* émet plusieurs groupes de neutrons dont les énergies cinétiques sont très différentes. Un groupe lent de quelques centaines de milliers d'électrons volt et deux groupes de  $4,5 \times 10^6$  et  $8 \times 10^6$  eV.

L'étude des conditions d'émission des neutrons par divers éléments en fonction de l'énergie des rayons  $\alpha$  incidents, peut se résumer ainsi. Il n'est pas suffisant pour certaines réactions que le rayon  $\alpha$  entre dans le noyau, il faut qu'il possède une énergie minimum, si la réaction est endo-énergétique. Dans la plupart des cas, *Li*, *B*, *F*, *Al*, *Na*, *Mg*, il existe une énergie minimum pour les rayons  $\alpha$  pour que l'émission des neutrons ait lieu. Pour le *Be*, il ne semble pas exister de limite inférieure, ce fait que nous avons trouvé a été confirmé par des expériences faites en Amérique avec des faisceaux intenses de rayons  $\alpha$  produits artificiellement et d'énergie relativement faible.

L'émission des neutrons s'effectue (à l'exception peut-être des neutrons lents de *Be*) avec capture de la particule  $\alpha$ , celle-ci traversant la barrière, soit par un phénomène de résonance, soit par transparence ou même passage au-dessus du sommet dans le cas des éléments plus légers.

On interprète l'émission des neutrons du glucinium et du lithium par les réactions nucléaires suivantes :



On avait tout d'abord supposé que le neutron résultait de l'association d'un proton et d'un électron négatif et représentait un atome d'hydrogène condensé ayant la dimension d'un noyau. Cependant, certaines recherches récentes font penser que le neutron est une particule élémentaire de matière non chargée et que l'on peut aussi bien considérer le proton comme complexe. Ces questions me conduisent à vous parler d'une nouvelle particule élémentaire, l'électron positif.

### *L'électron positif*

Depuis les expériences récentes de ANDERSON, BLACKETT et OAHIALINI, on sait que le rayonnement cosmique est capable, en traversant la matière de provoquer l'émission de rayons très semblables à des électrons dont la charge serait positive. Je ne puis

parler dans cette conférence des phénomènes extrêmement intéressants observés par la méthode de WILSON auxquels donne lieu la radiation cosmique. Je dirai, cependant, que les clichés montrent des trajectoires d'électrons courbés par le champ magnétique, les unes dans le sens d'une charge négative, les autres dans le sens positif.

L'étude des propriétés des électrons positifs produits par la radiation cosmique est rendue difficile en raison de la faible intensité de la source et parce qu'on ne peut agir commodément sur elle. Il existe maintenant des sources d'électrons positifs d'origine terrestre. Lorsqu'on irradie un élément lourd de préférence, avec le rayonnement complexe de neutrons et de photons émis par une source de  $Po + Be$  on observe qu'il jaillit de la cible des électrons positifs. Cette expérience faite par plusieurs auteurs BLACKETT, CHADWICK, OCCHIALINI, L. MEITNER et K. PHILLIP ne permettait pas de savoir lequel des deux rayonnements neutrons ou photons, était responsable de l'émission des positrons. J'ai pu montrer avec M<sup>me</sup> JOUOT, par des expériences d'absorption que ce sont les photons qui produisaient la majeure partie de l'effet et que le nombre de positrons émis augmente rapidement avec le numéro atomique du radiateur. L'énergie cinétique maximum des positrons est de l'ordre de  $4 \times 10^6 \text{ ev}$  tandis que l'énergie des photons est  $5 \times 10^6 \text{ ev}$ . Cette propriété ne devait pas être particulière à ce rayonnement  $\gamma$  de  $Po + Be$  et en effet dans plusieurs laboratoires on montra que les rayons  $\gamma$  de  $ThC''$  ( $h\nu = 2.6 \times 10^6 \text{ ev}$ ) donnaient lieu au même phénomène; l'énergie cinétique maximum des positrons est dans ce cas  $1,60 \times 10^6 \text{ ev}$  environ. Enfin l'étude par la méthode WILSON des trajectoires d'électrons positifs produits nous a fait obtenir un cliché montrant l'apparition d'une paire d'électrons positif et négatif prenant naissance dans le gaz dans la trace du faisceau de photon. La mesure des énergies de ces électrons et les résultats ci-dessus font représenter le phénomène de la façon suivante:

Un photon d'énergie supérieure à  $10^6 \text{ ev}$  peut en rencontrant un noyau disparaître en matérialisant deux électrons de signe contraire. La matérialisation des deux électrons exige une dépense d'énergie de  $2 \times 0,5 \times 10^6 \text{ ev}$ , le surplus de l'énergie du quantum est communiqué aux électrons sous forme d'énergie cinétique  $W_+$  et  $W_-$  telle que :

$$h\nu - 10^6 \text{ ev} = W_+ + W_-.$$

Il semble démontré que l'absorption supplémentaire des rayons  $\gamma$  durs par les éléments lourds (phénomène qui a lieu lorsque  $h\nu$  est justement supérieure à  $10^6$   $ev$ ) est principalement due à l'absorption par matérialisation.

Que deviennent les électrons positifs après leur création? D'après DIRAC ils peuvent disparaître en rencontrant un électron en donnant naissance à deux photons. La vérification expérimentale de phénomène de dématérialisation des électrons a été faite indépendamment par M. THIBAUD et moi-même. Il semble d'après les expériences de SKOBELZYN que le phénomène précédent est plus général et que l'on peut s'attendre à voir apparaître une paire d'électrons de signe contraire, par matérialisation de l'énergie, toutes les fois qu'une énergie de plus de  $10^6$   $ev$  peut être dissipée en un seul processus élémentaire.

#### *Matérialisation interne des photons*

Nous avons montré qu'une surface de glucinium irradié par les rayons  $\alpha$  du polonium émet directement des électrons positifs et négatifs. L'énergie cinétique maximum des positrons est voisine de  $4 \times 10^6$   $ev$ , tandis que celle des électrons négatifs est voisine de  $5 \times 10^6$   $ev$ . Le rendement de la production de ces électrons a une valeur suffisamment élevée pour qu'il soit impossible d'admettre qu'ils sont produits par matérialisation des photons dans les atomes quelconques de glucinium, élément de numéro atomique faible. Nous expliquions cette émission, relativement intense d'électrons, en admettant que le photon se matérialise à la surface du noyau qui vient de se transformer.

Le photon  $h\nu$  subit une *matérialisation interne* à la surface du noyau de carbone.

La probabilité de ce phénomène a été calculée théoriquement par NEDELSKY et OPPENHEIMER et la valeur trouvée s'accorde assez bien avec l'expérience. Cette probabilité diminuerait rapidement avec les éléments émetteurs de photons de numéro atomique croissant.

#### *Création de radioéléments émetteurs de positrons et d'électrons*

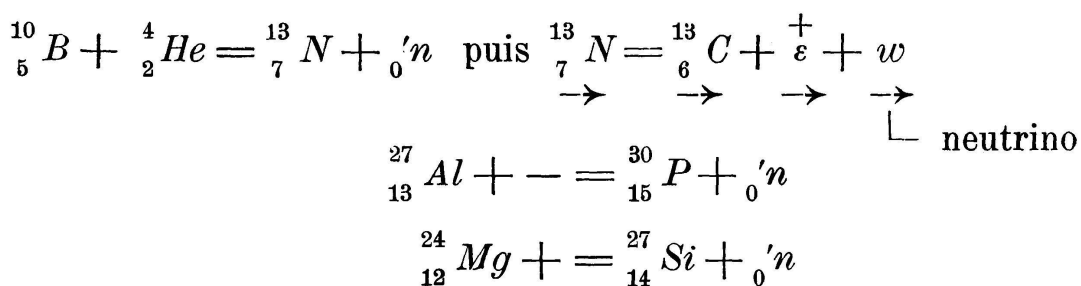
Des expériences effectuées au moyen de l'appareil WILSON placé dans un champ magnétique, nous ont permis de montrer que la transmutation de certains éléments légers par les rayons  $\alpha$  s'ac-



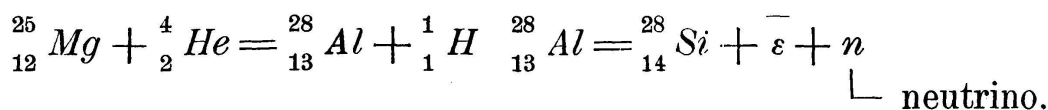
compagne de l'émission d'électrons positifs. Le glucinium émet, sous l'action des rayons  $\alpha$  du polonium, des électrons positifs et négatifs attribuables à la matérialisation interne du rayonnement  $\gamma$ . Le bore et l'aluminium émettent aussi des électrons positifs sous l'action des rayons  $\alpha$ , mais il n'y a pas production simultanée d'électrons négatifs d'énergie comparable.

Nous avons admis que ces électrons positifs étaient effectivement émis par les noyaux lors des transmutations. Comme ces éléments peuvent se transformer soit en émettant des protons soit des neutrons nous avons pensé que le proton pourrait résulter de l'association d'un neutron et d'un positron. Les interprétations furent discutées jusqu'à ce que nous ayons obtenu les résultats suivants :

On irradie de l'aluminium ou du bore ou du magnésium avec les rayons  $\alpha$  d'une source de  $Po$  ( $10^9 \alpha/\text{sec.}$ ) pendant un certain temps, court. On retire la source de projectiles  $\alpha$ , on constate que les surfaces irradiées continuent d'émettre des positrons pendant un temps plus ou moins long, pouvant atteindre l'heure dans le cas du bore irradié. Le nombre de positrons émis par seconde, décroît exponentiellement en fonction du temps. La période, temps après lequel le nombre des positrons a diminué de moitié, est 14' pour le bore irradié, 3'15" pour  $Al$  et 2'30" pour  $Mg$ . *Pour la première fois nous avons pu créer artificiellement la radioactivité durable de la matière.* Il s'agit ici, d'ailleurs, d'un nouveau type de radioactivité avec émission de positrons. Les processus de formation sont les suivants :



on observe aussi un cas de radioactivité avec émission d'électrons négatifs



D'autres métaux comme  $Be - Ca$  plus lourds ne donnent rien. De même avec  $Al$ , on aura  ${}^{30}_{15}P$  radioactif.

Ces isotopes n'existent pas dans la nature, nous voyons pourquoi: ils se transforment rapidement en nouveaux noyaux stables.

Ces nouveaux éléments ayant une vie moyenne de l'ordre de quelques minutes, nous avons tenté leur séparation et leur identification chimique.

L'azoture de bore irradié est ensuite traité par la soude caustique par fusion dans un appareil vide d'air. Il se forme  $NH^3$  entraînant l'activité que l'on recueille dans un tube à parois minces plongé dans l'air liquide.

De même, on peut séparer la radioactivité de  $Al$  en le traitant par  $HCl$ , il se forme de l'hydrogène naissant entraînant un gaz radioactif que l'on recueille sous cloche à parois minces. Le phosphate de zirconium en milieu acide entraîne une partie de la radioactivité.

Les expériences ci-dessus donnent la preuve chimique, 1° que l'élément formé par transmutation est différent de l'élément initial, 2° que la particule  $\alpha$  a été capturée dans le noyau.

Nous proposons d'appeler *radioazote*, *radioaluminium*, *radio-silicium*, *radiophosphore*, etc., les radioéléments nouveaux émetteurs de positrons ou de rayons  $\beta$  produits par l'action des rayons  $\alpha$  sur le bore, le magnésium et l'aluminium.

Des dénominations analogues peuvent être adoptées dans le cas des autres radioéléments nouveaux. Toutefois, il existe certainement plusieurs isotopes actifs d'un même élément. Une désignation convenable ne pourra guère être établie avant que l'on sache mieux les cas qui peuvent se présenter.

Nous avons suggéré immédiatement après nos premières expériences que l'on obtiendrait des radioéléments nouveaux en employant d'autres projectiles que les rayons  $\alpha$ , comme les protons, le deutons, les neutrons. Cette prévision fut réalisée dans plusieurs pays où ces recherches furent reprises et développées. L'on connaît actuellement plus de soixante-dix nouveaux radioéléments.

Les énergies et les intensités obtenues actuellement dans les tubes producteurs de particules accélérées, permettent de penser que l'on pourra créer prochainement au moyen de ces particules des radioéléments d'intensité de rayonnement comparable à celui des préparations de radioéléments naturels dont on dispose actuellement.



Ces radioéléments pourront alors recevoir des applications médicales et peut-être d'autres applications pratiques. Introduits dans l'organisme, ces corps doivent se comporter très différemment des radioéléments ordinaires en raison de leurs propriétés chimiques différentes et de leur destruction sans résidu radioactif.

Certains des radioéléments nouveaux sont par eux-mêmes émetteurs de rayons  $\gamma$ . De plus, ceux qui émettent des positrons produisent avec une grande intensité dans la matière voisine le rayonnement d'annihilation de 500,000  $eV$  et, par conséquent, ils constitueront des sources de rayons  $\gamma$  homogènes et pourront être utilisés à ce titre.

Enfin, on doit prévoir un développement considérable de l'emploi de ces noyaux radioactifs, en tant qu'indicateurs pour étudier le comportement de leurs isotopes inactifs dans certaines réactions chimiques ou dans les phénomènes biologiques.

# Hormone bei Pflanzen

Von

Prof. Dr. F. A. F. C. WENT, Wassenaar

Geniale Menschen können oft mit richtigem Blick in die Zukunft spüren und Gedanken aussprechen, welche sich erst viel später als richtig ausweisen. Wenn ich heute etwas von unsern jetzigen Forschungen über Hormone bei Pflanzen mitteilen werde, so muss dazu bemerkt werden, dass schon vor vielen Jahren der grosse deutsche Pflanzenphysiologe JULIUS SACHS, als er über sprossbildende, blütenbildende und ähnliche Substanzen handelte, ihr Bestehen vorgeahnt hat. Damals sagten viele Botaniker achselzuckend, dass SACHS Zeichen von Altersschwäche gäbe, jetzt wird wohl niemand mehr die Möglichkeit der von ihm befürworteten Gedanken bestreiten.

In diesem Zusammenhang möchte ich hier aber noch einen zweiten Namen nennen, nämlich denjenigen meines Landsmannes BEYERINCK, der verschiedentlich ähnliche Gedanken vertreten hat, sowohl bei seinen Untersuchungen über Wurzel- und Sprossbildung, als besonders bei denjenigen über die Entstehung der Gallen.

Wenn Gallentiere die Bildung von ganz absonderlichen, sehr speziell organisierten Gebilden an Pflanzen verursachen, so muss die Ursache in einer stofflichen Beeinflussung der Wirtspflanze von seiten des Gallentieres gesucht werden. BEYERINCK glaubte, bei Weidengallen, von Nematode-Arten hervorgerufen, den Beweis liefern zu können, dass eine vom erwachsenen Insekte abgeschiedene Substanz zugleich mit dem Ei in die Wunde gebracht wird und dort Veranlassung zu der auswachsenden Missbildung ist. Wenn zwar verschiedentlich an dieser Mitteilung BEYERINCKs gezweifelt wurde, so ist dieselbe dennoch niemals mit Sicherheit widerlegt.

Indessen besteht noch ein grosser Abstand zwischen solchen einigermassen prophetischen Behauptungen und dem exakten Beweis, dass es überhaupt bei Pflanzen Stoffe gibt, welche, von diesen ge-

bildet, in äusserst geringen Mengen das Wachstum, die Entwicklung in bestimmter Weise beeinflussen. Der erste, welcher uns in der Hinsicht neue Tatsachen bekanntgegeben hat, war FITTING; derselbe fand, dass bei der Bestäubung der Orchideenblüte der Blütenstaub neben der Befruchtung noch einen Einfluss auf das weitere Schicksal der Blüten ausübt. Ganz besonders sei erwähnt das Schliessen der Narbe und das Schwellen des Gynostemiums; dieser Einfluss kommt auch einem Extrakt dieser Pollinien zu und er wird selbst durch Kochen des Extraktes nicht vernichtet. FITTING hat hier also zum erstenmal von einem pflanzlichen Hormon gesprochen. Indessen sind diese Untersuchungen damals, in 1909, nicht weiter fortgeführt, und erst in der allerletzten Zeit ist von LAIBACH ihr Zusammenhang mit dem Wuchsstoffproblem betont worden.

In anderer Richtung sehen wir dann HABERLANDT mit seinen Untersuchungen vorgehen. In den letzten 25 Jahren hat er eine Reihe von Arbeiten, es sei selbst publiziert, oder von seinen Schülern publizieren lassen, welche sich auf die Bildung neuer Zellen beziehen. Er knüpfte dabei wohl an eine Vorstellung WIESNERS an, der in seiner Elementarstruktur der lebenden Substanz schon 1892 vorgeahnt hat, dass es Stoffe gibt, welche bei Verwundung die Zellteilung auslösen.

Wenn man Kartoffelknollen verwundet, so sind natürlich die durchschnittenen Zellen tot, aber darunter bildet sich eine Korkschicht, eine neue Haut, wobei Zellteilungen stattfinden. Wenn man zu diesem Versuche ein ganz kleines Stückchen von einer Kartoffel nimmt und dabei die Schnittfläche unter einem Wasserstrahl gehörig abwascht, so unterbleibt die Zellteilung entweder teilweise oder ganz und gar; sie findet aber wieder statt, wenn man dafür sorgt, dass ein Brei von Kartoffelzellen auf die Schnittfläche gebracht wird und dass ausserdem ein bestimmtes Gewebe, das Siebröhrengewebe, vorhanden ist. Lassen wir letzteres ausser Betracht, so ergibt sich, dass zermahlene Kartoffelzellen eine Substanz abgeben, welche die Zellteilung anregt. Weil diese Substanzen bei dem Tode der Zellen gebildet werden, spricht HABERLANDT von Nekrohormonen. Man kann diesen Brei kochen, ohne dass derselbe seine Wirkung verliert; diese Hormone sind also thermostabil. Ein anderes Beispiel, das wir HABERLANDT verdanken, besteht darin, dass man die fleischigen Blätter der Crassulaceen verwundet; es bildet sich dann

kein Wundgewebe. Wird aber die Schnittfläche von einer Schicht Gewebebrei von Kohlrabi bedeckt, so tritt Zellteilung ein. Für diese Versuche sind in letzter Zeit sehr oft Hülsen von Bohnenpflanzen benutzt worden, wo man an der Innenseite leicht den Einfluss von allerhand Substanzen prüfen kann.

Zu einer näheren Kenntnis dieser Nekrohormone ist man bis jetzt nicht gekommen, hauptsächlich wohl, weil man ihre Wirkung nicht dosieren kann. Sobald man hier einmal quantitativ vorgehen können, wird es möglich sein, sich ein Urteil darüber, ob man viel oder wenig von diesen Hormonen in Händen hat, zu bilden, und dann wird eine allmähliche Konzentrierung und Reinigung einer Lösung auch wohl gelingen. Als Schwierigkeit kommt noch hinzu, dass NĚMEC gefunden hat, dass ähnliche Substanzen auch von Bakterien ausgeschieden werden, dass man also auf Wundflächen durch Belegung mit einer Bakterienkultur Zellteilung hervorrufen kann. Infolgedessen muss man mit seinen Schlüssen sehr vorsichtig sein und soviel wie möglich aseptisch arbeiten. Eben darum wird, wie gesagt, die Innenhaut von Hülsen zu solchen Versuchen viel benutzt.

In gewisser Hinsicht lässt sich mit diesen Hormonen die geheimnisvolle Substanz vergleichen, welche von ihrem Entdecker, WILDIERS, den Namen „Bios“ erhalten hat. Wenn man versucht, gewisse Hefearten aus Einzellkulturen aufzuziehen, so gelingt das in einer rein synthetischen Lösung nicht, wenn man nicht etwas Hefeextrakt hinzugesetzt hat. Mehrzellkulturen dagegen gelingen auch ohne diesen Zusatz, vermutlich weil dann immer wohl einige abgestorbene Zellen vorhanden sind, welche diejenige Substanz an die Nährlösung abgeben, welche wachstumsbefördernd wirkt, speziell indem die Zellteilung angeregt wird. Auch diese Substanz kann kurze Zeit Kochen widerstehen, hat also jedenfalls nichts Lebendes an sich; aber der Name Bios hat sich nun einmal eingebürgert. Dass es sich bei dieser Wirkung um äusserst kleine Mengen handelt, ist wohl gewiss. Nicht nur Hefe, sondern auch andere Pilze werden von Bios zur Zellvermehrung veranlasst. Und jedenfalls werden ähnliche Substanzen auch von ganz anderen Zellen abgegeben; SCHOPFER hat uns darüber noch vorgestern einiges mitgeteilt, und BOAS zeigte das vor kurzem für zahlreiche höhere Pflanzenarten, wie z. B. für den Hahnenfuss.

Während also die Kenntnis dieser Zellteilungshormone, wenn man sie so zusammenfassend nennen kann, noch äusserst lückenhaft

ist, steht die Sache ganz anders bei den Zellstreckungshormonen. Bekanntlich erhalten Pflanzenzellen nach ihrer Bildung durch Teilung schon vorhandener Zellen nicht gleich ihre endgültige Grösse, sondern wird ihr Volum nachher durch den Vorgang, den man mit dem Namen Zellstreckung andeutet, noch sehr ansehnlich vergrössert, derart, dass eigentlich alles messbare Wachstum der Pflanzen fast nur auf Zellstreckung beruht. Dabei vermehrt sich der Zellinhalt der Hauptsache nach durch Wasseraufnahme, während der dünne Wandbelag von Protoplasma kaum an Volum zunimmt; der osmotische Druck, vom Zellsaft [auf die Wand ausgeübt, verursacht ein Gespanntsein dieser Wand, den Turgor, und wenn dabei also entweder dieser Druck oder die Dehnbarkeit der Zellwand grösser wird, wird die Zellhaut weiter gedehnt werden müssen. Man kann dabei zwischen elastischer und plastischer Dehnung unterscheiden; erstere ist reversibel, letztere nicht. Nur bei letzterer wird es sich also um ein wirkliches Wachstum handeln, bei der elastischen Dehnung nicht, es sei denn, dass diese Spannung nachher durch Einlagerung neuer Zellhautteilchen gehoben wird.

Die Hormone, um welche es sich hier handelt, beeinflussen die plastische Dehnbarkeit der Zellhaut, vergrössern also das Wachstum, oder besser rufen es hervor. Man nennt sie daher zusammenfassend Wuchsstoff. Wenn wir von jetzt an Wachstum gleichbedeutend setzen mit Streckungswachstum, so kann gesagt werden, dass alle neueren Untersuchungen zu dem Satz führen: „Ohne Wuchsstoff kein Wachstum.“

Dass man diesem Wuchsstoff besser habhaft werden konnte als andern Phytohormonen, ist wohl hauptsächlich eine Folge davon, dass ein Objekt gefunden wurde, wo die Sekretion dieses Wuchsstoffes streng lokalisiert ist, und zweitens, dass es gelungen ist, bei diesem selben Objekt messend zu verfahren, dass man imstande gewesen ist, die Wuchsstoffmenge in irgendeiner Lösung genau zu bestimmen.

Das Objekt, worum es sich hier handelt, sind die Haferkeimlinge. Hier bildet sich bei der Keimung eine sogenannte Koleoptile, d. h. aus dem Korn tritt über die Erde ein zylindrisches, hohles, geschlossenes Organ zum Vorschein, welches an der Spitze geschlossen ist. Innerhalb dieser Koleoptile entwickelt sich das erste wirkliche Blatt; dieses bricht durch die Koleoptile hindurch, welche darauf das Wachstum einstellt. Bis zu dem genannten Augenblick

lässt sich die Haferkoleoptile ausgezeichnet für allerhand Wachstumsprobleme benutzen. Wie gesagt, kümmern wir uns nicht um die ersten Bildungsstadien dieser Koleoptile, wobei natürlich Zellteilung stattfindet; das geschieht noch innerhalb des Kornes oder während der allerersten Keimungsstadien; hier beschäftigen wir uns also nur mit dem späteren Streckungswachstum.

Dasselbe steht unter dem Einfluss einer Substanz, welche von der Spitze der Koleoptile gebildet wird und welche den allgemeinen Namen Wuchsstoff erhalten hat. Wird die Spitze hinweggeschnitten, so steht das Wachstum stille, oder besser; dasselbe dauert noch solange fort, bis die letzten Wuchsstoffmengen, welche sich im Stumpf befanden, verbraucht sind. Es hebt aber nach etwa  $2\frac{1}{2}$  oder 3 Stunden wieder an, indem die apikalen Zellen des Stumpfes der dekapitierten Keimpflanzen jetzt Wuchsstoff regenerieren, was sie unter normalen Umständen nicht tun. Jetzt liefert eine zweite Dekapitation Pflanzen, welche vollkommen frei von Wuchsstoff sind und wo das Wachstum deshalb auch vollkommen zum Stillstand gekommen ist. Diese lassen sich jetzt ausgezeichnet für Versuche verwenden, wo es sich darum handelt, die eventuelle Anwesenheit von Wuchsstoff in irgendeinem Substrat zu bestimmen.

Man kann z. B. eine abgeschnittene Koleoptilspitze auf den Stumpf setzen, worauf dieser sein Wachstum wieder aufnimmt; dasselbe geschieht auch, wenn man zwischen der Spitze und dem Stumpf etwas Gelatine angebracht hat, dagegen nicht, wenn ein Glimmerblättchen dazwischengeschaltet war. Im letztgenannten Fall kann der Wuchsstoff den Glimmer nicht passieren, während er durch die Gelatine leicht hindurchdiffundieren kann.

Die Wiederaufnahme des Wachstums lässt sich am bequemsten feststellen, wenn man die wuchsstoffhaltige Substanz dem Stumpf nicht zentral aufsetzt, sondern einseitig; da der Wuchsstoff in die Längsrichtung des Stumpfes transportiert wird, wächst deshalb jetzt die eine Seite stärker als die andere, und eine Krümmung tritt auf. Diese lässt sich viel leichter beobachten als die Wiederaufnahme des Wachstums selbst, und deshalb wird diese Methode jetzt auch allgemein angewendet, wenn es sich darum handelt, die Anwesenheit von Wuchsstoff festzustellen. Es ist aber noch ein anderer grosser Vorteil an diese Methode verbunden, dass nämlich der Ablenkungswinkel der einseitig gegebenen Wuchsstoffmenge proportional ist.

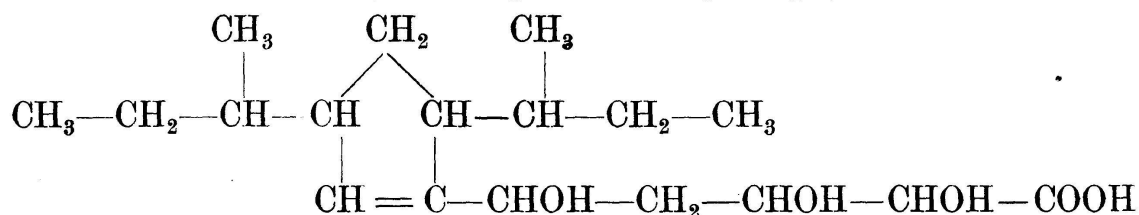
Letzteres wurde von meinem Sohne gezeigt. Nachdem schon vor etwa 20—25 Jahren BOYSEN-JENSEN und PAÁL uns die Überzeugung von der Existenz des Wuchsstoffes beigebracht hatten, gelang es meinem Sohne vor etwa acht Jahren, den Wuchsstoff aus der Spitze herausdiffundieren zu lassen, indem er Spitzen auf wasserhaltige Gelatine oder Agar-Agar hinstellte. Ein Agarwürfelchen mit diesem Wuchsstoff versehen, gibt eine Ablenkung des Haferstumpfes, wenn es in der angegebenen Weise einseitig darauf gesetzt wird.

Wenn man ein solches Würfelchen auf ein gleich grosses ohne Wuchsstoff hinstellt, verteilt sich der Wuchsstoff über ein zweimal grösseres Volum, wird also einmal verdünnt und man kann diese Verdünnung weiter fortführen. Werden jetzt solche Agarwürfelchen mit Wuchsstoff in verschiedener Verdünnung dekapitierten Keimlingen einseitig aufgesetzt, so entstehen Ablenkungen, die der Wuchsstoffkonzentration proportional sind. Bedingung ist dabei, dass Temperatur, Feuchtigkeit und Licht möglichst konstant gehalten werden und dass die Wuchsstoffkonzentration nicht zu hoch ist. Nur in verdünnter Lösung besteht die genannte Proportionalität, bei grösseren Mengen tritt ein beschränkender Faktor auf. Will man also Wuchsstoff in höherer Konzentration messen, so muss man ihn erst soweit verdünnen, dass man sich unterhalb des Bereiches dieser beschränkenden Faktoren befindet.

Diese messende Methode meines Sohnes hat meinen organisch-chemischen Kollegen KÖGL instand gesetzt, mit Herrn Dr. HAAGEN SMIT, Fräulein Dr. ERXLEBEN und seinen übrigen Mitarbeitern den Stoff in reiner Form zu bereiten. Bei der Suche nach einem Material, welches leicht zu erhalten war und worin sich viel Wuchsstoff befand, stellte sich heraus, dass menschlicher Harn ziemlich viel von dieser Substanz enthält. Der Mensch scheidet normalerweise täglich etwa 1—2 mgr Wuchsstoff mit dem Harn ab. Dieser konnte jetzt konzentriert und gereinigt werden, ein Verfahren, das ich hier nicht weiter besprechen will. Zuletzt wurden reine Kristalle erhalten von einer Substanz, welche Auxin genannt wurde. Es handelte sich zwar nur um einige hundert Milligramme; aber nicht nur die Brutto-Formel wurde gefunden, nämlich  $C_{18}H_{32}O_5$ , sondern es gelang, die nähere Struktur zu finden. Jetzt schon kann gesagt werden, dass es sich um eine ungesättigte, einbasische Säure handelt, worin eine Kette von 5-Kohlenstoffatomen an einen 5-Kohlen-

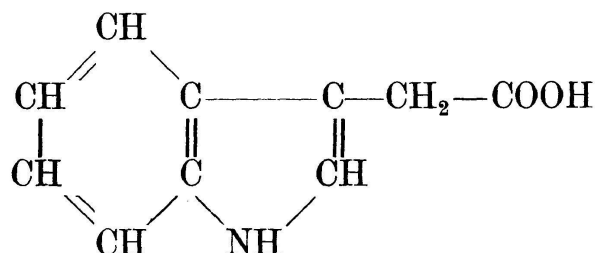


stoffring mit einer Doppelbindung befestigt ist, der an zwei anderen Seiten Ketten mit isoprenartiger Bindung trägt; also etwa:



Neben diesem sogenannten Auxin-*a* ist später noch eine verwandte Substanz gefunden, das Auxin-*b*, welches sich leicht als Ketosäure von der Oxysäure ableiten lässt. Dessen Formel ist  $\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_4$ .

Und endlich haben KÖGL und seine Mitarbeiter vor kurzem noch einen dritten Wuchsstoff gefunden, der zwar eine ganz andere Zusammensetzung aufweist, dessen Wirkung auf die Pflanzenzelle aber den beiden andern — soweit wir bis jetzt sehen können — gleichgesetzt werden muss. Dieses Hetero-Auxin hat sich herausgestellt als  $\beta$ -Indolyl-Essigsäure, also eine schon längst bekannte Substanz von der Zusammensetzung  $\text{C}_{10}\text{H}_9\text{O}_2\text{N}$ :



Wenn es sich in der Natur zwar immer um sehr geringe Mengen handelt, so ist es in letzter Zeit dennoch gelungen, sie auch dann zu unterscheiden; erstens weil sie bei Erhitzung mit Säuren und Basen sich verschieden verhalten, und zweitens weil, eine Methode weiter verfolgend, welche zuerst von meinem Sohne benutzt wurde, das Molekulargewicht aus der Diffusionskonstante in Agar-Agar bestimmt werden konnte.

Indessen ist bis jetzt nur in sehr vereinzeltten Fällen festgestellt worden, welche der verschiedenen Auxinarten in der Natur angetroffen werden. Die Spitze der Graskoleoptile enthält Auxin-*a*. Im menschlichen Harn besteht die Hauptmenge aus Auxin-*a*. Diese Menge hängt wohl mit der Nahrung zusammen; denn drei Stunden nach einer Mahlzeit findet man ein Maximum, welches dann wieder allmählich abnimmt. Es hat sich herausgestellt, dass dies nur der Fall ist, wenn Fette ein Teil der Nahrung ausmachen; diese Fette



enthalten Auxin-*a*, aber auch Auxin-*b*. Infolgedessen muss also der Mensch während der Verdauung dieses Auxin-*b* in Auxin-*a* umwandeln, oder es muss Auxin-*b* dabei vernichtet werden. Daneben enthält der Harn aber auch geringe Mengen von Hetero-Auxin. Sehr wahrscheinlich stammt dieses von der Darmflora her, welche es leicht aus Tryptophan und aus tryptophanhaltigen Proteinen bereiten kann. Es ist nämlich von KÖGL und seinen Mitarbeitern auch schon festgestellt, dass der Wuchsstoff, welcher in Kulturen von Mikroorganismen, wie Hefe, *Aspergillus niger* und *Rhizopus nigricans* angetroffen wird, aus Hetero-Auxin besteht.

In diesen wenigen Fällen hat man also schon genauer angeben können, um welches Auxin es sich handelt, wenn solches in der Natur angetroffen wird; aber übrigens müssen wir jetzt nur in sehr allgemeinem Sinne reden und es weiteren Untersuchungen überlassen, anzugeben, was man in jedem einzelnen Fall unter Wuchsstoff zu verstehen hat.

Wenn wir über das Vorkommen der Wuchsstoffe in der Natur reden, werden wir uns jetzt auf die Pflanzenwelt beschränken. Nur eines mag noch in Hinsicht auf das Tierreich gesagt werden; man hat dort in vielen Fällen Auxin gefunden, aber immer wieder gewinnt man den Eindruck, dass dasselbe in letzter Instanz aus der Pflanze her stammt. Ob demselben im Tierkörper eine Funktion zugeschrieben werden muss, ist unbekannt; soviel ist aber wohl sicher, dass es auch hier mit Zellvermehrung nichts zu tun hat. Angaben über Vorkommen abnormal hoher Auxinmengen in Krebsgeschwülsten haben sich als unrichtig erwiesen. Meistens hat es sich da wohl um eine Verwechslung mit dem schon genannten Bios oder ähnlichen Substanzen gehandelt.

Im Pflanzenreich ist der Wuchsstoff sehr allgemein verbreitet. Bisweilen ist es nicht gelungen, seine Anwesenheit zu beweisen; dann ist später wohl einmal gezeigt, dass derselbe dennoch vorhanden ist. Das war z. B. der Fall in bestimmten Wurzeln, wo man denselben in der gewöhnlichen schon genannten Art nicht erhalten kann, wohl aber, wenn man, dem Verfahren BOYSEN-JENSENS nachfolgend, dem Agar etwas Glukose zusetzt. In anderen Fällen sind dagegen sehr grosse Auxinmengen gefunden, z. B. in den Pollinien der Orchideen. Hier hatte, wie erwähnt, FITTING darauf aufmerksam gemacht, dass in diesen Pollinien Substanzen enthalten sind, welche die Postfloration der Blüte beeinflussen.

Dann hat LAIBACH vor kurzem zeigen können, dass es sich auch in diesem Fall um Wuchsstoff handelt, und übrigens hat er und haben auch andere Untersucher in der letzten Zeit verschiedentlich zeigen können, dass manche Blüten in ihrem Blütenstaub viel Auxin enthalten. LAIBACH hat bei seinen Untersuchungen eine neue Methode angewandt, um den Wuchsstoff in die Pflanze eindringen zu lassen. Er liess denselben von Lanolin aufnehmen und verwendete diese Salbe dann an der Aussenseite der intakten Pflanze. Der Wuchsstoff schien dann aufgenommen zu werden, indem diejenige Seite der Pflanze, welche mit Wuchsstoff belegt war, eine Änderung des Wachstums aufwies. Die Anwendung dieser Methode scheint sehr bequem und man hat dabei den Vorteil, dass man die Testpflanzen nicht zu schädigen braucht; aber demgegenüber ist die Methode, wenigstens bis jetzt, quantitativ noch nicht brauchbar. Es gibt auch Fälle, besonders soweit bis jetzt bekannt in Samen, wo der Wuchsstoff in esterartiger Bindung vorhanden ist; in dieser Form übt er keinen Einfluss auf die Zellstreckung aus. Man kann den Wuchsstoff dann aber durch Behandlung mit verdünnten Säuren oder noch besser durch Lipase freimachen.

Es interessiert uns aber die Frage mehr, wo und wie der Wuchsstoff gebildet wird. Wie gesagt, entsteht derselbe in der Haferkoleoptile in der äussersten Spitze; dort findet sich, wie LANGE zeigte, ein Gewebe, das man fast als ein Drüsengewebe auffassen kann. Aber das ist ein ganz besonderer Fall, demgegenüber sieht es z. B. bei jungen Keimlingen von Lupinen aus, als wenn jede Zelle imstande wäre, Auxin zu produzieren, vielleicht aus etwaiger vorhandener Reservesubstanz. Dabei gibt es auch wieder andere Dikotylen, wie die Gartenkresse und den Radis, wo bei Keimlingen ganz entschieden die Samenlappen die Organe sind, welche Auxin bilden können. Sie tun das aber nur im Lichte: dort besteht also vielleicht ein Zusammenhang zwischen der Wuchsstoffproduktion und der Photosynthese. Auch bei der Gartenbohne hat sich ein Einfluss des Lichtes auf die Auxinbildung nachweisen lassen; dort werden grosse Mengen speziell in sprossenden jungen Knospen angetroffen. Dass Pilze Wuchsstoff produzieren können, wurde schon erwähnt; dasselbe gilt von verschiedenen Bakterien, wie z. B. von *Bacillus coli*.

Man hat untersucht, wie der Transport des Wuchsstoffes stattfindet. Besonders VAN DER WEY hat darüber ausgedehnte Unter-

suchungen angestellt, welche den unumstösslichen Beweis lieferten, dass der Transport mit dem lebenden Zustand der Zelle zusammenhängt, dass es sich also nicht um reine Diffusion handelt. Das konnte verschiedentlich bewiesen werden, z. B. durch Narkotisierung mit Äther, wobei zahlreiche Eigentümlichkeiten des Transportes verschwinden, aber zurückkommen, wenn der Äther wieder entfernt wird, vorausgesetzt, dass seine Konzentration nicht zu hoch war. Die merkwürdigste Eigenschaft des Transportes ist wohl, dass derselbe polar verläuft. Von der Spitze zur Basis geht der Transport leicht vonstatten, hingegen nicht oder äusserst schwierig in umgekehrter Richtung. Das lässt sich im Anschluss an eine Hypothese meines Sohnes vielleicht dadurch erklären, dass Auxin eine Säure ist und dass die Spitze der Haferkoleoptile elektropositiv ist gegenüber der negativen Basis.

Ob bei diesem Transport die Protoplasmaströmung eine Rolle spielt, lässt sich noch nicht sagen. Wohl kann als sicher angenommen werden, dass zwischen diesen beiden Erscheinungen irgendein Zusammenhang besteht. Aus Untersuchungen BOTTELIERS ist nämlich hervorgegangen, dass äussere Umstände, wie z. B. die Temperatur und das Licht, vielleicht selbst die Ionisierung der Luft, auf beide Erscheinungen ähnlich einwirken. Das sind aber alles noch sehr schwierige Fragen, deren Lösung wohl noch einige Zeit auf sich wird warten lassen.

Wenn wir jetzt noch einmal zurückgreifen auf die zuerst angeschnittene Frage, wie der Wuchsstoff das Streckungswachstum der Zelle beeinflussen kann, so verfügen wir hier über Untersuchungen verschiedener Forscher, wovon ganz speziell HEYN genannt werden muss und worüber wir hier vorgestern noch Fräulein ZOLLIKOFER konnten vortragen hören. HEYN konnte für Hafer- und Lupinenkeimlinge, für die Blütenstiele der Tulpen und für die Stengel der Gartenbohne zeigen, dass Auxin die plastische Dehnbarkeit der Zellhaut erhöht. Wenn eine Zelle sich also im turgeszenten Zustand befindet, wird die Folge davon eine irreversible Verlängerung der Zelle sein. Ich kann wegen Zeitmangels diese Frage nicht ausführlicher behandeln, muss aber dennoch eines bemerken.

Während das Wachstum des Stengels durch Wuchsstoff gefördert wird, ist das Umgekehrte bei Wurzeln der Fall. Wenn man z. B. mit HAAGEN SMIT Haferkeimlinge mit ihren Wurzeln

in einer Auxinlösung wachsen lässt, so wird das Wurzelwachstum gehemmt. Das ist schon der Fall, wenn  $1\gamma$  Auxin im Liter Flüssigkeit vorhanden ist. Beim Hetero-Auxin wirkt selbst schon  $0,1\gamma$  pro Liter. Wurzelhaare entwickeln sich zwar viel stärker, aber das Längenwachstum der Wurzel wird geringer, während eine schwache Verdickung auftritt. Ähnliches geht auch aus den Versuchen LAIBACHS hervor. Wenn derselbe seine Auxinsalbe an der einen Seite der Wurzel anbringt, so findet eine Krümmung statt, wobei diese Seite konkav wird.

Eine Erklärung des verschiedenen Verhaltens von Stengel und Wurzel wurde bis jetzt nicht gegeben; diese wird wohl erst möglich sein, wenn das Verhalten der Wurzel viel mehr als bis jetzt in Einzelheiten untersucht ist. Aber es lässt sich vielleicht vermuten, dass der Wuchsstoff bei der Wurzel in erster Instanz auf die Querwand, beim Stengel auf die Längswand einwirkt. Die Wurzelzellen würden demgemäss in die Querrichtung gedehnt werden, wobei die Verkürzung und eventuell eine Verdickung der Wurzel stattfinden würde.

Wichtig ist, dass eine ungleiche Verteilung des Wuchsstoffes die Form eines Organs beeinflussen kann. Das geht aus Krümmungsbewegungen hervor, welche von Pflanzenteilen ausgeführt werden, die der einseitigen Lichtwirkung ausgesetzt sind, oder in eine abweichende Stellung gegenüber der Schwerkraft gebracht wurden. Betrachten wir zuerst die Folgen der Einwirkung des Lichtes.

Bekanntlich führen viele Stengel, wenn sie einseitig belichtet werden, eine Krümmung aus, wobei sie sich so viel wie möglich in die Richtung der einfallenden Strahlen stellen. Diese sogenannte positive phototropische Krümmung entsteht, indem die Schattenseite rascher wächst als die Lichtseite. Sie wurde wieder sehr genau bei Haferkeimlingen untersucht, wobei sich herausstellte, dass die Grösse und die Richtung der Krümmung in hohem Masse von der Menge des einfallenden Lichtes abhängig sind. Licht von verschiedener Wellenlänge hat dabei sehr verschiedenen Einfluss. Während das rote und das orange Licht sich wie Dunkelheit verhalten, ist die Wirkung am stärksten im blauen Lichte, um von dort nach dem Ultraviolett hin wieder abzunehmen. Haferkeimlinge sind positiv phototropisch für geringe und für grosse Lichtmengen; dazwischen befindet sich ein Gebiet, wo die Pflan-

zen negativ phototropisch reagieren. Ich lasse alle weiteren Einzelheiten hier ausser Betracht.

Es ist nun gelungen, bei einseitig beleuchteten Haferkeimlingen den Wuchsstoff der Spitze von der Licht- und der Schattenseite gesondert zu untersuchen. Dazu wurde die Spitze auf zwei Agarblöckchen gestellt, welche voneinander durch die Schneide eines Sicherheitsrasiermessers getrennt waren. Mein Sohn konnte in dieser Weise zeigen, dass von dem dann vorhandenen Wuchsstoff etwa  $\frac{2}{3}$  sich an der Schattenseite,  $\frac{1}{3}$  an der Lichtseite sammelt. Wenn dieser Wuchsstoff dann weiter in die Längsrichtung des Keimlings transportiert wird, muss die Schattenseite stärker wachsen als die Lichtseite und eine Krümmung muss eintreten, und zwar nach dem Lichte hin gerichtet, also positiver Phototropismus. Später hat Du Buy genauere Bestimmungen ausgeführt, mit deren Hilfe er auch das Auftreten des negativen Phototropismus erklären konnte.

Noch eingehender hat VAN OVERBEEK die Sache für Radiskeimlinge untersucht. Auch dort findet bei einseitiger Beleuchtung eine Ablenkung des Wuchsstoffes nach der Schattenseite hin statt. Diese Ablenkung ist dort selbst noch auffallender, weil sie nicht auf die Spitze beschränkt ist, sondern auch in den übrigen Teilen des Keimlings angetroffen wird. Wenn man einen Zylinder aus dem Keimling herausschneidet und seiner Spitze ein Agarwürfelchen mit Wuchsstoff einseitig aufsetzt, so erhält diejenige Seite, wo das Würfelchen aufgesetzt ist, mehr Wuchsstoff, der an der Unterseite in reinem Agar aufgefangen werden kann. Wenn man aber den Versuch in einseitigem weissem oder blauem Lichte ausführt, so wird die grösste Wuchsstoffmenge an der Schattenseite des Zylinders aufgefangen werden.

VAN OVERBEEK ging noch einen Schritt weiter. Er untersuchte im Licht und im Dunkeln das Reaktionsvermögen dieser Keimlinge gegenüber einer bestimmten Wuchsstoffmenge, und es stellte sich heraus, dass dieses in der Dunkelheit viel grösser ist als im Lichte. Licht und zwar speziell Licht von kleiner Wellenlänge setzt die Reaktionsfähigkeit gegenüber Auxin herab. Hier ergab sich die Erklärung einer Erscheinung, welche BLAAUW unter dem Namen Photowachstumsreaktion oder Lichtwachstumsreaktion zuerst beschrieben hatte; diese besteht darin, dass Pflanzen, nachdem sie einige Zeit im Dunkeln verweilt haben, allseitigem Licht ausge-

setzt, eine Änderung der Wachstumsintensität zeigen, welche oft einen wellenförmigen Verlauf nimmt, um zuletzt wieder auf eine konstante Höhe zurückzukommen. Diese Reaktion summiert sich also bei einseitiger Belichtung der ungleichen Wuchsstoffverteilung, weil dann in den meisten Fällen die Vorderseite mehr Licht empfängt als die Hinterseite und infolgedessen weniger stark auf die an sich schon geringere Auxinmenge reagiert. Aus den angeführten Untersuchungen lässt sich schliessen, dass die phototropischen Erscheinungen sich mit Hilfe des Wuchsstoffes erklären lassen.

Dasselbe lässt sich auch von denjenigen Erscheinungen sagen, welche von der Schwerkraft ausgelöst werden. Bekanntlich wachsen viele Stengel senkrecht aufwärts, Hauptwurzeln dagegen senkrecht abwärts. Bringt man sie aus der Lotlinie heraus, so findet ein ungleiches Wachstum der Ober- und Unterseite statt, infolgedessen diese wieder ihre ursprüngliche Richtung zurückerhalten; der Stengel ist dann also negativ, die Wurzel positiv geotropisch. Beschränken wir uns vorläufig auf den negativen Geotropismus, so können hier wieder in erster Instanz Versuche mit Haferkeimlingen erwähnt werden.

Wir verdanken DOLK den Nachweis, dass die von CHOLODNY aufgestellte Theorie, dass eine ungleiche Wuchsstoffverteilung Veranlassung zu der geotropischen Krümmung sei, richtig ist. Haferkoleoptilen sind negativ geotropisch, aber schon seit DARWIN wusste man, dass Abschneiden der Spitze den Geotropismus aufhebt, wenigstens zeitweise. Besonders ROTHERT hat das untersucht, und es lag die Vermutung auf der Hand, dass es sich hier um die Beseitigung resp. um die Regeneration des Wuchsstoffes handelte. DOLK zeigte, dass zeitlich Regeneration des Wuchsstoffes und Wiedereintreten des Geotropismus zusammenfallen.

Mein Sohn hat dann zeigen können, dass man die Spitze des Keimlings durch ein Agarwürfelchen mit Auxin ersetzen kann. Wird also ein Haferkeimling dekapitiert und daraufhin ein wenig Wuchsstoff dem Stumpf aufgesetzt, so reagiert er normal negativ geotropisch.

Was uns besonders interessiert, ist die Frage, ob auch gerade wie beim Phototropismus hier eine ungleiche Verteilung des Wuchsstoffes zu Stande kommt. DOLK hat zeigen können, dass es sich hier wirklich ähnlich verhält. Wenn man einen Haferkeim-



ling einige Zeit in horizontaler Stellung hält, dann die Spitze abschneidet und den Wuchsstoff von der Ober- und Unterseite gesondert auffängt, so stellt sich heraus, dass unten mehr Auxin enthalten ist als an der Oberseite. Infolgedessen findet an dieser Unterseite ein stärkeres Wachstum statt und eine negativ geotropische Reaktion erfolgt.

Auch wenn man Koleoptilzylinderchen herstellt und diesen an der einen Seite Agar mit Wuchsstoff aufsetzt, lässt sich zeigen, dass der Wuchsstofftransport bei horizontalem Stande der Zylinderchen anstatt in die Längsrichtung des Keimlings zu verlaufen, schräg nach unten gerichtet ist. Das summiert sich dann der soeben genannten Erscheinung und deshalb lässt es sich verstehen, weshalb die geotropische Krümmung viel eher sichtbar wird als die phototropische und auch rascher von der Spitze zur Basis hin verläuft.

Dagegen hat sich auch gezeigt, dass die Schwerkraft keinen tonischen Einfluss hat. Während Licht an sich die Reizbarkeit der Zellen für Auxin verkleinert, lässt sich etwas derartiges bei der Schwerkraft nicht auffinden, auch wenn dieselbe in einer andern als der normalen Richtung einwirkt.

Wie steht es nun mit dem positiven Geotropismus? Derselbe ist viel weniger eingehend untersucht als der negative. Beim negativen Geotropismus verfügen wir nämlich nicht nur über die grundlegenden Versuche DOLKS mit Avenakoleoptilen, sondern auch über die daran anschliessenden DYKMANS mit Lupinenkeimlingen, wobei die erhaltenen Resultate ähnlich waren. Aber beim positiven Geotropismus sind die unmittelbaren Versuche gering an der Zahl. Es lässt sich aber wohl schon sagen, dass hier der Wuchsstoff hemmend auf das Längenwachstum einwirkt, und dass also, wenn auch hier in horizontal gelegten Wurzeln die Unterseite mehr Wuchsstoff bekommt wie die Oberseite, die natürliche Folge ein stärkeres Wachstum der Oberseite und infolgedessen eine positiv geotropische Abwärtskrümmung sein muss.

Wir sahen also, dass es pflanzliche Hormone gibt, die Auxine, welche durch ihre ungleiche Verteilung zu einer Formänderung eines Pflanzenteils führen können. Nicht allein kann in dieser Weise die Form geändert werden, es kann auch die alte Form wieder zurückkehren, wenn die äussere Veranlassung zur Formänderung nicht mehr vorhanden ist und wenn die neue Form noch



nicht durch Wachstum fixiert war. Es tritt dann die Erscheinung auf, welche den Namen Autotropismus erhalten hat. Man kann diesen Autotropismus auch schon während der Krümmung beobachten. Denken wir uns wieder einen Haferkeimling, der durch einseitiges Licht phototropisch gekrümmt wird. Verfolgt man diese Krümmung von Anfang an, so stellt sich heraus, dass sie an der Spitze anfängt und dann allmählich nach der Basis hin verläuft. Etwas später setzt dann auch der Autotropismus ein, ebenfalls an der Spitze anfangend, wo also die ursprünglich gekrümmten Zonen sich wieder strecken, und auch diese Streckung läuft von der Spitze zur Basis hinter der Krümmung an, so dass zuletzt die stärkste Krümmung in derjenigen Zone an der Basis aufgefunden wird, welche ihr Wachstum eben noch nicht eingestellt hatte. Und nun hat DOLK beweisen können, dass dieser Autotropismus bei dekapitierten Keimlingen nicht auftritt, oder besser erst dann auftritt, nachdem Wuchsstoff regeneriert wurde, es sei denn, dass man vorher mit Vorbedacht Agarwürfelchen mit Auxin dem Stumpf aufgesetzt hat.

Eine Vorstellung der Art und Weise, wie der Wuchsstoff beim Autotropismus eine Rolle spielen kann, lässt sich folgender Art bekommen. Denken wir uns irgendeinen Stengel, dessen eine Flanke mehr Wuchsstoff erhielt als der andere, so wird dort das Wachstum stärker sein. Es resultiert also eine Krümmung, und zwar wird die Flanke mit der grössten Wuchsstoffmenge konvex werden. Bei diesem Wachstum wird selbstverständlich Substanz für die Bildung der Zellhaut und der übrigen Teile der Zelle verbraucht. Infolgedessen wird diese Zellbildungssubstanz an der konvexen Seite leicht im Minimum kommen. Wenn jetzt wieder beiderseitig gleich viel Wuchsstoff zuströmt, wird die konkave Seite mit ihrer grösseren Menge Bildungssubstanz also rascher wachsen müssen als die gegenüberliegende und es muss infolgedessen Geradstreckung stattfinden.

Wir haben hier also im Auxin ein Hormon, das in letzter Instanz gestaltend wirkt, wenn auch nur in sehr primitiver Art, da es nur die Zellstreckung beeinflusst. Die HABERLANDTSchen Hormone regen ihrerseits wohl die Zellbildung, und zwar die Zellteilung an, aber sie haben keinen Einfluss auf die Form der Pflanzenteile. Eine vor kurzem erst gefundene Gruppe von Hormonen wirkt nun in beider Hinsicht, sowohl zellbildend als zell-

streckend, und dadurch bestimmte Organe bildend. Oder besser sollte gesagt werden, dass bis jetzt nur ein einziges dergleichen Hormon bekannt wurde, das also noch am meisten den von SACHS vorgeahnten organbildenden Stoffen sich nähert.

Es geht hier um die wurzelbildende Substanz oder das Rhizokalin. Dasselbe wurde von meinem Sohne bei Untersuchungen über Wurzelbildung an *Acalypha* im Botanischen Garten in Buitenzorg auf Java entdeckt, dann von ihm und von BOUILLENNE an dieser Pflanze und an andern, speziell Keimlingen von z. B. *Impatiens*, weiterstudiert. Jetzt in dieser letzten Zeit wurde die Arbeit in Pasadena weitergeführt, wobei mein Sohn besonders gewöhnliche Erbsen als Testobjekt benutzte. Es gelang dann, hier eine Messmethode aufzufinden, wodurch es möglich wurde, das Rhizokalin näher kennenzulernen.

Bekanntlich kann man viele Pflanzen durch Stecklinge vermehren; ein Zweig wird von der Pflanze abgetrennt und in den Boden gestellt. Dann entwickeln sich Wurzeln an Stellen, wo sie sich normalerweise nicht gebildet haben würden. Bisweilen sind diese Wurzeln schon an der intakten Pflanze als Anlagen vorhanden; diese Fälle, wo also Wurzelanlagen auswachsen, interessieren uns hier augenblicklich nicht. Die Erscheinung, warum es sich hier handelt, ist die Bildung von Wurzeln an Stellen, wo keine solchen Anlagen vorhanden waren. Es war schon lange bekannt, dass irgendein Zusammenhang mit den Blättern und besonders mit den sich entwickelnden jungen Achselsprossen bestehen musste; auch wurde schon öfters an einen stofflichen Zusammenhang gedacht; aber viel weiter war man bis vor kurzem nicht gekommen.

Es konnte nun für *Acalypha* der Beweis geliefert werden, dass tatsächlich ein pflanzliches Hormon hier eine Rolle spielt. Wenn man in der gewöhnlichen Weise Stecklinge von *Acalypha* schneidet und diese im feuchten Raume hinstellt, so findet am basalen Teil dieser Stecklinge Wurzelbildung statt. Wenn man aber an solchen Zweigen einige Tage, bevor man sie von der Pflanze trennt, alle Blätter entfernt und dann nachher die abgeschnittenen Stecklinge im feuchten Raume aufstellt, so bewurzeln sie sich nicht oder es bilden sich nur sehr spärlich einzelne Wurzeln. Man kann dann aber bei solchen Stecklingen die Wurzelbildung wieder hervorrufen, wenn man an der oberen Hälfte der-

selben die peripherisch gelegenen Zellschichten abschabt und die so angebrachte Wunde mit Agar-agar und Rhizokalin bedeckt. Dieses Rhizokalin lässt sich aus Blättern, die man auf Wasser gestellt hat, ausziehen, und zwar nicht nur aus Blättern von *Acalypha*, sondern auch von andern Pflanzen, wie z. B. *Carica Papaya*. Es liessen sich aber ausserdem auch Malz und Reiskleie als rhizokalinhaltige Medien benutzen.

Indessen waren die Resultate mit *Acalypha* zu launenhaft, um eine messende Behandlung zu ermöglichen, und das war doch nötig, wollte man etwas mehr von dieser wurzelbildenden Substanz wissen, als etwa dass sie thermostabil ist. Wie aber schon gesagt wurde, hat sich zuletzt gezeigt, dass gewöhnliche Gartenerbsen ein ausgezeichnetes Material für diese Versuche liefern; mit Hilfe derselben hat sich jetzt eine Testmethode zur Bestimmung der Rhizokalinmengen ausarbeiten lassen.

In kurzen Worten lässt sich diese Methode folgendermassen schildern: Erbsenpflanzen werden bei einer Temperatur von 25° C und bei hoher Luftfeuchtigkeit in einem Dunkelzimmer in Sand aufgezogen. Wenn sie etwa eine Woche alt sind, wird der junge Stengel etwas oberhalb des ersten schuppenförmigen Blattes abgeschnitten, während am oberen Teile die Spitze mit dem jungen Spross entfernt wird. Man erhält in dieser Weise einen Stengel, aus zwei Internodien und aus einem Knoten, der ein kleines schuppenförmiges Blatt trägt, bestehend. Diese Stengel werden mit ihrer Basis in Wasser gestellt, daraufhin zur Desinfektion in eine 0,05 %  $\text{KMnO}_4$ -Lösung, und schliesslich wird die Spitze mit einem scharfen Rasiermesser durch einen Medianschnitt etwa 1 cm lang in zwei Hälften gespalten, welche alsbald auseinanderklaffen. Der so präparierte Stengel kommt jetzt in umgekehrter Stellung während 15 Stunden in eine Rhizokalinlösung, daraufhin wird er wieder umgekehrt und mit der Basis erst 6 Tage in 2 % Zuckerlösung, dann 7 Tage in Wasser gestellt; die Kontrollen haben natürlich, anstatt in Rhizokalinlösung, in reinem Wasser gestanden. Wenn man nun dafür sorgt, dass die Feuchtigkeit der Atmosphäre nicht höher ist als etwa 60—70 %, so bilden sich allmählich an der Basis der mit Rhizokalin behandelten Sprosse Wurzeln, deren Zahl dann nach diesen zwei Wochen bestimmt wird.

Auch die Kontrollpflanzen bilden einige Wurzeln, aber immer nur wenige, während die Rhizokalinlösung deren viele liefert;

zieht man die erstgenannte Zahl von der zweiten ab, so erhält man den reinen Einfluss der wurzelbildenden Substanz in der Lösung. Es stellte sich nun heraus, dass diese Zahl der Konzentration der Rhizokalinlösung ungefähr proportional ist, wenn nur diese Lösung nicht zu konzentriert ist. Es wurden z. B. die Konzentrationen 0,002, 0,005, 0,01, 0,02, 0,1 und 0,2 benutzt und dabei erhalten 2, 4, 8, 15, 20 und 24 Wurzeln, also nur bei den letzten zwei keine Proportionalität. Es sieht hier aus wie beim Wuchsstoff: die Reaktion ist der Konzentration proportional, bis sich bei höheren Konzentrationen ein Hemmungsfaktor fühlbar macht.

Wir verfügen erst seit sehr kurzer Zeit über diese Testmethode für die wurzelbildende Substanz. Es versteht sich, dass wir hier also noch in keiner Weise Resultate aufweisen können, welche mit denen beim Wuchsstoff vergleichbar sind. Aber verschiedenes lässt sich dennoch schon sagen, obschon vielleicht hin und wieder mit einigem Vorbehalt.

Dass die Kontrollpflanzen, wie gesagt, dennoch einige Wurzeln bilden, muss dem Rhizokalin, welches in den schuppenförmigen Blättchen enthalten ist, zugeschrieben werden; die Menge davon konnte auch ungefähr bestimmt werden. Schneidet man beide Schuppen ab, so bilden sich keine Wurzeln, aber derart präparierte Pflanzen sind für die Rhizokalinversuche ungeeignet.

Der Transport des Rhizokalins geht bei den Erbsenstengeln ausschliesslich von der Spitze zur Basis, und auch hier scheint diese Polarität mit elektrischen Potentialdifferenzen zwischen Spitze und Basis zusammenzuhängen, wie das beim Wuchsstoff der Fall ist.

Es hat sich herausgestellt, dass Rhizokalin in der Natur sehr verbreitet ist, wobei dahingestellt sein mag, ob es sich dabei immer um genau dieselbe Substanz handelt. Als Beispiele seien genannt: Reiskleie, Blätter verschiedener Pflanzen (*Malva*, *Prunus Laurocerasus*, *Helianthus annuus*), Pollenkörner einer Anzahl von Blüten, Kulturflüssigkeit von *Rhizopus suinus*, und auch wieder menschlicher Harn.

Der Verdacht kam auf, dass Rhizokalin mit Wuchsstoff identisch sein könnte, besonders auch, da konzentrierte Auxinpräparate sich als rhizokalinhaltig erwiesen. Es kam hinzu, dass gefunden wurde, dass Rhizokalin eine ungesättigte organische Säure ist, welche ungefähr dieselbe Stärke wie Auxin und ebenfalls un-

gefähr dieselbe Löslichkeit hat. Auch die Destillation und Laktonisierung geschieht unter sehr ähnlichen Bedingungen. Gegen die Identität aber spricht der Umstand, dass die natürlichen Produkte sich sehr verschieden verhalten können in bezug auf ihren Wuchsstoff- und Rhizokalingehalt. Ein paar Beispiele mögen das erläutern. Wenn man sowohl den Auxin- als den Rhizokalingehalt in einer bestimmten, willkürlich gewählten Einheit ausdrückt, so findet man z. B. folgende Zahlen für resp. wurzelbildende Substanz und Wuchsstoff: Menschlicher Harn 0,7 bis 3,0 gegen 0,5; Pollenkörner von *Acer Negundo* 0 gegen 20; Pollen von *Hicoria cordiformis* 2,5 gegen 65; Pollen von *Quercus alba* 60 gegen 0,7; Blätter von *Prunus Laurocerasus* 0,04 gegen 0; man könnte diese Beispiele mit manchen vermehren. Diese Zahlen können doch kaum anders gedeutet werden als durch die Verschiedenheit von Auxin und Rhizokalin. Es handelt sich ja auch um sehr verschiedene Reaktionen der Pflanze: beim Auxin nur Zellstreckung, beim Rhizokalin zwar auch Zellstreckung, daneben aber auch Zellteilung und überhaupt die Bildung von Organen von bestimmter Form.

Es scheint wohl als feststehend angenommen werden zu können, dass die wurzelbildende Substanz in den Blättern, mehr speziell in aussprossenden Knospen, unter dem Einfluss des Lichtes gebildet wird. Bei normalen Pflanzen strömt sie dann den unterirdischen Teilen zu, wo sie die normale Wurzelbildung veranlasst; wird die Verbindung mit der Wurzel unterbrochen, so bilden die Wurzeln sich an der Basis des Stecklings.

Vielleicht mag noch erwähnt werden, dass manche Beobachtungen darauf hindeuten, dass es in der Pflanze auch Hemmungsstoffe gibt, welche z. B. Veranlassung dazu sind, dass gewisse Teile sich nicht entwickeln. Vorläufige Beobachtungen meines Sohnes scheinen darauf hinzudeuten, dass auch diese Hemmungsstoffe organische Säuren sind. Um welche unendlich kleine Mengen es sich dabei handelt, geht wohl am besten daraus hervor, dass man für den soeben genannten Testversuch mit Rhizokalin den Zucker des Handels, auch wenn derselbe chemisch rein genannt wird, nicht benutzen kann; derselbe muss erst mit Chloroform oder Äther von Hemmungsstoffen gereinigt werden, soll der Versuch gelingen.

Es lassen sich noch andere Substanzen als Hormone im Pflanzenreich bezeichnen. Wir verdanken deren Kenntnis in erster In-

stanz FITTING. Derselbe hat gezeigt, dass Protoplasmaströmung oft durch äusserordentlich kleine Mengen von Substanzen angeregt wird, welche im Pflanzenkörper gebildet werden. Er bezeichnet diesen Einfluss mit dem Namen Chemodinese. Wenn man Schnitte von Vallisneriablättern in chemisch reines destilliertes Wasser bringt, so tritt keine Strömung auf, dieselbe fängt aber an, wenn äusserst verdünnte Pflanzenextrakte zugesetzt werden. FITTING konnte durch Herumprobieren mit vielen organischen Substanzen zeigen, dass es sich hier wohl in erster Instanz um Aminosäuren handelt. Eine Lösung von  $\frac{1}{10,000,000}$  Mol. Asparagin, Asparaginsäure oder Glutaminsäure wirkt schon auslösend auf diese Bewegung.

Hormonalwirkung kann auch bei der Sinnpflanze mit im Spiele sein. RICCA hat zeigen können, dass hier bei der Fortpflanzung des Reizes einer Substanz Rechnung getragen werden muss, welche jedenfalls eine Rolle spielt. FITTING hat auch hier die Natur der Substanz zu erforschen gesucht; dabei stellte sich heraus, dass gewisse Monaminosäuren und Anthrachinonderivate eine ähnliche Wirkung haben, wenn man abgeschnittene Mimosasprosse in eine äusserst verdünnte Lösung einer dieser Substanzen bringt.

Es handelt sich hier, wie übrigens in allen von uns besprochenen Beispielen, stets um den Einfluss von äusserst geringen Mengen von irgendeiner von der Pflanze gebildeten Substanz, so gering, dass man wohl noch vor kurzer Zeit solche Beeinflussungen für unmöglich erklärt haben würde. Wir waren zwar in andern Fällen schon bekannt geworden mit dieser grossen Macht des Kleinen. Aber dann handelte es sich um Wirkungen auf ein einzelnes Bakterium. Als ENGELMANN erklärte, dass bestimmte Bakterien imstande seien, auf die Anwesenheit von einem Molekül Sauerstoff zu reagieren, erregte diese Mitteilung zwar Staunen, aber man verglich die Grösse des Bakteriums mit derjenigen des Moleküls und fand die Sache dann nicht mehr so merkwürdig. Ähnliches gilt für die Angaben PFEFFERS, dass ein Spermatozoid eines Farnes schon von  $\frac{28}{1,000,000,000}$  mgr Apfelsäure chemotaktisch gereizt wird, da das Gewicht eines Spermatozoids auf das 14fache dieses Wertes berechnet wurde.

Hier, wo es sich um die Zellen höherer Gewächse handelt, stand die Sache aber doch etwas anders, und dennoch hat sich gezeigt, welche erstaunlich kleine Mengen von diesen Hormonen



noch eine deutliche Wirkung hervorrufen. Beim Rhizokalin wurde z. B. gearbeitet mit einem aus Harn erhaltenen Produkt, wovon 1 mgr imstande war, bei Erbsen 50,000 Wurzeln entstehen zu lassen. Man bedenke dann dabei, dass nur ein sehr kleiner Teil dieses mgr wirklich wurzelbildende Substanz war. Und beim Wuchsstoff haben wir schon einige ähnliche Zahlen gehört; bedenken wir, dass  $\frac{1}{50,000,000}$  mgr Auxin, bei einem Haferkeimling einseitig angebracht, imstande ist, eine Ablenkung von  $10^\circ$  zu veranlassen; fragen wir uns dann einmal ab, wieviel jede einzelne reagierende Zelle davon erhalten wird? Ich will diese Beispiele hier nicht vermehren; das Gesagte genügt wohl, um die Macht des Kleinen in der lebenden Natur zu zeigen.

Vielleicht hat schon mancher sich hin und wieder die Frage vorgelegt, ob die neu aufgefundenen Tatsachen nicht auch praktischen Nutzen bringen können, ganz besonders der Landwirtschaft und dem Gartenbau. Diese Frage muss ganz entschieden bejahend beantwortet werden, sowohl wo es den Wuchsstoff betrifft als die wurzelbildende Substanz. Bei letzterer ganz besonders, weil es meinem Sohne gelungen ist, das Rhizokalin von Lanolin aufzunehmen zu lassen, so wie LAIBACH es mit dem Wuchsstoff gemacht hat; solche Salbe an der Aussenseite von intakten Pflanzen angebracht, hat schon Wurzelbildung hervorgerufen. Aber wir können vielleicht weiter in die Ferne sehen und da glauben, dass der Mensch es künftighin in der Hand haben wird, nach Willkür Wurzeln, Blüten und Früchte entstehen zu lassen.

Bleiben wir auf mehr rein wissenschaftlichem Gebiete, so werden Sie gesehen haben, dass die Biologie, und hier mehr speziell die Botanik, in der Hinsicht Physik und Chemie von weitem nachfolgt, als auch sie sich mit immer kleineren Objekten beschäftigt; wenn zwar bei weitem nicht so klein wie bei den Wissenschaften der unbelebten Natur, so lässt sich dennoch auch hier kaum eine Grenze sehen. Und Sie werden vielleicht aus dem Mitgeteilten den Eindruck bekommen haben, dass sich hier dem menschlichen Geist ganz neue Perspektiven eröffnen, vor wenigen Jahren noch ungeahnt, es sei denn von solchen genial veranlagten Forschern wie SACHS und BEYERINCK.



# Radiations et Radiobiologie

Par

A. ROSSELET

D<sup>r</sup> ès Sciences physiques et D<sup>r</sup> en Médecine, Prof. à l'Université de Lausanne

La radiologie médicale donne à ceux qui la servent de nombreuses possibilités d'extérioriser leurs tendances profondes et leurs goûts personnels. Les uns se bornent à prendre de beaux clichés radiographiques; les autres recherchent la façon la plus judicieuse de rythmer leurs irradiations, espérant augmenter ainsi le pourcentage de leurs malades guéris; enfin, il en est qui, sans oublier leur responsabilité vis-à-vis de ceux qui souffrent, sont, par la tournure de leur esprit, plus spécialement attirés vers des problèmes où se heurtent et se pénètrent des sciences diverses. A ceux-ci sont interdits les succès faciles.

Ils interrogent les physiciens pour connaître leurs opinions sur l'origine et la structure des radiations; ils interrogent les biologistes, pour essayer de mieux comprendre les phénomènes nombreux et variés par lesquels se manifeste l'absorption de l'énergie radiante dans la matière vivante. Ils espèrent découvrir dans leurs réponses le secret qui leur permettra de toujours mieux soigner leurs malades.

C'est dans tous les domaines de l'activité humaine, et toujours, que nous voyons se confronter ces deux formes d'esprit qui ne s'excluent point, mais se complètent: celle du technicien seulement tenté par le résultat et celle du savant qui voudrait essayer de comprendre le mécanisme de sa réalisation. De cette dernière attitude, l'on s'est parfois moqué; déjà RABELAIS disait de ceux qui voulaient savoir le mode d'action des eaux minérales: «et je m'ébahis grandement d'un tas de fols philosophes et médecins qui perdent temps à disputer où vient la chaleur de ces dites eaux, ou si c'est

à cause du borax, ou du soufre, ou de l'alun, ou du salpêtre qui est dedans le minière.»

Sans trop nous ébahir, «perdons temps» à nous poser les questions pouvant surgir dans l'esprit du médecin qui fait tomber les radiations sur le corps de ses patients. Écoutons en les réponses essentielles, toujours mouvantes, incomplètes et fragmentaires qui leur sont données.

\*        \*

Un demi siècle a passé depuis que MAXWELL — dont le nom domine encore, avec celui de FARADAY, tout le monde des radiations — prononça cette phrase, bien souvent transmise et répétée: «si je tenais au bout de mon doigt une charge électrique et que je lui communique un mouvement oscillatoire suffisamment rapide, je ferais de la lumière.»

Nous savons aujourd'hui que son exactitude n'est pas absolue si l'on croit y découvrir l'opinion que la technique finira bien par réaliser des oscillations électroniques de période assez courte ou de fréquence assez grande pour que d'elles naissent des radiations lumineuses, ou peut-être même des rayons X ou des rayons Gamma. Sans doute qu'en provoquant le déplacement toujours plus rapide des électrons libres d'un circuit oscillant, qui est la partie essentielle d'un appareil de diathermie, elle peut en faire l'origine de radiations de longueur d'onde de plus en plus courte. Mais leurs dimensions ne furent jamais inférieures à 1 mm. Elles sont exprimées dans la formule suivante

$$\lambda = c \cdot 2 \pi \sqrt{L \cdot C}$$

où  $c$  est la vitesse de propagation d'une radiation, soit 300,000 km par seconde,  $L$ , le coefficient de self-induction du circuit oscillant dans lequel se décharge le condensateur de capacité  $C$ .

A ce propos, il convient de bien préciser que si ces ondes courtes sont employées en radio-télégraphie, la thérapeutique se sert seulement des oscillations électriques qui sont à leur origine et non pas encore d'elles, ou fort peu d'elles, comme le laisse volontiers croire la désignation de «traitements par les ondes courtes» qui vient introduire dans nos esprits une confusion regrettable. Pour cette raison, nous ne partageons pas l'avis de ceux qui proposent de les appeler «D'Arsonvalisation par ondes courtes» alors qu'il serait plus juste, pensons-nous, de recourir à l'expression de «D'Ar-

sonvalisation par oscillations électriques de très hautes fréquences ».

Ces ondes n'appartiennent donc pas à la radiologie médicale. L'origine de celles qu'elle utilise soit les rayons de Röntgen, les rayons Gamma des substances radio-actives et la lumière, doit être recherchée dans des états électriques successifs et variables se passant dans la structure de l'atome et seulement, en première approximation, dans une oscillation de ses électrons. Mais elle n'est plus directement produite par la technique, comme MAXWELL paraissait le prévoir, mais indirectement par la température élevée du corps qui rayonne, ou mieux encore, par le bombardement de ses atomes par des électrons venus de l'extérieur.

L'expression mathématique de la longueur d'onde de ces radiations atomiques est :

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{e} \cdot \frac{1}{V}$$

où  $c$  est encore la vitesse de propagation d'une radiation,  $e$ , la charge de l'électron,  $V$ , la différence de potentiel qui le projette contre l'atome, et  $h$ , l'importante constante universelle de PLANCK dont la valeur est égale à  $6.55 \cdot 10^{-27}$  erg. sec.

Cette formule est donc très différente de celle qui nous donne la longueur d'onde de la radiation émise par un circuit oscillant, nous montrant ainsi que leur origine comme leur structure respectives ne sont pas identiques, ainsi que l'ont bien mis en évidence de nombreux physiciens et surtout les travaux de PLANCK, d'EINSTEIN, de BOHR et de LOUIS de BROGLIE. Dans cette dernière expression est en effet présente la constante universelle de PLANCK qui ouvre le domaine des phénomènes se passant à l'échelle atomique, et ferme celui de ceux qui sont encore régis, comme les circuits oscillants, par les lois fondamentales de la mécanique et de l'électrodynamique classiques.

Seules les actions thérapeutiques des radiations émises par les atomes vont nous intéresser ; nous nous occuperons d'elles plus en médecin qu'en biologiste, puisque dans ce domaine, comme dans beaucoup d'autres, la plupart des expériences de laboratoire n'ont pas encore franchi le fossé qui les sépare du lit du malade.

Avant de pénétrer dans le domaine de la radiobiologie, il nous est particulièrement agréable de rappeler la part importante qu'ont

pris à son développement les travaux de nos collègues zurichois, et plus spécialement ceux de MIESCHER, de SCHINZ et VON ALBERTINI.

\* \* \*

L'on a souvent raconté que l'une des préoccupations du radiologiste était de faire de la micro-chirurgie; l'action des rayons X et des rayons Gamma serait simplement comparable à celle d'un bistouri microscopique; leur rôle, de faire disparaître la cellule malade de notre organisme, comme celui du chirurgien est parfois d'en extirper une tumeur maligne. Nous savons aujourd'hui que cette opinion n'est pas toujours exacte, et même qu'elle est, beaucoup plus rarement qu'on ne le suppose, l'expression de la vérité; que la destruction d'une cellule n'est pas toujours, comme elle le laisse croire, la conséquence directe de l'absorption dans sa masse de l'énergie radiante.

Cependant, comme sur cette idée se basent encore plusieurs traitements importants, nous voudrions en rappeler les principaux aspects, puis aussi parce qu'il nous sera plus facile de montrer ensuite les domaines nouveaux qui s'ouvrent à l'activité du radiologiste. A cette conception beaucoup trop morphologique de l'action biologique des radiations, sont liés deux problèmes dont l'un est celui de l'existence et des raisons de la radio-sensibilité augmentée de certaines cellules, par rapport à celles qui forment les tissus généraux, soit le tissu conjonctif, les vaisseaux, les nerfs et les muscles. L'autre est celui de la technique des irradiations.

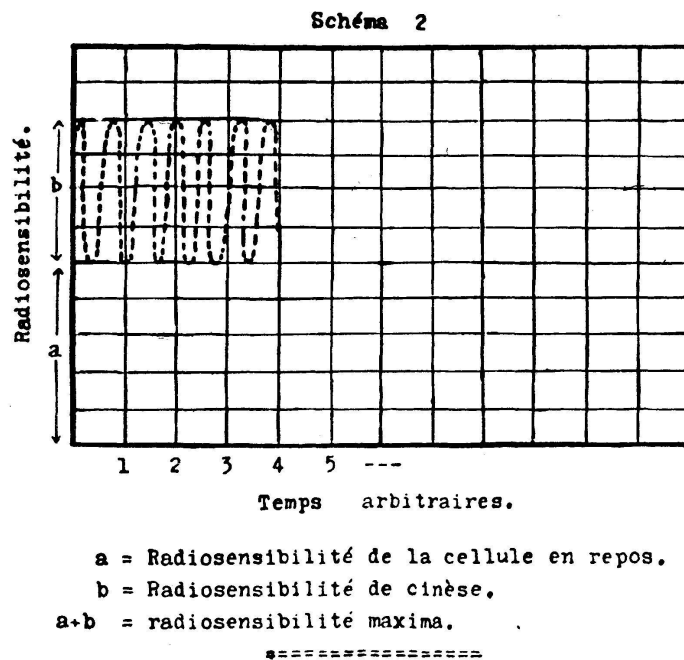
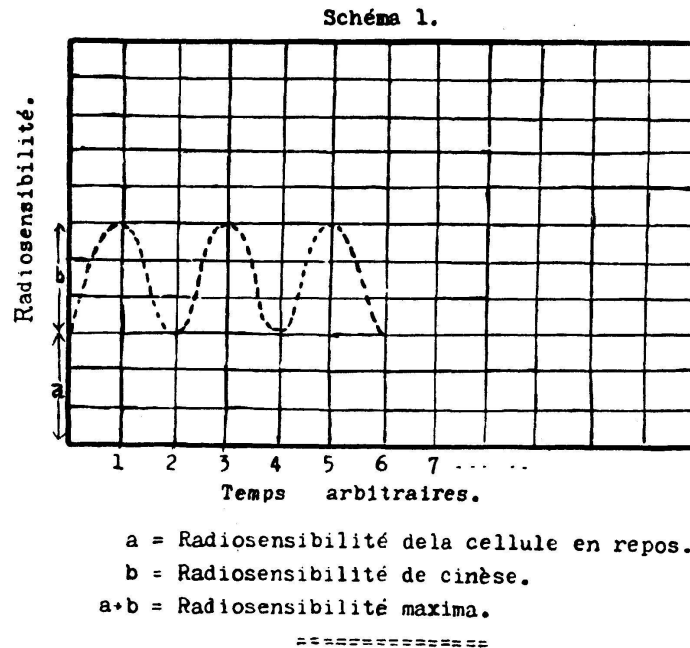
Si nous en sommes les maîtres, il nous est plus difficile d'agir sur la radio-sensibilité des cellules; c'est ainsi que nous ne pouvons pas augmenter celle des cancers, ce qui est regrettable, car il est probable que l'efficacité de nos traitements en serait accrue. Nous devons donc nous borner à toujours mieux préciser les conditions naturelles de ces variations. Elles sont d'abord liées à l'espèce cellulaire puisqu'une cellule du thymus est plus radio-sensible qu'une cellule nerveuse, que la cellule d'un ostéosarcome résiste davantage au choc des radiations que celle d'un séminome ou d'un lymphosarcome.

Il devenait ainsi tentant de satisfaire au besoin de notre esprit de toujours vouloir classer nos connaissances, et dans ce cas, les divers tissus ou les cellules de notre organisme, par ordre croissant ou décroissant de leur radio-sensibilité. Cependant, l'on

ne tarda pas à s'apercevoir que se brisaient les cadres dans lesquels l'on voulait ainsi les enfermer ou du moins, qu'il convenait d'en augmenter l'élasticité dans des proportions qui diminuait beaucoup leur intérêt. Ce qui veut dire que la radio-sensibilité d'une cellule n'a pas la fixité d'un fait histologique, mais présente la variabilité inhérente à toutes les manifestations de la vie, qu'elle est modifiée par diverses circonstances dont la mieux connue est la division cellulaire.

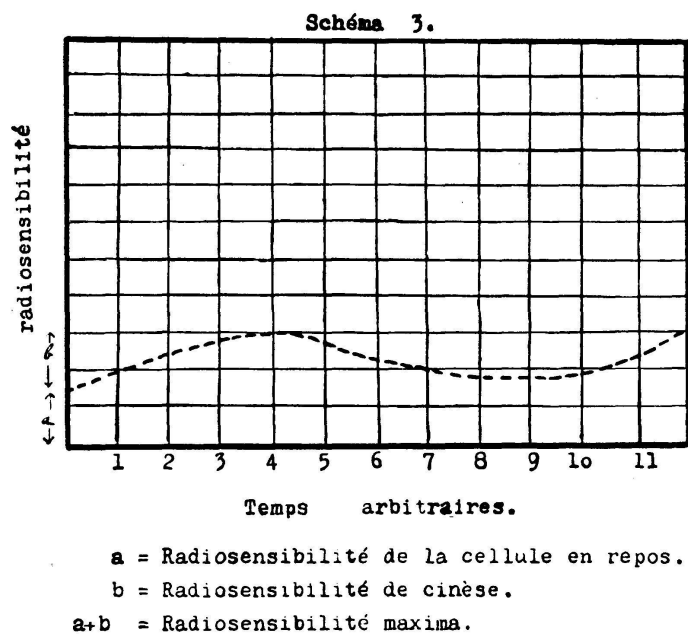
Nous pensons que les schémas suivants, dont la valeur scientifique est nulle, pourront quand même illustrer avec une clarté suffisante, la double influence de l'espèce cellulaire et de la cinèse sur la radio-sensibilité. Ils sont obtenus en portant sur l'axe des  $y$  d'un système de coordonnées les radiosensibilités  $a$  et  $a + b$  acquises aux temps arbitraires 1, 2, 3, etc. représentés sur l'axe des  $x$  et correspondant aux moments où la cellule entre alternativement et successivement en état de repos puis de division (schéma 1).

L'un des schémas d'une cellule très radio-sensible, car il peut y en avoir d'autres, serait le schéma 2 et sa dé-



finition: une cellule dont le nombre de cinèses dans l'unité de temps est considérable et grandes aussi sa radio-sensibilité de cinèse et sa radio-sensibilité maxima.

L'un des schémas d'une cellule radio-résistante serait le schéma 3 et l'une de ses définitions: une cellule dont le nombre



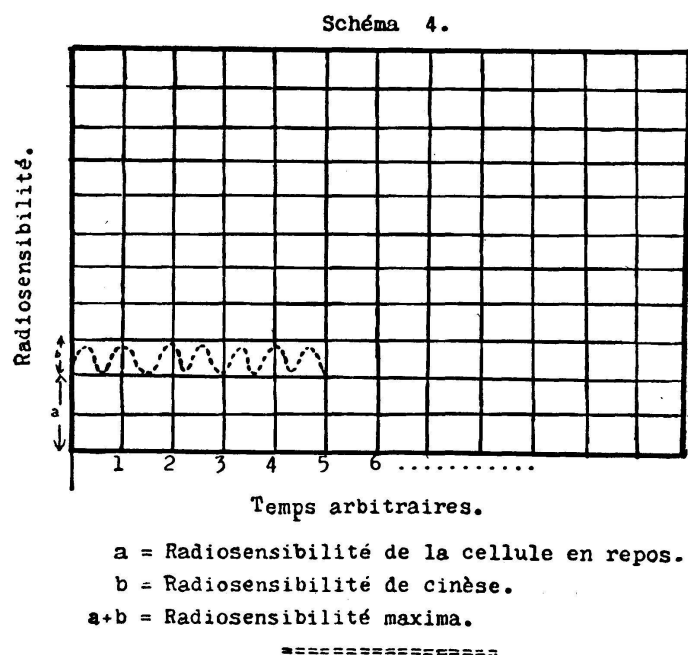
de cinèses dans l'unité de temps est petit et petites aussi sa radio-sensibilité de cinèse et sa radio-sensibilité maxima.

Il est particulièrement intéressant de faire remarquer que la faible radio-sensibilité d'une cellule peut être encore donnée par le schéma 4 et que sa définition peut être ainsi formulée: une cellule dont le nombre de cinèses dans l'unité de temps est consi-

dérable, alors que restent

petites sa radio-sensibilité de cinèse et sa radio-sensibilité maxima.

Ce dernier schéma nous montre que la radio-sensibilité d'une cellule peut être petite malgré le nombre élevé de ses états de



division; il nous explique l'apparente contradiction pouvant exister entre une coupe microscopique où sont présentes de nombreuses cinèses, laissant ainsi supposer la grande radio-sensibilité du tissu d'où elle fut extraite, alors que la thérapeutique démontre, au contraire, qu'il n'est pas influencé beaucoup par les radiations.

En résumé, nous pouvons dire que la radio-

sensibilité d'une cellule n'est pas un phénomène statique, mais dynamique; qu'elle est la résultante, en première approximation, de la radio-sensibilité  $\alpha$  liée à son espèce cellulaire et de la radio-sensibilité  $b$  que lui confère son pouvoir de division.

L'on oublie trop que ce dernier fait fut pour la première fois, en 1903, expérimentalement démontré par GEORGES BOHN qui provoqua, par des doses variables de rayons X et de rayons Gamma un amoindrissement de la taille, la destruction ou l'accélération de la croissance de larves, de crapauds et de grenouilles. Il prouvait ainsi, comme l'ont fait après lui beaucoup d'autres biologistes (PERTHÈS, KOERNICKE, BERGONIÉ, REGAUD, LACASSAGNE, etc.) que le siège de la radio-sensibilité d'une cellule n'est pas dans son cytoplasme ou dans une portion quelconque de son noyau, mais surtout dans sa chromatine.

La simplicité de ces schémas et de ces définitions est beaucoup plus qu'on ne le suppose, l'expression de celle avec laquelle l'on a jugé, pendant longtemps, la radio-sensibilité d'une cellule. En effet, il peut paraître bizarre que la cellule à détruire nous ait été si souvent présentée comme si les raisons de sa radio-sensibilité étaient seulement enfermées à l'intérieur de sa membrane, sans nous laisser entrevoir qu'au travers d'elle pouvait aussi s'exercer l'influence de l'ambiance.

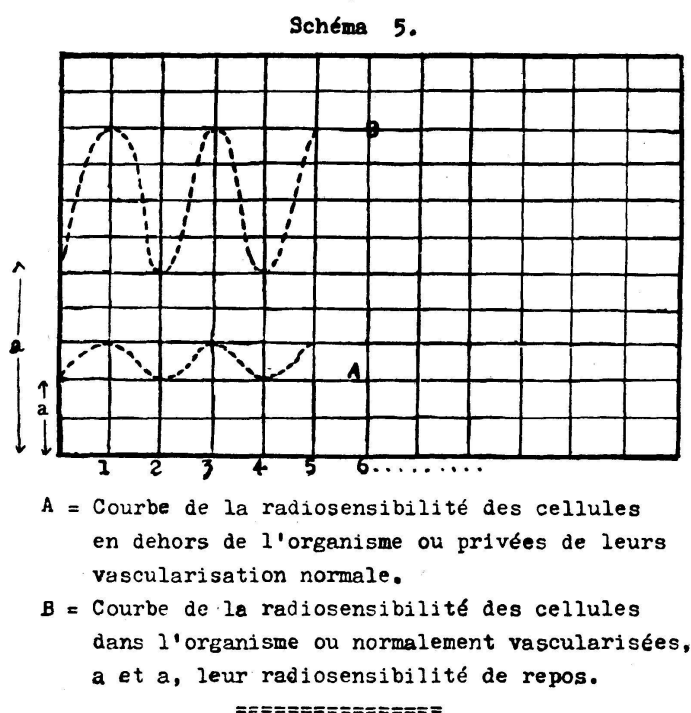
Pourtant nous savons que toutes les modifications d'un milieu finissent toujours par agir plus ou moins sur les organismes qu'il entoure et pénètre et dans lequel se passe leur existence, depuis le milieu de culture d'un microbe dont la constitution influence sa vie, jusqu'à celui dans lequel nous vivons, formé par les facteurs du climat dont nous subissons les variations. Ces observations élémentaires auraient dû nous permettre de nous débarrasser plus tôt d'une conception trop morphologique de la radio-sensibilité cellulaire, et nous engager à plus harmonieusement combiner l'importance de la biologie et de l'histologie.

Du rôle de cette ambiance, nous avons de multiples preuves: celle des tissus morts qui ne sont plus modifiés par les rayons X ou les rayons des substances radio-actives; celle du lambeau cutané qui, après greffe, retrouve sa radio-sensibilité normale, malgré les fortes doses de radiations auxquelles il fut soumis; celle de la radio-sensibilité réduite d'une peau comprimée ou d'un organe que des ligatures artérielles comme l'ont bien démontré JOLLY et FER-



ROUX sur le thymus et le ganglion poplité du lapin; celle de la radio-sensibilité très diminuée des globules blancs en dehors de l'organisme, comme l'a prouvé LACASSAGNE.

Il nous faut donc bien convenir que l'intervention de l'ambiance vient singulièrement compliquer la notion simple que nous nous étions faite d'une radio-sensibilité seulement dépendante de l'espèce cellulaire, et qu'elle ne peut plus nous être toujours donnée par une coupe histologique. Si nous voulions encore nous représenter cette influence de l'ambiance par un nouveau schéma, nous pourrions recourir aux deux courbes suivantes (schéma 5).



Il convient de faire remarquer que nous avons dû modifier la valeur des radio-sensibilités de repos puisqu'il serait difficile de concevoir que leurs changements ultérieurs ne soient pas la conséquence d'une modification préalable de leur chromatine.

Si l'irradiation est d'abord faite sur des cellules placées en dehors de l'organisme, ou privées de leur vascularisation normale, puis ensuite sur des cellules situées dans

leur milieu habituel, le déplacement de leur radio-sensibilité respective se fera dans le sens de la courbe A vers la courbe B.

C'est aussi dans ce sens qu'aura lieu le déplacement de la radio-sensibilité réduite d'une cellule en état de vie latente lorsqu'elle passe dans celui de vie active, comme le fait une graine desséchée dont on provoque la germination ou certaines cellules du cancer qui se réveillent après être restées longtemps endormies.

Au contraire, si l'irradiation est faite, d'abord sur les cellules de notre organisme et normalement vascularisées, puis ensuite sur des cellules placées en dehors de lui, ou privées de leurs connexions

vasculaires, le déplacement de leur radio-sensibilité respective se fera dans le sens de la courbe *B* vers la courbe *A*.

Toujours dans leur simplicité, ces deux schémas qui sont l'expression bien raisonnée d'expériences bien faites, nous montrent que sous l'influence de l'ambiance se réalise une véritable oscillation de la radio-sensibilité cellulaire, qu'il faut donc toujours la concevoir comme un phénomène dynamique et rythmique, et pas comme un phénomène statique. Ce dynamisme ressort aussi d'autres expériences, comme celles de LACASSAGNE, qui démontrent que l'ovocyte est radio-sensible dans le follicule primordial de l'ovaire, mais qu'au cours de son évolution vers l'état de follicule de GRAAF, sa radio-sensibilité diminue, alors que ne cesse pas de s'accroître celle des cellules de l'épithélium folliculaire. L'on pourrait donc aussi dire que dans l'ovaire existe comme une oscillation des radio-sensibilités respectives de ces deux éléments.

La complexité de ces faits ne paraît pas avoir beaucoup gêné le radiologiste voulant seulement expliquer l'efficacité de ses traitements par la destruction d'une cellule, ce qui l'oblige d'augmenter les doses utiles à mesure que diminue la radio-sensibilité. Si elle est grande, la technique de l'irradiation sera simple, et les doses administrées très variables; si elle est petite, cette technique se complique, devient plus serrée et plus uniforme, et les doses données par plusieurs radiologistes sont moins différentes les unes des autres.

La difficulté du traitement d'une lésion radio-résistante et non superficielle, consiste à lui faire absorber une dose suffisante d'énergie sans léser la peau; dans la réalisation de ces deux conditions essentielles et contradictoires, réside toute l'évolution d'une technique radio-thérapique.

Pour en comprendre la conclusion, il faut se souvenir qu'un traumatisme violent et de courte durée peut causer des désordres prononcés, alors que plus léger et souvent répété il ne provoque aucun dommage; cette observation élémentaire est un des aspects de la grande loi de l'accoutumance ou de l'adaptation. Appliquée à la radio-thérapie, elle attire notre attention sur le danger d'une dose élevée d'énergie radiante donnée sur la peau en un temps trop court, et l'innocuité de cette même dose étalée et fractionnée sur un temps plus ou moins long. (COUTARD.)

L'expérience a confirmé l'exactitude de cette conception, c'est ainsi que nous savons bien que 2500 R. internationaux donnés en une séance ne manqueraient pas de produire des lésions graves de la peau, alors que fractionnés en séances journalières de 500 R., séparées l'une de l'autre par cinq jours, ils deviennent presque inoffensifs. De nombreuses observations cliniques et des expériences comme celles que REGAUD, puis SCHINZ et SLOTOPOLSKY effectuèrent sur les testicules de rats et de béliers, ont aussi montré qu'à cet étalement des doses correspondait une destruction beaucoup plus complète et plus sûre des spermatogonies. Il est incontestable que cette méthode a permis d'améliorer le pourcentage des guérisons d'un certain nombre de lésions, qui sont surtout des cancers, où n'était présente qu'une radio-sensibilité réduite de leurs cellules.

Les succès de cette méthode sont généralement et simplement attribués à la dose élevée de l'énergie radiante, cependant nous pensons que cette manière trop statique, ou trop mécanique, parfois trop chirurgicale de nous les représenter, s'accorde mal avec le dynamisme des tissus qui l'absorbent. Pour cette raison, nous croyons qu'il est impossible d'exclure absolument des résultats obtenus, l'influence du rythme propre des irradiations, de leur alternance hebdomadaire, journalière ou bi-journalière, de celui qui s'exerce, non pas seulement dans la profondeur, mais encore à la périphérie de notre organisme et surtout dans le revêtement cutané.

Il ne faut pas compter sur la radiation très pénétrante pour nous démontrer l'importance de l'énergie retenue dans la peau, puisque ses effets doivent être constamment voilés par ceux qui s'exercent aussi sur le reste de son trajet à travers notre corps; mais nous pouvons quand même la faire ressortir d'observations cliniques et d'expériences faites avec des radiations de pénétration successivement décroissante.

Le souci de cette démonstration nous conduit tout naturellement à vous parler d'abord de ce que l'on nomme la radio-thérapie fonctionnelle. Elle peut utiliser des doses minimales de rayons de Röntgen de pénétration moyenne, sous la forme d'irradiations paravertébrales cervicales ou dorsolombaires afin d'agir sur la peau, et les ganglions sympathiques situés au-dessous d'elle, sur des glandes à sécrétion interne, comme le pancréas, les capsules surrénales, la glande thyroïde et l'hypophyse. Avec cette radio-thérapie un champ

nouveau s'est ouvert à l'activité du radiologiste et qui fut tout particulièrement exploré par GOUIN et BIENVENUE, ZIMMERN et COTTENOT, LANGERON et DESPLATS, DELHERM et DIDIÉE, LANGER, etc. Il se distingue nettement de celui que nous avons déjà parcouru en ce sens que la guérison d'une lésion traitée n'est jamais la conséquence de la destruction d'une cellule où vient directement s'absorber l'énergie radiante.

Par cette méthode, l'on découvrit l'heureux effet des rayons X sur des prurits et des dermatoses comme l'eczéma et le lichen plan, sur des algies essentielles comme la sciatique, sur la maladie de Basedow et d'autres hyperthyroïdies; l'on s'aperçut que l'on pouvait modifier l'hypo- ou l'hyperfonctionnement des ovaires et d'autres glandes à sécrétion interne, agir sur certains spasmes bronchiques produits par l'asthme et la coqueluche, sur des spasmes artériels accompagnant des hypertensions et des artérites, et guérir ainsi la claudication intermittente et certaines gangrènes des membres.

La radio-thérapie fonctionnelle peut encore modifier le taux de certaines substances présentes dans le sang, comme le glucose, et troubler la courbe classique de la glycémie alimentaire. A ce propos, nous voudrions citer une observation que firent LANGERON et DESPLATS avec PAGET et QUEMERRE. Ils ont constaté qu'une seule dose de 1000 à 1250 R. français d'un rayonnement de pénétration moyenne pouvait provoquer une hausse de la calcémie de 30 à 60 % au-dessus de son taux initial, et durant de 24 heures à 5 à 6 jours, ensuite une baisse de ce taux jusqu'à 15 à 25 % au-dessous du taux initial, puis de nouveau une réascension atteignant une valeur égale ou légèrement inférieure à celui-ci et s'y maintenant pendant 20 à 30 jours.

Désireux de savoir comment ce rythme de la glycémie était influencé par des irradiations successives, ces auteurs sont arrivés à la conclusion qu'il ne l'était véritablement que si les séances ultérieures étaient séparées les unes des autres par 5 à 6 jours. « Tout se passe », écrivent-ils, « comme si l'excitation primitive ayant été réalisée, un certain délai était nécessaire pour qu'une nouvelle sollicitation puisse être à nouveau suivie des mêmes effets. » De semblables constatations nous prouvent encore l'influence du rythme des irradiations sur le résultat que l'on veut obtenir.

Si l'on utilise les rayons de BÜCKY, rayons de RÖNTGEN produits sous une tension de 6 à 12 kW et ne pénétrant qu'à une profondeur de 3 mm., il est intéressant de constater que la nature des lésions guéries, comme de nombreuses viscéralgies, n'est pas très différente de celle qui permet les succès de la radio-thérapie fonctionnelle.

Enfin, nous savons que les radiations des sources lumineuses, déjà retenues par l'épiderme dont l'épaisseur moyenne est de  $\frac{6}{10}$  mm. ne peuvent pas agir directement sur des lésions profondes; leur guérison semble due à la synergie de facteurs variés et complexes; l'on a signalé l'accélération du pouls, la diminution de la pression artérielle pouvant atteindre 5 à 10 mm., de mercure, l'abaissement, puis une régularisation de la fréquence respiratoire, l'existence d'une légère leucopénie, d'une hyperglycémie, d'une hypercalcémie, etc. Par la lumière l'on peut améliorer ou guérir, sinon toutes, du moins une partie des affections traitées par la radio-thérapie fonctionnelle et le rayonnement de BÜCKY.

Elles paraissent si différentes les unes des autres, leur polymorphisme est si fortement accentué, qu'il nous semble devoir renoncer à les placer sous l'égide d'une pathogénie commune; cependant un examen plus serré de leur nature nous montre qu'elles sont presque toutes des aspects différents d'un déséquilibre neuro-végétatif, c'est-à-dire de cette instabilité biologique que ne traduit pas une coupe histologique. Les livres nous le représentent volontiers sous la forme d'une balance dont l'une des forces est le tonus du nerf vague et l'autre, celui du sympathique, afin d'illustrer par l'équilibre de son fléau celui du système neuro-endocrino-sympathique et par son inclinaison dans le sens d'une sympathicotonie ou d'une vagotonie le déséquilibre de cet important système de notre organisme. Cette idée, comme cette image, traduisent bien notre effort à vouloir essayer de représenter par un mouvement ou, mieux encore, par une oscillation les multiples et très complexes manifestations que nous avons décrites.

Nous savons que ce déséquilibre est influencé par l'excitation des terminaisons sympathiques de la périphérie ainsi que le prouvent des réflexes simples (réflexe oculo-cardiaque, réflexe pneumo-cardiaque d'origine pituitaire, etc.). Il est donc naturel de penser que le heurt des radiations contre elles peut expliquer aussi les conséquences de la radio-thérapie fonctionnelle, du rayonnement de BÜCKY

et de la lumière; comme il se produit encore sur toutes celles que rencontre le rayonnement très pénétrant, nous pouvons conclure à la collaboration constante, plus ou moins importante et variable, du système nerveux neuro-glandulaire aux résultats de la radiothérapie.

L'énergie radiante retenue dans la peau ne se borne pas à produire une lésion histologique, mais aussi de la vaso-dilatation périphérique, qui est la manifestation d'une perturbation d'origine sympathique se traduisant par la rougeur de la peau.

L'on a souvent discuté le mécanisme de son origine: est-il dû à l'action directe des radiations sur le tissu nerveux, ou à son action indirecte par l'intermédiaire des ions et des substances diverses qui, sous leur influence, naissent dans le revêtement cutané. En faveur de la première hypothèse, il faut mentionner les recherches de CARDOT, BONNET et RICHARD, démontrant que sous l'influence de l'éclairement, se produisent des modifications de l'excitabilité du pneumo-gastrique de la grenouille; elles se manifestent surtout par un « abaissement de la chronaxie des fibres inhibitrices du cœur, par un aplatissement de la courbe des intensités liminaires en fonction de la fréquence des excitations. » AUDIAT et FESSARD faisant tomber sur le nerf sciatique de la grenouille les radiations émises par une lampe à vapeur de mercure ou celles d'un arc à charbons polymétalliques, démontrèrent leur influence sur la chronaxie de ce nerf, c'est-à-dire la possibilité d'une action directe de la lumière sur les éléments nerveux.

En faveur de la seconde hypothèse sont les travaux récents de BOURGUIGNON prouvant que des ions divers introduits dans la circulation sanguine par électrolyse provoquent aussi de la vaso-dilatation par leur action sur les nerfs des parois artérielles. A ce propos, il ne faut peut-être pas oublier qu'AUGUSTE LUMIÈRE explique le choc anaphylactique, et plus spécialement la diminution de la pression sanguine, par l'irritation des nerfs sous l'action du floculat des substances injectées ou produites par l'organisme. Puisque l'analyse de l'action de la lumière sur les nerfs nous laisse entrevoir la possibilité de ces deux mécanismes, il est probable que l'un et l'autre se réalisent dans la peau.

Sans nier l'importance de ces recherches, nous croyons que plus grande encore est celle des belles observations de MIESCHER

montrant l'existence d'un rythme dans l'intensité de la vaso-dilatation périphérique pouvant se produire pendant les deux mois qui suivent l'application des rayons X (schéma 6).

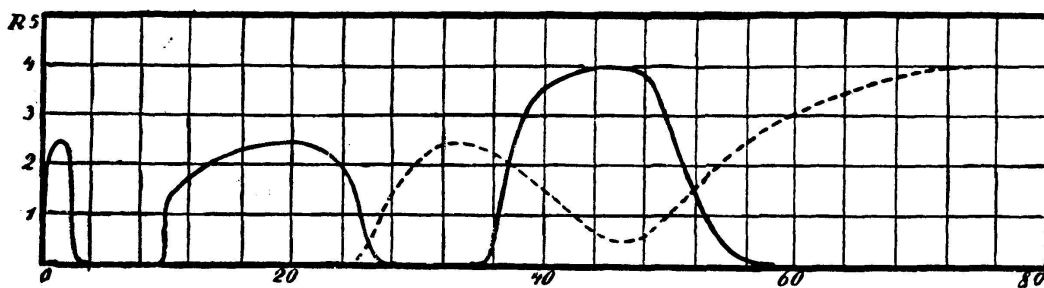
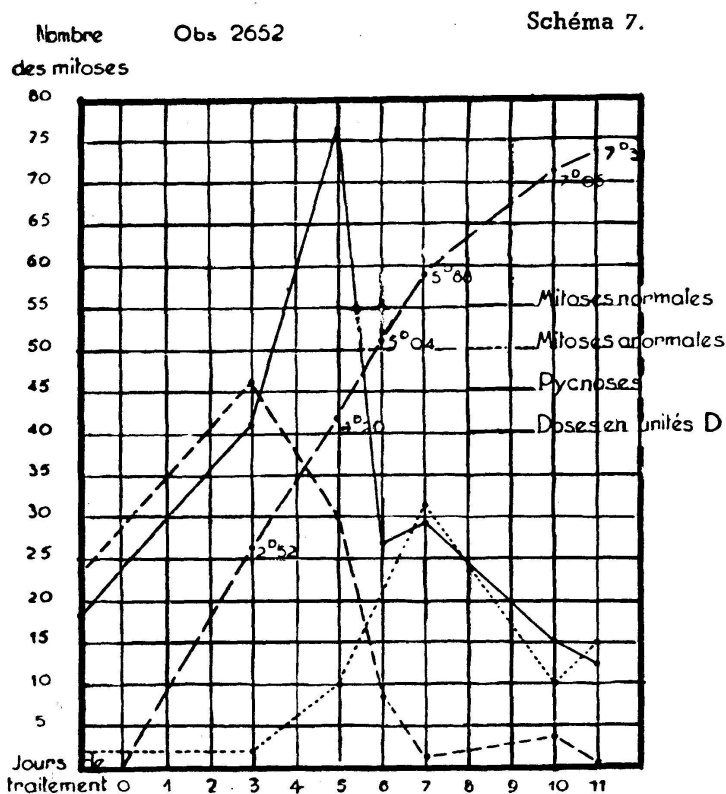


Schéma 6.

Strahlung II. Bestrahlungsdauer 20'.  
----- Pigmentkurve.

En se souvenant combien sont nombreuses les répercussions cutanées de lésions profondes, il est naturel de se demander si le rythme de l'érythème ne peut pas se superposer à d'autres rythmes. Sans oser l'affirmer, nous croyons cependant qu'il est intéressant de



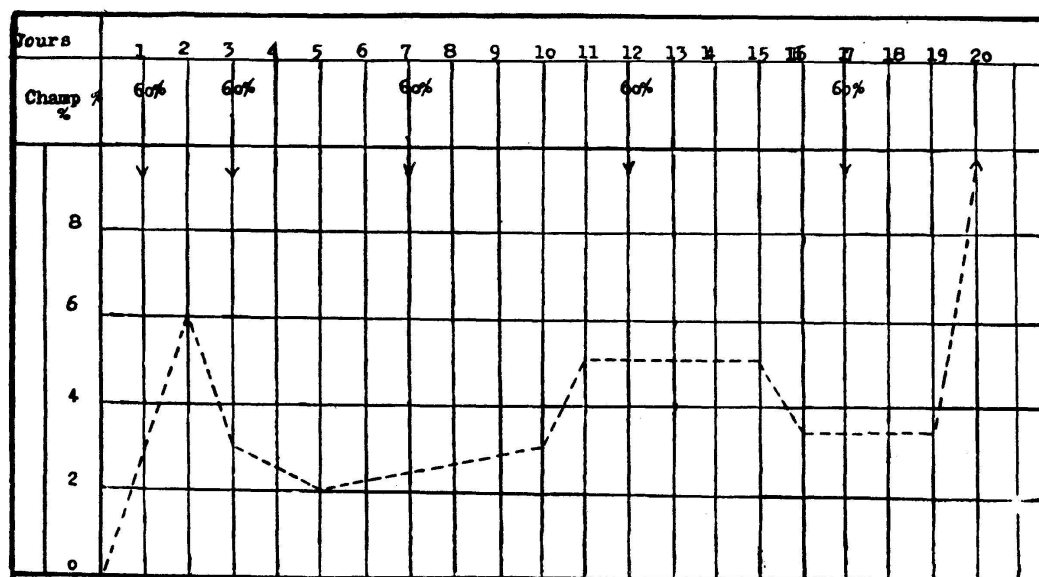
montrer par la figure tirée, d'un travail du Prof. DUSTIN (schéma 7), l'existence d'un rythme profond de la division cellulaire produit par le rayonnement du radium dans un cancer profond et qu'il est bien



difficile d'expliquer seulement par l'absorption d'une dose d'énergie radiante sans songer à lui associer l'intervention du système nerveux sympathique.

Il est intéressant de savoir si la succession de nos irradiations thérapeutiques ne peut pas être dirigée par le rythme de l'érythème cutané. A ce propos, nous devons mentionner qu'HOLFELDER et REISSNER s'en servirent, non pour influencer des rythmes comme ceux que DUSTIN mit en évidence, mais pour augmenter la dose profonde sans léser la peau. C'est dans ce but qu'une irradiation n'est donnée que lorsque sont terminés, ou très réduits, ou stabilisés, les effets de l'irradiation précédente, ce que montre bien la courbe suivante (schéma 8).

Schéma 8.



Courbe du rythme d'érythème sous l'influence de diverses irradiations s'exerçant sur un champ.

Il nous faut encore signaler les intéressantes recherches du Prof. VON ALBERTINI sur l'action comparée des rayons X et des poisons caryoclasiques sur les centres germinatifs des ganglions lymphatiques et plus spécialement celles qui, encore inédites, démontrent les oscillations du nombre des globules blancs sous l'influence d'une dose unique ou fractionnées de rayons X.

Le fait que l'éveil de tous ces rythmes est la conséquence de l'influence des rayons X et des rayons Gamma sur le système nerveux végétatif ou système neuro-endocrinien-humoral, nous oblige à nous souvenir d'elle pour l'explication des résultats obtenus par

la radiothérapie, à ne pas oublier qu'ils ne sont pas toujours et seulement la conséquence de la destruction directe d'une cellule, que ces formes de l'énergie radiante sont comme la lumière, comme d'autres médicaments, capables de modifier le milieu dans lequel vivent nos organes et nos cellules.

Si l'on réfléchit aux rythmes multiples dont il est encore le siège et dont les manifestations vont des rythmes cachés de la division cellulaire jusqu'à ceux, plus facilement observés, de la respiration et de la circulation, on ne peut s'empêcher de penser que le rythme de nos irradiations, auquel sont soumis la lésion profonde, comme le revêtement cutané, comme les régions qui les séparent, n'est pas indifférent aux guérisons que nous souhaitons à nos malades.

# Zehn Jahre Tessiner Fossiliengrabung des Zoologischen Museums der Universität Zürich<sup>1</sup>

Von

BERNHARD PEYER

Prof. extraord. für Paläontologie und vergl. Anatomie an der Universität Zürich

Schon in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts sind aus den Scisti bituminosi der Trias von Besano, unweit Porto Ceresio in der Nähe des Luganersees, Funde von Mixosauriern, von Ganoidfischen, dazu unvollständig erhaltene weitere Reptilfunde, zahlreiche Mollusken und dürftige Pflanzenreste bekannt geworden. Sie sind zum grössten Teil im Museo Civico di Storia Naturale in Mailand aufbewahrt. Da wir gleichaltrige Schichten auch auf Schweizerboden haben und da eine Grabung besseres, für eine moderne Bearbeitung dringend notwendiges Material versprach, so trachtete ich schon lange, angeregt durch eine Bemerkung von BROILI in München, danach, eine solche Grabung auszuführen.

Im Jahre 1924 konnte der Direktor unseres Zoologischen Museums, Prof. Dr. K. HESCHELER, dank der Mittel der Georges und Antoine Claraz-Schenkung, diesen Wunsch erfüllen. Ich begab mich ins Mendrisiotto und konnte auf Grund einer Vereinbarung mit der Società Anonima Miniere Scisti Bituminosi di Meride e Besano mit der Arbeit beginnen. Diese italienisch-schweizerische Gesellschaft stellt seit etwa 30 Jahren durch trockene Destillation der bituminösen Schiefer das „Saurol“ her, ein pharmazeutisches Produkt,

---

<sup>1</sup> Das vorliegende Referat entspricht nicht ganz genau dem Inhalt des mündlichen Vortrages, in dem an Hand von Lichtbildern der geologische Bau des Monte San Giorgio kurz erläutert und sodann eine Auswahl der bedeutendsten Fossilfunde vorgeführt wurde. Da diese Funde zum Teil in den Abhandlungen der Schweiz. Paläont. Gesellschaft schon abgebildet sind, zum Teil ebenda zur Veröffentlichung gelangen werden, so wird hier auf eine Beigabe von Abbildungen verzichtet.

das mit dem bekanntem Ichthyol nach Zusammensetzung und Heilwirkung identisch ist, den Namen aber nicht führen darf, weil er als Markenschutz für das ältere deutsche Produkt anerkannt worden ist.

Die Stollen, in denen die bituminösen Schiefer auf Schweizergebiet bergmännisch gewonnen werden, befinden sich am Nordhang des Monte San Giorgio, bei Cava Tre Fontane ob Serpiano, zirka 700 Meter über Meer. (Der aussichtsreiche Gipfel des Monte San Giorgio erreicht eine Höhe von 1100 Metern.)

Wir versuchten zunächst, in einem der Stollen unter Vornahme von weniger Sprengungen, als bei der technischen Materialgewinnung angewendet werden, Fossilien zu erhalten. Als dieses Vorgehen ziemlich resultatlos blieb, nahmen wir in einem verlassenen Tagbau, den die Gesellschaft in der Valporina, am Südhang eines Ausläufers des Monte San Giorgio, eine Zeitlang betrieben hatte, die Arbeit auf. Hier brachte uns schon die erste Kampagne nicht nur die erwarteten Mixosaurier, Ganoidfische, Evertebraten und Pflanzenreste, sondern auch eine neue Art der Placodontiengattung *Cyamodus*. Dieses Ergebnis ermunterte zu einer intensiven Fortsetzung der Grabungen. Massgebend dafür war die Erwägung, dass im süddeutschen Lias in den bekannten, faziell sehr ähnlichen Ablagerungen von Boll und Holzmaden der ganze Reichtum der Fauna erst durch jahrzehntelange unentwegte Arbeit zutage gefördert worden ist. Diese Erwägung hat sich als richtig erwiesen; denn bis jetzt hat uns noch jede Grabung für die Wissenschaft neue Funde gebracht, daneben ein reiches Material von schon einigermaßen bekannten Formen, das aber zur anatomischen Untersuchung, sowie zur genauen systematischen Bearbeitung überaus willkommen ist. 1925 wurde in der Valporina gegraben, 1926 fand keine grössere Grabung statt, 1927 wurde beim Eingang eines der Stollen von Cava Tre Fontane ein Tagbau betrieben. Im gleichen Jahre entdeckten wir in den über den *Scisti bituminosi* gelegenen Meridekalken, die bis dahin als nahezu fossilleer gegolten hatten, eine überaus individuenreiche Wirbeltierfauna.

Hier seien für den Nicht-Geologen einige Angaben über den geologischen Aufbau des Gebietes eingeschaltet. Den Sockel des Berges bildet ein rötliches vulkanisches Gestein, ein Porphyrit von permischem Alter. Darüber liegen die Schichten der Trias, d. h. des ältesten Abschnittes des Mittelalters der Erdgeschichte, zu-

nächst die skytische Stufe, Buntsandstein ähnlich demjenigen des Schwarzwaldes, aber mit fossilen Muscheln und Schnecken, darüber, in der Landschaft oft als Steilhang sich bemerkbar machend, die anisischen Dolomite. Sie haben bis jetzt fast nur sogenannte Gyroporellen, als Algen gedeutete Reste geliefert. An ihrer obern Grenze liegen Bitumenschichten in etwa 20 verschiedenen, meist nur wenige Centimeter starken Lagen, die durch stärkere Dolomitbänke voneinander getrennt werden. Die ganze Bildung, die A. FRAUENFELDER als Grenzbitumenhorizont bezeichnet hat, ist ausserordentlich fossilreich. Über dem Grenzbitumen folgt ein etwa 500 Meter mächtiges Schichtpaket von ladinischen Dolomiten und Kalken, nach dem Dorf Meride als Meridekalke bezeichnet, darüber die übrigen Horizonte der Trias.

Nachdem uns im Herbst 1927 schon eine kleine Grabung in den Meridekalken bei Acqua del Ghiffo eine reiche Ernte eingebracht hatte, wurde im folgenden Jahr ausschliesslich dort gegraben. Es wurde dabei ein Material von *Pachypleurosaurus* gewonnen, das gegenwärtig zu einer monographischen Bearbeitung dieser Gattung unter meiner Leitung von Herrn R. ZANGERL ausgewertet wird. Den aus etwa gleichaltrigen Schichten von Perledo am Comersee (Lario) bekannten *Lariosaurus* haben wir bisher nicht finden können, dafür einen nahen Verwandten, der den Namen *Ceresiosaurus* (Saurier des Ceresio, des Luganersees) erhalten hat.

1929 wurde wiederum in der Valporina gegraben. Das schönste Ergebnis dieser Grabung bedeutete die Auffindung des langhalsigen Sauriers *Tanystropheus longobardicus* Bass. sp. Durch diesen Fund wurde die Bedeutung der langgestreckten Wirbel klar, die seit nahezu hundert Jahren aus der germanischen Trias bekannt geworden waren. Ferner stellte sich heraus, dass der von BASSANI beschriebene, als Flugsaurier gedeutete Fund von *Tribelesodon* aus den bituminösen Schiefern von Besano ebenfalls zu *Tanystropheus* gestellt werden muss. 1930 wurde nur eine kleinere Grabung in den Meridekalken der Valle Serrata, eines wilden Felsentales am Südhang des Monte San Giorgio, durchgeführt. 1931 wurde wiederum eine grosse Grabung in den Scisti bituminosi von Valporina angesetzt, deren Abschluss den Herbst 1932 und den ersten Teil der Kampagne von 1933 in Anspruch nahm. Nach Beendigung dieser Arbeit wurde in einem etwas höheren Niveau der Meridekalke beim Punkt Alla Cascina gegraben. In diesem Jahre gelang

es, sowohl in den Scisti bituminosi als in den Meridekalken einen bisher fast nur dem Namen nach bekannten Saurier *Macrocnemus* aufzufinden. Von dem gewaltigen Material, das im Lauf der verschiedenen Grabungen für das Zoologische Museum geborgen werden konnte, ist erst ein kleiner Teil völlig auspräpariert und wissenschaftlich bearbeitet. Da wegen Raummangels zur Zeit auch nichts von den Funden im Museum ausgestellt werden kann, so wurde zu Ehren der Jahresversammlung der S. N. G. eine temporäre Ausstellung der instruktivsten Funde veranstaltet. Von der Monographie „Die Triasfauna der Tessiner Kalkalpen“ sind bisher in den Abhandlungen der Schweizerischen Paläontologischen Gesellschaft erschienen: I. Einleitung. II. *Tanystropheus longobardicus*. III. *Placodontia*. IV. *Ceresiosaurus*. V. *Pachypleurosaurus edwardsi*. VI. *Miocidaris* (*Serpianocidaris*) *hescheleri* Jeannet (bearbeitet durch Prof. Dr. ALPHONSE JEANNET). VII. Neubeschreibung der Saurier von Perledo.

Diese Neubearbeitung der mit den Meridekalken ungefähr gleichaltrigen Saurierfauna von Perledo war als Basis für einen sichern Vergleich unumgänglich notwendig. Sie ergab neben der systematischen Abklärung auch anatomische Befunde von Bedeutung. Von dem meistgenannten Saurier von Perledo, von *Lariosaurus balsami*, konnte nachgewiesen werden, dass seine Vordergliedmasse schon in der Umwandlung zur Ruderpaddel begriffen ist; die Phalangenformel der Hand lautet 4 5 5 4—5 3, während die Hintergliedmasse noch die unveränderte terrestrische Formel 2 3 4 5 4 aufweist. Bei *Ceresiosaurus* lautet die Phalangenformel des Fusses 2 3 5 6 6: sie zeigt also eine Phalangenvermehrung, und zwar am Kleinzehenrande der Gliedmasse, während für die Vordergliedmasse eine bescheidene Phalangenvermehrung auf der Daumenseite sicher festgestellt werden konnte. *Pachypleurosaurus* zeigt weder an der Hand noch am Fuss eine Phalangenvermehrung, obwohl die Gliedmassengürtel etwa den gleichen Grad aquatiler Anpassung erkennen lassen wie *Lariosaurus* und *Ceresiosaurus*. Für die weitere Verfolgung dieser Frage sind auch für die germanische Trias neue *Nothosauriden*-funde aus den Scisti bituminosi von Bedeutung, deren Präparation bisher aus Raummangel nicht in Angriff genommen werden konnte. Die *Placodontier* *Cyamodus* und *Paraplacodus* stimmen in der Form ihrer Finger- und Zehenglieder mit *Placodus* aus dem germanischen Muschelkalk überein.

Als nächste Beiträge werden in den „Abhandlungen“ die Bearbeitungen des durch sein primitives Gebiss bedeutsamen Placodontiers *Paraplaceodus broilii*, sowie der Funde von *Macrocnemus*, erscheinen. Die weitere Reihenfolge der Bearbeitung wird sich nach der Ausgestaltung der räumlichen Verhältnisse im Souterrain des Museums richten. Als Abschluss der ganzen Arbeit ist eine stratigraphische und fazielle Auswertung der faunistischen und floristischen Verhältnisse in Aussicht genommen. Bisher hat sich das schon früher ausgesprochene Ergebnis bestätigt, dass Mixosaurier und *Pacyplesurosaurier* nicht nebeneinander vorkommen; die *Pachyplesurosaurier* treten erst unmittelbar über dem höchsten Mixosaurierhorizont, dann aber gleich in Menge, auf. Es empfiehlt sich, mit diesem entschiedenen Umschwung der Dinge die ladinische Stufe anheben zu lassen.

Das letzte der vorgeführten Projektionsbilder zeigte den Präsidenten des Kuratoriums der Georges und Antoine Claraz-Schenkung, Prof. Dr. Hans SCHINZ, sowie den Direktor des Zoologischen Museums, Prof. Dr. K. HESCHELER, auf einem Inspektionsbesuch in Cava Tre Fontane. Der Vortrag schloss mit einem herzlichen Dank an die Donation, sowie an den zur Zeit erkrankten Professor HESCHELER, der seit zehn Jahren in uneigennütziger und zielbewusster Weise den ihm zu Gebote stehenden Teil der Donationsmittel hauptsächlich an die Durchführung der Tessiner Aufgabe gesetzt hat, und mit dem Wunsche, dass es ihm im nächsten Jahre wieder vergönnt sein möge, dem Einbringen der wissenschaftlichen Ernte in den Tessiner Bergen persönlich beizuwohnen. Weiterer Dank galt der Stiftung für wissenschaftliche Forschung an der Universität Zürich, die mit bedeutenden Mitteln notwendige Verbesserungen der maschinellen Präpariereinrichtung ermöglichte, Prof. H. R. SCHINZ, der die so wichtige Röntgenuntersuchung der Fossilien förderte, und dem privaten Gönner, der seit Jahren einen Präparator besoldet.