

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:	93 (1910)
Rubrik:	Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten und Vorträge gehalten in den beiden Hauptversammlungen

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: 12.12.2025

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

**Eröffnungsrede
des Jahrespräsidenten
und
Vorträge
gehalten
in den beiden Hauptversammlungen.**

Leere Seite
Blank page
Page vide

Die naturwissenschaftlichen Anstalten Basels 1892—1910.

Von

Dr. *Karl VonderMühll*,
Professor an der Universität Basel.

Hochgeehrte Versammlung!

Im Namen des Jahresvorstandes heisse ich die Mitglieder der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, die verehrten Gäste aus Nah und Fern, hier in Basel herzlich willkommen. Die Basler Naturforschende Gesellschaft und weite Kreise der Bürgerschaft sind hoch erfreut und danken von Herzen, dass Sie unsrer Stadt die Ehre erweisen und zum sechstenmal hier tagen. Möge es Ihnen bei uns gefallen, mögen Ihre Verhandlungen beitragen zur Förderung der wissenschaftlichen Arbeit, zur Pflege der freundschaftlichen Beziehungen, zur Anknüpfung neuer Verbindungen!

Als Sie, hochgeehrte Herren, im Jahre 1892 hier die 75. Jahresversammlung abhielten, feierte auch die Naturforschende Gesellschaft in Basel ihr 75jähriges Jubiläum. Da hat mein Vorgänger im Jahrespräsidium, Herr Professor *Hagenbach-Bischoff*, Ihnen die Geschichte der Basler Gesellschaft erzählt. Dieselben Männer, welche die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft gründeten, haben auch unserer kantonalen Gesellschaft zu Gevatter gestanden; die Mitglieder, zunächst gering an Zahl, haben sich eifrig an die Arbeit gemacht, aufgerichtet, was von den Stürmen im Anfang des vorigen Jahrhunderts niedergeworfen war, und aus den Ruinen neues Leben geweckt. So wurde Ihnen die

Entwicklung der naturwissenschaftlichen Anstalten Basels in den 75 Jahren erzählt.

Seitdem sind nur achtzehn Jahre verstrichen, und es ist nicht alles neu geworden, wie von 1817 auf 1892. Doch scheint mir der gegenwärtige Zeitpunkt für einen Rückblick und Ausblick nicht ungeeignet. Die Männer, denen wir das beste verdanken in den letzten fünfzig Jahren, haben ihr Tagewerk abgeschlossen. Ein neues Jahrhundert ist angebrochen. Die Universität hat im Juni das 450jährige Jubiläum gefeiert, in engerem Kreise, wie es dem abgelaufenen halben Jahrhundert entspricht. Es galt vor allem, das Band, das Stadt und Universität die Jahrhunderte zusammengehalten hat, fester zu knüpfen und in weiten Kreisen der Bürgerschaft um tätige Hilfe zu werben. Denn die Anforderungen, denen zu genügen ist, wachsen von Jahr zu Jahr, und die Mittel des Staates reichen nicht aus. Freiwillige Hilfe muss in die Lücken treten, und das gilt namentlich auf dem Gebiet der Naturwissenschaften.

Darum darf ich wohl, geehrte Damen und Herren, auf Ihr Interesse hoffen, wenn ich Ihnen die Entwicklung unsrer naturwissenschaftlichen Anstalten in den beiden letzten Jahrzehnten schildere, wenn ich Ihnen darlege, wie wir aus dem, was wir erreicht haben, frischen Mut schöpfen, um auch den neuen Anforderungen zu genügen.

Was zunächst die *medizinischen Anstalten* betrifft, muss ich mich darauf beschränken, aufzuzählen, was seit Anfang der neunziger Jahre neu geschaffen worden. In erster Linie sollen diese Anstalten dem ärztlichen Studium dienen; doch haben die Basler Aerzte von Alters her ihre Musse der Wissenschaft gewidmet, und wir treffen unter ihnen auch die eifrigsten Naturforscher.

Namentlich unter den Klinikern. Deren Anstalten haben an Zahl zugenommen, die ältern sind, wenn nicht ganz erneut, doch wesentlich vergrössert und verbessert worden. Ende der achtziger Jahre reichten die Räume und

die Mittel des Bürgerspitals in keiner Weise mehr aus. Zuerst wurde die *Irrenklinik* in die neue Irrenanstalt, die Friedmatt, verlegt. 1896 wurde der *Frauenspital* eröffnet, als Musteranstalt erbaut; dahin kam die trefflich ausgestattete *gynäkologische Klinik*, und im Bürgerspital, wo nun Raum geworden war, setzte eine lebhafte Bautätigkeit ein, die nicht bei den Krankenzimmern Halt machte. Die *medizinische* und die *chirurgische Klinik* bekamen neue, reich ausgestattete Laboratorien, die chirurgische Klinik insbesondere einen neuen Operationssaal. *August Socin* und *Hermann Immermann* haben dies nicht mehr erleben dürfen. Ferner wurde im Bürgerspital eine *oto-laryngologische Klinik* eingerichtet.

Die *ophthalmologische Klinik* in der Augenheilanstalt und die *Kinderklinik* im Kinderspital üben weiter ihre segensreiche Tätigkeit.

Die *pathologisch-anatomische Anstalt* ist vollständig umgebaut und wesentlich vergrössert, eine *bakteriologische Abteilung* hinzugefügt worden. Aehnliches gilt von der *poliklinischen Anstalt*, und der *Hygiene* ist, wie 1892 in Aussicht genommen war, ein Heim entstanden.

Die *normale Anatomie* wird noch im Vesalianum betrieben, über ihr die *Physiologie*. Da haben wir den frühen Verlust von *Friedrich Miescher* zu beklagen, des eifrigen Naturforschers, den wir Aeltern an unsren Jahresversammlungen schwer vermissen.

Neu gegründet wurde endlich eine *pharmakologische Anstalt* und auch noch im Vesalianum untergebracht.

Werfen wir einen Blick zurück auf all diese medizinischen Anstalten, so tritt uns das Bild einer stetigen Entwicklung entgegen, eines regen Strebens mit Aufbietung aller Kräfte, eines beträchtlichen Fortschritts seit dem Jahre 1892.

Das *Naturhistorische Museum*, von unsren Sammlungen die älteste und die bedeutendste, hat in den beiden letzten

Jahrzehnten eine wesentliche Reorganisation erfahren: die beiden Unterrichtsanstalten, die mineralogisch-geologische und die zoologische, sind abgetrennt worden. Es überstieg die Kräfte eines Mannes, neben dem Unterricht an der Universität, der von Jahr zu Jahr mehr Zeit und Kraft fordert, 'noch eine grosse Sammlung zu verwalten; das Eine oder das Andere musste leiden bei Vereinigung in einer Hand. Dazu kommt, dass bei uns der Staat mit seinen begrenzten Mitteln nicht für beide Anforderungen aufkommen kann; die Sorge für die Sammlungen muss der freiwilligen Tätigkeit überlassen werden, und Basel darf sich ganz besonders glücklich schätzen, dass ausgezeichnete Arbeiter nicht fehlen.

Die Änderung hatte sich allmählich vorbereitet. Als Sie das letztemal hier zusammen kamen, wirkte noch der unvergessliche *Ludwig Rütimeyer* mit jugendlichem Eifer, aber leider mit geschwächter Gesundheit; er musste sich von der akademischen Lehrtätigkeit zurückziehen und konnte nur die Leitung der Sammlungen behalten, an deren Spitze er zwei Jahrzehnte gestanden hatte. Drei Jahre nachher wurde er uns entrissen, nachdem er noch den Schmerz hatte erleben müssen, seinen treuen Gehilfen in der Verwaltung des Naturhistorischen Museums, Dr. med. *Friedrich Müller*, zu verlieren.

Beim Tode der beiden Männer war eine neue Aufstellung der beiden Sammlungen im Gang. Schon in den achtziger Jahren hatten die Räume des Museums an der Augustinergasse nicht mehr ausgereicht. Nach langer Erwägung wurde für die *öffentliche Bibliothek* ein neues Gebäude errichtet und dieses im Herbst 1896 bezogen. Die Naturforschende Gesellschaft darf die Bibliothek unter ihren Sammlungen mit aufzählen; denn der Gründer unsrer Gesellschaft, der Professor der Mathematik, *Daniel Huber*, war zugleich Bibliothekar. Seitdem hat die enge Verbindung nie aufgehört, und unsre Gesellschaft hat sich redlich bemüht, den naturwissenschaftlichen Teil der Bibliothek zu

unterhalten und zu mehren. Die Bibliotheksverwaltung ist ihr immer freundlich entgegengekommen und hat geholfen, wo unsre Kräfte nicht reichten. Sie besorgt den Tauschverkehr, der so manche wertvolle Gegengabe bringt, verwahrt unser Archiv und den Büchervorrat; sie verwaltet auch die Kartensammlung, die Dr. *J. M. Ziegler* am 10. November 1879 der Naturforschenden Gesellschaft in Basel schenkungsweise überlassen hat.

Nachdem die Bibliothek ihr neues Gebäude bezogen hatte, wurden die naturhistorischen Sammlungen so gut wie möglich im Museum untergebracht. Vor allem musste die osteologische Sammlung mit der zoologischen vereinigt werden, die vergleichend-anatomische Sammlung, wie sie nach *Ludwig Rütimeyer* genannt wurde, der 1855 für vergleichende Anatomie in die medizinische Fakultät war berufen worden. Dieses kostbare Erbe, die Frucht vierzigjähriger, eifriger Arbeit, musste würdig untergebracht werden, und es traf sich glücklich, dass in Herrn Dr. *H. G. Stehlin* sich ein Mann fand, der die Verwaltung als freiwillige Leistung übernahm, mit Aufwand seiner ganzen Kraft. Als Vorsteher des Naturhistorischen Museums aber trat an die Stelle von Ludwig Rütimeyer Herr Dr. *Fritz Sarasin*; er übernahm insbesondere noch die Verwaltung der zoologischen Abteilung. Die sämtlichen Sammlungen wurden neu geordnet. Die mineralogische Sammlung blieb der bewährten Verwaltung von Herrn Dr. *Th. Engelmann* anvertraut; in die Verwaltung der geologischen teilten sich die Herren Professor Dr. *Carl Schmidt*, Dr. *Gutzwiller* und Dr. *Greppin*. Da reichten aber von Anfang an die Räume des Museums nicht aus; ein Teil der geologischen Sammlung musste auswärts untergebracht werden. Er ist heute in dem einen der beiden Häuser am Münsterplatz aufgestellt, wo die mineralogisch-geologische Anstalt recht gut eingerichtet ist. Die zoologische Anstalt muss sich vorderhand noch mit den sehr mangelhaften Räumen der alten Anatomie am Rheinsprung begnügen.

Im Museum an der Augustinergasse ist noch eine Sammlung aufgestellt, die dank den reichen Spenden der Herren *F.* und *P. Sarasin* und vieler anderer hochherziger Gönner aus der kleinen ethnographischen Sammlung zu einem reich dotierten Museum angewachsen ist. Dieser *Sammlung für Völkerkunde* steht heute Herr Dr. *Paul Sarasin* vor; sie umfasst neben der prähistorischen Abteilung Gegenstände aus allen Weltteilen. Leider können im Museum und den Nachbargebäuden, die zugezogen worden, all die wertvollen Geschenke nicht aufgestellt werden, und doch gebietet das die Pflicht den Gebern gegenüber; es muss notwendig Raum geschafft werden.

Die Hilfe steht vor der Tür. Wie all die andern Sammlungen hat auch die öffentliche Kunstsammlung, die im zweiten Stock des Museums aufgestellt ist, über Raumnot zu klagen, und nicht nur das: es ist als notwendig erkannt worden, dass für die Kunstsammlung ein neues Gebäude errichtet werde. Damit ist gegeben, dass die naturhistorische Sammlung und die Sammlung für Völkerkunde sich an der Augustinergasse einzurichten haben.

Es ist hier nicht der Ort auszuführen, wie die Behörden und die Bürgerschaft sich zusammengetan haben, die Mittel aufzubringen. Von berufener Seite ist vor kurzem Bericht erstattet worden über den Verlauf bis zu diesem Sommer. Die Naturforschende Gesellschaft hat mit dankbarer Freude erkannt, wie ihrer Arbeit hochherzige Unterstützung von Seite der Bürgerschaft zuteil wird. Wir dürfen nun hoffen, die ganze naturhistorische Sammlung im Museum an der Augustinergasse schön geordnet zur Aufstellung bringen zu können, mit den nötigen Nebenräumen und Einrichtungen zur wissenschaftlichen Bearbeitung. Ein wertvolles Vermächtnis, das die entomologische Abteilung von ihrem langjährigen Vorsteher erhalten hat, will ich hier noch erwähnen, die prächtige Lepidopterensammlung von *Fr. Riggenbach-Stehlin*.

Die *Sammlung für Völkerkunde* aber wird vom Erdgeschoss links nach dem Münsterplatz zu sich ausdehnen im Anschluss an den linken Flügel des alten Museums. Da soll ein neues Gebäude errichtet werden; Pläne sind erstellt. Doch die Genehmigung von Seite der Behörden kann erst erfolgen, wenn über den Neubau der Kunstsammlung entschieden ist. Und da müssen wir in Geduld abwarten.

Zur Naturgeschichte gehört noch die *Botanik*. Da ist erstellt worden, was im Jahre 1892 vermisst wurde, eine richtige botanische Anstalt mit den Laboratorien für anatomisch-physiologische Untersuchungen, und die neue Anstalt liegt nicht mehr, worüber 1892 geklagt wurde, von den andern Instituten weit entfernt, wie der alte botanische Garten, sondern neben der Bibliothek und dem Bernoullianum gegenüber.

Schliesslich wende ich mich zur *Physik und Chemie* und hole etwas weiter aus. Unser verehrter Herr *Hagenbach-Bischoff* hat 1892 in Ihrer Jahresversammlung berichtet, wie anfangs der siebziger Jahre das *Bernoullianum* erstand, als Gabe der Bürgerschaft zum vierhundertjährigen Jubiläum der Universität. Die eine Seite war der *Physik* bestimmt mit Einrichtungen für *Astronomie und Meteorologie*, die andere Seite der *Chemie*. Mit den vorhandenen Mitteln war das Mögliche erreicht, alles aufs zweckmässigste eingerichtet; für lange Jahre schien gesorgt. Bedenken wir, wie es anfangs der siebziger Jahre anderwärts stand. Chemische Laboratorien waren wohl an allen Universitäten in Betrieb; doch musste man sich mancherorts, auch an grossen Universitäten, mit Räumen behelfen, die ursprünglich für andere Zwecke waren erbaut und später notdürftig hergerichtet worden. Für den akademischen Unterricht in der Physik aber war mangelhaft gesorgt. Neben dem grossen Vorlesungssaal bestand ein physikalisches Kabinett; da wurden die Apparate aufbewahrt, die in der Vorlesung sollten gezeigt werden. Dagegen fehlte es fast überall an den Räumen und an den nötigen Einrichtungen, um eigent-

liche Untersuchungen und Messungen auszuführen, und ganz schlecht war es mit den Uebungen der Studierenden bestellt, Da blieb so gut wie alles der privaten Fürsorge des Professors überlassen. Was hier im Jahre 1874 bei Einweihung des Bernoullianums geboten war, das wurde an mancher grossen Universität schmerzlich vermisst.

Nun nahm aber mit den siebziger Jahren das Studium in den genannten Disziplinen einen gewaltigen Aufschwung, und die Einrichtungen erwiesen sich bald als ungenügend.

Das *chemische Laboratorium* war für 26 Praktikanten eingerichtet; es sollte auch den Medizinern, den Pharmazeuten und den Lehramtskandidaten dienen. Mitte der achtziger Jahre reichten die Plätze nicht mehr aus; es mussten sich mehrere Praktikanten in einen Arbeitsplatz teilen, alle Nebenräume hinzugezogen werden, und schliesslich blieb nichts andres übrig, als einen Teil der Praktikanten auswärts in einem gemieteten Lokal unterzubringen.

Auch die Vorrichtungen und Apparate mussten ergänzt und umgestaltet werden. Zum Gas und Wasser trat die Elektrizität. Neben der organischen Chemie, die Jahrzehnte im Vordergrunde gestanden hatte, von so grosser Bedeutung für die Farbenindustrie unserer Stadt, begannen die theoretischen Untersuchungen, die unter dem Namen der physikalischen Chemie zusammengefasst werden, ganz besondere Bedeutung zu gewinnen. Sie erforderten neue Hilfsmittel, die im Bernoullianum nicht konnten untergebracht werden. Freiwillige Hilfe musste eintreten, und die hat der uns leider so früh entrissene Kollege *Kahlbaum* in ganz hervorragendem Masse geleistet.

Was in den fünfunddreissig Jahren mit den beschränkten Mitteln und der mangelhaften Einrichtung im chemischen Laboratorium des Bernoullianums ist geleistet worden, brauche ich nicht hervorzuheben. Die Basler chemische Schule hat ihren Namen mit Ehren behauptet. Aber in den Jahrzehnten erstanden an allen Universitäten und technischen Hochschulen der Schweiz und des Auslandes

neue und besser eingerichtete chemische Laboratorien, und Basel mit seiner bedeutenden chemischen Industrie durfte nicht zurückbleiben.

Seit Ende der neunziger Jahre wurde ein Neubau ernstlich erwogen. Die freiwillige akademische Gesellschaft und hochherzige Gönner sagten ihre Unterstützung zu. Immer neue Hindernisse traten in den Weg; als endlich die Pläne fertig gestellt und angenommen waren, schritt der Bau nur langsam vorwärts. Am 14. Juni d. J. konnte endlich das neue chemische Laboratorium eröffnet werden; reichlich ein Viertel der Kosten ist von der akademischen Gesellschaft, den chemischen Fabriken und Privaten aufgebracht worden.

Im Aeussern ist das Gebäude sehr einfach gehalten; das Hauptgewicht wurde auf die innere Einrichtung gelegt. Im Erdgeschoss finden sich die Maschinen, die Magazine, das Laboratorium für Elektrochemie und die pharmazeutische Anstalt. Eine lange Reihe von Jahren hatte Herr Dr. *C. Nienhaus* den Unterricht der Pharmazeuten an der hiesigen Universität geleitet und sein eigenes Laboratorium zur Verfügung gestellt; der Staat konnte sich nicht länger der Aufgabe entziehen, auch für dieses Studium die Mittel und die Einrichtung zu gewähren. Das erste Stockwerk ist der anorganischen, das zweite der organischen Chemie bestimmt, beiden Teilen der grosse Hörsaal, der vom ersten in das zweite Stockwerk hinaufreicht und mehr als doppelt so viel Sitzplätze umfasst, wie der alte chemische Hörsaal im Bernoullianum. Für die Anfänger und für die Vorgeschriftenen, für die verschiedenen chemischen Untersuchungen und Messungen ist in trefflicher Weise gesorgt.

Die *Physik* soll vorderhand im Bernoullianum bleiben: die Hilfsräume werden entbehrlich, die zur Ausführung grösserer Arbeiten auswärts mussten beschafft werden, und die Uebungen der Anfänger sind nicht mehr so stark beengt.

Der ganze Betrieb hat von den siebziger Jahren eine völlige Umwandlung erfahren. Mit der Dynamomaschine,

der elektrischen Beleuchtung, dem Telephon begann die Elektrotechnik eine gewaltige Bedeutung anzunehmen; sie löste sich von den physikalischen Laboratorien, die ihr die Wege eröffnet hatten. Aber auch der Physiker hatte neue Methoden gewonnen, seine Untersuchungen zu erweitern. Ganz neue Gebiete wurden der Forschung erschlossen, und es zeigte sich, dass die alten theoretischen Vorstellungen zur Erklärung der Erscheinungen nicht genügten; eine neue Auffassung hat sich Bahn gebrochen, und es bedarf dringend neuer Einrichtungen und neuer Instrumente.

Mit Meisterschaft hat es der Vorsteher der physikalischen Anstalt in den vier Jahrzehnten verstanden, den Fortschritten der Elektrotechnik zu folgen, deren Mittel einerseits dem akademischen Unterricht und der wissenschaftlichen Forschung, anderseits dem Gemeinwesen dienstbar zu machen. Mit den Anstalten, wie sie grosse Universitäten und namentlich die technischen Hochschulen besitzen, können wir nicht in Wettbewerb treten. Aber wir müssen darnach trachten, einmal die praktischen Uebungen, die auch für den Chemiker und den Mediziner immer grössere Bedeutung gewinnen, weiter auszudehnen und so dann für die wissenschaftliche Forschung bessere Mittel zu gewinnen. Der Lehrer der Physik muss sich mit den Errungenschaften der Wissenschaft vertraut halten; sonst ist ein anregender Unterricht nicht möglich, und dass man auch mit bescheidenen Mitteln dieser Anforderung genügen kann, das hat die Erfahrung gelehrt. Allerdings reichen auch hier die Mittel des Staates lange nicht aus; wir sind auf die werktätige Hilfe der Technik angewiesen. Sie ist uns in reichem Masse zuteil geworden, und an den tiefsten Dank knüpfen wir die Bitte, es möge auch in Zukunft die enge Verbindung erhalten bleiben.

Damit habe ich Ihnen, geehrte Damen und Herren, zu berichten versucht, was in unsrer Stadt, seitdem Sie zum letztenmal hier tagten, an den Sammlungen und Anstalten,

die der Naturforschung dienen sollen, ist angestrebt und erreicht worden. Wollen Sie es einer wohlwollenden Beurteilung unterziehen und freundlich aufnehmen, was wir Ihnen bieten.

Mit diesem Wunsche eröffne ich die 93. Versammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.

Weltnaturschutz.

Von

Paul Sarasin.

Vortrag gehalten am VIII. Internationalen Zoologenkongress in Graz
am 16. August und an der 93. Versammlung der Schweizerischen
Naturforschenden Gesellschaft in Basel am 5. September 1910.

Wenn ich vor einer Versammlung von Vertretern der strengsten wissenschaftlichen Forschung, welche ihre Untersuchungen bis an die Grenzen des Erkenntnisvermögens in kühnem Vordringen ausdehnt und, ohne zurück oder zur Seite zu blicken, nur das eine Ziel kennt, der Ergründung der Rätsel der unbelebten Natur sowohl als des Lebens und seiner Betätigungen näher und näher zu kommen, so erfüllt mich mein Vorsatz, über das Thema: Weltnaturschutz mich auszusprechen, mit Bangigkeit, und ich würde nicht wagen, mit diesem so anders gearteten Begriffe in Ihre Gedankenkreise mich einzudrängen, wenn ich nicht getrost es aussprechen dürfte, dass ich den grössten Teil meines Lebens speziell wissenschaftlichen Studien gewidmet habe und also mich nicht als Fremdling unter Ihnen zu fühlen brauche, und wenn ich anderseits nicht auf vielen Reisen die Ueberzeugung gewonnen hätte, dass der Schutz der mit schwerer Schädigung, ja mit Untergang bedrohten lebendigen Natur auch dem streng geschulten Forscher als eine neue, ernste Pflicht entgegengebracht werden muss.

Der geographischen Entdeckung der Erde, welche im grossen Ganzen als abgeschlossen betrachtet werden darf, folgte mit Riesenschritten die Ausbeutung ihrer Reichtümer und ihrer bisher in Verborgenheit harmonisch dahin-

lebenden und eben dadurch in ihrer freudigen Existenz geschützten Geschöpfe; überall griff eine rücksichtslose industrielle Ausbeutung zerstörend in die Lebensgenossenschaften des Erdballs und brachte vorübergehenden Nutzen oder der Eitelkeit des weissen Menschen die Zierde unserer Mutter Erde zum Opfer. Da ist es denn wohl angebracht, dass auch der wissenschaftliche Forscher aufsehe von seinen Büchern und Instrumenten und seinen Blick aus dem Laboratorium hinauswerfe, um mit Schrecken zu erfahren, dass wir einer traurigen Verarmung unserer allgeliebten Natur entgegengehen, dass, wenn wir nicht energisch eingreifen im Sinne ihres Schutzes, wir verstummen müssen vor den Anklagen, welche schon eine nahe Zukunft uns entgegenschleudern wird, dass wir ihr, aus dumpfem Hinbrüten zu spät erwachend, eine verödete Welt hinterlassen haben; darum: Wachet auf! ruft auch uns eine fordernde Stimme, und da nun die Welt erobert ist, gilt es jetzt, die Welt zu erhalten.

Sie werden es natürlich finden, wenn ich in ganz kurzen Zügen Ihnen berichte, was in unserer kleinen Schweiz im Sinne des Naturschutzes bisher geleistet worden ist, stets in dem Endgedanken, dass wir mit unseren Bestrebungen im Dienste eines allgemeinen, des internationalen Naturschutzes stehen, und zu dem speziellen Zweck, um Ihnen an diesem Beispiele darzutun, wie ich mir die Ausübung des Naturschutzes über die ganze Erde hin vorstelle.

Auf der Schweizerischen Naturforscherversammlung am 1. August 1906 ordnete das Zentralkomitee die Bildung einer Kommission an, welcher zur Aufgabe gestellt ward, den Naturschutz in der Schweiz in seinem ganzen Umfange ins Werk zu setzen, speziell zu diesem Entschlusse angeregt durch die lästigen Erfahrungen, die es zu machen hatte, als es sich vornahm, den König der erratischen Blöcke in der Schweiz, den bloc des Marmettes bei Monthey, vor der Zerstörung durch einen Bauunternehmer zu retten, welches Resultat erst nach den langwierigsten Verhandlungen und

mit grossem Geldaufwande zustande gebracht werden konnte. Die Mitglieder der neuen Kommission, welche sich *Schweizerische Naturschutzkommission* nannte, versammelten sich darauf zur konstituierenden Sitzung, wobei der Vortragende mit der Präsidentschaft betraut wurde.

Die Unsicherheit, worin man sich der grossen Aufgabe des Naturschutzes gegenüber allgemein befand, spiegelte sich in der lebhaften Diskussion über dieselbe wieder, indem eine Uebermenge von Vorschlägen und Wünschen verlautbart wurde, welchen unverzüglich genügt werden sollte. Darum schien es dem Vortragenden, welchem die Leitung der ganzen Sache, die Einführung des Naturschutzes in die Schweiz übertragen war, vor allem notwendig zu sein, eine systematische Ordnung in das wild durcheinander gewürfelte Material zu bringen, und er begann damit, die Masse in die Abteilungen Geologie mit Hydrologie, Botanik, Zoologie und Prähistorie zu ordnen.

Bevor jedoch an diese Aufgaben unmittelbar herangetreten werden konnte, war noch ein anderes Werk zu verrichten, nämlich den Naturschutz in der ganzen Schweiz zu organisieren, in jedem Kanton also Männer zu suchen, welche sich bereit fanden, in ihrem Gebiet die Arbeit des Naturschutzes über sich zu nehmen. Diese Bemühungen bestimmten wesentlich die Tätigkeit der Kommission während des ersten Jahres, es gelang aber, im Laufe desselben dieses eigentliche Organ des Naturschutzes in der Schweiz ins Leben zu rufen.

Die dringendste Arbeit, vor welche für das zweite Jahr der Schweizerische Naturschutz sich gestellt sah, bestand in dem Schutze der *Alpenflora*, sowie der Wildflora der Schweiz überhaupt, welche gerade in ihren seltensten und schönsten Arten mit schwerer Schädigung, ja mit Ausrottung bedroht erschien. Die verschiedensten Verumständigungen, der Fremdenandrang, die ihn bedienenden Pflanzenhändler, die Centurien sammelnden Liebhaber, die Kenner, welche gerade den seltensten Arten nachspürten

und sie mit den Wurzeln aushoben, die Schüler, welche von ihren Lehrern Lob ernteten, wenn sie ihnen seltene, also ohnehin schon mit Ausrottung bedrohte Arten überbrachten, all das wirkte zusammen, die autochthone Alpen- und Juraflora ihrer Verarmung, wenn nicht ihrem Untergange entgegenzuführen.

Obschon nun viele Stimmen in den Zeitungen sich gegen diese Beraubung der herrlichsten Zierde unseres Landes erhoben, in dem wohlmeinenden, aber auf Unerfahrenheit beruhenden Gedanken, es könne hier durch öffentliche Ermahnung des Publikums geholfen werden, so musste doch jeder Erfahrene sogleich zur Einsicht kommen, dass nur durch Verordnungen oder Gesetze hierin wirksame Hilfe geschaffen werden könne, dass darin allein der erste Schritt zum Schutze der bedrohten Wildflora zu bestehen habe, der zweite werde dann der sein, dafür Sorge zu tragen, dass diesen Verordnungen und Gesetzen auch energische Nachachtung verschafft werde. Demzufolge wurde im Februar 1908 der Entwurf einer Pflanzenschutzverordnung an alle kantonalen Regierungen eingesandt, und da nun schon die grössere Anzahl derselben diese Verordnung angenommen haben, so erscheint nun das höchst schätzbare Ergebnis soviel als gewonnen, dass der Schutz der Wildflora, die Erhaltung des autochthonen Pflanzenkleides in der ganzen Schweiz durch Verordnungen oder Gesetze herbeigeführt ist und dass also jener von der Schweiz umgrenzte Teil der Alpen und des Jura in einer Weise unter botanischen Schutz gestellt ist, dass nun die Nachbarstaaten, mit entsprechenden Massregeln sich anschliessend, die Bestrebungen des europäischen Naturschutzes zu dem Endziele führen können, das autochthone Pflanzenkleid des gesamten Alpen- und Jurazuges unter gesetzlichen Schutz gestellt und damit für alle Zukunft vor eingreifender Schädigung oder gar Ausrottung bewahrt zu haben. Die gesamte Schweiz erscheint so in eine *partielle Reservation*, wie ich dies nennen möchte, verwandelt, der erste Schritt zur Gestaltung

eines viel grösseren Gebietes, ja endlich der Erde überhaupt in eine partielle Reservation.

Dieser Begriff der partiellen Reservation führt mich zu einer weiteren, von der Schweizerischen Naturschutzkommission an Hand genommenen Bestrebung.

Es konnte von vornherein keinem Zweifel unterliegen, dass durch solche schützende Verordnungen, deren Handhabung ausserdem durch die Natur der Sache eine besonders schwierige sein wird, der ins Auge gefasste Zweck nur unvollkommen erreicht wird; wohl werden eine bestimmte Anzahl von Arten geschützt werden; aber die ursprüngliche Gesamtnatur, emporgewachsen als ein Wechselprodukt zwischen sämtlichen autochthonen Pflanzen und Tieren, als eine grandiose Biocönose also, die Erhaltung ursprünglicher alpiner Natur, wie sie vor Eingriff des Menschen durch sich selbst im Laufe der Aeonen zustande gekommen war, konnte nur dadurch wenigstens annähernd wieder gewonnen werden, dass ein bisher noch möglichst wenig durch den Menschen veränderter Alpenbezirk unter absoluten Schutz gestellt würde, dass aus einem solchen Distrikte durch strengen Schutz aller Tiere und Pflanzen eine *totale Reservation*, wie ich das nenne, begründet würde, ein unantastbares Freigebiet, ein Sanktuarium für alle von der Natur daselbst geschaffenen Lebensformen, soweit wenigstens dieselben noch bis auf unsere Zeit erhalten geblieben sind; ja, durch energischen Schutz solcher totaler Reservation kann sogar gehofft werden, ein schon durch menschliche Eingriffe zum Teil gestörtes Naturleben und -wirken von neuem in den ursprünglichen Zustand zurückzuführen.

Die Aufgabe, eine europäische, speziell schweizerische Reservation zu begründen, schwabte als eine der wichtigsten der Kommission von Anfang an vor Augen, sie erfuhr aber eine lebhafte Förderung durch den Umstand, dass der schweizerische Bundesrat, aus der Existenz der berühmten amerikanischen Reservationen seine Anregung schöpfend,

einen ebenfalls dahingehenden Wunsch an die Schweizerische Naturschutzkommision aussprach.

Sachverständiger Rat leitete die Augen der Kommission auf jenen, vom Inn knieförmig umströmten Gebirgsdistrikt des Unter-Engadins, welcher einerseits das Scarltal mit seinen wilden Seitentälern, andererseits das Massiv des Piz Quatervals in sich einschliesst. In jenem Gebirgsdistrikt war die alpine Fauna und Flora in der gesamten Alpenkette der Schweiz verhältnismässig am ungestörtesten erhalten geblieben, ein Gebiet, in welchem weder zu ausgedehnte Firngebiete vorhanden sind, welche alles Leben ertöten, noch auch niedriges Flachland, in welchem durch die Kultur die Naturwelt verdrängt und vernichtet wird. Hier in dieser äusserst reich gegliederten und doch noch im ganzen in gemässigter Höhe sich haltenden Bergwelt musste das geeignete Land gefunden sein, wo das grossartige Experiment, aus den erhalten gebliebenen pflanzlichen und tierischen Naturlebewesen eine nur von der Natur geschaffene Lebensgenossenschaft zu begründen, gelingen musste, hier sollte alpine Urnatur wieder hergestellt und gleichsam als eine grosse Vorratskammer ungestörten Naturlebens der Zukunft zum Geschenk überreicht werden.

Nach Vorverhandlungen mit der Gemeinde Zernez kam am 31. Dezember 1909 der definitive Vertrag zustande, wonach fürs erste das wilde Tal Cluoza, ein Gebiet von 25 Quadratkilometer, in 25jährige Pacht genommen werden konnte. Damit war der Eckstein zum künftigen Schweizerischen Nationalparke gelegt, schon ist auch im Innern des Tales ein festes Blockhaus gebaut, die Sommerwohnung des bereits angestellten Parkwächters und seines Gehilfen, die Anlage eines bequemen Zugangsweges wird bald erfolgen, und die Grenzen der Reservation sind durch Anzeigetafeln festgelegt; für die weitere Vergrösserung derselben aber stehen wir mit fünf Gemeinden in Unterhandlung, wonach voraussichtlich bis Ende nächsten Jahres das ganze Werk zustande gebracht sein wird. Ferner sind

schon die Unterhandlungen im Gange, wonach Italien von Süden her eine kleinere italienische Reservation an die unsrige anlehnen wird, speziell zu dem freundnachbarlichen Zwecke, um die unsrige vor den gefürchteten italienischen Wilderern zu schützen. Damit wird nun die erste bestehende *totale* Reservation geschaffen sein, ein Gebiet, in welchem kein Tier und keine Pflanze geschädigt oder vernichtet werden soll, abgesehen von den für eine streng wissenschaftliche Forschung nötigen wenigen Exemplaren, wonach also auch das Raubwild unbedingten Schutz geniessen wird als ein wesentlicher Bestandteil unserer ursprünglichen alpinen Naturwelt. Anders noch liegen die Verhältnisse in den amerikanischen Reservationen der Vereinigten Staaten oder den deutschen und englischen in Afrika und anderwärts, welche nur partielle sind, welche, abgesehen von gewissen Waldbeständen, die Pflanzenwelt unberücksichtigt lassen und auch in die Existenz des Raubwildes mehr oder weniger gewaltsam eingreifen; der Naturschutz aber kennt nur eine Pflicht, nämlich die, alle autochthonen Tier- und Pflanzenarten, mit Ausnahme der als Ungeziefer zu bezeichnenden und der Krankheitserreger, vor Ausrottung zu bewahren, ganz unbekümmert um die Frage nach menschlichem Nutzen oder Schaden, und er will, wo gedankenlos oder zerstörungssüchtig ausgerottet wurde, die geschädigte Natur, soweit noch möglich, wieder herstellen. Wohl wird er darüber bei vielen seinen Bestrebungen feindlichen Elementen Widerstand finden, besonders bei vielen nur auf Fleischnutzung des Wildes bedachten Jägern, aber er wird den Kampf mit Umsicht aufnehmen und selbst in diesen Kreisen, denen die Erhaltung der freilebenden Tiere und besonders des prächtigen, die Landschaft so hervorragend zierenden Raubwildes am fernsten liegt, dem neuen Gedanken des Naturschutzes siegreiche Bahn brechen.

Sie werden sich bei der Mitteilung der Gründung eines Nationalparkes schon selbst die Frage vorgelegt haben,

woher wir den Mut nehmen konnten, uns in ein solches Unternehmen zu stürzen, welches doch zweifellos hohe, ja sehr hohe finanzielle Anforderungen stellt; für die Pacht, die scharfe Ueberwachung, den Bau von guten Unterkunftshütten und die Anlage von Wegen in einem Gebiete, das zuletzt rund 100 Quadratkilometer, ja vielleicht noch mehr umfassen wird, muss Jahr für Jahr eine namhafte Summe flüssig gemacht werden, wer liefert die bedeutenden Mittel zur Schaffung eines Schweizerischen Nationalparkes?

Zugleich mit dem Projekt einer Reservation grossen Stiles tauchte auch dieser Gedanke im Schosse der Naturschutzkommision auf, und es wurde beschlossen, einen *Schweizerischen Bund für Naturschutz* ins Leben zu rufen, von dem jeder Mitglied werden könnte, der Jahr für Jahr als Mindestbeitrag einen Franken beisteuern würde, und alsbald wurde auch seit dem 1. Juli vergangenen Jahres eine so lebhafte Propaganda ins Werk gesetzt, dass dieser Naturschutzbund schon als fest begründet angesehen werden kann und dass vor allem die Hoffnung besteht, es werde sich vielerorts Hilfe finden, ihn, dieses eigentliche Lebens- element des schweizerischen aktiven Naturschutzes lebhaft zu entwickeln. Noch besteht er erst aus rund 8000 Mitgliedern, da er doch mindestens die Zahl von 25,000 erreichen sollte; aber es steht zu hoffen, dass mit Ausdauer, mit Energie und vor allem mit tatkräftiger Hilfe solcher, die für unsere europäische Urnatur ein Herz haben, das genannte Ziel in nicht ferner Zeit gewonnen sein wird.

So sehen Sie denn vier verschiedene Mittel in den Dienst gezogen, um die Schweiz dem Naturschutz zu erschliessen: Organisation des Naturschutzes, Gesetze zum Schutz der Flora und später auch der Fauna, Reservationen zum absoluten Schutz aller darin lebenden Tiere und Pflanzen und den Naturschutzbund zur Herbeischaffung starker finanzieller Hilfsmittel.

Und nun, nachdem ich Ihnen einen flüchtigen Ueberblick über die Naturschutzbestrebungen in der Schweiz ge-

geben habe, ist es an der Zeit, zu meinem eigentlichen Thema überzugehen, nämlich dem internationalen oder globalen Naturschutz, dem Weltnaturschutz von Pol zu Pol.

Zum Eingang erlauben Sie mir, mich über einige Vorbegriffe auszusprechen. Ich rede von einem *nationalen* und einem *internationalen Naturschutz*. Um die Aufgaben des letzteren ins Licht zu setzen, müssen wir uns darüber klar werden, was die des ersten sind. Der nationale Naturschutz beschlägt alle naturschützerischen Gebiete, welche von einer Nation selbst innerhalb ihrer politischen Grenzen bewältigt werden können und bewältigt werden sollen, so wie ich es Ihnen an der im Gange befindlichen Naturschutzarbeit in der Schweiz dargetan habe; auf der anderen Seite erscheint der internationale Naturschutz von dieser Arbeit, insofern sie wirklich ausgeführt wird, entlastet. Aber da der nationale Naturschutz, wie auch schon erwähnt, nur einen Teil des internationalen oder globalen Naturschutzes bildet, so bleibt dem internationalen die Kontrolle des nationalen Naturschutzes, welcher übrigens seinerseits den Kern des Weltnaturschutzes bildet. Diese Kontrolle des internationalen Naturschutzes hat darin zu bestehen, darüber zu wachen oder es herbeizuführen, dass in allen Kulturstaaten, in welchen Kontinenten sie auch liegen, der Naturschutz organisiert werde, indem nach dem Vorgange des Kommissars Conwentz in Preussen in allen Provinzen oder der Naturschutzkommision in der Schweiz in allen Kantonen Persönlichkeiten gesucht werden, welche bereit sind, den Naturschutz in den ihnen zugewiesenen Territorien zu übernehmen, über welches lokale Tätigkeitsnetz entweder ein staatlicher Kommissar oder eine zentrale Kommission als oberleitendes Organ gesetzt ist. Diese Organisation, welche ausser in Deutschland und in der Schweiz auch schon in anderen Staaten im Werden begriffen ist, soll von der internationalen Naturschutzkommision in allen Kulturstaaten angeregt und, wo sie von selbst nicht zustande kommt, durch andauernde Bemühung

zustande gebracht werden. Die Zentralstellen dieser nationalen Naturschutzkorporationen haben sich mit der internationalen Stelle in dauernde Fühlung zu setzen und ihr jährliche Tätigkeitsberichte einzusenden, welche in einem *Blaubuch des Weltnaturschutzes* veröffentlicht werden sollen.

Die nationalen Naturschutzkorporationen haben ausser ihrer direkten Naturschutztätigkeit vor allem auch die Aufgabe, in ihrer Nation einen *nationalen Bund für Natur- schutz* ins Leben zu rufen nach dem Vorbilde des in der Schweiz geschaffenen, welcher Bund der nationalen Naturschutzleitung die Mittel in die Hand gibt, nicht nur mit Worten, sondern mit der Tat von sich aus vorzugehen, ohne in ihrer Aktivität von den staatlichen Organen abhängig zu sein. Eine energische Entwicklung eines solchen Naturschutzbundes wird in Grossstaaten im Verlauf kurzer Jahre umfangreiche Dimensionen annehmen können und dem aktiven Naturschutz machtvolle finanzielle Mittel an die Hand geben. Lassen Sie sich ein Beispiel gefallen: Als in England im Jahre 1905 die Gesellschaft für Erhaltung der Fauna des Imperiums beim Kolonialsekretär Lyttleton vorstellig wurde, er möge in den afrikanischen Kolonien zum Schutze des Wildes nicht nur grosse Reservationen schaffen, sondern diese auch durch besoldete Organe wirksam überwachen lassen, da sie sonst nur als Umrisse auf den Landkarten zu erblicken wären, in der Tat aber gar keinen wirklichen Bestand hätten, wies der Kolonialsekretär auf den Mangel an finanziellen Mitteln sowohl seitens des Mutterlandes als seitens der Kolonien hin, und die Sache kam nicht zu gesicherter Ausführung. Aber seine Antwort hätte sein sollen: Wohl, wir wollen Reservationen machen, wir wollen sie wirksam überwachen lassen, aber es fehlt uns das Geld, meine Herren, schaffen Sie es!

Mit Hilfe eines Grossbritannischen Bundes für Natur- schutz würden, wenn er zielbewusst geleitet wird, namhafte Summen jährlich flüssig gemacht werden können. Wenn es dem Schweizerischen Bund für Naturschutz einmal ge-

lingen wird, was ich für wohl möglich halte, im Jahre Fr. 35,000 aufzubringen, so wird Grossbritannien ohne die Kolonien ebensowohl 350,000, das deutsche Reich 600,000, Oesterreich-Ungarn 500,000, Frankreich 400,000, Italien 350,000 und andere Staaten entsprechend an Münzeinheiten jährlich aufbringen können, und von diesen nationalen Nettoeinnahmen soll der zehnte Teil der internationalen Kommission zur Vollführung ihrer Aufgaben ausgerichtet werden. Schon hier sei bemerkt, dass diese gesammelten Gelder möglichst ausschliesslich für unmittelbar aktiven Naturschutz verwendet werden sollten, worunter ich in erster Linie den Ankauf oder die vieljährige Pacht grosser Distrikte verstehе, welche aus der fortschreitenden Zerstörung des Naturlebens durch Ackerbau, Forstwirtschaft und Jagd auszuschalten sind und welche als ein nur wenig unterbrochenes Netz von Naturfreistätten über Europa, ja über die ganze Erde sich hinziehen sollen; weiter sind die Gelder zu verwenden für den Gesamtbetrieb des Naturschutzes innerhalb der Grenzen der Nation: Besoldung von Beamten, Subventionen für Reisen, Veröffentlichung von Verordnungen, Aufrufen, Artikeln, Jahresberichten und anderes der Art. Die nationalen Naturschutzkorporationen haben ferner alle in der Nation schon bestehenden Bestrebungen dieser Art in ihre Interessensphäre hineinzuziehen.

Was die Kolonien der Staaten anbelangt, so sind jene, welche schon zu selbständigen Kulturstaaten sich entwickelt haben, als Nationen aufzufassen, welche in ihrem Schoss nationale Naturschutzkorporationen zu bilden haben; inwieweit die anderen Kolonien dem Naturschutz der Nationen zu überlassen sind, richtet sich nach dem eigenen Entscheid der letztern; erscheint der Naturschutz in denselben ungenügend gehandhabt, so fällt er der Sorge der internationalen Kommission zu.

Da ich vor wissenschaftlichen Männern spreche, bemerke ich hier, dass diesem neuen Gebiete auch eine wich-

tige wissenschaftliche Seite abgewonnen werden kann, insofern es notwendig zu einem tieferen Studium der Wechselwirkung zwischen Tier und Pflanze, ferner eben derselben zwischen den verschiedenen Tierarten, besonders den carnivoren und herbivoren und auch zwischen den verschiedenen Pflanzenarten führen wird, zu einem vertieften Studium also der Biocönose und weiter zu einer eingehenderen Erforschung der Betätigung der Tiere oder, wie wir es einmal genannt haben, ihrer Ergologie. Das eigentliche Ziel des Naturschutzes aber, die Erhaltung der mit Ausrottung bedrohten Tier- und Pflanzenwelt ist ein so wichtiges und der Zukunft gegenüber so verantwortungsvolles, dass es sich auch für die wissenschaftliche Zoologie ziemt, sich in den Dienst desselben zu stellen.

Nachdem ich nun in kurzen Umrissen den Entwurf einer globalen Organisation des Naturschutzes angedeutet habe, welche sich zusammensetzen soll aus nationalen Korporationen und einer über diesen stehenden internationalen Kommission, nachdem ich ebenso kurz die Arbeit der nationalen Korporationen bezeichnet habe und ihre Beziehungen zur internationalen Kommission, bleibt mir nun des weiteren übrig, darzulegen, welche unmittelbare Arbeit, neben der Kontrolle der nationalen Tätigkeiten, der internationalen Naturschutzkommission zufällt. Zu diesem Behufe lassen Sie mich Ihnen berichten, wie ich dazu gelangt bin, die Aufstellung einer internationalen Naturschutzkommission als eine Notwendigkeit zu erkennen.

Im Oktober 1908 lief die Notiz durch die Tagesblätter, dass in nächster Zeit eine von verschiedenen europäischen Staaten zu beschickende Konferenz in Kristiania stattfinden werde, welche über die künftige staatsrechtliche Stellung des bis jetzt herrenlosen *Archipels von Spitzbergen* Beschluss fassen solle. Darauf aufmerksam geworden, tauchte in mir der Gedanke auf, ob Spitzbergen nicht in irgend einer Form zu einer europäischen Reservation gemacht werden könnte nach dem strahlenden Vorbild amerikanischer

Grossreserven wie z. B. des Yellowstoneparkes in Wyoming; zum mindesten erschien mir der Erlass einer zielbewussten Naturschutzverordnung für diesen Archipel besonders wünschenswert im Hinblick auf die dort betriebene sinnlose Zerstörung seltener und wissenschaftlich wertvoller Tierarten.

Zum Beweise dieses letzteren Satzes sei der folgende Abschnitt eines Zeitungsartikels hier wiedergegeben:

„Auf Spitzbergen droht die Ausrottung des Tierbestands. Wie da gehaust wird, mag ein Beispiel bezeugen. Die Expeditionen, die vergangenen Sommer von Tromsö ausgesandt wurden, brachten folgende Beute heim: 26 lebende und 137 tote Eisbären, 4 lebende und 162 tote Walrosse, 4039 Klappmützenseehunde, 1109 Gross-Robben, 440 Kilo Daunen, 4614 Tonnen Speck, 40½ Tonnen Fischbein. Die Winterexpeditionen 1907/08 brachten u. a. 78 Bären, 4 lebende und 232 tote Polarfüchse, 1022 Kilo Daunen und 116 Tonnen Speck. Dies in einem Jahre und nur von Tromsö aus. Nun rechne man noch die Expeditionen von Hammerfest, Vardö und Archangels dazu, die zusammen eine der Tromsöer gleichkommende Ausbeute aufzuweisen haben. Zwei allerneuste Kalamitäten treten noch hinzu: bei den vom Kontinent kommenden Touristen wird die arktische Jagd in den letzten Jahren Mode. In Tromsö wies im Sommer vorigen Jahres ein Tourist stolz seine Beute: 13 tote und ein lebendiger Bär in vier Tagen. Die andere Kalamität ist, dass jene Jäger, denen es nur auf das Pelzwerk ankommt, Arsenik-Köder auslegen. Diesen erliegen auch die Renntiere, welche dort wild leben. Auch werden letztere schonungslos von den Touristen niedergeschossen.“

Ein anderer Zeitungsartikel macht die kurze melancholische Konstatierung: „Die Tierwelt ist auf Spitzbergen nicht mehr so stark vertreten, wie ehedem. Manche Arten sind durch die Jagdlust der Touristen ganz ausgerottet

worden, heute gibt es nur noch wenige Eisbären, Renntiere und Seehunde; auch diese stehen auf dem Aussterbeplatze.“

Der Versuch jedoch, eine einflussreiche Persönlichkeit für die Aufgabe zu gewinnen, um den Gedanken, Spitzbergen zu einer europäischen Reservation zu machen, vor der diplomatischen Kommission, welche in Kristiania tagen sollte, zu Gehör zu bringen, ist leider gescheitert, weshalb ich ihn vor Ihnen hiemit laut werden lasse und ihn als eine der Aufgaben bezeichne, welche die internationale Naturschutzkommision mit Nachdruck an die Hand zu nehmen hätte.

An diese Aufgabe, die Fauna von Spitzbergen vor dem Untergang zu retten, schliesst sich aber eine noch weiter aussehende, nämlich diese, die gesamte höhere *Polartierwelt*, die *arktische* sowohl als die *antarktische*, vor der ihr nahe bevorstehenden gänzlichen Ausrottung zu schützen. Den nächsten Anlass zu einem öffentlichen Appell an den internationalen Naturschutz gab eine Zeitungsnachricht, worin die Gründung einer Gesellschaft zum Betrieb von Walfischfang im grossen Stile und nach einer neuen Methode angekündigt wurde. Diese neue Methode sollte darin bestehen, dass die Walfischerfahrzeuge von einem Dampfer von 4000 Tonnen begleitet würden, welcher mit allem, was zur Behandlung der gefangenen Beute notwendig wäre, ausgerüstet werden sollte. So würde es für die Walfischjäger nicht mehr nötig werden, eine Station am Lande für diese Arbeiten aufzusuchen, und der Vernichtungskrieg könnte ohne Unterbrechung seinen Lauf nehmen, bis er an seinem traurigen Endziel angelangt wäre.

Darauf veröffentlichte ich im Zoologischen Anzeiger sowohl als in der Frankfurter Zeitung am 18. Oktober 1909 folgenden Protest:

„Die Kenntnisnahme dieser Nachricht wird jedem, welcher dem allenthalben aufgewachten Sinn für die, einer fordernden Zukunft gegenüber so verantwortungsvollen Bestrebungen des *Naturschutzes* bei sich Raum zu geben ver-

mag, die Röte der Entrüstung in die Wangen getrieben haben darüber, dass brutale Kapitalskraft zur Herausbringung fetter Dividenden eine Gruppe der merkwürdigsten Säugetiere des Erdballs, die Waltiere mit dem Riesenwal, dem Monarchen und Wunder des Weltmeeres an der Spitze, vernichten und damit aus dem Naturschatze streichen wird ; denn nur eine solche Vernichtung wird das Endwerk einer Gesellschaft sein, welche Walfischfang „im grossen Stil und nach neuer Methode“, also mit allen Hilfsmitteln der Zerstörungstechnik betreiben wird. Darum fordern wir alle diejenigen, welche Einsicht und Herz genug haben, das Unheilvolle dieses Unternehmens zu verstehen und zu empfinden, auf, sich uns anzuschliessen, ein energisches Wort des *Protestes* dagegen laut werden zu lassen und den *dänischen Naturschutz* aufzufordern, nicht müssig zuzuschauen, sondern seinen ganzen Einfluss aufzubieten, diese Vergewaltigung der edelsten Meerestierwelt im Keime zu ersticken. Mögen auch die nordischen Meere an die angrenzenden Nationen als ihr Besitz aufgeteilt werden, damit, wie auf die Säugetiere und Vögel des Landes, so auf die Säugetiere und Vögel des Meeres rationelle, den Bestand sichernde *Jagdgesetze* ausgedehnt werden können, deren Handhabung mit Hilfe der Kontrolle an den Einfuhrhäfen und andern Küstenplätzen bei festem Willen sehr wohl sich verwirklichen lassen wird. Möge auch der Erfinder jener neuen Vernichtungsmethode der Waltiere zur Einsicht kommen, dass es höherer Ruhm ist, die Werke der Natur zu erhalten, als sie zu verderben und zu zerstören ; möge er, den veralteten Gedanken solcher Vernichtung seltener und wunderbarer Naturlebewesen als einer Tat preisenswerter Kühnheit verlassend, in den Dienst des neuen Gedankens sich stellen, demzufolge dem Beschützer der Natur und ihrer Geschöpfe der künftige Dank aller Einsichtigen gewiss sein wird.“

Dass solche Appelle, wie der vom Vortragenden ausgesandte, eine gewisse Wirkung nicht verfehlt, ist durch

mehrere ihm gütigst gewordene Zuschriften dargetan; aber dieser Kampf mit der Feder pflegt nur vorübergehende Folgen zu haben; sobald die wahre Schwierigkeit entgegentritt mit der Frage: was ist zu tun, um die über die merkwürdigsten Tiere des Nordens hereinbrechende Zerstörungswoge zurückzuwerfen? so verstummen die literarischen Stimmen, und die Zerstörung bleibt an ihrem Werke bis zur endgültigen Vernichtung.

Darum ist es als eine der nächsten und Hauptaufgaben der internationalen Naturschutzkommission zu bezeichnen: Herbeiführung internationaler Gesetze zum Schutz der arktischen und antarktischen Fauna, und um diese Gesetze wirksam machen zu können, ist erforderlich eine *Aufteilung der Meere unter die angrenzenden Nationen*, welche damit die Verpflichtung übernehmen, über ihre Meeresgebiete in gleicher Weise Jagdgesetze zu erlassen und deren Befolgung zu überwachen, wie sie solche für ihre Landgebiete schon längst erlassen haben. Das Weltmeer, früher eine uferlose Wasserwüste und Jagdgebiet des Freibeuters, ist jetzt, nachdem es auf's genaueste erforscht worden ist, dem Lande gleich zu achten, sein Nutzensertrag bildet einen sicher bestimmten Bruchteil desjenigen des festen Erdbodens, sodass die bisher zur Geltung bestandene Dreimeilenlinie des Meerbesitzrechtes gebrochen werden und eine genau politische Meeresenteilung nach Breite und Länge international geschaffen werden muss. Der besitzenden Nation eines solchen Meeresabschnittes erwächst dann die Pflicht, die höhere Fauna, Säugetiere und Vögel, ebenso vor Ausrottung zu schützen, wie das Jagdwild ihres festländischen Besitzes. Die Nachachtung dieser Meeresjagdgesetze ist, wie schon erwähnt, mit Hilfe der Kontrolle an den Einfuhrhäfen, ausserdem mit Hilfe rascher Meerespolizeiboote wohl durchführbar. Wie schmerzlich empfinden wir als Naturforscher die Ausrottung der Stellerschen Seekuh, wie unerträglich erscheint uns der Gedanke, dass Riesengestalten, wie Grönlandwal und der auch mit

Ausrottung bedrohte Potwal aus dem zoologischen Inventar unseres Erdballes für immer gestrichen werden sollten! Welcher Ruhm für Russland würde es sein, wenn es damals schon geboten hätte: die Seekuh wird nicht ausgerottet! und wenn es uns dieses wunderbare Wesen durch sein Machtgebot erhalten hätte! Derselbe Mahnruf aber ergeht jetzt an uns selbst für andere Formen, die mit Ausrottung bedroht sind, aber mit Einsicht und Willen erhalten werden können, welche die Nachwelt noch besitzen und bewundern wird, wenn wir, die wir hier sind, nicht mit dem schwächlich resignierten Ausrufe: es ist zu spät! die Hände mutlos sinken lassen. Während damals Russland von einer Pflicht der Erhaltung solch herrlicher Naturgeschöpfe nichts wusste, wir wissen sie, auf uns ruht darum Verantwortung, tun wir sie also!

Unter die nächsten Aufgaben der internationalen Naturschutzkommission ist ferner die folgende zu rechnen: die Verhinderung der Ausrottung der schönsten und seltensten *exotischen Vogelarten*, an welcher, wie auch an der *Ausrottung der Pelztiere*, leider die Eitelkeit der europäischen Frau die Hauptschuld trägt, eine ungeheure Vogelschlächterei ist die Folge dieser tief zu beklagenden Eitelkeit.

Ich bringe hier einige Zahlen, welche als Anregung genügen mögen:

Der Egrettenreiher, dessen Rückenfedernschmuck von den Frauen besonders begehrt ist, ist in den Vereinigten Staaten, in Venezuela, in Afrika, in China, wo überall er früher in Myriaden lebte, soviel als ausgerottet: „the quantity of egrets feathers“, lautet ein Bericht des britischen Vizekonsuls von Venezuela schon 1898, „has this year reached the high total of 2839 Kilogram. Considering that about 870 birds have to be killed to produce 1 Kilog. of the small feathers or about 215 birds for the larger, the destruction of these birds must be very great. The egrets are shot down at their breeding place while they are building

their nests and rearing their young, the latter die of hunger on their parent's death, the breeding places being absolutely devastated by the plume hunters.“ In grosser Gefahr der Ausrottung sind ferner die lebenden Juwelen der Natur, die Kolibri. Eine einzige Zusendung eines Londoner Hauses enthielt ihrer 32,000, eine Firma in Berlin sammelt mit allen Mitteln diese Tierchen, um sie, wenn sie selten geworden oder ausgerottet sind, mit grossem Gewinn zu verkaufen. Es gibt schon Schuhe aus Kolibrifedern, das Paar für 6000 Mark. Was Wunder, dass z. B. auf der Insel Trinidad, wo der Gang der Ausrottung überschaut werden kann, von ursprünglich 18 Kolibriarten nur noch 5 existieren? Daraus mag man Schlüsse ziehen auf den Bestand in anderen Gebieten. Nicht besser steht es mit den Paradiesvögeln: 1907 wurden 19,742 Bälge in London auf den Markt gebracht, ferner meldet eine einzige Sendungsliste einer Londoner Firma 1909 28,300 Bälge, täglich laufen grosse Sendungen ein. Weiter enthielt die Zusendung eines Londoner Hauses 80,000 Seevögel, 19,000 Egretten und 800,000 Paare von Schwingen verschiedener Arten. Auch der australische Emu geht mit raschen Schritten der Ausrottung entgegen, auf Tasmanien gibt es schon keine mehr. In einer einzigen Saison ferner wurden von einer Pariser Modistin 40,000 Seeschwalben verbraucht. Man hat berechnet, dass man für die Mode 2—300 Millionen Vögel im Jahre vernichtet, ein die Natur beleidigendes Riesenopfer an die Eitelkeit und Herzlosigkeit der europäischen Frau.

Ich will sie nicht mit weiteren Zahlen ermüden, es genügt festzustellen, dass im Dienste der dieses Riesenopferfordernden europäischen Frau der Händler steht, welcher entschlossen auf die Vernichtung der herrlichsten lebenden Naturzierden lostreibt; ja selbst vor Mord schreckt der im Dienst des Händlers stehende Freibeuter nicht zurück; denn die Wächter der ornithologischen Reservation in Florida fielen der Kugel solcher Mordbuben zum Opfer, auch Märtyrerblut, das uns zur Rache aufruft.

Die internationale Naturschutzkommision muss in diese Barbarei der Vogelvernichtung Wandel bringen, sie hat das Steuer des frech auf Ausrottung der lieblichsten Naturzierden lostreibenden Händlerschiffes umzudrehen und seinen Drohungen eine geharnischte Faust entgegenzuhalten, sie hat die Staaten zu veranlassen, die Einfuhrsteuer auf exotische Vogelbälge so hoch hinaufzusetzen, dass die Jagd sich nicht mehr lohnt und der Händler genötigt wird, zu Surrogaten zu greifen. Geht die Zerstörung in der gegenwärtigen Weise weiter, so wird er in wenigen Jahren von sich aus dazu greifen, weil der Naturvorrat seines Materiales vernichtet sein wird; dann wird er seine Surrogate anpreisen und teuer verkaufen, und die europäische Frau wird hochzufrieden sein. Bringen wir also den Händler jetzt schon in diese Zwangslage und retten wir an gefiederter Schönheit für die Nachwelt, was noch zu retten ist.

Eine weitere dringende Aufgabe der internationalen Naturschutzkommision ist der Schutz der *afrikanischen Säugetierfauna* vor Ausrottung. Grossé Anstrengungen in dieser Beziehung hat Grossbritannien gemacht, nachdem der Marquis von Salisbury im Mai 1906 den schweren Stein ins Rollen gebracht hatte. Dabei lehnte er sich an einen Vorschlag an, welcher vom Gouverneur von Wissmann aus gegangen war, dahinzielend, es seien für das stark im Rückgang befindliche Wild grosse Gebiete als Reservationen zu erklären. Eine umfassende und andauernde Enquête bei den Gouvernementen der englischen Provinzen und Protektoräte liess der Marquis folgen, welche eine solche Fülle genauer Informationen im Laufe der Jahre 1896—1907 ergab, dass ich hier auf einzelnes nicht einzutreten vermag; die Blaubücher, welche die Korrespondenz über die Massnahmen der britischen Regierung behufs Erhaltung des Grosswildes in Afrika wiedergeben, sind von erster Wichtigkeit zur Kenntnis des Rückganges sowie des aktuellen Zustandes überhaupt des Edelwildes von Afrika. Als Hauptursache dieses Rückganges erscheint wieder der Handel in

Elfenbein, Fellen und Hörnern, welcher sein zerstörendes Werk mit Hilfe der Feuerwaffen verrichtet. Als Hauptgegenmassregeln werden erkannt: Erschwerung des Exports dieser Artikel aus den Kolonien, wozu freilich auch die Erschwerung des Imports derselben in die Kulturstaaten kommen muss, weiter streng gehandhabte Jagdgesetze und endlich die Begründung von Reservationen. Im Jahre 1903 bildete sich in London eine Society for the preservation of the fauna of the Empire, welche, wie schon erwähnt, 1905 eine Deputation an den Kolonialsekretär Lyttleton absandte, um ihre Vorschläge zum Schutze des afrikanischen Wildes vorzubringen; auch die Zoological Society er hob 1906 ihre Stimme zu Gunsten energischer Schutzmassregeln, Deutschland und Frankreich sagten ihre Mithilfe zu, und trotzdem gelangte man nicht zu einem befriedigenden Ergebnis, im Kampfe mit dem Händler erwies sich der Staat als der schwächere, und er musste die Klage erheben: wir schaffen Reservationen, aber es fehlen uns die Mittel, sie zu bewachen, wir stellen Jagdgesetze auf, aber wir sind nicht imstande, ihre Nachachtung zu erzwingen, und wo die eine Kolonialmacht den Export der erwähnten Artikel erschwert oder verbietet, lässt die andere diese Wertgegenstände im verborgenen aus ihren Häfen ausgehen und verschafft sich einen Nutzen, welchen die andere sich aus ethischen Gründen versagte; überhaupt zur energischen Durchführung aller Massregeln fehlt es an Geld.

An Afrika anschliessend bemerke ich, dass die freie Tierwelt des gesamten tropischen und subtropischen Gürtels der Erde, sei es zum Teil, sei es völlig, in ihrer Existenz bedroht ist, in Britisch Indien ebenso wohl wie in Niederländisch Indien, wo eines der allermerkwürdigsten Tiere schonungsloser Verfolgung ausgesetzt ist, der Orangaffe, und die zirkumpolaren Pelztiere führt, wie schon erwähnt, die Mode der Vernichtung entgegen. Eine genaue Untersuchung des Bestandes aller gefährdeten Tiere, Art für Art, wird eine der Hauptaufgaben des Weltnaturschutzes

sein sowie eine Beschaffung der Mittel zum wirksamen Schutze derselben und zur Sicherung der Wiederherstellung der bedrängten Arten.

Schon im Jahre 1867 erhob der verstorbene Professor *Ludwig Rütimeyer*, der gemütvolle, werte Mann seine warnende Stimme mit folgenden Worten :

„Eine einzige Spezies, der Mensch, drängt mit erstaunlich rasch zunehmender Gewalt das Tierleben allerorts in schwer zugängliche Verstecke zurück. Die Zahl der Tierarten, welche dem ungleichen Kampf erlagen und nur noch als Mumien in Museen aufbewahrt werden, ist auf Dutzende gestiegen und mehrt sich fortwährend. Für alle Tiere ist der Kampf ums Dasein, ihr einziges Mittel der Vervollkommenung, ungleich schwerer geworden, als er es war, bevor ein so mächtiger Mitbewerber auftrat. Szenen ungestörten Tierlebens, wie sie die fromme Erinnerung bezeichnend von dem Morgenlichte der letzten Schöpfung beleuchten lässt, sind nur noch den kühnsten Reisenden zugänglich, die ins Innere ältester Schauplätze der Speziesbildung eindringen. Ueberall, wo die kaukasische Rasse auf solchem Kampfplatz auftritt, kann ein für Tiergeschichte aufmerksames Ohr den Ruf vernehmen: Ave Caesar, morituri te salutant.“

Das war zu einer Zeit geschrieben, als, um ein Beispiel anzuführen, der amerikanische Bison noch in zwei immensen Herden, deren nördliche auf $1\frac{1}{2}$, die südliche auf 3 Millionen Individuen geschätzt war, die Prärien der Vereinigten Staaten westlich vom Mississippi belebte, und als ein wahrer Moriturus war seine südliche Masse schon im Jahre 1875, seine nördliche 1883 abgeschlachtet, sodass 1889 nach sorgfältiger Schätzung noch 635 wilde Bisonten im Riesenbezirk der Vereinigten Staaten ein kümmerliches Leben fristeten.

Der Schrecken über diese furchtbare Vernachlässigung seitens der Regierung hat dann zur Gründung der Yellowstone-Reservation geführt mit dem speziellen Zweck, den Bison zu erhalten und zu vermehren; aber in einem neuen

Berichte heisst es: „the animals become nervous and restless and cease to copulate and to rear their calves; the heerd is gradually disappearing, in fact it was left till it was too late.“

Sollen wir nun im Hinblick auf die Ausrottung so vieler höchst schätzbarer Tierarten, müsig zuschauend, in elegische Klage ausbrechen darüber, dass diese Erscheinung eine Notwendigkeit sei? Niemals, denn hat die Spezies *Homo* die Macht, zu zerstören, so hat sie auch die viel edlere Macht, wieder herzustellen und zu erhalten; es gibt noch eine Uebermenge von herrlichen Naturgeschöpfen, die zwar schwer bedrängt sind, die aber, wenn geschützt, von neuem zur Vermehrung und zur Ausbreitung zu bringen sind; denn die Vermehrungskraft der Arten ist eine so starke, dass sie unseren Bestrebungen sogleich zu Hilfe kommen wird.

Noch eine weitere hohe, vielleicht die höchste Aufgabe fällt in das Arbeitsgebiet des Weltnaturschutzes, nämlich die Erhaltung der letzten Reste jener hochinteressanten Varietäten der Spezies *Homo*, welche wir als *Naturvölker* bezeichnen. Indem ich Sie daran erinnere, dass das interessanteste derselben, die Bewohner der Insel Tasmanien, im Laufe von 70 Jahren nach der europäischen Kolonisation der Insel bis zum letzten Individuum ausgerottet worden ist, brauche ich kaum darauf hinzuweisen, wie sehr es Pflicht ist für den Weltnaturschutz, von andern ähnlichen Stämmen die Reste zu retten, wobei ich vor allem an den autochthonen Australier denke, aber weiterhin an die allenthalben zurückgehenden Kleinstämme, wie die Wedda, die Negrito, die Akka u. a. m., ich zähle zu den vom Naturschutz zu schützenden Menschenstämmen alle jene, welche, wenn mit der europäischen Kultur in Berührung gebracht, der Vernichtung anheimfallen, sei es, wie vielfach in Australien, durch die Kugel der Kolonisten, sei es durch seltsame, noch wenig bekannte Faktoren, welche zu der melancholischen Aeusserung eines solchen Eingeborenen einem englischen Kolonisten gegenüber führten: „we want to die out.“ Für

diese Stämme müssen unantastbare Reservationen geschaffen werden, welche kein Europäer ohne Erlaubnis der Regierung betreten darf, wahre anthropologische Sanktuarien, deren Grenzen auch der Eingeborene, für welchen sie geschaffen sind, nicht soll überschreiten dürfen. Wie der Mensch die Krone der lebendigen Naturgeschöpfe ist, so wird diese Tat die Bekrönung des Werkes des Weltnaturschutzes sein, nämlich *die Erhaltung der anthropologischen Naturdenkmäler.* —

Auf dem VIII. internationalen Zoologenkongress in Graz hat der Vortragende seine Rede mit dem folgenden *Antrag* geschlossen:

„Es soll unverzüglich ein Komitee zusammentreten mit der Aufgabe, eine internationale Naturschutzkommission zu bilden. Diese *internationale* oder *Weltnaturschutzkommission* soll sich aus Vertretern aller Staaten zusammensetzen und soll zur Aufgabe haben, den Naturschutz in seinem ganzen Umfange von Pol zu Pol, über die gesamte Erde, Land und Meer, wirksam auszudehnen.“

Auf diese von der Versammlung mit lebhaftem Beifall aufgenommene Proposition wurde dem Vortragenden der Auftrag zuteil, ein *provisorisches Weltnaturschutzkomitee* aus Vertretern verschiedener Staaten alsbald zusammenzusetzen, welchen die Aufgabe zufallen sollte, eine *internationale* oder *Weltnaturschutzkommission* ins Leben zu rufen. Der Vortragende sandte darauf sogleich Einladungen an Vertreter der folgenden Staaten: Deutschland, Frankreich, Grossbritannien und Australien, Japan, Italien, Norwegen, Oesterreich-Ungarn, Rumänien, Russland, Schweden und Vereinigte Staaten, während er selbst die Schweiz vertrat.

Diese Herren versammelten sich am 18. August zur Sitzung, wobei der Beschluss gefasst wurde, „eine internationale Einvernahme über den Weltnaturschutz in allen Staaten der Welt zu organisieren“, ein Beschluss, welchen darauf die Versammlung zu dem ihrigen machte.

Diese *Weltnaturschutzkommision* zustande zu bringen und in Tätigkeit zu setzen wird nun das nächste, mit zielbewusster Ausdauer zu erstrebende Werk des provisorischen Weltnaturschutzkomitees werden, und ich lege Ihnen nun, hochgeehrte Anwesende, die Mahnung an die Seele, sich der grossen Bedeutung dieses Werkes bewusst zu werden und auch Ihrerseits mitbehilflich zu sein an der Wiederherstellung des überall schwer beschädigten Naturgewandtes unserer Allmutter Erde.

Baumbilder aus den Tropen.

Von

Dr. Alfred Ernst,

Professor an der Universität Zürich.

Botanische Tropenreisen sind in neuerer Zeit keine Seltenheit mehr. Jedes Jahr ziehen einige europäische Botaniker aus, um die tropische Pflanzenwelt zu studieren. Zweck und Ziel dieser Reisen sind aber gegen früher wesentlich andere geworden. Noch bis über die Mitte des letzten Jahrhunderts hinaus war eine wissenschaftliche Tropenreise in erster Linie eine Entdeckungsreise. Es wurden mit Vorliebe wenig oder noch gar nicht bekannte Länder aufgesucht; die botanische Durchforschung derselben ging Hand in Hand mit geographischen, ethnographischen und allgemein naturwissenschaftlichen Studien und war infolgedessen in der Hauptsache auf floristisch-systematische Ergebnisse beschränkt. Jetzt suchen viele der reisenden Botaniker auch Gebiete auf, die schon lange der europäischen Kultur erschlossen sind und deren Pflanzenwelt floristisch meist schon so gründlich durchforscht ist, dass auch im dichtesten Urwald nur der Zufall dem Sammler noch hie und da eine neue Blütenpflanze in die Hände spielt. Dafür findet der Botaniker in den botanischen Gärten und wissenschaftlichen Instituten dieser Länder — Brasilien, Ceylon, Java, Deutsch-Südostafrika — Hilfsmittel zur Ausführung von anatomischen und entwicklungs-geschichtlichen Untersuchungen, Gelegenheit zu physiologischen Experimenten, und vor allem trifft er hier für

die ökologische Forschung, welche die Beziehungen der Pflanzen zu den Bedingungen der Aussenwelt feststellt, ein überaus fruchtbare und dankbare Arbeitsfeld.

Die Ergebnisse dieser Studien in den Tropen bilden nicht nur eine einfache Erweiterung und Ergänzung unserer allgemein botanischen Kenntnisse. Ihr Hauptwert liegt in der Richtigstellung vieler unserer bisherigen Auffassungen der Eigentümlichkeiten pflanzlicher Organisation und pflanzlichen Lebens, Auffassungen, welche sich aus dem einseitigen Studium der heimischen Pflanzenwelt ergeben hatten und die zum grossen Teil auf der unwillkürlichen Voraussetzung beruhten, dass unsere einheimischen Pflanzen gewissermassen die Normalpflanzen darstellen. Man ist nun gerade durch die Tropenstudien mehr und mehr zu der Ueberzeugung gekommen, dass unsere mittel- und nord-europäischen Pflanzen in Bau und Funktion aller Organe an die lange Winterruhe dermassen einseitig angepasst sind, dass dadurch die inneren Ursachen und Vorgänge der Gestaltung fast gänzlich verschleiert werden. In vielen Ländern der Tropenzone sind dagegen infolge eines gleichmässig warmen und feuchten Klimas die äusseren Bedingungen für Ernährung und Wachstum das ganze Jahr hindurch fast gleich günstig. Die Pflanzenwelt entwickelt sich darum hier mit einer Kraft und einer Freiheit, wie sie unseren einheimischen Gewächsen fast durchaus fehlt, und es ist anzunehmen, dass auch die einzelnen Lebensvorgänge sich dabei in vollkommenerer, in eigentlich typischer Weise abspielen. Vom Standpunkt der *allgemeinen Botanik* aus wird daher die *Tropenpflanze* zum Massstab für die Beurteilung der Gewächse der anderen Zonen und von *ihren* Lebensvorgängen haben wir auszugehen, um die Erscheinungen, welche die Pflanzen unserer Heimat zeigen, richtig verstehen und abschätzen zu können. Es bedeutet also ein Aufenthalt in den Tropen für jeden Botaniker, der sich mit allgemeineren Fragen beschäftigt, einen ganz unschätzbarer Gewinn.

Dank der Unterstützung durch die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft ist es auch mir möglich gewesen, einen längeren Studienaufenthalt in tropischen Gebieten zu machen. Wenn ich daher, der Einladung des Herrn Zentralpräsidenten und des Jahresvorstandes folgend, mir die Freiheit nehme, heute vor Ihnen zu sprechen, geschieht es mit der Absicht, an einigen Beispielen zu zeigen, wie sich beim Studium der tropischen Pflanzenwelt eine Erweiterung der wissenschaftlichen Begriffe nach Umfang und Inhalt ergibt. Ich möchte, das angekündigte Thema präzisierend, Ihnen einiges berichten, über die Bedeutung des Baumes für das Pflanzenbild tropischer Gegenden, über die Wachstums- und Formverhältnisse, und über einige physiologische Eigentümlichkeiten des tropischen Baumes, die mir über ihren fachwissenschaftlichen Wert hinaus auch für weitere Kreise ein allgemeines Interesse zu haben scheinen.

Dem Baume kommt in der floristischen Zusammensetzung und im Landschaftsbilde tropischer Gegenden eine ganz andere Bedeutung zu als in unserer Heimat. Die ursprüngliche Vegetation ist gekennzeichnet durch das Vorherrschen der Bäume und Sträucher, während in unserer einheimischen Flora die krautartigen Gewächse nach der Zahl der Arten wie nach derjenigen der Individuen weit aus überwiegen. Der tropische Wald, besonders der Wald in der Regen- und Wolkenzone der Gebirge, zeigt auch eine ganz andere Zusammensetzung als unser einheimischer Wald. In Europa haben wir vorwiegend reine Waldbestände. Unsere Buchen- und Tannenwälder setzen sich aus 1 bis 3 Arten zusammen; auch in den gemischten Wäldern sind meistens ganz wenige Arten vorherrschend und wird die Gesamtzahl der Arten 30 kaum erreichen. Im Gebirgswald der Tropen dagegen beträgt die Zahl der Arten oft mehrere Hundert. Java allein zählt nicht weniger als ungefähr 1500 Baumarten; dabei sind im Walde die einzelnen Arten so bunt durcheinander gemischt, dass man oft

lange suchen muss, um zwei Exemplare derselben Art zu finden.

Dieser Artenreichtum steht offenbar damit in Beziehung, dass in den Tropen viele Pflanzen baum- oder strauchartige Natur haben, deren Verwandte bei uns als Kräuter und Stauden vorkommen. Dies ist wiederum wohl in dem viel grösseren Produktionsvermögen der Pflanzen in tropischen Gebieten begründet. Ein Anhaltspunkt hiefür ist auch die Tatsache, dass Pflanzen einer und derselben Art in den Tropen und bei uns in gleicher Zeit verschiedene Mengen von Trockensubstanz bilden. *Detmer* stellte z. B. 1904 in Buitenzorg auf Java und in Jena vergleichende Untersuchungen über Stoffbildung bei Maispflanzen an. Er fand, dass eine Maispflanze auf Java an lufttrockener Substanz der oberirdischen Organe in 32 Tagen 29,5 Gramm, in Jena dagegen in der gleichen Zeit nur 6,5 Gramm, also fast fünfmal weniger produzierte.

Der stark gesteigerten Substanzproduktion entspricht bei vielen Tropenpflanzen auch ein für unsere Begriffe abnorm rasches Wachstum. Ein berühmtes Beispiel hiefür sind die Bambusen. In West-Java beginnt die Bildung neuer Sprosse bei verschiedenen Bambusarten regelmässig mit dem Eintritt der Regenzeit zu Anfang November und im Verlaufe von ungefähr zwei Monaten wachsen die jungen Anlagen (Fig. 2, Taf. II) zu mächtigen, verholzten Halmen heran. Eingehende Untersuchungen über dieses Längenwachstum hat im Winter 1893/94 *Kraus* an einer der schönsten Bambusarten, an dem aus Indien stammenden *Dendrocalamus giganteus* in Buitenzorg angestellt. An drei täglich zweimal sorgfältig gemessenen Exemplaren betrug der mittlere tägliche Zuwachs für die ganze Wachstumsperiode 22,9, 19,0, 19,9 cm. Ihr grösster täglicher Zuwachs war 42, 45, 57 cm, im letzteren Falle also 2,37 cm per Stunde oder $\frac{4}{10}$ mm per Minute. Auch gewisse Baumarten zeichnen sich durch ungewöhnlich rasches Wachstum aus. Im Kulturgarten zu Tjibodas im Gedehgebirge, Java, ca.

1400 m über Meer, sah ich im November 1905 eine Eucalyptuskultur, deren Pflanzen 9 Monate nach Aussaat der Samen bereits 5 m hoch waren und 1 m über dem Erdboden einen Stammumfang von 18 cm aufwiesen (Fig. 1, Taf. I). Bekannt sind auf Java ihres raschen Wachstums wegen auch einige Leguminosenbäume. *Albizzia moluccana* z. B., ein früher als Schattenbaum in Kaffeeplantagen (Fig. 8, Taf. IV), neuerdings auch für Aufforstungen an Vulkanen sehr beliebter Baum, erreicht am Ende des ersten Jahres 5—6 m Höhe. *Sechsjährige* Bäume sind bereits 21—25 m hoch, wobei ihr Stammumfang in Mannshöhe 25—30 cm beträgt. Ein *9jähriger* Baum dieser Art kann auf günstigem Boden eine Gipfelhöhe von 33 m aufweisen, während eine 9jährige Buche in Deutschland kaum 2 m, eine gleichaltrige Lärche etwas über 4 m, eine Edeltanne etwa 1 m hoch ist. Hinsichtlich des Volumens zeigt ein 9 Jahre alter Albizzibaum 6,6 m³ Derbholz, d. h. Holz von mehr als 10 cm Durchmesser, während in Europa eine ähnliche Holzproduktion nur von wenigen Baumarten zwischen dem 80. und 100. Jahre erreicht wird.

Bei solch raschem Wachstum ist es auch nicht zu verwundern, dass, wie allgemein bekannt ist, viele in tropischen Gebieten vorkommende Bäume unsere einheimischen an Grösse und häufig auch an Vegetationsdauer bedeutend übertreffen. So haben die Bambusen, Verwandte unserer Gräser, ausdauernde Halme mit einer Länge bis zu 30 m, zahlreiche Bäume überschreiten mit ihrer Gipfelhöhe 40 m, einige Baumarten Javas werden im Durchschnitt 50—80 m hoch und bekanntlich sind in Australien, Neu Guinea etc. auch schon Bäume von noch viel bedeutenderer Höhe gefunden worden.

Ebenso auffällig wie durch *Artenreichtum und Wachstumsintensität* unterscheidet sich die tropische Baumwelt von der unseren auch durch *Habitus* und *Formgestaltung* der einzelnen Bäume. Unsere einheimischen Laubholzbäume sind hierin einfach und ziemlich gleichförmig. Unser Laub-

holzbaum besteht aus einem unterirdischen, Befestigung und Nahrungsaufnahme besorgenden Wurzelwerk, dem mehr oder weniger hohen und dicken, walzenförmigen Stamm, der aus Aesten und Zweigen bestehenden Krone, welche sich gewöhnlich im Frühjahr mit Laub und Blüten bedeckt, gegen den Herbst hin die Früchte zur Reife bringt und schliesslich vor Eintritt des Winters die Blätter verliert. Der grösseren Mannigfaltigkeit der tropischen Vegetation im allgemeinen entspricht nun auch eine grössere Mannigfaltigkeit in Bau und Funktion der Teile eines Baumes. Wir finden auffallende, bei unsrern einheimischen Bäumen ganz fehlende oder doch niemals so prägnante Besonderheiten in der Ausbildung des Wurzelwerkes, der Stämme und Aeste, in der Blatt-, Blüten- und Fruchtbildung.

Besonders fällt in der tropischen Baumwelt die grosse Zahl und verschiedenartige Ausbildung der *über dem Erdboden sichtbaren Wurzeln* ins Auge. An der Basis zahlreicher Bäume mit hohen, schlanken Stämmen kommen die sonderbaren *Tafelwurzeln* vor, die in der Gestalt regelmässiger, auf die Schmalseite gestellter Tafeln radienförmig von der Stammbasis ausgehen. Ihre Form kommt durch stark einseitiges Dickenwachstum längs der oberen Kante der zuerst normal geformten Wurzel zustande. Durch diese eigenartigen Wurzeln, deren oberirdische Teile etwa im Umfange der Krone sichtbar sind, gegen die Peripherie hin rasch niedriger werden und schliesslich im Boden verschwinden, wird die Festigkeit der basalen Partien bedeutend verstärkt und dem Entwurzeln des Baumes durch heftige Winde aufs wirksamste vorgebeugt. Im Urwalde ist es schwer, sich von der Grösse und vom Verlauf der Tafelwurzeln des einzelnen Baumes ein richtiges Bild zu machen, da sie von den Kräutern, Sträuchern und niederen Bäumen des Unterholzes zum grossen Teil verdeckt werden (Fig. 13, Taf. VI). In übersichtlicher Ausbildung treffen wir sie dagegen an Bäumen freier Plätze, in Parkanlagen, zu denen nach ihrem Reichtum an Bäumen auch die botanischen

Tropengärten gerechnet werden können. Im Buitenzorger botanischen Garten z. B. fallen sie in der berühmten Canarienallee, an den Vertretern der zahlreichen Feigenarten, dann aber besonders an den verschiedenen *Sterculia*-arten auf. Bei einzelnen Vertretern dieser Gattung sind die Stammansätze der Tafelwurzeln 2—3 m hoch, einzelne Wurzeln gabeln sich in ihrem mehr oder weniger radienförmigen Verlaufe, verwachsen an den Berührungsstellen miteinander, so dass zum Teil lang gezogene, zum Teil gerundete Nischen entstehen (Fig. 3, Taf. II), in welchen sich allerlei Pflanzenreste in dicken Schichten ansammeln und durch Verwesung allmählich in Humus übergehen.

Von besonderem Interesse ist ferner das überaus häufige Auftreten von solchen Wurzeln, welche ihren Ursprung an *oberirdischen* Teilen der Pflanze nehmen. Die gewöhnlichen Wurzelfunktionen, Befestigung im Substrat und Nahrungsaufnahme, kommen meistens auch diesen sogenannten *Adventivwurzeln* zu. In einzelnen Fällen sind sie aber in *Organe mit anderer Funktion*, in Assimilations-, Atmungs- oder Schutzorgane umgewandelt worden.

Typische Wurzelfunktionen versehen im besonderen die sog. Stelzen- und Säulenwurzeln.

Die *Stelzenwurzeln* entspringen an aufrecht oder schräg gerichteten Stämmen, sie sind zylindrisch und haben die Richtung schiefer Stützpfeiler. Nicht selten stirbt an Bäumen mit solchen Wurzeln der ursprüngliche Stamm von Grund aus ab und die ganze Krone wird dann durch diese Stelzen getragen und ernährt. Die schönsten Beispiele für diese Wurzelform liefern die *Pandanus*-arten, die vom Meerestrond bis weit hinauf in die Gebirge verbreitet sind, einzelne Palmen (Fig. 6, Taf. III), dann vor allem die *Rhizophoren* der schlammigen Meeresküsten. Zur Flutzeit stehen die Rhizophoren häufig bis zur Krone im Wasser, während der Ebbe dagegen ist der sie tragende Schlamm Boden freigelegt. Der untere Teil der Rhizophorastämme ist meist nur schwach entwickelt, nach unten kegelförmig auslaufend und stirbt häufig



Phot. A. Ernst, 1905

Fig. 1. *Eucalyptus* spec. Kultergarten Tjibodas, Gedehgebirge Java
(ca. 1400 m ü. M.).

Aussaat der Samen März 1905; photogr. Aufnahme vom 18. Dez. 1905.



Phot. A. Ernst, 1906

Fig. 2. *Dendrocalamus giganteus* Munro mit jungen Sprossen.
Botanischer Garten zu Buitenzorg, Java.



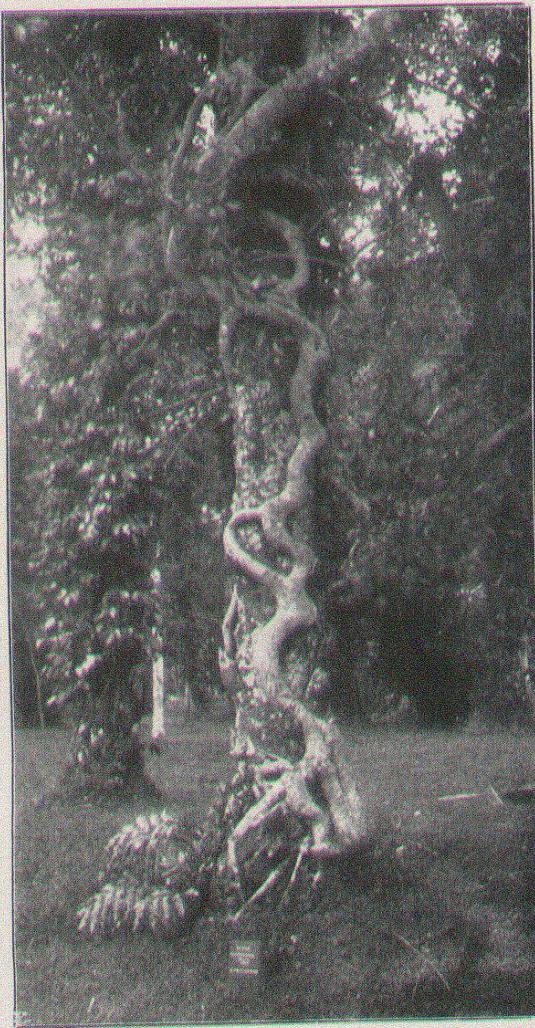
Phot. A. Ernst, 1905

Fig. 3. **Stereulia Wigmannii** Hochr. mit nischenbildenden
Tafelwurzeln.
Botanischer Garten in Buitenzorg, Java.



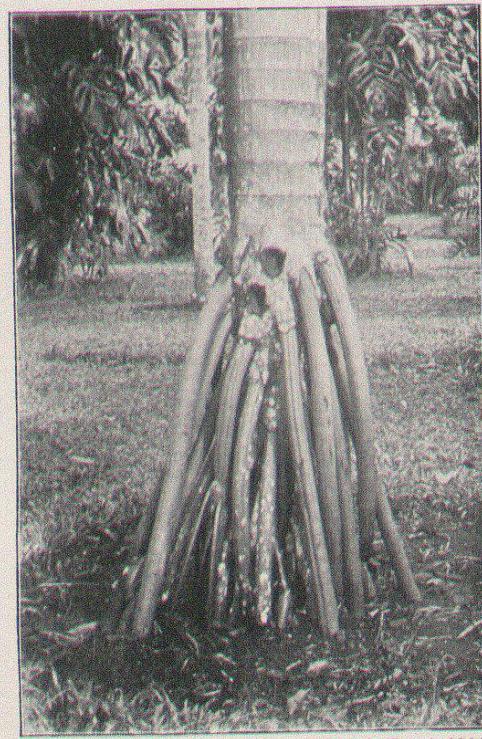
Phot. A. Ernst, 1906

Fig. 4. **Ficus Benjamina** L. mit zahlreichen, stammähnlichen
Säulenwurzeln.
Botanischer Garten in Buitenzorg, Java.



Phot. A. Ernst, 1906

Fig. 5. Junger epiphytischer Ficus mit Haftwurzeln auf einer Ölpalme (*Elaeis guineensis*).
Botan. Garten zu Peradeniya, Ceylon.



Phot. A. Ernst, 1906

Fig. 6. Stammbasis einer Palme (***Verschaffeltia splendida*** H. Wendt.) mit Stelzenwurzeln.
Botan. Garten in Buitenzorg, Java.



Phot. A. Ernst, 1906

Fig. 7. ***Sonneratia acida*** L. mit Atemwurzeln.
Strand bei Tandjong Priok, Westjava.



Phot. A. Ernst, 1905

Fig. 8. **Albizzia moluccana** Miq. mit schirmförmiger Krone als lichter „Schattenbaum“ in einer Kaffeeplantage.
Umgebung von Buitenzorg, Westjava.



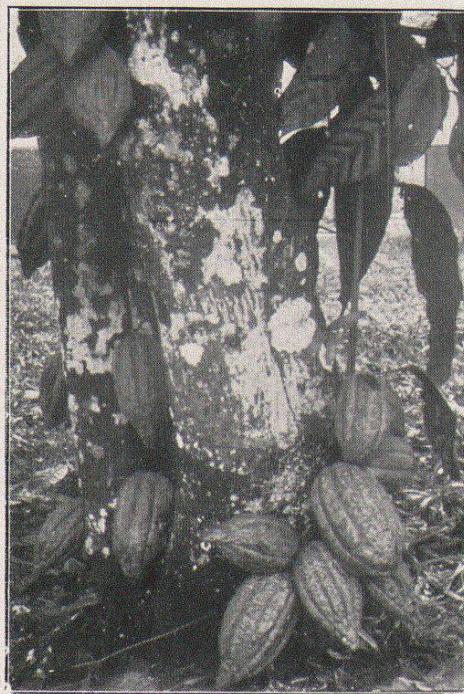
Phot. A. Ernst, 1906

Fig. 9. Partie aus der Krone einer blühenden und Blätter aus- schüttenden Leguminose (Brownea grandiceps Jacq.).
Botanischer Garten in Buitenzorg, Java.



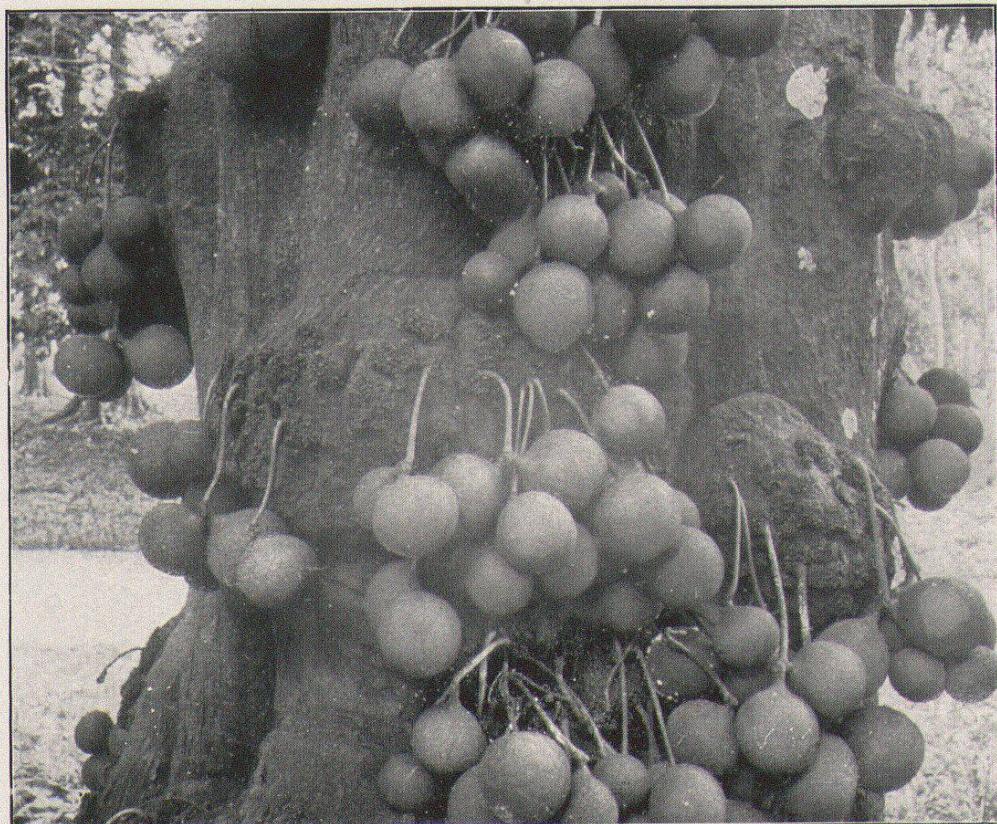
Phot. A. Ernst, 1905

Fig. 10. **Ficus spec.** mit hängenden Fruchträsten am Stamm.
Bot. Garten in Buitenzorg, Java.



Phot. A. Ernst, 1905

Fig. 11. **Theobroma Cacao L.** mit stammbürtigen, sitzend. Früchten.
Bot. Garten in Buitenzorg, Java.



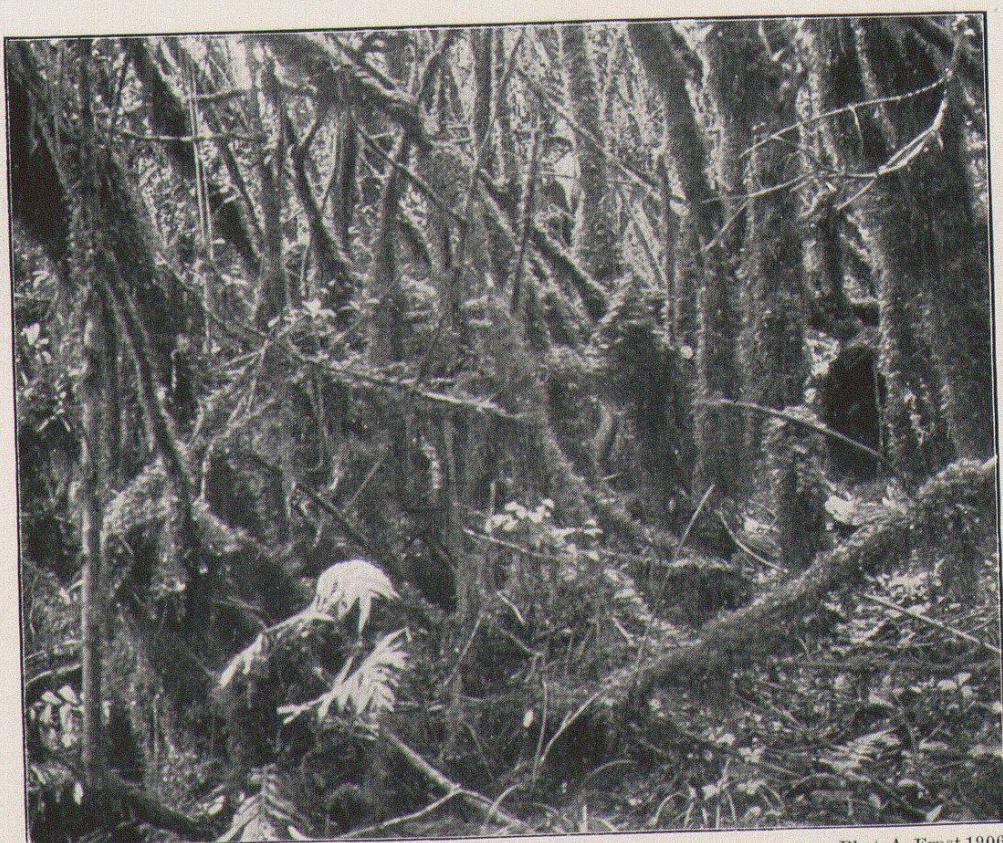
Phot. A. Ernst, 1906

Fig. 12. **Stelechoecarpus Burahel** Hook. Warzige Stammpartie
mit Blütenresten und Früchten.
Botanischer Garten in Buitenzorg, Java.



Phot. A. Ernst, 1905

Fig. 13. Stammbasis und Tafelwurzeln eines Baumes mit zahlreichen epiphytischen Moosen, Farnen und Blütenpflanzen.
Urwald am Gedehgebirge, Java (ca. 1600 m ü. M.).



Phot. A. Ernst 1906

Fig. 14. Hochgebirgswald im Gedehgebirge, Westjava, ca. 2700 m ü. M.
Baumstämme und Lianen dicht mit Moosen umhüllt.

bald ab. Weiter oben entspringen am Sprosse starke Adventivwurzeln, welche sich bogenförmig nach unten wenden und in den Boden eindringen, so dass die ganze Pflanze durch ein System kreisförmig gestellter Strebepfeiler aufrecht erhalten wird. Einzelne dieser Wurzeln verzweigen sich stark gabelig, bevor sie den Erdboden erreichen und es entsteht unter jedem Baume ein dichtes Gewirr, dessen Sonderbarkeit sich dadurch noch erhöht, dass alle Wurzeln, Stämme und Aeste, soweit sie im Bereiche der Flut liegen, mit feinem Schlamm und den Panzern und Schalen der verschiedensten Krustentiere, Muscheln und Schnecken bedeckt sind.

Bei verschiedenen tropischen Bäumen entspringen Adventivwurzeln auch auf der *Unterseite von Aesten* und wachsen anfangs als schlaffe, unverzweigte Stränge abwärts. Sobald sie den Erdboden erreichen, dringt die Wurzelspitze ein und bildet Seitenwurzeln. Durch eine später eintretende Verkürzung wird die Luftwurzel gespannt und vermag nun ihre beiden Funktionen, Befestigung der Pflanze und Nahrungsaufnahme zu erfüllen. Diese von den Aesten ausgehenden Adventivwurzeln bleiben bei manchen Arten dünne Stränge, während sie bei anderen zu stammartigen Stützpfählen der weit ausgebreiteten Aeste heranwachsen. In grossartigster Ausbildung finden sich die Säulenwurzeln bei einigen *Ficus*-arten. An diesen gewaltigen Baumriesen, die mit Recht von jeher als ehrwürdige Repräsentanten pflanzlicher Fülle und Kraft betrachtet worden sind, erfolgt die Ausbildung der Adventivwurzeln so reichlich, dass ein einzelner Baum mit seinen hunderten von dicken und dünnen Säulenwurzeln oft das Aussehen und die Grösse eines kleinen Waldes besitzt. Besonders schöne Exemplare findet man im indo-malayischen Gebiet häufig in der Nähe der Tempel und auf den Versammlungsplätzen der Dörfer vor. Es wird dort dem Wachstum und der Wurzelproduktion dieser heilig gehaltenen Bäume oft in künstlicher Weise nachgeholfen, da, ganz sich selbst überlassen, an solchen

Orten die von den Aesten herunterhängenden Wurzeln nicht in den harten und trockenen Boden einzudringen vermögen. Zur Nachhilfe genügt es schon, den Boden stellenweise locker und feucht zu erhalten, indessen wird auch häufig die Formbildung eines solchen Baumes in einfachster Art dadurch beeinflusst, dass man die herabhängenden Wurzeln etwa im Innern eines langen Bambusrohres zusammenfasst und an einer gewünschten Stelle zum Festankern veranlasst. So entstehen lebende Portale über Strassen, Quellenumrahmungen, Grabkammereinfassungen u. s. w.

Auch für die Ausbildung einer weiteren Form von Adventivwurzeln, der *Haftwurzeln*, liefert die Gattung *Ficus* schöne Beispiele. Die Keimung ihrer Samen erfolgt gelegentlich statt im Erdboden auch auf dem Stamm oder im Geäst eines Baumes. Bei dieser epiphytischen Keimung zeigt der entstehende junge Baum schon nach kurzem eigentümliche Gestalt. Sein Stamm klettert am Tragbaum entlang aufwärts und richtet sich erst dann frei auf, wenn er genügend Raum für die Entwicklung einer Krone gefunden hat. Die von der Basis des kletternden Stammes ausgehenden Wurzeln werden zu Haftwurzeln, die sich stark abflachen, sich dem Stämme des Stützbaumes dicht anschmiegen und demselben entlang nach unten wachsen (Fig. 5, Taf. III). In ihrem Verlaufe stossen sie vielfach zusammen, verwachsen miteinander und umschließen zuletzt den Stamm des Stützbaumes wie mit einer durchbrochenen Röhre. So sieht man auf Java sehr häufig den Teakholzbaum (*Tectona grandis* L.), auf Ceylon die Palmyrapalme (*Borassus flabelliformis* L.), aber auch zahlreiche andere Bäume, darunter selbst andere Feigenbäume, einen solchen epiphytischen *Ficus* tragen. Lange Jahre können hernach die beiden Bäume, die in ihrer Ernährung völlig unabhängig von einander sind, miteinander fortleben. Gewöhnlich gewinnt aber später durch Entwicklung einer mächtigen Schattenkrone der epiphytische *Ficus* die Oberhand; der überschattete Stützbaum stirbt allmählich ab,

sein Stamm verfault und es bleibt schliesslich nur der *Ficus* zurück, dessen dunkle Krone nun auf einem rohrartigen, aus den verschmolzenen Haftwurzeln zusammengesetzten Stämme ruht.

Von Adventivwurzeln mit vorwiegend neuer Funktion sei nur das Vorkommen von *Atemwurzeln* kurz beschrieben. Bei einer Anzahl tropischer Bäume, insbesondere bei *Mangrovepflanzen*, welche ihr Wurzelwerk in sauerstoffarmem Boden oder in stagnierendem Wasser entwickeln, werden solche Atemwurzeln ausgebildet, welche mit der atmosphärischen Luft in Verbindung treten und den tiefer im Wasser oder im Schlamm steckenden Teilen die notwendige Atemluft zuführen. Diese Atemwurzeln verhalten sich auch in der Art ihres Wachstums anders als die im Boden lebenden normalen Wurzeln oder die gewöhnlichen Luftwurzeln, insofern, als sie nicht *abwärts* wachsen, sondern sich mit ihrer Spitze *aufwärts* richten und spargelartig über das Substrat herausragen. In dieser Ausbildung finden sie sich am schönsten bei den beiden Gattungen *Avicennia* und *Sonneratia* (Fig. 7, Taf. III), während bei einer dritten Gattung der Mangrove, bei *Brugiera*, die Atemwurzeln mit knieförmig emporgebogenen Partien aus dem Schlamm herausragen.

Im Vergleich zu den typischen Vertretern der einheimischen Flora ist auch die *Stamm- und Kronenbildung* des tropischen Baumes sehr mannigfaltig. Häufig entspringen die Hauptäste in beträchtlicher Höhe am Stamm, gehen in spitzem Winkel von demselben ab und wenden sich erst allmählich im Bogen nach aussen. Die entstehende Schirmkrone (Fig. 8, Taf. IV) ist die häufigste Kronenform der Tropenbäume; sie findet sich ausser bei zahlreichen astbildenden Formen auch bei allen *Palmen* und *Baumfarnen* sowie einigen andern Bäumen, wie *Carica Papaya*, bei denen sie ausschliesslich aus einer einzigen, grossen Blätterkrone besteht. *Kandelaberähnliche* Formen kommen zustande, wenn die primären Aeste des Stammes

zuerst horizontal oder nur wenig schräg aufwärts wachsen und sich dann in einiger Entfernung vom Stamm aufwärts krümmen, um mit demselben parallel weiter zu wachsen; die belaubte Krone kann auch bei solchen Kandelaberbäumen wieder eine schirmähnliche Gestalt annehmen. Im Gegensatz zu der grossen Zahl schlanker, schirmbildender Bäume stehen andere mit breit ausladender, flacher Krone, bei denen die Astbildung bereits in Höhen von 3—4 m über dem Boden erfolgt.

Die feinere Verzweigung ist sehr häufig spärlich und das Laubwerk der Krone erscheint namentlich bei Schirmbäumen auffallend licht. Der Grund hiefür ist wohl vor allem darin zu suchen, dass eben bei vielen Arten die Blätter entweder das ganze Jahr über oder doch zum mindesten länger als bei uns assimilieren können. Infolge der verlängerten Assimilationsdauer und der vielleicht auch grösseren Assimilationsintensität kann daher die Zahl der Blätter im Verhältnis zum Umfang der Krone viel geringer bleiben als bei unseren Bäumen.

Das tropische *Laubblatt* ist zumeist glatt, glänzend und von einem satteren Grün als unsere meisten Laubbäume aufweisen; von weitem wirkt der tropische Wald daher viel düsterer als unser Laubwald. Form und Grösse des Laubblattes lassen in den Tropen bei aller Mannigfaltigkeit im Einzelnen viele gemeinschaftliche Züge erkennen. So sind ganzrandige Blätter häufiger als bei uns, eingeschnittene, gezähnte und gebuchtete Ränder dagegen seltener. Recht häufig werden in feuchten Tropengebieten Blätter mit stark verlängerter Spitze angetroffen. Das Blatt von *Ficus religiosa* z. B., das ungefähr Form und Grösse des Pappelblattes besitzt, ist an der Spitze der Spreite noch mit einem 5—7 cm langen Anhängsel versehen. Der Wert dieses Fortsatzes, der sogenannten *Träufelsspitze*, besteht nach *Stahl* in erster Linie in der raschen Ableitung des Regenwassers von der Blattspreite. Im tropischen Regenwalde ist dies im Hinblick auf die zahlreichen epiphytischen Moose, Algen

und Flechten, welche sich gerne auf der Oberseite der Blätter ansiedeln und dieselben dann in ihrer Funktion beeinträchtigen, von grosser Wichtigkeit.

Besonders eigenartig verhält sich das Laub einzelner Tropenbäume während seiner *Entfaltung*. Langsam und vorsichtig brechen bei uns im Frühjahr die jungen Triebe mit den kleinen Blättchen aus der schützenden Hülle hervor. Durch Faltenbildung, Haar-, Harz- oder Gummiüberzüge wird das zarte Blattgewebe vor der nächtlichen Abkühlung und tagsüber vor den Gefahren starker Wasser verdunstung geschützt. Aber schon lange bevor die Spreite sich ganz entfaltet und ihre definitive Grösse erreicht hat, ist das Chlorophyll fertig ausgebildet und nimmt jedes einzelne Blatt seine endgültige, hauptsächlich vom Licht abhängige Stellung ein. Als „Ausschlagen der Bäume“ bezeichnet man bei uns den Vorgang der Laubentfaltung im Frühjahr. Für den physiognomisch häufig ganz anders verlaufenden Vorgang in den Tropen ist von *Treub*, der zuerst über diese Erscheinung geschrieben hat, der Ausdruck vom „Ausschütten der Blätter“ erfunden worden. Sobald die Knospenschuppen auseinander weichen, wächst der im Innern verborgen gewesene Laubtrieb so rasch, dass er gleichsam aus der Knospe herauszufallen scheint und bildet bald ein 15—20 cm langes Büschel zarter, schlaff herabhängender Blätter von hellroter, violetter, gelblicher oder rein weisser Färbung. Prächtig heben sich die blüten gleichen Büschel von dem dunkelgrünen, älteren Laube ab. Sind dann nach einigen weiteren Tagen die Blätter ausgewachsen, so erhält ihr Farbenton zuerst einen Stich ins Grünliche, die Ausbildung der Chlorophyllkörner hat begonnen und schreitet nun rasch fort. Erst nach vollständig erfolgter Aufrichtung und Entfaltung sind aber die inzwischen auch derber gewordenen Blätter intensiv grün gefärbt und funktionsfähig. Besonders schöne Beispiele für diese Art der Blattentfaltung bieten gewisse Leguminosen. An der das ganze Jahr blühenden und Laub treibenden

Amherstia nobilis Wall. hangen zwischen den grossen Fiederblättern rotbraune, bei *Brownea grandiceps* Jacq. (Fig. 9, Taf. IV) lange gelbliche Büschel, die jungen Hängesprosse mit den ihnen noch in Reihen dicht anliegenden schlaffen Laubblättern, senkrecht von den älteren Zweigen herunter. Ein anderer Leguminosenbaum, *Maniltoa gemmipara*, zeigt im Gegensatz zu *Amherstia* periodische Laubentfaltung; ein kleines Bäumchen dieser Art beim Eingang des Fremdenlaboratoriums in Buitenzorg schüttete z. B. in der Zeit von Ende September 1905 bis Anfang Juni 1906 nicht weniger als dreimal neue Zweige und Blätter aus.

Vom Studium der Lebenserscheinungen der europäischen Flora ausgehend, ist man geneigt, die *Periodizität der Belaubung* und des *Laubfalles* mit den periodischen Erscheinungen des Klimas in Zusammenhang zu bringen und direkt als Anpassung an dieselben aufzufassen. In denjenigen tropischen Gebieten, wo das Jahr in eine regenreiche und eine regenarme oder regenlose Zeit zerfällt, vertritt die letztere den Winter der gemässigten Zone. Sie ist die Zeit der *Vegetationsruhe*; Laubfall und Laubbildung bezeichnen hier Anfang und Ende der Trockenzeit. Die Periodizität der Lebenserscheinungen fällt also auch hier mit derjenigen des Klimas zusammen. In den immergrünen Wäldern der Gebirge dagegen findet in der Regel das ganze Jahr hindurch Neubildung von Blättern statt. Doch gibt es auch hier noch Arten mit *periodischer* Belaubung und in einigen Fällen ist festgestellt worden, dass verschiedene Exemplare *einer und derselben Art zu verschiedenen Zeiten ihr Laub abwerfen* und neu bilden. In diesen Fällen ist besonders klar, dass die Periodizität auf *inneren* Gründen beruhen muss, oder doch anderen als klimatischen Einflüssen ihre Entstehung verdankt.

Die auffallende Tatsache, dass auch im gleichmässig warmen und feuchten Tropenklima gewisse Arten eine spontane Periodizität der Belaubung, hie und da auch des Laubfalles zeigen, gibt Anhaltspunkte für ihre Entstehung

in der Pflanzenwelt unseres Klimas. Es erscheint einleuchtend, dass nur Gewächse, welche von vornherein eine solche Periodizität aufwiesen und von diesen wieder nur jene Individuen, bei welchen diese periodischen Erscheinungen in den richtigen Intervallen wiederkehrten, sich unserem Klima anpassen und in demselben sich dauernd erhalten und fortpflanzen konnten.

Dass die periodische Wiederkehr der Belaubung bei vielen unserer Bäume im Grunde auf *inneren* Ursachen beruht, geht übrigens auch aus der bekannten Erfahrung hervor, dass in den ersten Wintermonaten eine blosse Erwärmung und Wasserzufuhr, also z. B. ein vorzeitiger Frühling bei Kultur im Gewächshaus nicht bei allen Bäumen die ruhenden Knospen aus ihrem Schlummer zu wecken vermag. Des weiteren sprechen hiefür die Erfahrungen bei Acclimatisationsversuchen von Pflanzen gemässigter Klima in immer feuchten Tropengebieten. Man hat z. B. vor etwa 40 Jahren versucht, unsere Eichen und Buchen im Gebirgsgarten zu Tjibodas in Westjava anzusiedeln. Sie haben aber trotz des gleichmässigen Klimas ihres neuen Standortes die Periodizität der alten Heimat beibehalten, allerdings in etwas derangierter Art, indem jetzt an den verschiedenen Aesten der Laubfall ungleichzeitig erfolgt. Auch ein kümmerlich entwickelter Apfelbaum, der auf der Kraterebene des Pangerango, zirka 3000 m über Meer von einem in den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts angelegten Versuchsfeld übrig geblieben ist, zeigt eine in ähnlicher Art unregelmässig gewordene Periodizität. Um Weihnachten 1905 waren an demselben einige Zweige völlig kahl, einige andere dagegen trugen nicht nur Blätter, sondern auch Blüten.

Zu den auffallendsten Eigentümlichkeiten der tropischen Holzgewächse gehört ferner die sogenannte *Cauliflorie*, das heisst die Blüten- und Fruchtbildung an den älteren Aesten und am *Stamm* der Bäume. Die Bedeutung dieser Stammbürtigkeit der Blüten und Früchte

ist bis heute trotz zahlreicher Versuche noch nicht völlig erklärt worden. Der beste der bisherigen Erklärungsversuche ist derjenige *Haberlandts*, der die Bedeutung der Cauliflorie auf *physiologischem* statt wie früher auf ökologischem Gebiete suchte. Tropische Gewächse mit ihrer weitgehenden Differenzierung der Organe und Organsysteme zeigen häufiger als unsere einheimischen Pflanzen die Ausbildung besonderer *Assimilationssprosse*, denen ausschliesslich die Funktion der Ernährung zukommt. Bei den Bäumen mit stammbürtigen Blüten und Früchten nimmt nun nach *Haberlandt* gewissermassen die *ganze Laubkrone* einen spezifisch assimilatorischen Charakter an; die Funktion des Blühens und Fruchtens ist hingegen den älteren Aesten und dem Stamm übertragen. Noch ein anderer Grund ist für die Zweckmässigkeit der Stammbürtigkeit angeführt worden. Bei den immergrünen Bäumen tropischer Gebiete brauchen Stamm und Aeste Reservestoffe nur für die Produktion der Blüten und Früchte zu speichern, denn das Baumaterial für neue Blätter und Zweige kann ja den einzelnen Zweigen selbst durch die immer tätigen Blätter geliefert werden. Wenn also nun die Blüten, und später auch die Früchte, direkt am reservestoffspeichernden Stamm gebildet werden, so ist damit die Zuleitung der Baustoffe wesentlich vereinfacht.

Bei einzelnen Caulifloren ist die Bildung der Blüten und Früchte an Stamm und Aesten auf bestimmt geformte Oberflächenpartien beschränkt. Bei *Diospyros cauliflora*, *Stelechocarpus Burahel Hook* (Fig. 12, Taf. V) z. B. entspringen die Blüten an grossen rundlichen Knollen und unregelmässigen Warzen am Stamm. In mannigfaltiger Ausbildung tritt Cauliflorie bei den *Ficus*arten auf. Bei einzelnen Arten sitzen die Scheinfrüchte ebenfalls in grösseren Gruppen an Stamm und Aesten beisammen. Andere Arten dagegen zeigen inbezug auf Fruchtbildung einen ausgeprägten Dimorphismus der Aeste: einerseits die normal entwickelten blatttragenden Aeste der Laubkrone und andererseits abwärts hängende *Fruchtäste* (Fig. 10, Taf. V).

Diese letzteren finden sich entweder über den ganzen Stamm verteilt, oder gehen, wie bei *Ficus Ribes Reinw.*, unmittelbar aus der *Stammbasis* hervor. Sie erreichen bei dieser Art eine Länge von $2\frac{1}{2}$ m und wachsen der Erde angeschmiegt, zum Teil darin versteckt. Bei *Ficus geocarpa Teysm.*, einem mehr als 10 m hohen Baum, entstehen nach *Koorders* die Früchte zum Teil ebenfalls unmittelbar an der Stammbasis und zwar an schiffstauartigen, horizontal verlaufenden, völlig blattlosen Zweigen. Diese verbleiben während ihrer ganzen Entwicklung unter der Erde oder doch unter der den Boden überziehenden Laubdecke. Es kann also, wie diese letzten Beispiele zeigen, die *Caulicarpie* zu einer Art *Geocarpie* werden, was natürlich in keiner Weise dazu beiträgt, die Lösung des interessanten Problems zu erleichtern.

Die Charakteristik des tropischen Baumes wäre unvollständig, wenn zum Schlusse nicht wenigstens noch erwähnt würde, wie viel mehr als bei uns sich andere Pflanzen zwischen seinen Wurzeln, in den Furchen der Stammrinde, auf den Zweigen und Ästen und selbst auf den Blättern ansiedeln. Das ganze Heer der Lianen, Epiphyten und Schmarotzer, das in seinem Auftreten allerdings in starkem Masse von der Verteilung der Niederschläge und anderen klimatischen Verhältnissen abhängig ist, verleiht nicht zum wenigsten dem tropischen Baume und dem tropischen Urwald ihr eigenartiges Gepräge. In üppigster Entfaltung sind sie in den *Regen- und Nebelwäldern* der Gebirge zu treffen (Fig. 13 u. 14, Taf. VI) und schaffen hier aus jedem Baum eine unendlich reiche und komplizierte Lebensgemeinschaft.

Von den 70 photographischen Aufnahmen, deren Vorweisung und Erläuterung im Lichtbilde den vorstehenden Ausführungen nachfolgte, haben, dank dem freundlichen Entgegenkommen des Zentralkomitees, 14 auf 6 Tafeln diesem ersten Teil des Vortrages beigegeben werden können.

Verzeichnis und Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

- Fig. 1. *Eucalyptus spec.* Kulturgarten von Tjibodas, Gedehgebirge, Java (ca. 1400 m. ü. M.). Aussaat der Samen im März 1905, photographische Aufnahme der Kultur am 18. Dezember 1905.
- Fig. 2. *Dendrocalamus giganteus Munro.* mit jungen Sprossen. An den Knoten der alten Halme, dicht im Kreise gestellt, kurz gebliebene Adventivwurzeln. (Botanischer Garten zu Buitenzorg, Java, 31. Januar 1906.)

Tafel II.

- Fig. 3. *Sterculia Wigmannii Hochr.* mit schmalen, in ihrem Verlaufe stark gebogenen und daher nischenbildenden Tafelwurzeln. (Botanischer Garten in Buitenzorg, Java 1906.)
- Fig. 4. *Ficus Benjamina L.* mit zahlreichen, die fast horizontal verlaufenden Aeste tragenden Säulenwurzeln. (Botanischer Garten zu Buitenzorg, Java 1906.)

Tafel III.

- Fig. 5. Junger epiphytischer *Ficus* mit Haftwurzeln auf einer Oelpalme (*Elaeis guineensis L.*). Botanischer Garten zu Peradeniya, Ceylon 1906.)
- Fig. 6. Stammbasis einer *Palme (Verschaffeltia splendida H. Wendt.)* mit Stelzenwurzeln. (Botanischer Garten zu Buitenzorg, Java 1906.)
- Fig. 7. *Sonneratia acida L.* mit Atemwurzeln, zu Beginn der Ebbe. Die Stammbasis mit den umgebenden, spargelartigen Atemwurzeln bereits ausser Wasser. (Strand bei Tandjong Priok, Westjava 1905.)

Tafel IV.

Fig. 8. *Albizzia moluccana* Miq. mit schirmförmiger Krone als „Schattenbaum“ in einer Kaffeplantage. (Umgebung von Buitenzorg, Java 1905.)

Fig. 9. Partie aus der Krone einer blühenden und Blätter ausschüttenden Leguminose (*Brownnea grandiceps* Jacq.). (Botanischer Garten zu Buitenzorg, Java 1906.)

Tafel V.

Fig. 10. *Ficus spec.* mit hangenden Fruchträsten am Stamm. (Botanischer Garten zu Buitenzorg, Java 1905.)

Fig. 11. *Theobroma Cacao* L. mit stammbürtigen, sitzenden Früchten. (Botanischer Garten zu Buitenzorg, Java 1905.)

Fig. 12. *Steleochocarpus Burahel* Hook. Warzige Stammpartie mit Blütenresten und Früchten. (Botanischer Garten in Buitenzorg, Java 1906.)

Tafel VI.

Fig. 13. *Stammbasis und Tafelwurzeln* eines Baumes mit zahlreichen epiphytischen Moosen, Farnen und Blütenpflanzen. (Urwald am Gedehgebirge, Java, ca. 1600 m ü. M. 1905.)

Fig. 14. Hochgebirgswald in ca. 2700 m. ü. M. Baumstämme und Lianen dicht mit epiphytischen Moosen und kleinen Farnen umhüllt. Gedehgebirge, Westjava, Januar 1906.)

Verzeichnis der benützten Literatur.

- Detmer, W.*, Botanische und landwirtschaftliche Studien auf Java. Jena 1907.
- Haberlandt, G.*, Anatomisch-physiologische Untersuchungen über das tropische Laubblatt. I. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien. B. Cl. Abt. I, 1892.
- , Eine botanische Tropenreise. Leipzig 1893.
- Koorders, S. H.*, Notizen und Abbildungen einiger interessanter cauliflorer Pflanzen. Ann. du Jardin bot. de Buitenzorg. II Serie, Vol. III, 1902, S. 82—91.
- , Biologische Notiz über immergrüne und periodisch laubabwerfende Bäume in Java. Forstlich-naturwiss. Zeitschrift. VII. Jahrg. Nov. 1898. S. 357—373.
- , Beobachtungen über spontane Neubewaldung auf Java. Forstlich-naturwiss. Zeitschrift. III. Jahrg. 1894. S. 88—96. 1 Tafel.
- Kraus, G.*, Physiologisches aus den Tropen. I. Das Längenwachstum der Bambusrohre. Ann. du Jardin bot. de Buitenzorg. Bd. XII, S. 196—210, 1895.
- Lopriore, G.*, Die Cauliflorie nach alten und neuen Anschauungen. Naturwissenschaftliche Wochenschrift, 1907, S. 497—504.
- Massart, J.*, Un botaniste en Malaisie. Gand 1895.
- Schimper, A. F. W.*, Die indo-malayische Strandflora. Jena 1891.
- Stahl, E.*, Regenfall und Blattgestalt. Ann. du Jardin bot. de Buitenzorg. Vol. XI, 1893, S. 98—182.
- Treub, M.*, Der botanische Garten zu Buitenzorg auf Java. Festschrift zur Feier seines 75jährigen Bestandes. Leipzig 1893.
- , La foret vierge équatoriale comme association. Ann. du Jardin botanique de Buitenzorg. II Serie, Vol. VII, S. 144—152, 1908.
-

Sur la Molasse suisse et du Haut-Rhin.

Par le

Dr. Louis Rollier

Agrégé au Polytechnicum et à l'Université de Zurich.

Dans ces quelques considérations sur la Molasse suisse et du Haut-Rhin, nous devons nous placer au point de vue géohistorique, parce qu'il éclaire tous les autres. La stratigraphie donne en effet l'échelle des terrains plus encore que l'âge des dépôts.

Il importe avant tout de connaître la hauteur à laquelle nous nous trouvons, partout où que ce soit, dans les couches de notre Molasse.

Cela est si vrai qu'un stratigraphe suisse, dont nous déplorons la récente perte, a nommé «Chronographe géologique» ses dernières tables stratigraphiques. Mais c'est la nature elle-même qui a marqué le temps dans ses annales; nos classifications essaient bien de la déchiffrer, mais notre science n'est pas encore l'expression de l'exacte vérité. Elle y tend et il nous appartient de toujours la faire progresser.

Au cas particulier, la Molasse suisse, pas plus du reste que celle de la vallée du Rhin, n'est encore parfaitement connue, bien qu'on l'étudie avec force détails depuis *Studer*.¹⁾ Une monographie complète n'a pas encore paru, qui voudra bien l'entreprendre? Il y a encore trop de points d'interrogation à enlever dans ce terrain. Par

¹⁾ *Studer, Beiträge zu einer Monographie der Molasse.* 8°.
Bern 1825.

exemple, la position du Grès de Ralligen, la question du Tongrien, la base de la Molasse, etc. Nous allons aborder ou simplement soulever ici une partie de ces questions.

Le lieu d'origine des matériaux constitutifs de la Molasse commence à se dessiner, si l'on admet sur les Alpes une couverture de Flysch avec des blocs «exotiques» en assez grand nombre pour alimenter les deltas de la mer molassique, avec leurs bancs de poudingues, puis les grès et les marnes molassiques qui en dérivent. Puis les Pré-alpes romandes et leur liaison avec les Alpes bavaroises par la chaîne vindélicienne aujourd'hui chevauchée et le Rhätikon, dont on peut faire dériver les «klippes» ou môles, et les blocs «exotiques» du Flysch, y ont très-certainement contribué. En tout cas, il n'y a qu'un lieu d'origine des matériaux constitutifs de la Molasse, c'est le rivage S. de la mer molassique. Car ni les Vosges, ni la Forêt-Noire n'ont pu livrer ces sédiments siliceux et mica-cés. Au contraire, ce sont en majeure partie des sédiments alpins qui pénètrent dans le golfe du Haut-Rhin, jusqu'en Basse-Alsace, par un détroit sur l'emplacement du Jura septentrional. Les conglomérats calcaires du pied des Vosges et de la Forêt-Noire montrent bien que ces montagnes ont été recouvertes de terrains jurassiques (Dogger) jusqu'à vers la fin de l'Oligocène.

Il semble rationnel de considérer avec M. le professeur *Depéret* le sommet de l'Aquitainien comme ligne de démarcation stratigraphique bien nette entre la Molasse oligocène et la miocène. Mais il est évident que cette limite ne peut pas partout reposer sur un changement brusque dans la sédimentation. Cela concerne surtout le bassin helvétique au pied des Alpes. Sur les bords éloignés des Alpes, la transgression marine du Burdigalien (Helvétien) produit des contrastes, mais dans les deltas subalpins elle est naturellement plus difficile à démontrer.

Toutefois il est possible de l'établir stratigraphiquement par la comparaison du substratum qui est d'une

grande uniformité (Aquitainien supérieur). Les couches marines de Dornbirn, Bilten, Horw, Ralligen forment un seul et même niveau immédiatement superposé aux marnes saumâtres, bigarrées de l'Aquitainien supérieur à *Helix Dollfusi*, grande mutation d'*H. Ramondi*.

Les Couches ou les Grès de Ralligen et du Gurnigel sont un faciès subalpin de la Molasse de Lausanne, parce que les deux dépôts reposent sans lacune sur le même substratum.

Pour le Grès de Vaulruz, c'est encore vraisemblablement la même position, ou peu s'en faut, parce qu'on le voit passer, vers le bas, comme l'a observé *V. Gilliéron*, à des marnes rouges qui ne peuvent appartenir qu'à l'Aquitainien. Nous voici donc en conflit avec notre savant confrère M. le Dr. *Stehlin* qui vient d'annoncer, dans le Grès de Vaulruz, la présence d'une espèce stampienne d'*Anthracotherium*.²⁾

L'âge de ce gisement doit être réservé, mais il faudrait décider avant tout, s'il s'agit, pour l'ossement en question, d'un gisement primaire, ou s'il n'est pas possible d'admettre un remaniement.

En tout cas, ce serait là le seul point au pied N. des Alpes suisses où le Stampien serait à découvert. Partout l'Aquitainien occupe le centre des anticlinaux de la Molasse. Les Grès de Ralligen et du Gurnigel qui sont situés dans la zone de chevauchement du pied N. des Alpes, comme du reste le Grès de Vaulruz, sont liés par leur faune aux Couches de Horw et de Bilten, ainsi que l'a établi Kaufmann.

Aux Voirons, en Savoie, au Val d'Illiez, en Bavière (Reit im Winkel) et dans la vallée de l'Inn (Häring), la Molasse oligocène moyenne et inférieure (Stampien et Tongrien?) pénètre dans le corps des Alpes. Mais ces localités restent pour le moment en dehors de mon sujet.

²⁾ Eclogae, vol. 10, No. 6, 1909, p. 754—755.

Quant aux Poudingues subalpins ou Nagelfluh, ils se placent partout en Suisse au-dessus des Couches de Ralligen et de Horw, plus ou moins directement, et cela d'autant moins qu'on s'éloigne davantage des Alpes. Ces faits sont bien connus. Nous n'avons pas en Suisse de poudingue subalpin oligocène. Nos poudingues sont entièrement miocènes et constituent un faciès de delta de la Molasse marine burdigalienne ou helvétique et plus haut.

Les Marnes rouges qui alternent avec les Poudingues supérieurs (Pfänder, etc.) sont les couches miocènes les plus jeunes de la région subalpine. Mais elles n'atteignent pas le Miocène le plus supérieur (Molasse tigurienne et les couches d'Oeningen).

Un fait intéressant, découvert l'été dernier, c'est que les Couches de St-Gall ou le Vindobonien, sous le faciès marneux noir à *Corbula gibba*, atteignent la région située au N.-W. du Haut-Jura, la vallée du Doubs entre Mouthe et Foncine, où l'on ne connaissait jusqu'ici que le Burdigalien et les Grès grossiers et conglomérats calcaires du Vindobonien inférieur.

Ces couches marneuses, assez fossilières, de même facies et du même âge que les Couches à Corbules du Kaltenbachgraben près Miesbach et du Pfänder près Bregenz, sont superposées au Vindobonien inférieur gréseux. Elles constituent avec les Marnes vertes du Locle et de La Chaux-de-Fonds les couches marines les plus récentes du Haut-Jura. Il résulte de la découverte de ce nouveau gisement que la Molasse marine de Berne et de St-Gall a recouvert primitivement toute la Suisse occidentale, les cantons de Vaud, de Genève, le Haut-Jura jusqu'aux environs de St-Claude, où le Vindobonien existe également, tout comme dans le Jura méridional jusqu'aux portes de Grenoble (Voreppe).

Les dénudations subséquentes, pliocènes et quaternaires ont érodé le plateau suisse occidental jusqu'au Muschelsandstein et plus bas.

La mer miocène a également recouvert à peu près tout le Jura bernois, puisque *J.-B. Greppin* a découvert des blocs de Calcaire grossier du Randen jusqu'au N. de Delémont (sentier de Brunchenal au Mettenberg). Seulement il les rapportait à tort au Tongrien, à peu près comme *Mayer* et *Mösch* en faisaient alors du Mayencien (Langhien). Les sables à *Dinotherium* et à *Cerithium lignitarum* du Val de Tavannes, avec leurs galets perforés et encore occupés par des coquilles de *Pholas miocaenica*, sont bien marins ; ils occupent le sommet du Vindobonien. Comme ils envoient des galets vindéliciens dans les couches du même âge du Val de Delémont, à Laufon etc., on peut bien admettre que la mer miocène a pénétré jusque dans la plaine du Haut-Rhin, où cependant prédomine le faciès torrentiel à cailloux vosgiens et schwarzwaldiens. Ces dépôts ont été attribués bien à tort au Pliocène, quoique *J.-B. Greppin* eut démontré qu'ils sont plus anciens que l'Oeningien du Jura (Vermes, etc.). La découverte de Sables à *Mastodon angustidens* à Hammerstein près Kandern³⁾ confirme certainement ces déterminations.

A part les petits lambeaux transgressifs du Miocène moyen-supérieur dans la plaine du Haut-Rhin, nous n'avons dans le sous-sol de Bâle et de Mulhouse que de la Molasse oligocène. Il vaut la peine de nous y arrêter plus spécialement, car cette série, des plus remarquables, est certainement très-mal connue et mal déterminée aujourd'hui encore. Elle a de 500 à 800 m d'épaisseur, comme les sondages entrepris ces dernières années à la recherche du pétrole et des sels de potassium l'ont démontré.

M. le professeur *B. Förster*⁴⁾ admet la superposition suivante :

³⁾ *Mieg* et *Stehlin*, Bull. soc. sc., Nancy 1909.

⁴⁾ *Geol. Führer Umgeb. Mülhausen*. Mitth. geol. Landesanstalt Elsass-Lothr., Bd. 3, 1892.

Ober- u. Mitteloligocän	{ Haustein Fischschiefer Meeressand (sandige u. mergelige Facies) Plattiger Steinmergel
Unteroligocän	{ Gyps Melanienkalk

Cette série a été complétée en 1904 par M. B. Förster.⁵⁾ Le même auteur ajoute à l'Oligocène inférieur des Marnes bleues, puis des Marnes à gypse, puis un Eocène moyen et inférieur composé de calcaires lacustres, de marnes et de matériaux sidérolithiques (Sables et Bolus à minerai de fer).

Dans cette série molassique, le Haustein d'Altkirch et le Melanienkalk de Brunstatt, formant toutes les collines au S. et au S.-W. de Mulhouse, sont les deux extrêmes, tandis que les marnes et molasses marines, pétrolifères salifères, des sondages, rencontrées partout dans le sous-sol du Sundgau, au pied des collines, jusqu'à la profondeur de 350 m et plus, formeraient le milieu de l'Oligocène. Cela ne peut pas se soutenir.

Après avoir étudié longuement (depuis 1885) le Tertiaire du Jura, de Montbéliard et de la Haute-Alsace, en présence surtout des résultats des sondages à la recherche du pétrole aux environs d'Altkirch et des sels de potassium à Wittelsheim entre Mulhouse et Sennheim, je suis arrivé à la conclusion que la Molasse oligocène du Haut-Rhin doit être interprétée tout autrement qu'on ne le fait actuellement. La position du Calcaire de Brunstatt est toute différente de ce que l'on admet depuis qu'on y a découvert des débris de *Palaeotherium*. Ces ossements

⁵⁾ B. Förster, *Weisser Jura unter dem Tertiär des Sundgaus im Oberelsass*, Mitt. geol. Landesanstalt Elsass-Lothr., Bd. 5, Heft 5, S. 409 u. ff.

ne peuvent pas être dans leur gisement primaire, pas plus que ceux signalés dans les Grès calcaires à Cyrènes (Stampien supérieur) de Pfaffenweiler par MM. *Steinmann* et *Graeff* dans leur Notice explicative des Feuilles 115—116 de la Carte géologique spéciale du Grand-Duché de Bade, en 1897. Autrement, il faudrait retrouver le Calcaire de Brunstatt sous les Marnes molassiques de Dannemarie (Dammerkirch) et dans les sondages, ce qui n'existe nulle part. Dans le sondage de Carspach près d'Altkirch, c'est le Rauracien qui a été rencontré sous les Marnes stampiennes. Dans le sondage de Niedermagstatt près Ferrette, c'est le Sidérolithique avec un calcaire lacustre sans fossiles, et sans Gypse de Mulhouse, etc., qui repose entre le Malm et le Stampien, à peu près comme ce que l'on voit à ciel ouvert à Buchsweiler près Ferrette. Les Calcaires et Grès calcaires à Striatelles de Buchsweiler ne sont nullement l'équivalent du Calcaire mélanien de Brunstatt, malgré certaines analogies de faciès. Le Calcaire de Brunstatt est situé beaucoup plus haut dans les collines du Sundgau. On le retrouve en effet, sous le faciès du Calcaire de Hochheim à *Helix rugulosa* et *H. Ramondi* à Roppenzweiler, entre Buchsweiler et Altkirch, où *Bleicher* et *Mieg* l'ont découvert en 1892. D'un autre côté, j'ai retrouvé dans le Jura septentrional (Bogenthal près Neuhauslein) une partie de la faune de Brunstatt dans les Calcaires à *H. rugulosa*.

Le principal argument qui milite en faveur de l'âge stampien supérieur du Calcaire de Brunstatt, c'est qu'aucun sondage ne l'a rencontré au-dessous du Stampien marin pétrolifère et salifère. Par contre le sondage de Zimmersheim, qui a été commencé au-dessus du Calcaire de Brunstatt, dans des couches saumâtres du Stampien tout à fait supérieur, n'a pas rencontré les Marnes stampiennes pétrolifères, et n'a pas été poussé plus bas que le Calcaire de Brunstatt, parce qu'on croyait à tort être déjà arrivé à la base de l'Oligocène.

Les sondages de Mulhouse, ceux des environs d'Altkirch, et ceux de Wittelsheim, qui commencent tous plus bas que le Calcaire de Brunstatt, montrent au contraire toute la série stampienne marine, industriellement importante, située au-dessous du Calcaire de Brunstatt.

Il faut certainement établir la série oligocène du Haut-Rhin, de la façon suivante :

Série stratigraphique de l'Oligocène du Haut-Rhin.

Oligocène supér.	Calcaire lacustre supérieur d'Altkirch, etc. Hausteine, Grès calcaires micacés et Schistes à Poissons d'Altkirch. Molasse à feuille de Habsheim, etc.
ou	
Aquitainien	
50 m.	Gypse de Zimmersheim, Dalles à Cyrènes (Plattiger Steinmergel), etc. Calcaire mélaniem de Brunstatt, etc. Marnes molassiques pétrolifères, salifères, gypsifères de Dannemarie, Wittelsheim, Mulhouse, etc. Molasse alsacienne. Schistes à Poissons d'Oltingen, etc. Conglomérats d'Oltingen, Grès marins de Raedersdorf, etc.
Oligocène moyen	
ou	
Stampien	Couches à Striatelles et à Cyrènes de Buchsweiler près Ferrette, reposant sur le Sidérolithique (Eocène) et le Malm.
450—800 m.	
Oligocène inf.	
ou	
Tongrien	

Ce n'est pas la première fois qu'il faut apporter des modifications dans la série stratigraphique de l'Alsace. Celui que je propose ici vient à la suite de découvertes importantes autant qu'inattendues au milieu d'assises tertiaires difficiles à classer à cause de l'insuffisance des fossiles et des affleurements. Mais les études antérieures ont préparé les succès actuels. Il n'est que juste de leur rendre hommage. Il est juste aussi que la science profite des découvertes qu'elle a dirigées. Nous savons maintenant que la Molasse renferme des richesses qu'on était

loin de lui supposer. Et il y en a sans doute d'autres et ailleurs encore !

Notes. Pour compléter les quelques données que nous possérons sur la quantité des matériaux de provenance alpine (vindélicienne) de notre Molasse suisse, voici encore quelques chiffres pour compléter ceux donnés précédemment (Archives des sc. phys. et nat. de Genève, sc. pér., t. 18, 1904, p. 468 et suiv.).

Ils indiquent le pourcentage des matières insolubles dans HCl (quartz, etc.) de quelques roches exploitées dans la Molasse.

Grès coquillier du Randen (Vindobonien inférieur) de Wiechs-Altorf, sable grossier, roulé	33 %
Molasse subalpine d'Ebnat (Toggenbourg), résidu de sable fin avec des grains noirs de lydite, etc. . . .	27 %
Grès coquillier de Würenlos (Burdigalien ou Helvétien), sable fin avec de la glauconie	11 %

Ces chiffres confirment le fait que les dépôts littoraux de la Molasse marine contiennent une forte proportion de matériaux détritiques provenant des Alpes.

Pour des preuves plus détaillées des idées avancées dans cette conférence, je renvoie le lecteur à mes derniers travaux en cours de publication dans les Matériaux (Beiträge) pour la Carte géologique de la Suisse, nouvelle série, livr. 25, etc.

Die Vereisung von Meeresräumen, ihre Möglichkeiten, Entwicklung und Wirkung.

Von

Dr. *E. v. Drygalski*,

Professor an der Universität München.

Die früheren Vereisungen der Länder sind häufig erörtert worden. Man hat sie zunächst aus ihren Wirkungen erkannt und dann durch das Studium von Gletschern und polaren Inlandeismassen auch in ihrem Wesen erklärt. Gletscher, Inlandeis und Eiszeit sind uns heute vertraute Begriffe und ich brauche in diesem Kreise, dem es wie keinem andern vergönnt war, diese Frage zu klären, nicht daran zu erinnern. Die eigentlichen Ursachen einer Eiszeit sind uns freilich noch in Dunkel gehüllt, doch wir wissen, dass hohe und ausgedehnte Länder zu ihrer Entwicklung gehören. Nur auf diesen können sich Gletscher und durch deren Zusammenschluss eine Eisüberschwemmung, also ein Inlandeis bilden. Neuerdings wird auch der Einfluss der verschiedenen Gesteine auf die Entwicklung einer Vereisung erörtert. Doch die Frage, ob die Gesteine an sich verschieden vereisen oder nur deshalb, weil sie verschiedene Landformen bilden, ist noch nicht völlig geklärt. Wie dem auch sei, Wesen und Wirken einer Eiszeit des Landes ist uns im grossen und ganzen bekannt.

Nicht das Gleiche gilt von der *Vereisung der Meere* und das liegt wohl grösstenteils daran, dass wir auf den Meeresböden nicht oder doch nur selten eiszeitliche Wirkungen beobachten können. So sprechen wir von einer Vereisung der tiefen Norwegischen Fjorde oder der Ost-

und Nordsee oder der Davisstrasse und Baffins-Bai oder gar der Meere um die Antarktis, doch mehr deshalb, weil gleichartige glaciale Bildungen diesseits und jenseits dieser Meere gefunden oder vermutet worden sind, als weil wir von ihrer Vereisung etwas Bestimmtes wissen. Vereiste Meere sind uns ein Bindeglied zwischen vereisten Ländern, dessen wir bedürfen, um die Erscheinungen der Länder zu erklären, und wir setzen die gleichen oder ähnliche Bedingungen und Gesetze der Eiszeit wie auf den Ländern auch für die Meere voraus, weil wir sie an ihren Ufern finden, also z. B. für die Ostsee, weil entsprechende Glacialbildungen in Skandinavien und in Norddeutschland vorhanden sind.

Und doch muss eine Eiszeit im Meere naturgemäß ganz anders sein und wirken, als auf dem Lande, weil das Eis darin nicht strömt, sondern schwimmt. Nur in flachen Meeren strömt es wie auf dem Lande, nämlich solange es das Wasser verdrängen kann. Geht die Tiefe aber bis auf $\frac{4}{5}$ oder $\frac{5}{6}$ der Eisdicke hinauf, dann wird das Eis vom Wasser gehoben und schwimmt. In der Regel wird es dann auch zerbrochen und in Eisberge aufgelöst werden, geht also seines Zusammenhangs verlustig. Damit entfällt aber zunächst jede aktive Beeinflussung des Bodens durch Erosion und Transport; an die Stelle bestimmt geordneter Moränenzüge z. B. müssen ungeordnete Schuttstreuungen treten, von Schliffen und Schrammen am Boden kann überhaupt nicht mehr die Rede sein u. s. f. Diese Unterschiede bedürfen keiner Erläuterung.

Wenn man nun trotz dieser Verschiedenheiten auch tiefe Meere vom Eise durchmessen und an ihren Gegen-
gestaden von ihm gestaltet denkt, so möchte ich die Be-
rechigung oder richtiger den Grund hierfür wesentlich in
zwei Momenten erblicken.

Einmal weisen früher vereiste Erdräume in der Regel auch Spuren von *Strandverschiebungen* auf und zweitens hat man die *Mächtigkeit* der diluvialen wie der heutigen

Eismassen vielfach überschätzt. Das erste Moment gibt nicht immer, aber mehrfach das Recht, Meeresräume trotz ihrer heutigen Tiefe durchströmt zu denken, wenn sie nämlich früher flacher waren, das zweite, die Ueberschätzung der Mächtigkeit des Eises, ist ein Grund, warum man auch in der Annahme eines Durchströmens tiefer Meere bis auf die Gegengestade hinauf vielfach keine Schwierigkeit sah. Wenn z. B. Grönlands Inlandeis 2000 m Mächtigkeit hätte, könnte es ein Meer von 1500 m Tiefe durchströmen und die Davisstrasse wäre dann kein Hindernis, die glacialen Bildungen Nordamerikas aus Grönland herzuleiten. Wahrscheinlich hat es aber auch in der Eiszeit nicht diese Dicke gehabt, wie uns jetzt wiederum die interessanten Ergebnisse *de Quervains* vermuten lassen. Das Inlandeis der Antarktis, das heute noch grösser ist als das grösste Inlandeis der Eiszeit, hatte am Gaussberg nur etwa 200 m Dicke und in der Eiszeit wohl nicht allzuviel mehr. Es ist also gänzlich ausgeschlossen, dass es die tiefen Ozeane, die es umgeben, früher durchströmt und die Südkontinente erreicht und beeinflusst hat. Man darf selbst dagegen Bedenken äussern, dass in Skandinavien in der Eiszeit alle Fjorde durchströmt werden konnten, wenn sie so tief waren wie heute, sodass die Glättung und Politur der äusseren Schären am Meer vielleicht nur infolge von Niveauschwankungen möglich gewesen ist.

Somit ist in der Annahme vereister Meeresräume Vorsicht geboten und damit auch in der Gleichstellung glacialer Bildungen diesseits und jenseits derselben, und die Frage, wie denn ein Meer wirklich vereist und wie das Eis sich darin verhält, dürfte von Interesse sein. Ich bitte deshalb um die Erlaubnis, hier einige Erfahrungen mitteilen zu dürfen, die aus den Polargebieten herrühren und sich in der Folge vielleicht auch auf die Vereisung unserer heimischen Meere anwenden lassen.

Das Eis der Polarmeere besteht aus Landeis und Meer-eis. Jenes stammt von den Gletschern und Inlandeismassen

der Polarlande her und zwar im Norden fast ausschliesslich von Grönland und im Süden vom antarktischen Kontinent, dieses, das Meereis, bildet sich auf den Meeren selbst. Ursprünglich unterscheiden sich diese beiden Eisarten durch ihre Form und ihre Struktur. Der Form nach bildet das Landeis im Meere Berge, das Meereis Schollen. Der Struktur nach ist jenes körnig, weil es aus Schnee hervorgeht, dieses blättrig, weil es durch das Gefrieren von Meerwasser entsteht. Indessen vermischen sich beide Unterschiede bald. Denn die Schollen werden gepackt und auch das Meereis bildet dann kleine Berge wie das Landeis. Die Schollen werden auch von Schnee belastet und durch dessen Vereisung vermehrt, und sind dann körnig, ebenfalls wie das Landeis. Man wird also bei älterem Eise im Meer sehr achtsam sein müssen, um Landeis und Meereis zu unterscheiden.

Das Vorkommen dieser beiden Eisarten in den Meeren lässt sich kurz dahin angeben, dass im Süden stets Landeis und Meereis gemischt ist, während in den nördlichen Meeren das Meereis weit überwiegt und eigentlich nur an den Küsten Grönlands mit Landeis durchmengt wird. Das liegt natürlich an der Verteilung von Land und Wasser in den beiden Hemisphären. Im Süden ist man überall auf Land gestossen, wo man auch vordrang. Deshalb wird man auch im ganzen Umkreis um die Antarktis im Meere abgestossenem schwimmendem Landeis begegnen. Im Norden werden eigentlich nur in Grönland grosse Eisberge, die sich im Meere halten, erzeugt. Alle andern Nordpolarländer kommen hierfür gar nicht oder nur sehr unbedeutend in Betracht. Deshalb überwiegt im Nordpolarbecken, von den Küsten Grönlands abgesehen, das Meereis.

Von den horizontalen Grenzen des Polareises im Meere will ich nicht weiter sprechen. Sie hängen von den Grenzen der Polarlande ab und schwanken mit Strömungen und Winden, haben aber im grossen und ganzen eine gewisse Mittellage, wie sie in unsren Atlanten festgelegt worden

ist. Aufgefallen ist mir, zuletzt auf einer Spitzbergenfahrt dieses Sommers, dass die Grenzen im Norden schärfer sind als im Süden, was mit dem Vordringen warmer Meeresströmungen bis zum Nordpolareis in Zusammenhang stehen wird. Das Südpolareis ist in grosser Breite von kalten Strömungen umgeben, in welchen sich abgestossene Eiskomplexe länger halten können, als in den wärmeren des Nordens. Deshalb muss man in den südlichen Meeren früheren und grösseren Vorboten des Polareises begegnen als in den nördlichen, und der Eisrand wird im Süden unbestimmter und ausgefasster sein als im Norden.

Wichtiger als diese horizontalen Grenzen für die Frage der Auseisung von Meeresräumen sind die *vertikalen Grenzen des Polareises im Meer*, da von deren Ausdehnung die Möglichkeit der völligen Vereisung eines Meeres abhängt. Ueber diese Grenzen, also über die Ausdehnung des Eises zur Tiefe, hat man sich vielfach falsche Vorstellungen gemacht. So glaubte man früher, dass auch die Eisberge im Meere entstehen, indem die Schollen durch Frost und durch Schneebelastung immer weiter wachsen. In diesem Falle wäre eine Tiefengrenze allerdings nicht abzusehen, und man hat sich in der Tat früher vorgestellt, dass ein kaltes Meer durch Entwicklung der Schollen zu Bergen und durch deren Weiterbildung völlig auseisen könne.

Dem ist aber nicht so. Freilich können auch im Meere Eisberge entstehen, nämlich durch Schneewehe, die vereisen, oder durch Eislawinen, die wieder zusammengekittet werden. Doch werden alle diese Bildungen, so mannigfaltig sie auch sind, niemals die Dimensionen grösserer Eisberge erreichen; denn die Schneewehe bilden sich auf festen Meereisdecken im Schutze von Eisbergen, die darin eingeschlossen sind, haben dann also höchstens das Ausmass des über dem Wasser befindlichen Teils dieser Berge, also ihres kleinsten Teils oder wenig mehr, und Eislawinen entstehen durch Bruch, also aus Teilen der Berge. Beide Arten müssen also immer weit unter den Dimensionen der Berge selbst

bleiben. Die grossen Berge aber, die vom Lande herkommen, wachsen im Meere an Höhe nicht weiter, wie ich mich oft überzeugen konnte. Das liegt an ihrer freien Lage innerhalb der niedrigeren Schollen, die einen Schneearmstanz auf der Oberfläche bei den heftigen Winden nicht aufkommen lässt. Auf dem antarktischen Inlandeis fand sich ein Fortwachsen der Dicke durch Schnee bis zum äussersten Rand, doch an den Eisbergen unmittelbar davor nicht mehr. Sie erhielten durch Schneewehen seitliche Ansätze, aber keine grössere Dicke, und haben somit höchstens die Mächtigkeit, die sie früher im Zusammenhang mit dem Inlandeis hatten. Diese Dicke reicht aber nicht bis zum Boden des Meeres, denn sonst würde der Eisberg sich nicht gebildet haben. Er bricht bekanntlich dort von Inlandeis los, wo dieses, wenn es ins Meer hinausströmt, den Boden verliert.

Somit kann von einer Auseisung der Meeresräume durch die Eisberge und ihre Entwickelung nicht die Rede sein. Sie schwimmen und reichen nicht bis zum Grund, können also ein Meer auch nicht völlig erfüllen, und noch weniger können es die kleinen Eisberge, die im Schutz der grossen oder durch ihre Zerstörung im Meer entstehen.

Auch die andere Frage, *ob ein Meer durch Schollenwachstum vereisen kann*, ist zu verneinen. Die Schollen wachsen durch Frost und durch Belastung mit Schnee. Lediglich durch Frost können im Laufe des Jahres Schollen wohl von höchstens 2 m Dicke entstehen. Im zweiten Winter wachsen sie weiter, doch schon langsamer, und noch langsamer im dritten. Der Maximalbetrag des Wachstums einer Scholle durch Frost ist schwer anzugeben, dürfte aber 3 bis 4 m kaum übersteigen.

Wirksamer ist das Wachstum der Schollen durch Schneebelastung, das im Gegensatz zu den Bergen überall statt hat, weil die Schollen nicht so hoch und frei liegen, wie die Berge, sodass der Schnee sich auf ihnen besser halten kann, und weil ihre Oberfläche infolge von Pressung, Packung und Aufrichtung niemals eben ist, sodass der

Treibschnee stets Schutz und Möglichkeiten zum Ansatz findet.

Das Wachstum der Schollen durch Schneebelastung kann deshalb weiter gehen als durch Frost. Es erfolgt nicht gleichmässig, weil der Schnee im Winde nicht gleichmässig fällt und auch noch nach dem Falle durch den Wind wieder ausgefurcht wird. So bilden sich Schneewellen und Dünen, Sastrugi genannt, von der verschiedensten Stärke und Form. Auf dem Eisfeld, in welchem das deutsche Südpolarschiff „Gauss“ fast ein Jahr hindurch fest eingeslossen lag, zogen sie der herrschenden Windrichtung entsprechend alle von Osten nach Westen, hatten aber sehr verschiedene Dicke, sodass dieses Eisfeld dadurch Mächtigkeiten zwischen 6 m und 20 m erreichte. Viel weiter dürfte ein Schollenfeld auf diesem Wege auch nicht anwachsen können. Jedenfalls bleibt es immer weit hinter der Dicke der Berge zurück und kann deshalb ein Meer noch weniger völlig erfüllen, als diese. Nur unmittelbar am Lande, am Nordhang des Gaussbergs, habe ich gesehen, dass das Scholleneis bis zum Boden hin wuchs, doch handelte es sich dort nur um Tiefen von wenigen Metern.

Im tiefen Wasser ist seinem Wachstum dadurch eine Grenze gestellt, dass es unten abschmilzt, wenn es durch Belastung von oben her wächst und so herabgedrückt wird. Ich konnte hierüber Beobachtungen gewinnen, die ich noch nicht völlig geordnet habe, die jedoch u. a. zeigen, dass die untersten Teile des Scholleneises seitlich auseinander fliessen, je tiefer es eintaucht. Sie werden durch den mit der Eintauchtiefe wachsenden hydrostatischen Druck auseinander gepresst, ähnlich, wie man es aus andern Gründen in den untersten Lagen eines Gletschers beobachten kann. So liegt die Grenze des Schollenwachstums nicht allein infolge von Schmelzung, sondern auch infolge von Bewegungsvorgängen an der Unterfläche verhältnismässig bald, sodass die Schollen keine Dicke erreichen, welche für Auseisung eines Meeresraums auch nur annähernd in

Betracht kommt. Das gleiche gilt für Schollenpackungen, also für mechanische Verdickungen des Meereises.

Wenn es nun trotzdem vereiste Meeresräume gibt und in der Vorzeit gegeben hat, so liegt das wesentlich an *Stauungen*, die einmal auf den *Umrissen des Landes* und zweitens auf den *vertikalen Formen des Meeresbodens* beruhen.

Die erste Art ist von der Ostküste Grönlands her bekannt geworden. Das Inlandeis strömt dort durch viele Fjorde ins Meer und bildet in ihnen seine Berge. Diese können stellenweise nicht forttreiben, weil der Küste Inseln vorliegen, die sie zurückhalten. So wird nach und nach der ganze Meeresraum zwischen den Inseln und den Inlandeisrändern mit Bergen erfüllt, und es entstehen schwimmende Eiskomplexe, die völlig dem Inlandeis gleichen sollen und neuerdings als schwimmende Inlandeiszungen geschildert worden sind. Auch im Südpolargebiet kommen solche Bildungen vor. Die von *O. Nordenskiöld* geschilderte Eisterrasse an der Ostseite des Graham-Landes könnte dazu gehören, und eine frühere vollständige Vereisung der tiefen Norwegischen Fjorde dürften auch in dieser Weise zu verstehen sein.

Die zweite Art von Meeresvereisungen beruht auf den vertikalen Formen des Meerbodens. Sie wurde von der deutschen Südpolarexpedition nördlich vom Gaussberg gefunden und neuerdings von mir als das Schelfeis der Antarktis am Gaussberg beschrieben.¹⁾ Der Name Schelfeis wurde gewählt, weil auch diese Art nur in den flacheren Meeren, wie sie auf den kontinentalen Schelfen liegen, auftreten kann. Sie kommt dort zustande, wo der Schelf, also der vom Meer überflutete Teil des Kontinentalplateaus zwischen der Küste und der steileren Kontinentalböschung zur Tiefsee nicht gleichmässig geneigt ist, sondern auf-

¹⁾ Sitzungsberichte der K. Bayer. Ak. d. Wiss. Math. phys. Kl. 1910, 9. Abhandlung.

und absteigt. So senkt sich der Schelf des antarktischen Kontinents vom Inlandeisrande am Gaussberg nach Norden, wo er 200 m Tiefe hat, bis auf etwa 600 m, um dann schnell zu 2000 bis 3000 m Tiefe abzustürzen. Er hat dabei aber zahlreiche Bänke, die nur wenig über 100 m Tiefe besitzen, sodass die vom Inlandeisrande in 200 m Tiefe losbrechenden und forttreibenden Eisberge auf ihnen von neuem festkommen. Wir fanden mehrere Eisberggruppen, bei welchen die Lotungen zeigten, dass sie fest sassen, und andere, bei denen man die feste Lage aus den Formen des Eises erkannte. Um sie herum lagen schwimmende Berg- und Schollenkomplexe.

Diese festsitzenden Berge und Berggruppen wirken wie Pfeiler, welche die schwimmenden Eismassen stützen und halten. Das Scholleneisfeld, welches das Winterlager unseres Schiffes umschloss, wurde in dieser Weise fast ein Jahr hindurch ganz unverrückbar gehalten, so fest, dass wir auch die feinsten geophysischen Messungen, z. B. Schwerkraftsbeobachtungen, darauf ausführen konnten und allen Grund hatten, unsere Befreiung daraus nach Ablauf eines Jahres als sehr unwahrscheinlich zu betrachten. Tatsächlich wurde sie auch nur durch äussere Eingriffe und durch Zufall erwirkt. Ich kannte aber auch Felder ganz in der Nähe unseres Winterlagers, welche in derselben Weise schon Jahre und Jahrzehnte gehalten wurden; sie bildeten nördlich vom Gaussberg in Summa einen solchen Schelfeiskomplex von etwa 100 km Länge und wenigstens 60 km Breite, also wenigstens von 6000 qkm Areal.

Eine solche Meeresvereisung schwimmt also und wird nur durch einzelne Stützpunkte gehalten. Nur diese liegen auf Grund, alles andere hebt und senkt sich mit Flut und Ebbe. Man erkennt die Stützpunkte daran, dass sie von Spalten umgeben werden, die offen bleiben, weil die schwimmenden Eismassen sich an den festen auf und nieder bewegen. Bei der Bewegung von der Flut zur Ebbe bleibt dabei immer etwas Wasser an den Pfeilern haften und ge-

friert. So baut sich nach und nach der sogenannte Eisfuss um die Pfeiler herum. Die Spalten umgrenzen ihn.

Diesen regelmässig vertikalen Bewegungen der grössten Teile des Schelfeises in Ebbe und Flut, welche sich um die Pfeiler herum so gleichmässig vollziehen, dass man sie kaum spürt, steht ein fast vollständiger *Mangel an horizontalen Verschiebungen* gegenüber. Das Schelfeis ist an seinen Ort gebannt. Nur wo höher aufragende Teile desselben, also wesentlich seine Eisberge, vom Winde erfasst und stärker gedrückt werden, als die niedrigeren Schollen, oder, wo am Inlandeisrand neue Berge entstehen und sich ins Schelfeis eindrängen, erfolgen kleine horizontale Verschiebungen. Spalten sind ihre Folge oder auch Wellungen und Stauungen. Bemerkenswert ist, dass Schollen und Berge im Schelfeis am Gaussberg stellenweise so fest verbunden waren, dass Spalten, ohne ihre Richtung zu ändern, durch Schollen und Berge hindurchrissen. Bisweilen können die Schiebungen zu regelmässigen Wellungen der Schollenfelder des Schelfeises führen. Bisweilen sind letztere dann so gedrängt, dass die Schollen die Höhen niedrigerer Berge erreichen und dass es schwer ist, beide zu unterscheiden.

Von Form und Wesen dieses Schelfeises lassen sich noch viele Einzelheiten berichten, doch würde das hier zu weit führen. Nur eins sei noch erwähnt, nämlich *die Umbildung seiner Formen durch die subaerische Verwitterung*.

Da das Schelfeis schwimmt und nicht strömt, bildet es nämlich keine Gletscherformen und Strukturen mehr, also keine Gletscherspalten, keine Bänder und meist auch keine Schichten. Seine Berge haben diese ursprünglich gehabt, da sie ja vom strömenden Inlandeis herkommen; dieselben werden aber nicht weitergebildet, da das Strömen im Schelfeis aufgehört hat, und gehen deshalb teilweise verloren, z. B. die Spalten. Das Schelfeis ist eben eine tote Masse, die nicht mehr durch die inneren Kräfte der Eigenbewegung gestaltet wird wie der Gletscher, sondern nur noch durch äussere Kräfte und die wichtigste davon liefert

der Wind. Wasser hat man im Klima der Antarktis wenig oder gar nicht, und daher auch nicht die Formen, die durch das Wasser entstehen.

Die *Verwitterung im Winde* schafft vor allem 2 Typen, bei Bergen wie bei Schollen, die ich als *Blaueis und Mürbeis* unterscheiden will. Blaueis liegt von der Küste an bis zu 50 bis 60 km Entfernung, Mürbeis liegt nördlich davon, also weiter draussen, soweit das Schelfeis reicht. Beide gehen aus frischem Eis, also aus neugebildeten Bergen oder neugefrorenen Schollen hervor. Beide unterscheiden sich von diesen durch rundere Formen, die sie beim Liegen an Ort und Stelle durch Verwitterung erhalten. Beide gehen durch einen Mischtypus, den ich Blaumürbeis nenne, ineinander über, der dort liegt, wo das Blaueis in Küstenabstände hinaus gelangt, in denen sonst Mürbeis entsteht. Die Verschiedenheit der Formen beider beruht auf der verschiedenen Art der Verwitterung. *Ich glaube, dass das Blaueis in der Küstennähe wesentlich durch Verdunstung im trockenen Wind und das Mürbeis weiter draussen durch Lockerung des Gefüges unter dem Einfluss feuchterer Winde entsteht.* In der Küstennähe sind die Winde relativ trockener und stärker, als weiter draussen, daher ihre verschiedene Wirkung. Bei beiden Eisarten wirkt die Corrasion durch Treibschnee in den vielen Stürmen mit, um die Ecken und Kanten, welche die frischen Berge und Schollen hatten, zu runden.

Blaueisberge werden so mit der Zeit allseitig sanft abfallende, flache, runde Kuppen, auf die man hinaufgelangt, ohne es zu merken. Häufig ist eine Seite steil geblieben, hat dann aber auch nicht mehr die frische Form von Inlandeismauern, sondern gerundete Ecken und Kanten. Ich sah solche Steilwände in jeder Exposition, ohne Bevorzugung bestimmter Richtungen. Die Oberflächen sind völlig poliert und geglättet, so dass kein Schnee darauf liegen bleibt. Auch die Ränder eingetiefter Luftporen sind abgeschliffen. Kuppen und Abhänge sind oft von Tälern

durchzogen, doch niemals von steilwandigen. Jeder Hang und jede Neigung, gross und klein, ist gemildert und gerundet. Die Blaueisberge erscheinen als die Kerne früherer Tafelberge, bei denen die äusseren, oberen Teile, wo Spalten klafften, fortgeschliffen sind, sodass nur die inneren, wo jene nicht mehr offen hinreichten, sondern schon zu Bändern zusammengedrückt oder ausgefüllt waren, übrig geblieben sind. Hierauf beruht auch die blaue Farbe dieses Eises; es ist dichter und luftärmer als frisches Oberflächen-eis, wie jedes Eis aus tieferen Inlandeislagen.

Die Blaueisbildung findet auch beim Scholleneis statt. Denn Schollenwälle in der Nähe des Gaussberg, die bei neuen Eisbergbildungen frisch zusammengeschoben wurden, waren rauh und kantig, wie die neuen Eisberge selbst. Doch altes Scholleneis in 5 bis 10 km Entfernung von der Küste hatte gerundete Ecken und Kanten und ausgefüllte oder abgeschliffene Luftporen, wie sie das Bergblaueis hatte.

Die Formen des Mürbeises zeigen grösseren Wechsel. Während beim Blaueis alle Unebenheiten gemildert sind, werden sie beim Mürbeis durch Verwitterung verstärkt. Spalten werden erweitert, Täler vertieft, Luftporen durch Zerfall der trennenden Wände zu Löchern verbunden. So hat das Mürbeis nicht sanftwellige, sondern steilere Formen. Die Ecken und Kanten sind stumpfer als bei frischen Bergen und Schollen, doch nicht so abgerundet, wie beim Blaueis. Die Oberflächen sind nicht glatt, sondern rauh und porös, so dass sie Schneeansätze halten, die vereisen und neue Unebenheiten schaffen. So hat das Mürbeis kompliziertere Formen. Es sind zerfallende und daher in allen Formen und Eigenschaften differenzierte Berge und Schollen.

Zu der Verbreitung der beiden Typen und zur Verbreitung von Bergen und Schollen innerhalb beider liesse sich noch vieles berichten, doch führt das zu weit. Wie im grossen und ganzen das Mürbeis nördlich vom Blaueis, also

in grösserer Küstenferne liegt, so nimmt die Zahl der Berge innerhalb beider Typen mit der Entfernung von der Küste ab und der Umfang des Scholleneises gleichzeitig zu. Da die Berge vom Inlandeisrande an der Küste entstehen, müssen sie dort naturgemäss am reichlichsten sein.

Indessen liegen die Berge im Schelfeis stellenweise noch weit nach Norden hin dicht. So lag in der Mitte unseres Schelfeiskomplexes noch in 50 km Küstenabstand Berg an Berg, bisweilen der eine zum Teil auf den nächsten geschoben. Dazwischen lagen dicht gedrängte, aufgerichtete und überschobene Schollen. Das Ganze bildete ein grossartiges, schier undurchdringliches Gewirre, in welchem man Berge und Schollen nur noch schwer unterscheiden konnte, zumal sie durch vereiste Schneewehe verbunden waren. Man hatte hier den Eindruck einer völligen Vermengung von Landeis und Meereis.

Noch dichter waren die Berge im ganzen Westabschnitt unseres Schelfeiskomplexes. Dieser bestand aus einer Bergpackung, die im Süden zu Blaueis und im Norden zu Mürb-eis verwandelt und dabei so dicht war, dass man eine einheitliche schwimmende Inlandeismasse zu sehen glaubte. Aber alte Bruchlinien und Täler darin, die von den entsprechenden Formen des Inlandeises sehr verschieden waren, zeigten, dass es nicht mehr Inlandeis, sondern nur eine Bergpackung war. Auch seine Oberflächenformen lehrten, dass man es mit toten abgestossenen und dann wieder zusammengeschweißten Massen zu tun hatte.

Dieses Volleis, wie ich es nannte, ist die vollendetste Meeresvereisung, die ich gesehen habe. Dass sie schwamm, lehrte ihre Verbindung mit den angrenzenden Schollenfeldern, von denen sie weder durch Spalten, noch durch einen Eisfuss abgegrenzt war, da sich Volleis und Schollen eben ganz in gleicher Weise in den Gezeiten auf- und niederbewegten. Nach der welligen Konfiguration des Meeresbodens jener Gebiete muss ich aber annehmen, dass auch dieses Volleis durch Pfeiler gestützt wird, also durch

Eisberge, die in ihm oder neben ihm auf Untiefen festliegen. Unter ihrem Einfluss besteht hier also eine grosse zusammenhängende Vereisung im Meere, meistenteils schwimmend und sieht noch nahezu wie ein Inlandeis aus.

Bei diesem Volleis lässt sich wohl denken, dass es auch äusserlich wie ein Inlandeis wirkt. Es war vom Inlandeis abgelöst, doch nicht aufgelöst, obgleich es schwamm. Wenn es sich bewegt, muss es seinen Schutt am Boden und auf der Oberfläche fortlaufend ganz in der gleichen Weise verfrachten und schliesslich ablagern, wie es ein Inlandeis tut. Es wird dann auch Bänke und Schären, die es halten, nicht überströmen, aber doch überschieben und dabei glätten und polieren. Da aber im Süden von ihm das Inlandeis nachströmt und immer neue Berge bildet, werden diese das Voll-eis zusammenschieben und dann in seiner Gesamtheit nordwärts drängen. So kommt eine passive Bewegung zustande. In derselben Weise könnten auch die Schären Skandinaviens überschoben und poliert worden sein, auch wenn die Fjorde dahinter so tief waren, dass das strömende Eis in ihnen den Boden verlor. Sie waren die Pfeiler, die das schwimmende Eis zusammenhielten.

Somit lassen sich also auch beim schwimmenden Eise Wirkungen denken, die denen des strömenden gleichen, Wirkungen durch Erosion und Transport. Sie kommen zu stande, wenn die Meeresvereisung so dicht und so dick wird, dass sie zusammenhält und stellenweise den Boden berührt. Wesen und Formen dieser Meeresvereisung bleiben aber anders als die des Landeises. Auch werden die Wirkungen nur in den Schelfmeeren auftreten können und nur im Zusammenhang mit einer Landvereisung. Denn nur in den Schelfmeeren treten die Bänke nahe genug an die Oberfläche heran, um die Eisberge zu halten, und nur ein Landeis bildet Berge von solcher Grösse, dass sie wieder festkommen und Pfeiler darstellen können. Die Dimensionen des Scholleneises würden nur in ganz seichten Meeren die erforderlichen Stützpunkte liefern.

Eine völlige Vereisung tiefer Meere bleibt damit undenkbar. Denn die Schollen, die sich auch an ihrer Oberfläche noch bilden, wachsen nicht über geringe Beträge hinaus und selbst die Berge des Landeises finden in der Tiefsee keinen Halt, oder doch nur an wenigen ozeanischen Inseln, die zu weit entfernt und zerstreut liegen, um Pfeiler bilden und so grössere Eiskomplexe halten zu können. So kann die Tiefsee nur oberflächlich vereisen und nie zusammenhängend, denn was sich bildet, wird durch die Bewegungen des Weltmeeres darunter, also durch Wellen, Strömungen und Gezeiten bald zerbrochen, zerstreut und zerstört.

So bildet die Tiefsee eine Grenze auch für das Wirken des Eises. Je dicker das Eis ist, desto weiter rückt diese Grenze hinaus, und da Berge immer dicker werden als Schollen, Berge aber vom Inlandeis stammen, gehen die grössten Meeresvereisungen auch von einem Inlandeis aus. Da aber der Abfall zur Tiefsee meist sehr steil ist, rücken die Grenzen kaum über die Schelfe hinaus. Selbst im Nordpolarmeer, wo doch sonst alle Bedingungen die Entwicklung des Eises befördern, bildet es jenseits der Schelfe nur eine dünne, oberflächliche Narbe, stark genug, um menschliche Kraft zu hemmen, doch verschwindend schwach im Vergleich zu den Dimensionen und zu den Kräften des Meeres darunter. Im südlichen Eismeer geht die Herrschaft des Eises etwas weiter, weil dieses ein Land umringt, das ihm Eisberge spendet, während im Norden das Scholleneis vorwiegt.

Und in der Vorzeit war es nicht anders. Die grosse Entwicklung der Eiszeit betraf die Länder, die Meere nur so weit, als die Landvereisungen ihre Herrschaft erstreckten. So konnten die Fjorde Norwegens durchmessen werden, weil sie Stützpunkte boten, Nord- und Ost-See, weil es Flachmeere waren, vielleicht auch noch Davisstrasse und Baffinsbai. Aber die tiefen Meere, welche die Antarktis umringen, wurden damals weder durchströmt, noch durch-

messen. Die Antarktis bildet durch sich allein, für sich allein seit den ältesten Zeiten her ihre eigenen Normen, und erst, wenn unsere Gedanken bis zum Paläozoikum schweifen, wo am Schluss des Carbons auf den Südkontinenten auch schon einmal eine Eiszeit bestand und wo die tiefen Meere, welche die Antarktis heute umringen, vielleicht noch nicht vorhanden waren, dann erst wäre es möglich, dass das Eis der Antarktis seine Herrschaft bis zu den Südkontinenten erstreckt hat. In der diluvialen Eiszeit zog ihm die Tiefsee bereits die heutigen Grenzen, da man Kontinente und Meer im heutigen Ausmass sich im Tertiär schon vollendet denkt.

Ueber Naturphilosophie.

Von

Prof. Dr. *Wilhelm Ostwald*.

Der Name Naturphilosophie hat zu verschiedenen Zeiten Begriffe von äusserst verschiedener Wertung bezeichnet. Am Anfange der Griechischen Philosophie, somit am Anfange der Europäischen Philosophie überhaupt, finden wir die Naturphilosophie als einzigen Inhalt dieser Wissenschaft und damit der reinen Wissenschaft überhaupt. Denn in der Naturphilosophie löst sich zum erstenmale das allgemeine Denken von der religiösen Form los, in der es sich bis dahin ausschliesslich vorgefunden hatte. Statt das Dasein und den Wert der Welt und den Verlauf des Geschehens in ihr unmittelbar der Einwirkung höherer, unsichtbarer Personen, der Götter, zuzuschreiben, hat zuerst *Thales* versucht, sie auf „natürliche“ Weise, d. h. in Analogie mit dem aus unserer Umwelt bekannten Geschehen zu begreifen, nachdem die anfangs versuchte Analogie mit menschlichen Handlungen schliesslich versagt hatte. Demgemäß durfte die damalige Naturphilosophie den höchsten Rang unmittelbar neben der Religion beanspruchen, weil sie einen Teil der bis dahin von der Religion befriedigten Bedürfnisse ihrerseits zu befriedigen unternahm.

Ueber die geistige Situation, aus welcher dieser sehr bedeutende Fortschritt entsprang, können wir uns heute schwerlich eine zutreffende Vorstellung machen; vermutlich hat die Erweiterung des Weltbildes durch Reisen, namentlich zu Wasser, und die dadurch vermittelte Kenntnis riesiger neuer Tatsachengebiete im Verein mit der Entwick-

lung der Technik hierbei eine entscheidende Rolle gespielt. Je mehr der Mensch die Natur zu beherrschen und sie dem früher angenommenen „Willen der Götter“ zu entziehen lernte, um so mehr fühlte er sich auch geistig veranlasst, den Schwerpunkt seines Denkens auf seine Beziehungen zur Natur zu verlegen. Dass die Problemstellungen und Lösungsversuche bei diesen ersten tastenden Schritten ins Unbetrachtene sich unwillkürlich an den Formen der eben aufgegebenen religiösen Vorstellungen orientierten, ist eine psychologische Notwendigkeit. An die Stelle der Schöpfungsmythen treten in der griechischen Naturphilosophie die Entstehungshypothesen und der schaffende Gott wird durch den allem zugrunde liegenden Urstoff (Wasser, Feuer, Geist u. s. w.) ersetzt.

Durch *Sokrates* und *Platon* wurde der *Mensch* und sein Verhalten als wissenschaftliche Aufgabe erfasst und seine Erforschung der „Natur“ hinzugefügt. Das Besondere was bei diesen neuen Aufgaben auftrat, wurde als so verschieden von dem Vorhandenen empfunden, dass insbesondere durch *Platon* ein absoluter Gegensatz zwischen Natur und Geist behauptet wurde: eine fehlerhafte Ansicht, die sehr zum Schaden der allgemeinwissenschaftlichen Entwicklung sich bis in unsere Tage fortgepflanzt hat. Sie hat sich unserem Denken inzwischen so sehr einverleibt, dass die immer wieder auftretenden, weil unlösbaren Schwierigkeiten in der Durchführung dieses Gedankens — es sei nur an das „ignorabimus“ Du Bois Reymonds erinnert — noch nicht genügt haben, um ihn aufgeben zu lassen, wiewohl die allgemeine Möglichkeit, ja Notwendigkeit hierzu längst nachgewiesen ist.

Aristoteles, der die beiden Gebiete der Naturwissenschaft und der Geisteswissenschaft wieder zu einem grossen systematischen Gebilde zu vereinigen versuchte, hat doch schliesslich nichts bewirkt, als jener unnatürlichen Trennung die sehr grosse Dauer zu verleihen, die sie seitdem erfahren hat, und die weitere Geschichte der Philosophie

zeigt uns einen fortwährenden Kampf zwischen beiden Gebieten, welcher abwechselnd das eine und das andere in den Vordergrund bringt.

Den Hauptteil des Interesses der Vergangenheit nimmt allerdings die Lehre vom Menschen, geisteswissenschaftlich gefasst, ein. Dies liegt wiederum an der religiösen Tradition, für welche der Mensch das unbedingte Hauptproblem wurde, während die Natur als nebensächlich oder gar feindlich angesehen wurde. So können wir voraussehen, dass ein Aufblühen der Naturphilosophie immer nur dann zu erwarten sein wird, wenn die Kenntnis der Naturerscheinungen einen plötzlichen Aufschwung nimmt.

Ein solcher Aufschwung trat mit dem fünfzehnten Jahrhundert ein, wo grosse Reisen einerseits, medizinische und andere technische Fortschritte andererseits ein gewaltiges Reich neuer Naturerkenntnisse auftaten. Das Gefühl für die enorme Erweiterung des räumlichen wie geistigen Gesichtskreises löste insbesondere die Begeisterung für das Unbegrenzte oder Unendliche aus, welcher *Giordano Bruno* leidenschaftlichen Ausdruck gab. Indessen war die Naturkenntnis jener Zeit doch zu primitiv und lückenhaft, um der Naturphilosophie einen dauernden Sieg, ja nur eine gleichberechtigte Stellung neben der Philosophie des Geistes zu verschaffen. Die tatsächlichen Fortschritte, die damals und in der Folge erzielt worden, fanden vielmehr ihren Platz in den inzwischen entstandenen einzelnen Naturwissenschaften, von der Mathematik und Mechanik bis zur Biologie, und als Philosophie betätigte sich fast ausschliesslich wieder die Lehre vom menschlichen Geist.

Dann entstand zu Beginn des vorigen Jahrhunderts, wiederum als Folge der damals mit erneuter Kraft einsetzenden Naturforschung, die der erstaunten Menschheit die Wunder der Elektrik vorführte, nachdem die gesetzmässige Erfassung der kosmischen Bewegungen gelungen war, von neuem eine Naturphilosophie, die nach dem Vorbilde der Geistesphilosophie durch eine allumfassende

Systembildung die Gesamtheit der Naturgeschehnisse bewältigen wollte. Bekanntlich ist die eine Unternehmung ebenso gescheitert, wie die andere. Während dann die Philosophie (im engeren Sinne) sich auf ein ziemlich unfruchtbare Studium ihrer eigenen geschichtlichen Entwicklung zurückzog, nahm die Naturwissenschaft ihren Rückzug auf die *Einzelforschung*, von der im Gegensatz zu dem spekulativen Verallgemeinerungen das einzige Heil erwartet wurde. Diese Wendung brachte wenigstens das mit sich, dass inzwischen ein ungeheures Material solider Arbeitsergebnisse angehäuft wurde, dessen Umfang in geometrischer Progression von Tag zu Tag zunimmt, so dass schon jetzt z. B. ein Chemiker oder Biologe ganz ausser Stande ist, die Gesamterscheinungen seines Gebietes auch nur lesend zur Kenntnis zu nehmen, geschweige denn geistig zu durchdringen.

Dieser Umstand, der auch in allen anderen Naturwissenschaften mehr oder weniger peinlich empfunden wird, hat nun das Neuerscheinen der Naturphilosophie in unseren Tagen zur Folge gehabt. Mit ganz moderner Geschwindigkeit hat sich in weniger als einem Dezennium eine entsprechende Disziplin entwickelt, welche, wenn auch noch nicht über Lehrstühle an den Universitäten, so doch über eine bereits recht umfangreiche Literatur und selbstverständlich auch eine eigene Zeitschrift verfügt, und der sich, wie unter einem unwiderstehlichen Zwange, ein Forscher nach dem anderen zuwendet.

Welches ist die Ursache dieser Erscheinung?

Die Ursache ist die *Notwendigkeit synthetischer Arbeit*, welche uns wieder eine Uebersicht über die Unmassen wissenschaftlicher Einzeltatsachen ermöglicht, die der Fleiss der letzten Generationen zutage gefördert hat, und die unsere Zeitgenossen mit unheimlicher Geschwindigkeit vermehren.

In der Wissenschaft ist es von jeher nicht ausreichend gewesen, nur eben wohlbeobachtete Tatsachen anzuhäufen, sondern ebenso wie mit der Ermittelung solcher hat die

Wissenschaft sich mit ihrer *Ordnung* und gegenseitigen Beziehung zu beschäftigen. Ueber die primitive Form des Registers hinaus sind mehr und mehr zusammenfassende Gedanken oder Naturgesetze nötig geworden, welche den Einzelfall als eine Folge allgemeinerer Beziehungen erkennen lassen und damit seine besondere Berücksichtigung im Lehrbuch entbehrlich machen. Und es ist natürlich, dass in dem Masse, wie die Menge der Einzelheiten wächst, auch das Bedürfnis nach wirksamen und aufklärenden Zusammenfassungen dringender wird. Nennt man solche allgemeinste Zusammenfassungen Naturphilosophie — und dies entspricht sicher der Absicht, wenn auch nicht immer dem Erfolge aller naturphilosophischen Unternehmungen — so erkennt man, dass es überhaupt nicht möglich ist, aus der Naturwissenschaft die Naturphilosophie zu verbannen, und dass gerade sie um so mehr nötig wird, je grösser die Masse der erfahrungsmässigen Tatsachen geworden ist.

Dieser Nachweis von der *praktischen* Notwendigkeit der Naturphilosophie neben den einzelnen Fachwissenschaften geht auf den Kern der Sache. Denn alle Wissenschaft, die Beachtung und Förderung seitens der Gesellschaft beansprucht, *muss diesen Nachweis ihrer Nützlichkeit und Notwendigkeit führen*, ehe sie zugelassen zu werden das Recht hat. Ich weiss, dass eine solche Auffassung von manchen Leuten als niedrig und banausisch beurteilt wird; sieht man aber näher nach, so geschieht dies eben vorwiegend von solchen, die sich mit „Wissenschaften“ beschäftigen, welche jene Prüfung nicht aushalten und welche daher nur ein zweckloses Scheinwissen produzieren. Von jeher hat der besondere Charakter der allgemeinen oder theoretischen Wissenschaften, dass sie nicht zum Zwecke unmittelbarer, wohl aber mittelbarer Anwendungen getrieben werden, die Verwechslung mit solchem hohlem Scheinwissen erleichtert, das wir unter Beziehung auf ein ungeheuerliches Beispiel aus dem Mittelalter *Scholastik* nennen wollen. Man würde unserer Zeit ein gänzlich un-

verdientes Kompliment machen, wenn man behaupten wollte, sie sei bereits frei von diesem Parasiten am Baume der Wissenschaft. Sie ist es leider noch lange nicht.

Ich darf mir wohl an dieser Stelle ersparen, die vorhandenen Pseudowissenschaften einzeln zu kennzeichnen, und mich mit der eben gegebenen allgemeinen Charakteristik begnügen. Wenn man ein einfaches Reagens haben will, um sie von den wirklichen Wissenschaften zu unterscheiden, so denke man sie sich aus dem Betriebe der menschlichen Angelegenheiten herausgenommen und frage sich, wie diese dann weiter verlaufen werden. Findet man, dass dabei niemand anders affiziert wird, als eben nur die Vertreter des fraglichen Wissensgebietes und allenfalls noch der mit seiner Erlernung beschäftigte leidende Teil der Menschheit, so darf man schliessen, dass es sich um einen Rest Scholastik handelt. Und will man alle Vorsicht anwenden, so frage man sich, ob denn nicht jenes Wissen, wenn es auch zurzeit noch keine Bedeutung für die Geschicke der Menschheit hat, doch in irgend einer bestimmten Weise künftig eine solche Bedeutung gewinnen könnte. Um diese nicht leichte Frage zu beantworten, kann man sich etwa denken, dass alle die Aufgaben, welche das fragliche Gebiet noch als Probleme behandeln muss, ihre Lösung gefunden hätten. Wenn man sich dann fragt: was wird dadurch in der Welt anders und besser? und man findet keine bestimmte Antwort, dann darf man ganz sicher sein, dass es sich um Scholastik und nicht um Wissenschaft handelt.

Und damit sind wir bereits mitten in der Naturphilosophie darin. Denn die eben angestellte allgemeine Betrachtung behandelt eine Grundfrage, die als allgemeines, auf alle Sonderwissenschaften bezügliches Problem offenbar nicht von irgend einer Sonderwissenschaft innerhalb ihrer Grenzen behandelt und beantwortet werden kann, sondern zu ihrer Erforschung einer allgemeineren Wissenschaft bedarf, die eben Naturphilosophie und nichts anderes ist.

Demgemäß definieren wir die Naturphilosophie als *die geordnete Zusammenfügung aller wissenschaftlichen Gesetze und die Erforschung ihres gegenseitigen Zusammenhangs.*

Der Zweck einer solchen Arbeit ist zunächst die Gewinnung einer Uebersicht über das vorhandene und künftige Wissen, da ohne eine solche Uebersicht das einzelne Wissen in der ungeheuren Menge des Gesamtwissens ebenso verloren ginge, wie der Tropfen im Ozean. Die Naturphilosophie macht somit dieses Einzelwissen erst allseitig anwendbar und hat dadurch einen eminent praktischen Wert.

Ich habe den grössten Nachdruck auf diesen Nachweis der *praktischen* Bedeutung der Naturphilosophie gelegt, weil die früheren Versuche zur Gestaltung dieser Wissenschaft eben durch Ausserachtlassung dieses fundamentalen Punktes in die Irre gerieten und erfolglos enden mussten. Durch diese völlig nüchterne Auffassung ihres Zweckes hoffe ich dazu beizutragen, dass die gegenwärtige Phase der Naturphilosophie von dem Schicksal ihrer früheren Epochen bewahrt bleiben möge, nach kurzem Glanz zugrunde zu gehen. Denn die Ursache des Unterganges war immer die mystisch-übertreibende Auffassung des Wesens und Zweckes der Naturphilosophie gewesen, derzufolge ihre Aufgabe nicht sowohl war, die Ergebnisse der einzelnen Wissenschaften innerhalb des Kreises des wissenschaftlich Haltbaren tunlichst zusammenzufassen, sondern im Gegen teil ein „höheres“ Wissen zu vermitteln, aus welchem die Einzelheiten der Sonderwissenschaften deduktiv sollten abgeleitet werden können. Da zur Schaffung der Hilfsmittel solcher Ableitungen immer nur Erfahrungsbeziehungen, wenn auch meist unbewusst und daher unklar, benutzt wurden und benutzt werden mussten, da ein anderes Denkmaterial dem menschlichen Geiste nicht zugänglich ist, kamen die Versuche der älteren Naturphilosophie immer nur auf unbestimmte Analogiebeziehungen heraus, deren

Berechtigung und Anwendbarkeit nicht geprüft wurde, und die daher in kürzester Frist die schwersten Irrtümer bewirkten.

Und was die sogenannte Entwürdigung der reinen und hohen Wissenschaft durch ihre Beziehung auf den menschlichen Nutzen anlangt, so handelt es sich hier um einen der übelsten Reste aus der vergangenen Weltanschauung der griechischen Welt. Die damalige Kultur beruhte völlig auf der Sklaverei und daher galt es in den geistig regissernen Kreisen der herrschenden Schicht als erniedrigend, Arbeit zu leisten. So entstanden die ersten Versuche abstrakter Wissenschaft oder Philosophie nicht als Produkte spezifischer *Forscherarbeit*, z. B. durch die mit der Uebertragung der vorhandenen Kenntnisse beschäftigten Lehrer (die gleichfalls Sklaven waren), sondern als Ergebnisse einer Liebhaberbeschäftigung mit allgemeinen Fragen. Noch innerhalb jenes Kulturkreises ging aber alsbald die sich entwickelnde Wissenschaft auf diejenigen Schichten über, innerhalb deren eine mannigfaltigere Kenntnis der natürlichen Tatsachen vorhanden war, als bei den mit Krieg und Politik beschäftigten Herren, nämlich auf die Sklaven. Wie es scheint, wurde als moralischer Schutz gegen dieses geistige Wachstum der unteren Schicht die Verachtung aller Arbeit, insbesondere auch der mit der Wissenschaft bald eng verbundenen Technik, zur Geltung gebracht und sie übt insbesondere in den Kreisen, welche sich die Aufrechterhaltung des griechischen Kulturideals zur Aufgabe gemacht haben, da sich dieses vortrefflich zu politisch reaktionären Zwecken gebrauchen lässt, noch heute ihren schädlichen Einfluss aus. Ein Beispiel dafür ist die Fernhaltung der Techniker von der Oberleitung der staatlichen technischen Betriebe, wie sie in Deutschland sehr zum Schaden der Sache noch bis heute üblich ist.

Mit dem überall sozial orientierten Denken unserer Zeit steht eine solche Unterschätzung der Arbeit in allen ihren Formen im schärfsten Widerspruch. Arbeit in solchem

Sinne aber ist die Betätigung menschlicher Energie zu nützlichen Zwecken; alle andere Energiebetätigung ist ein Spiel. Somit ist auch in der Wissenschaft die mögliche menschliche Nutzbarkeit der massgebende Gesichtspunkt für ihre soziale Bedeutung; die persönliche Befriedigung des Frage- und Forschungstriebes ist eine besondere Leidenschaft einzelner Personen, die in ihren Ergebnissen allerdings von höchstem sozialem Werte ist, wenn sie sich auf verwertbares Wissen richtet, sonst aber auch nicht weiter, als bis zu einem Spiel führt. Die Vertreter der Anschauung, dass die Wissenschaft ein „Selbstzweck“ sei, kennzeichnen die Unhaltbarkeit ihrer Ansicht bereits durch die sinnlose Wortzusammenstellung „Selbstzweck“, denn von Zwecken kann man sachgemäß nur bei bewussten Wesen reden. Daher pflegen sie weiterhin ihren Standpunkt dadurch zu verteidigen, dass sie, bewusst oder unbewusst, dem sozialen Zweck der Wissenschaft einen eng persönlichen unterschieben und die Vertreter der Nutzenstheorie der Wissenschaft einer entsprechend eng persönlichen Auffassung des Nutzens beschuldigen. Darum sei hier nochmals mit aller Deutlichkeit hervorgehoben, dass, wenn vom Nutzen der Wissenschaft als ihrer einzigen Daseinsberechtigung die Rede ist, hierbei der *soziale* Nutzen gemeint ist. Und es mag noch erklärend hinzugefügt werden, dass der soziale Wert des von der Wissenschaft Geleisteten auch den Wert der Wissenschaft selbst bestimmt, so dass z. B. eine Wissenschaft, welche das Denken und Empfinden der Menschen verbessert, höher zu bewerten ist, als eine, welche etwa nur einen bequemeren Verkehr zwischen ihnen ermöglicht.

Fragen wir uns dieser grundsätzlichen Feststellung gegenüber, wie es mit der Bedeutung der Naturphilosophie als Wissenschaft steht, so muss man sagen, dass ihr sozialer Wert ein sehr hoher ist, oder, vorsichtiger gesagt, sein kann. Er ist sehr hoch in den Teilen der Naturphilosophie, die mehr oder weniger unbemerkt ein unmittelbares und natürliches Dasein in den Anfangs- und Schlusskapiteln, auch

wohl in den Vorreden der Werke bedeutender Naturforscher führen. Weniger zuversichtlich möchte ich mich über den Wert der Naturphilosophie aussprechen, die ihr Dasein als besondere Wissenschaft in diesem Jahrhundert zu führen begonnen hat. Da ich selbst an dieser Stelle nicht unbeteiligt bin, so besteht für mich eine doppelte Erschwerung des objektiven Urteils, indem ich naturgemäß geneigt bin, das von mir Geleistete zu hoch, das von andern Geleistete zu tief einzuschätzen. Ich beschränke mich daher einerseits auf jene Beiträge zur Naturphilosophie, die von hervorragenden Meistern ihres Faches als Grundlage oder allgemeines Ergebnis ihrer Forschungen dargelegt worden sind, und ferner auf die allgemeinen Zwecke und Ziele der Naturphilosophie, welche diese Wissenschaft als ein Ganzes zeigen, von dem allerdings nur einzelne Teile, hauptsächlich an der eben erwähnten Stelle, ausgeführt vorliegen.

Vergegenwärtigt man sich beispielsweise, dass die Entdeckungen *Galileis* und seiner Geistesverwandten am Anfang der Neuzeit alsbald das gesamte philosophische Denken grundlegend bestimmt haben, dass ferner eine ebenso tiefgreifende Wirkung gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts von *Newton*s *Philosophia naturalis* (d. h. Mechanik, angewendet auf die astronomischen Erscheinungen) ausgegangen ist, so erkennt man alsbald, dass ein grosser Teil der neueren Philosophie im Grunde nichts anderes gewesen ist, als Naturphilosophie. Jene mechanischen Entdeckungen belebten alsbald wiederum die bereits im Altertum mit erheblichem Erfolge angebahnte mechanische Philosophie und das grosse Problem der allgemeinen Philosophie war zu jener Zeit die Frage, wie der mechanische *Körper* und die unsterbliche und göttliche, also nichtmechanische *Seele* überhaupt mit einander verbunden sind und gemeinsam wirken können. Und während in der von *Galilei* abhängigen mechanistischen Philosophie noch die Eigenschaften der materiellen, insbesondere der festen Körper eine massgebende Rolle gespielt hatten, sehen wir seit *Newton*s grosser

Schöpfung des Begriffes der *Kraft als einer räumlichen Funktion* anstelle der Korpuskularphilosophie eine *Philosophie der Kraft* auftreten, die sowohl geschichtlich wie begrifflich eine Mittelstellung zwischen der Cartesischen Mechanik und der modernen Energetik einnimmt. Letztere wurde um die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts durch *Julius Robert Mayer* begründet; den entscheidenden Schritt aus dem Dualismus Stoff-Kraft, dem *Mayer* noch unterlegen war, zur reinen Energetik, in welcher Stoff und Kraft als die beiden Faktoren der Energie erkannt worden sind, hat sie indessen erst in den letzten Dezennien getan. Ich brauche wohl nicht erst auszusprechen, dass ich persönlich diesen Schritt für wichtig halte, da durch ihn erst jene systematische Abrundung der allgemeinen Begriffsbildung erreicht wird, welche die früheren Philosophieen zwar angestrebt, aber nicht bewerkstelligt hatten.

Aber man wird vielleicht geneigt sein, einen solchen Einfluss zwar als tatsächlich weitreichend anzuerkennen, seine soziale Nützlichkeit aber zu bezweifeln, da der Streit der Philosophen doch keine praktische Bedeutung habe. Ich bin dieser Meinung nicht. Wenn ich beispielsweise als Herausgeber der Zeitschrift für physikalische Chemie seit bald einem Vierteljahrhunderte beobachte, wie sehr das mechanistische Denken die Forschung durch künstliche Verengung des Gesichtsfeldes gestört und benachteiligt hat, indem unermessliche Arbeit auf Scheinprobleme, nämlich solche, von deren Lösung überhaupt nichts abhängt, vergeudet worden ist, so muss ich in der allmählichen Durchdringung der Wissenschaft mit energetischem Denken einen grossen Gewinn erkennen. Ich meine dies rein praktisch, nämlich in bezug auf den Gesamtbetrag neuen und brauchbaren Wissens, der durch die vorhandenen Arbeitskräfte hervorgebracht worden ist und hervorgebracht hätte werden können.

Die physikalische Chemie ist natürlich nur ein Einzelbeispiel aus den vielen anderen Gebieten der Naturwissen-

schaften, wenn auch insofern ein besonders anschauliches, weil hier die zweite Phase der Gesamterscheinung weiter vorgeschritten ist, als beispielsweise in der Biologie. Und ebenso handelt es sich nicht nur um den Einfluss der philosophischen Gesamtanschauung auf die *Wissenschaft* allein, sondern auch das menschliche Handeln wird tiefgehend dadurch beeinflusst. Das gilt nicht nur für die mit der Wissenschaft ja unmittelbar verbundene Technik, sondern auch für das allgemeine soziale Verhalten. Ich brauche beispielsweise nur daran zu erinnern, dass der Philosoph *Kant* einen ganz erheblichen Teil der wissenschaftlichen Begründung für die moderne *Friedensbewegung* vorausgenommen hat.

Fassen wir nun diese zunächst mehr zufällig durch die Mannigfaltigkeit der geschichtlichen Erscheinungen ins Gesichtsfeld gerückten Tatsachen in umfassender und geordneter Weise zusammen und fragen zu diesem Zwecke nach dem etwaigen System der Naturphilosophie, wie es für die Zukunft zu erhoffen ist, so erkennen wir alsbald als eine erste und wichtigste Aufgabe die *Klassifikation* und gegenseitige Inbeziehungsetzung *aller Wissenschaften*. Der Zweck einer solchen Ordnung ist zunächst, einen Ueberblick nicht nur über die vorhandenen, sondern über alle denkbaren Wissenschaften zu gewinnen. Wenn man sich erinnert, in welchem ausserordentlichen Masse die von *Lothar Meyer* und *D. Mendelejew* aufgestellte systematische Ordnung der chemischen Elemente dahin gewirkt hat, die Entdeckung und Erforschung der noch unbekannt gewesenen Elemente zu erleichtern, so gewinnt man alsbald eine Anschauung von dem enormen praktischen Werte einer genauen und erschöpfenden Systematik. Während ein kleiner Handwerker schlecht und recht seinen geringen Betrieb auch ohne das Hilfsmittel einer exakten Buchführung aufrecht erhalten kann, wird eine solche um so nötiger, ja um so mehr Lebensfrage, je grösser und mannigfaltiger der Betrieb wird. Die Systematik spielt nun eben diese Rolle in allen

Wissenschaften. Solange es sich nur um eine begrenzte Gruppe von Kenntnissen handelt, genügt auch ein menschliches Gedächtnis, um sie zusammenzuhalten. In dem Masse aber, wie sich die Einzelheiten häufen, wird ihre systematische Ordnung, die es ermöglicht, auch ohne Hilfe des Gedächtnisses jede einzelne zu finden, wenn man sie braucht, eine dringendere und dringendere Notwendigkeit.

Haben bisher die Einzelwissenschaften diese Arbeit geleistet, so ist heute der Gesamtbetrieb der Wissenschaft bereits so gross und mannigfaltig geworden, dass diese grundwichtige Sache nicht mehr sozusagen im Nebenamt verrichtet werden kann, sondern ihrerseits eigene Kenntnisse und Fertigkeiten erfordert. Hier begegnen sich in merkwürdiger Weise die allgemeinsten und abstraktesten Interessen der Naturphilosophie mit rein praktischen Aufgaben der Bibliographie und Registriertechnik.

Aber auch für den Betrieb der Einzelwissenschaften ist eine solche systematische Arbeit vom grössten Nutzen, da sie lehrt, vorhandene Lücken festzustellen und gleichzeitig die Mittel andeutet, sie auszufüllen. So besteht beispielsweise ausser der Wissenschaft von den Grössen und ihren Beziehungen, der Arithmetik, bekanntlich eine Wissenschaft vom Raume, die Geometrie, und auch eine Wissenschaft von der Beziehung zwischen Raum und Zeit, die Kinematik. Dagegen fehlt noch eine Sonderwissenschaft von der Zeit allein, die man Chronologie oder Chronik nennen könnte, wenn diese beiden Wörter nicht schon für ganz andere Begriffe verwendet wären. Natürlich sind uns die Gesetze der Zeit, d. h. der zeitlichen Geschehnisse, wohlbekannt, denn wir wenden sie überall, von der Kinematik ab in allen höheren Wissenschaften an. Aber als wissenschaftliches Korpus besteht die „Chronik“ noch nicht, und dass hierdurch häufige und wichtige Verhältnisse ungenügende Aufklärung finden, möchte ich an einem Beispiele aufzeigen, das wir bereits in anderem Zusammenhange erörtert haben.

Ich erinnere an die charakteristische Wellenbewegung der geschichtlichen, d. h. durch die Zeit sich erstreckenden Geschehnisse. Sie ist von allen Historikern bemerkt worden, hat aber anscheinend bei keinem dieser Männer (die ja insbesondere früher die Existenz von Gesetzmässigkeiten in ihrer „Wissenschaft“ leugneten) eine allgemeine Auffassung oder Erklärung erfahren, sondern wird bis auf den heutigen Tag als ein geheimnisvolles und als solches ehrfürchtig hinzunehmendes Phänomen behandelt. Und doch liegt hier nichts vor, als ein ganz allgemeines Gesetz der „Chronik“, welches für alle zeitlichen Erscheinungen gilt, die mit einer bestimmten Eigenschaft, nämlich der *Selbstregulierung* behaftet sind. Hat irgend ein Gebilde, das Veränderungen ausgesetzt ist, irgendwie die Beschaffenheit, dass es beim Verlassen eines gewissen mittleren Zustandes Ursachen erfährt, die es in diesen mittleren Zustand wieder zurücktreiben (was eben *Selbstregulierung* heisst), so muss das Gebilde notwendig um diese Mittellage regelmässig schwanken oder pendeln. Denn niemals kann die rücktreibende Wirkung eintreten, bevor das Gebilde die Mittellage *verlassen* hat; sie wird also solange warten, bis die Ueberschreitung in einem Sinne eingetreten ist und dann erst wird die rücktreibende Wirkung beginnen. Und diese muss solange andauern, bis nicht nur die frühere Abweichung aufgehoben, sondern auch bereits die Mittellage im entgegengesetzten Sinne überschritten ist. Denn in der Mittellage selbst betätigt sich ja die zurückhaltende Wirkung der *Selbstregulierung* noch gar nicht, sondern erst nach der Ueberschreitung. Und so geht das Wechselspiel fort und der Rhythmus desselben ist nicht eine geheimnisvolle Betätigung höherer Gewalten, sondern eine Folge allgemeiner „chronischer“ Prinzipien. Demgemäss gilt dieses Gesetz der rhythmischen Schwankungen nicht nur für das geschichtliche Geschehen im üblichen Sinne des Wortes, sondern für alle zeitlichen Geschehnisse mit *Selbstregulierung*, handle es sich um eine Dampfmaschine oder um einen

Organismus, um den ökonomischen Zustand eines Landes oder die Virulenz eines Krankheitsträgers. Prüfen wir insbesondere unter diesem Gesichtspunkte die eingangs geschilderten Auf- und Abwärtsbewegungen der Naturphilosophie, so erkennen wir alsbald die typischen Erscheinungen eines durch Selbstregulierung, nämlich das praktische Interesse der Gesamtheit geregelten chronischen Vorganges.

Ich kann hier nicht auf das Problem der Systematik der Gesamtwissenschaft eingehen; ich habe es eben¹⁾ an anderer Stelle getan. So genüge der Hinweis, dass auf Grund des von *A. Comte* aufgestellten, aber nicht ganz konsequent durchgeföhrten Prinzipes von der zunehmenden Mannigfaltigkeit und dem entsprechend engeren Umfange der Begriffe sich eine durchaus befriedigende Gesamtklassifikation der reinen Wissenschaften durchführen lässt, in welcher insbesondere auch die sogenannten Geisteswissenschaften ihre Stelle in der Soziologie (vielleicht besser *Kulturologie* genannt) finden. Als allgemeinste Wissenschaft erscheint andererseits nicht die Mathematik, sondern die *Logik* oder Mannigfaltigkeitslehre.

Ein anderer, sehr wesentlicher Nutzen einer Naturphilosophie ist die Anleitung, welche sie für die sachgemäße Anwendung der *Analogie* gibt. Jeder, der selbst wissenschaftlich gearbeitet hat oder durch geschichtliche Studien in das Wesen solcher Arbeit eingedrungen ist, kennt die ausserordentlich grosse Rolle, welche Analogieschlüsse namentlich in neuen, wenig bekannten Gebieten spielen. Sie vermitteln einerseits die wichtigsten Entdeckungen, nämlich wenn die benutzte Analogie zutreffend war; sie verursachen andererseits im entgegengesetzten Falle die schlimmsten und dauerhaftesten Irrtümer. Wenn man also ein Mittel hätte, die guten Analogien von den schlechten zu unterscheiden, könnte man jenen grossen Nutzen gewinnen, ohne die Gefahr auf der anderen Seite zu laufen.

¹⁾ Die Forderung des Tages. Leipzig, Akad. Verlagsges. 1910.
S. 123.

Die Naturphilosophie ist ein solches Mittel, denn indem sie die allgemeinsten Beziehungen und Zusammenhänge zum Gegenstande hat, gibt sie an die Hand, welche Eigenschaften an der betrachteten Erscheinung besondere, diesem Gebiete eigentümliche, und welche allgemeine sind. Die gute Analogie muss sich immer auf die letzteren beziehen, da sie sonst eben falsche Schlüsse veranlassen würde, und die Technik, in jedem Falle das Allgemeine zu erkennen und vom Besonderen zu unterscheiden, kann am besten durch systematische naturphilosophische Studien gewonnen werden.

Um auch diese Darlegungen an einem Beispiele zu erläutern, sei auf die modernen Forschungen über die Beziehungen zwischen Elektrodynamik und Mechanik erinnert. Die Idee, dass die Masse veränderlich sein könne, war der klassischen Mechanik so fremd, dass sie ihren Vertretern zuweilen noch jetzt als unsinnig oder undenkbar erscheint. Sieht man, dass die Masse mit anderen Grössen den gemeinsamen Charakter einer Kapazitäts- oder Quantitätsgrösse hat, wie wir sie als Faktor an jeder einzelnen Energieart kennen, und sieht man ferner, dass manche dieser Faktoren, z. B. die Entropie, sicherlich veränderlich sind, so verliert man auch jedes Widerstandsgefühl gegen den Versuch, die Masse als veränderlich (hier als Funktion der Geschwindigkeit) aufzufassen. Denn die verschiedenen Kapazitätsgrössen unterscheiden sich wesentlich durch den besonderen Mannigfaltigkeitscharakter ihrer Grössen, während sie bezüglich eines (begrenzten) Erhaltungsgesetzes, das unter gewissen Umständen eine Veränderlichkeit nicht ausschliesst, Uebereinstimmung aufweisen. Hier liegt also die berechtigte Analogie.

Endlich besteht ein sehr bedeutender Nutzen der Naturphilosophie darin, dass sie einen geregelten Ueberblick über die Wechselbeziehungen der verschiedenen Wissenschaften gibt und dadurch auf ein ausserordentlich wichtiges Mittel zu ihrer gegenseitigen Förderung hinweist. Da eine jede

im System höher stehende Wissenschaft *alle* niederen für ihre Probleme nicht nur anwenden darf, sondern anwenden muss, so ergibt sich alsbald durch ein einfaches kombinatorisches Verfahren eine systematische und daher erschöpfende Aufstellung aller möglichen derartigen Anwendungen, woraus alsbald wieder vorhandene Lücken im zeitlichen Wissensbestande sich erkennen lassen. Und nicht nur das, auch die ersten Wege zum Eindringen in das noch unbekannte Gebiet werden hierbei angegeben.

Als Beispiel für diese Anwendung nenne ich die Lehre von den Kolloïden und was damit zusammenhängt, die sich in den letzten Jahren so ausserordentlich schnell entwickelt hat. Systematisch handelt es sich hier um die Kombination der *chemischen* Erscheinungen mit denen der *Oberflächenenergie*. Da diese Energieart längst bekannt ist, so lag auch längst die Möglichkeit vor, neben der Thermochemie, der Elektrochemie, der Mechanochemie (d. h. der Lehre von den chemischen Gleichgewichten) eine *Kapillarchemie* oder *Stratochemie* oder wie man sonst dies Gebiet nennen will, zu fordern. Und nicht nur zu fordern, sondern alsbald in ihren Hauptzügen aufzustellen. Denn da die Oberflächenenergie an den bekannten Objekten nur kleine Werte hat, sind deutliche Erscheinungen nur dort zu erwarten, wo die Oberfläche verhältnismässig gross ist, also bei den Suspensionen, Emulsionen und wie die Gemenge feinzerteilter Stoffe sonst genannt werden mögen. Und die Systematik der Erscheinungen ergibt sich durch die Kombination der chemischen Mannigfaltigkeiten mit denen der Oberflächenenergie.

Es wird daher wohl nicht weiter nötig sein, die Daseinsberechtigung der Naturphilosophie als besondere und höchst brauchbare Wissenschaft neben den anderen nachzuweisen, bei denen diese durch akademische Lehrstühle anerkannt zu werden pflegt. Eine Literatur ist vorhanden und vermehrt sich schnell; auch eine Zeitschrift, die von mir herausgegebenen *Annalen der Naturphilosophie* (Leipzig,

Akad. Verlagsgesellschaft) ist seit acht Jahren bemüht, die Arbeit zu organisieren. Es wird also nicht lange mehr dauern, dass auch die akademische Vertretung versucht wird. Da entsteht nun die wichtige Frage: wer soll Naturphilosophie lehren?

Die Fachphilosophen werden natürlich hier erklären, dass sie es schon lange täten, da die vorher erörterten Gegenstände in die Erkenntnistheorie oder Wissenschaftslehre gehörten, welche anerkannte philosophische Fächer sind. Untersucht man aber den Einfluss, der von diesen Lehren auf die Forschung ausgeübt wird, und untersucht man die Beschaffenheit dieser Lehren selbst, so wird man an dem Beruf jener Männer für den Zweck zweifelhaft. Der Betrieb der Fachphilosophie ist lange Zeit aus Mangel an schöpferischen Geistern wesentlich in das Gebiet der Geschichte geraten, und zwar einer Geschichte, die „um ihrer selbst willen“, d. h. ohne erkennbaren Nutzen getrieben wird. Die Aufnahme der neuen naturwissenschaftlichen Gedanken, z. B. der Darwinschen Ideen, hat nur sehr langsam in diesen Kreisen stattgefunden und die philosophische Ernte dieses grossartigen Fortschrittes hat ganz vorwiegend durch philosophische Laien, nämlich die betreffenden Spezialforscher bewerkstelligt werden müssen. Ebenso hat die Fachphilosophie mit ganz wenigen Ausnahmen (ich kannte lange nur einen einzigen Fall, dem sich in allerjüngster Zeit ein zweiter zugefügt hat) sich der philosophischen Bedeutung des Energiebegriffes gegenüber nur ablehnend verhalten und dabei an ihm eine „Kritik“ geübt, welche Sachkenntnisse, selbst ganz elementarer Art, auf das schmerzlichste vermissen liess. So kann es nicht wundernehmen, dass die Naturforscher sich schliesslich ihre Naturphilosophie selber machten, wofür ja die erwähnten grossen Beispiele vorhanden waren. Auch in unserer Zeit hat die gesamte Fachphilosophie auch nicht annähernd die Wirkung auf die wissenschaftliche Forschung ausgeübt, wie sie z. B. von *Ernst Mach* und *Wilhelm Wundt* ausge-

gangen ist. Von „Fach“ ist der erstere Physiker, der andere Mediziner. In Frankreich ist einer der erfolgreichsten philosophischen Autoren der Gegenwart der Mathematiker *Poincaré* und der englische Forscher, der als Philosoph in dem letzten halben Jahrhundert den grössten Einfluss ausgeübt hat, war *Herbert Spencer*, der als Eisenbahningenieur seine Laufbahn begonnen hat. Diese Liste liesse sich noch lang fortsetzen.

Ich meine, dass fachkundig über Wissenschaft und Forschung nur einer arbeiten kann, der selbst die Wissenschaft so weit an irgend einer Stelle kennen gelernt hat, dass er dort wirkliche Forschung treiben, d. h. ihren Bestand um ein Stück von rationellem Neuem vermehren kann. Die beste, ja die einzige Vorbereitung für das Fach der Naturphilosophie ist daher das Fachstudium in irgend einer Einzelwissenschaft bis zu dem Grade, dass schöpferische Tätigkeit möglich geworden ist. Wenn dann Neigung und Begabung für die Aufsuchung von allgemeinen Beziehungen vorhanden ist, kann die erworbene Kenntnis zur Beurteilung und Erforschung der allgemeinen Fragen auch anderer Wissenschaften verwertet werden.

Es ist mir gegen diese Ansicht, die indessen von sehr vielen kompetenten Männern bereits vertreten wird, gelegentlich eingewendet worden, dass durch die eindringende Beschäftigung mit einer besonderen Einzelwissenschaft doch nur genaue Kenntnisse auf diesem Gebiete erworben würden, während der Betreffende allen anderen Gebieten als Laie gegenübersteht. Nun, der Fachphilosoph ist allen Gebieten gegenüber Laie und ausserdem Laie gegenüber der Hauptsache, nämlich der Frage, wie positive Wissenschaft überhaupt zustande kommt. Und die Wissenschaft schreitet nicht durch das Mittel der sogenannten allgemeinen Bildung, sondern nur durch das der fachlichen Vertiefung fort. Aber auch ein jeder Fachphilosoph wird durch die besondere Beschaffenheit seines Geistes und seiner Begabung notwendig einseitig sein müssen, und somit bleibt der Vorzug doch

wieder auf Seite des spezialistisch Ausgebildeten, der sich der Philosophie zuwendet, da er die Hauptsache sicherlich genauer kennt, als der andere.

Vielleicht darf ich für diese Ansicht einen Zeugen anführen, dessen Kompetenz schwerlich in Zweifel gezogen werden kann. *Helmholtz* schreibt:

„Schliesslich ist doch der falsche Rationalismus und die theoretisierende Spekulation der schwerste Mangel unserer deutschen Bildung nach allen Richtungen hin...“

„Die Philosophie ist unverkennbar deshalb ins Stocken geraten, weil sie ausschliesslich in der Hand philologisch und theologisch gebildeter Männer geblieben ist und von der kräftigen Entwicklung der Naturwissenschaften noch kein neues Leben in sich aufgenommen hat.... Ich glaube, dass die deutsche Universität, welche zuerst das Wagnis unternähme, einen der Philosophie zugewendeten Naturforscher zum Philosophen zu berufen, sich ein dauerndes Verdienst um die deutsche Wissenschaft erwerben würde.“

Dieses Verdienst steht immer noch einigermassen zur Bewerbung aus. Wien ist allerdings durch die Berufung von *Ernst Mach* vorangegangen; leider hat dieser aber nach kurzer Tätigkeit sein Amt aus Gesundheitsrücksichten niederlegen müssen. Und auch sein Nachfolger *Boltzmann* konnte dort nur ganz kurze Zeit tätig sein; einen Nachfolger hat er nicht gehabt. Vielleicht findet sich in dieser Stadt eine Gruppe weitschauender Patrioten, welche diese Sache in die Hand nehmen. Eine kleinere Universität, zumal mit so unabhängiger Verfassung, wie die hiesige, kann leichter als eine grosse derartige neue Unternehmungen wagen. Geeignete Persönlichkeiten sind andererseits vorhanden; insbesondere beginnen unter dem Drange der Zeit gegenwärtig auch jüngere Forscher bereits, sich dem aussichtsreichen neuen Gebiete zuzuwenden. Ich würde es als einen sehr grossen Erfolg dieses Vortrages ansehen, wenn die Universität Basel sich den Ruhm sichern würde, die erste ordentliche Lehrstelle unserer Zeit für Naturphilosophie zu gründen.

Ueber die Säugetiere der schweizerischen Bohnerzformation.¹⁾

Von

Dr. H. G. Stehlin in Basel.

Hochansehnliche Versammlung!

Die mit sogenanntem Bohnerz erfüllten Spalten und Taschen des schweizerischen Juragebirges enthalten, wie Sie wissen, an einigen Stellen Ansammlungen von Fossilien, welche uns wertvolle Aufschlüsse über die Säugetierbevölkerung Europas während eines Teiles der älteren Tertiärzeit geben.

Der Erhaltungszustand, in welchem diese Fundstellen die Säugetierreste überliefern, ist in mehr als einer Hinsicht kein günstiger. Fernerstehenden könnte er sogar als hoffnungslos erscheinen. Denken Sie sich die sämtlichen — in der Regel 72 — Ersatz- und Milchzähne von siebzig verschiedenen Arten mit einer Anzahl Fragmenten von Kiefern, Langknochen, Wirbeln etc. tüchtig durcheinander geschüttelt, so können Sie sich einen ungefähren Begriff von der Aufgabe machen, vor die sich der Paläontologe gestellt sieht, welcher beispielsweise die Sichtung der Ausbeute vom Fundort Egerkingen unternimmt.

Bei näherem Zusehen gestaltet sich die Sache freilich aus verschiedenen Gründen bedeutend weniger unerfreulich,

¹⁾ Der Vortrag war von Projektionen begleitet. Für die nähere Begründung der vertretenen Ansichten verweise ich auf die Arbeit: H. G. Stehlin, Die Säugetiere des schweizerischen Eocäns. Abhandlungen der Schw. pal. Ges. 1903 ff.

als es auf den ersten Blick scheinen möchte. Die meisten Schwierigkeiten sind derart, dass sie durch geduldiges Vergleichen und Kombinieren überwunden werden können. Die Gebisse insbesondere haben ihren sehr bestimmten Strukturstil, der sich durch beharrliche Bemühung ergründen lässt. Immerhin hat der Bearbeiter derartiger Dokumente viele Mühe aufzuwenden, bis er nur an dem Punkte angelangt ist, wo das Studium eines minder zerstückelten Materials einsetzen könnte.

Ich darf nach dieser Vorbemerkung wohl darauf verzichten, Ihnen näher auseinanderzusetzen, wie ich dazu gekommen bin, diese Bohnerzfossilien in ihrem ganzen Umfange einer Neubearbeitung zu unterziehen, nachdem sich doch schon von den fünfziger Jahren an eine Reihe von Forschern, insbesondere *François Jules Pictet* und mein verehrter Lehrer *Ludwig Rütimeyer*, sehr einlässlich mit denselben beschäftigt hatten. Sie werden es auch ohne weiteres begreiflich finden, dass schliesslich nahezu die Gesamtheit der in den Sammlungen liegenden Dokumente von den gleichzeitigen Fundorten des übrigen Europas mit in den Bereich der Untersuchung gezogen werden musste. —

Das nächste und zugleich am schwierigsten zu erreichende Ziel der Arbeit war eine einwandfreie Umgrenzung der zahlreichen Arten. Gerade mit dieser Seite meines Gegenstandes kann ich Sie nun aber im Rahmen eines einzigen Vortrages und ohne ein sehr umfangreiches Anschauungsmaterial unmöglich bekannt machen. Ich muss mich vielmehr darauf beschränken, Ihnen in kurzem Rundgang einige der chronologischen, stammesgeschichtlichen und tiergeographischen Folgerungen vorzuführen, die gewissermassen auf der Hand lagen, sobald die systematische Grundlage geschaffen war.

Wir fassen am besten zunächst die *chronologische* Seite des Gegenstandes ins Auge.

Das Bohnerzgebilde — nach der heute verbreitetsten Ansicht eine Terra rossa, die während einer Festlandperiode unter dem Einfluss der Atmosphärilien auf Kosten älterer Sedimente entstanden ist — hat überall das lokal jüngste Glied der mesozoischen Schichtenserie zum Liegenden, wird dagegen von der Molasse, wo diese noch erhalten ist, überlagert. Die geologische Beobachtung lehrt uns in Beziehung auf das Alter der Bohnerzsägetiere also nur so viel, dass sie im Waadtländer Jura jünger als Kreide, im Berner und Solothurner Jura jünger als oberer Malm, andererseits überall älter als die oligocäne Molasse sind. Zu einer *genauereren* chronologischen Rubrizierung derselben können wir nur dadurch gelangen, dass wir sie in den stratigraphisch besser fixierten Sedimenten anderer Gegenden wieder aufzufinden trachten.

Zur Zeit als *Pictet* und *Rütimeyer* ihre ersten Arbeiten veröffentlichten, unterschied man innerhalb der Eocäneriode drei sukzessive Säugetierfaunen; eine älteste, die nach ihrer hervorragendsten Tiergestalt als „*Coryphodonfauna*“ bezeichnet wurde; eine mittlere, im Pariserbecken den sogenannten Grobkalk charakterisierende, die „*Lophiodonfauna*“; und eine jüngste, die durch *Cuvier* berühmt gewordene „*Paläotherienfauna*“ des Gipses von Montmartre. Auf Grund der Anhaltspunkte, welche damals vorlagen, schlossen die beiden genannten Forscher, dass die Säugetiere des Bohnerzgebildes teils der Zeit des Pariser Grobkalkes, also dem *mittleren* Eocän, teils derjenigen des Pariser Gipses, also dem *obern* Eocän angehören; dass an gewissen Fundorten bloss die eine der beiden Faunen vertreten sei, in Obergösgen z. B. bloss diejenige des Gipses; dass in Egerkingen und am Mormont bei La Sarraz dagegen die beiden Elemente mit einander vermischt seien.

In seinen späteren Arbeiten hat dann zwar *Rütimeyer* von Egerkingen auch eine ganze Reihe *untereocäner* Säugetierformen signalisiert; er hat andererseits in seine definitive Tierliste dieses Fundortes auch *oligocäne* Arten aufge-

nommen; sein stratigraphisches Gesamtergebnis ging also schliesslich dahin, dass zu dem Formenvorrat des schweizerischen Bohnerzgebildes nicht nur alle die sukzessiven Phasen des Eocäns, sondern auch noch das Oligocän beigebringen habe.

Diese Auffassung hat sich nun aber als irrig herausgestellt. Wir kennen aus der ganzen schweizerischen Bohnerzformation keine einzige Säugetierform, für welche sich untereocänes, keine einzige, für die sich oligocänes Alter nachweisen liesse. Nicht ganz ausschliessen möchte ich die Möglichkeit, dass gewisse Rariora von Egerkingen, die bisher eben nur dort gefunden worden sind, der noch unvollständig bekannten Fauna des allerobersten Untereocäns angehören könnten. Mit dieser kleinen Einschränkung ist aber der chronologische Rahmen, in den sich die Bohnerzfauna als Ganzes einordnet, in der Tat so zu ziehen, wie *Pictet* und *Rütimeyer* in den sechziger Jahren angenommen haben. Wir haben es mit Tieren des mittlern und obern Eocäns zu tun.

Im einzelnen können freilich die damals gezogenen Schlüsse heute nicht mehr befriedigen.

Im Pariser Becken, wo wir seit *Brongniarts* Zeiten die Grundzüge für die Klassifikation der Eocänhorizonte zu holen gewohnt sind, wird der obere Grobkalk, der die „*Lophiodonfauna*“ der alten Autoren enthält, durch eine ganze Serie von Schichten von den oberen Massen des Gipses, welche die Cuvier'sche Paläotherienfauna führen, getrennt (siehe nebenstehende Tabelle). Dieser Komplex hat bis zur Stunde nur sehr spärliche Säugetierreste geliefert. Wir müssen uns im französischen Süden umsehen, um zu erfahren, wie die Säugetierfauna während dieser Zwischenzeit beschaffen war.

Dort sind in der Gegend von Castres schon vor längerer Zeit Fundstellen signalisiert worden, an welchen *Lophiodonten* und *Paläotherien* neben einander vorkommen, und dieses Mischcharakters ihrer Fauna wegen sind dieselben

auch sofort als intermediär zwischen Grobkalk und Gips betrachtet worden. Die Assoziation der zwei Genera kann freilich heute nicht mehr als wesentliches Charakteristikum dieser Fauna der Castraissance gelten, denn wir wissen jetzt, dass die Paläotherien auch schon zur Zeit des Grobkalkes in Europa reichlich vertreten waren. Ihren besondern Stempel erhält diese Fauna — wie die neuern Untersuchungen gelehrt haben — vielmehr dadurch, dass die Arten, welche ihr angehören, sich von ihren Verwandten im Niveau des Grobkalkes durch ihren fortgeschrittenen Evolutionsgrad unterscheiden.

Auch diese Castraissancefauna ist aber noch nicht die unmittelbare Vorläuferin der Paläotherienfauna von Montmartre. Wir haben Anhaltspunkte, welche dafür sprechen, dass sie in der in unserer Tabelle angegebenen Schichtenfolge des Pariser Beckens, den sogenannten Sables moyens und dem Calcaire de St-Ouen entspricht. Ueber letzterem folgen dort aber zunächst die sterilen untern Massen der Gipsformation. In die hier noch offene Lücke ist ohne allen Zweifel eine — hauptsächlich durch Ausgrabungen von Herrn Prof. *Depéret* bekannt gewordene — Fauna von Saint-Hippolyte-de-Caton im Département du Gard einzuröhren, welche entwicklungsgeschichtlich eine Mittelstellung zwischen den Faunen von Castres und von Montmartre einnimmt. Endlich kennen wir aus dem Süßwasserkalk von Argenton-sur-Creuse im Département de l'Indre eine sehr altertümliche Mitteleocänaufauna, welche chronologisch offenbar dem säugetierlosen, weil rein marin entwickelten *untern* Teil des Pariser Grobkalkes entspricht.

Anstatt bloss zwei Faunen unterscheiden wir heute also innerhalb des Zeitraums vom Beginn des mittleren bis zum Ende des oberen Eocäns deren fünf. Wir können dieselben — nach der unserer Tabelle zugrunde gelegten Klassifikation der Eocänstufen — von unten nach oben bezeichnen als Faunen des *untern Lutétien*, des *obern Lutétien*, des *Bartonien*, des *untern Ludien* und des *obern Ludien*.

		Horizonte im Pariserbecken	Säugetierfundstellen im stratifizierten Eocän	Säugetierfundstellen in Spalten etc.	Nordamerik. Äquivalente	
Ober-Eocän	<i>Oligocän</i>				<i>Oligocän</i>	
	<i>Oberes Ludien</i>	Première et deuxième masses du Gypse	Montmartre, La Débruge, Rixheim, etc.	Mormont-Entre-roches	Ober-Gösgen	<i>Ober Uinta</i>
	<i>Unteres Ludien</i>	Troisième et quatrième masses du Gypse	St-Hippolyte-de-Caton, Hordwell	Mormont-Eclépens	Moutier	<i>Lower Uinta</i>
	<i>Bartonien</i>	Calcaire de St-Ouen, Sables moyens	Sables du Castrais, Robiac	Chamblon	Phosphorite des Quercy	<i>Upper Bridger</i>
	<i>Oberes Lutétien</i>	Calcaire grossier supérieur	Jouy, Issel, La Livinière, Buchsweiler	<i>Lower Bridger</i>		
	<i>Unteres Lutétien</i>	Calcaire grossier moyen et inférieur	Argenton, Les Echelles	<i>Windriver</i>		
	<i>Yprésien</i>	Sables de Cuis, Sables de Cuise	Environs d'Epernay, Cuis, Ay etc.	<i>Wasatch</i>		
	<i>Sparnacien</i>	Lignites du Soissonnais, Argile plastique de Meudon	Environs de Soissons, Meudon	<i>Wasatch</i>		
	<i>Thanetien</i>	Gravier de Cernay, Sables de Châlons s. V., Tuffeau de La Fère	Cernay-lez-Reims, La Fère	<i>Torrejon</i>		
	<i>Montien</i>	Marnes de Mons		<i>Puerco</i>		
	<i>Kreide</i>			<i>Kreide</i>		

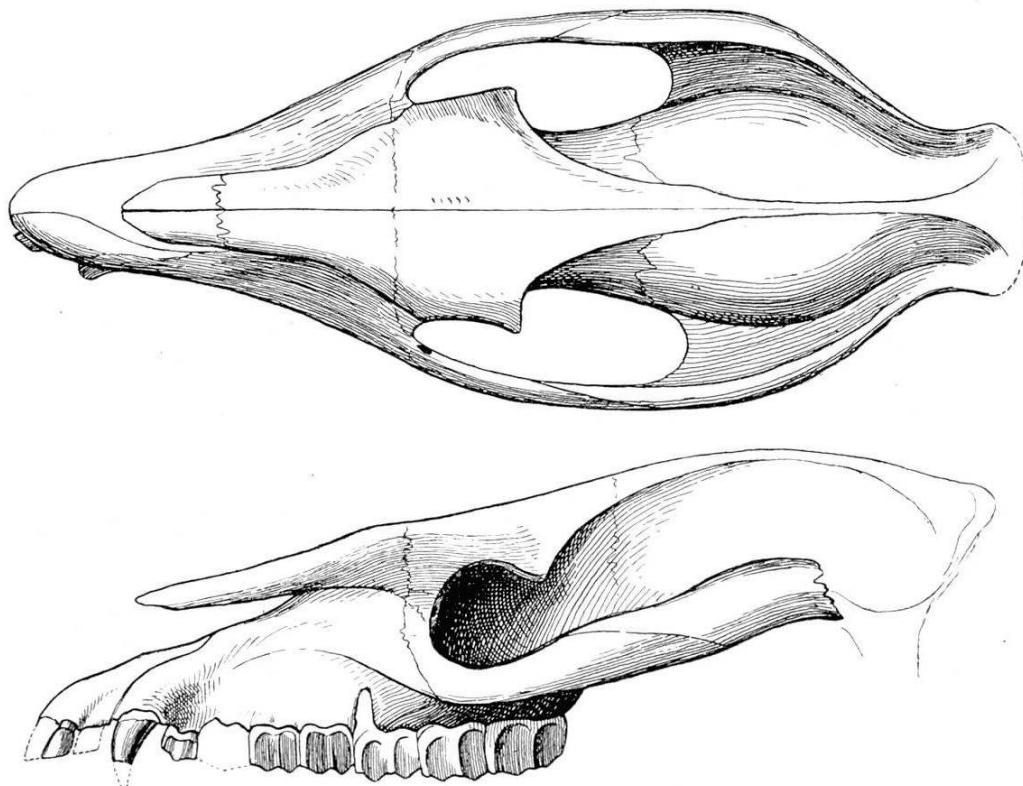
Bei der Einreihung der Bohnerzfaunulae in diese Skala müssen wir hauptsächlich auf die unpaar fingrigen Huftiere abstellen, da die Fundorte des stratifizierten Eocäns bisher vorwiegend nur Angehörige dieser Gruppe geliefert haben. Glücklicherweise sind die Anhaltspunkte, welche sie uns bieten, sehr präzise. Es hat sich — wie Sie aus Kolonne 3 unserer Tabelle ersehen — ergeben, dass die Fauna von Obergösgen ausschliesslich dem obern Ludien, diejenige vom Chamblon bei Yverdon ausschliesslich dem obern Lutétien angehört. In Moutier finden sich Formen des Bartonien neben solchen des untern Ludien. In dem ausgedehnten Fundgebiet des Mormont sind Bartonien, unteres und oberes Ludien vertreten. Die Fauna von Egerkingen gehört ihrer Hauptsache nach dem obern Lutétien an; ein gewisser Prozentsatz der dortigen Formen ist aber etwas älter und muss dem untern Lutétien, zum Teil vielleicht, wie erwähnt, dem allerobersten Untereocän zugewiesen werden.

Dazu ist zu bemerken, dass in Egerkingen sowohl als am Mormont die Faunenelemente verschiedenen Alters auch fast durchweg an verschiedene Fundpunkte gebunden sind.

Werfen wir nun einen Blick auf den *allgemeinen Habitus* dieser Faunen, so ist vor allen Dingen daran zu erinnern, dass die eocänen Säugetiere vielfach beträchtlich kleiner sind als ihre lebenden Verwandten. Die Riesen unter den Unpaarhufern freilich erreichen die bedeutende Stärke des afrikanischen Nashorns, aber die meisten übrigen Vertreter dieser Gruppe variieren von den Dimensionen eines Schabrackentapirs bis etwa zu denjenigen eines Fuchses. Das kleinste mittel-eocäne Pferdchen war nicht grösser als der rezente Klippschliefer. Noch auffälliger ist die Erscheinung bei den paar fingrigen Huftieren, von denen nur wenige die Dimensionen eines Schafes erreichen oder übertreffen, während die kleinsten etwa Rattengrösse besitzen. Weniger von den uns aus der gegenwärtigen Schöpfung geläufigen Normen weichen im allgemeinen die Krallen-

träger ab, doch sind immerhin beispielsweise einige Halbäffchen zu erwähnen, welche nicht einmal die Dimensionen einer Zwergspitzmaus erreichten.

In den seltenen Fällen, in welchen wir die Gehirnkapsel dieser Tiere kennen, ist sie relativ kleiner als bei ihren rezenten Verwandten, dazu immer horizontal gestellt.



Figur 1. *Palaeotherium lautricense* Noulet, Schädel in Stirn- und Profilansicht. — Bartonien, Montespieu bei Lautrec (Tarn). — 1/2. —

Durchlüftung des Schädeldaches spielt eine kleine Rolle, hornartige Auswüchse fehlen noch gänzlich.

Die Backenzahnkronen sind durchweg niedrig, bei einigen Huftieren so auffallend niedrig, dass Rütimeyer sie nicht unpassend mit Siegeln verglichen hat. Die Zahnformel, die bei vielen rezenten Huf- und Raubtieren so bedeutende Vereinfachungen erfahrer hat, ist bei fast allen eocänen Vertretern dieser Gruppen noch die vollständige, sogenannte *eutherische*. Die Zahnreihen sind fast immer

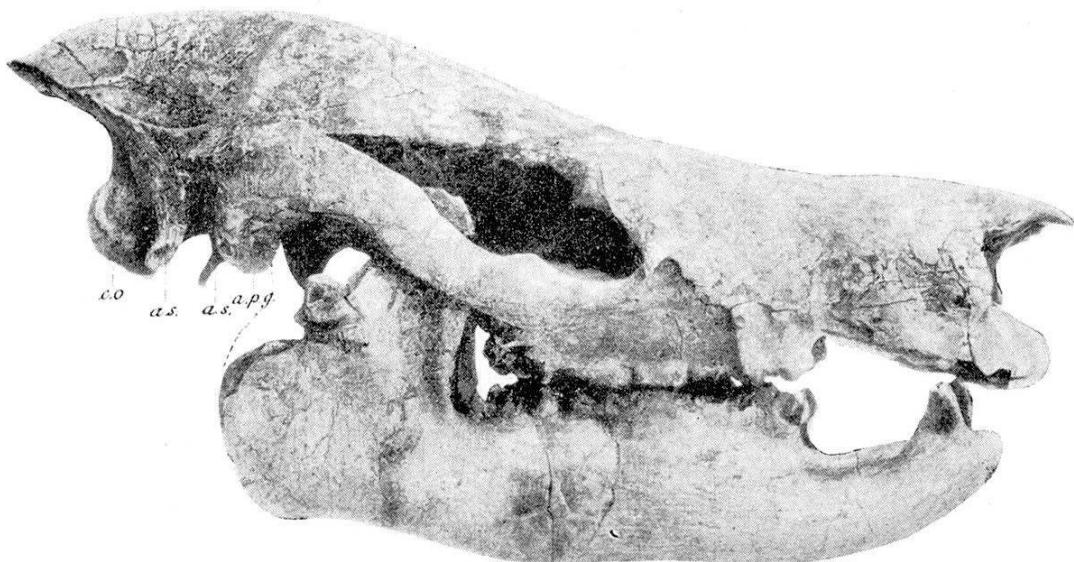
geschlossen, die Lücken im vorderen Teil derselben, welche bei den rezenten Huftieren so verbreitet sind, treten erst ausnahmsweise auf und sind kleiner. Nur bei den Nagern ist das Gebiss in diesen Beziehungen schon ganz nach dem modernen Typus eingerichtet, sie haben auch schon die charakteristischen wurzellosen und permanent wachsenden Nagezähne.

Aehnlich primitive Züge wie das Gebiss zeigt der Bau der Extremitäten. Den meisten Raubtieren fehlt z. B. noch die Verwachsung der als Scaphoïd und Lunare bezeichneten Elemente der Handwurzel, welche allen rezenten und jungtertiären Vertretern der Gruppe eigen ist. Die eocänen Verwandten der Pferde sind noch dreizehig, am Vorderfuss zum Teil sogar wahrscheinlich noch vierzehig. Unter den Paarhufern werden sich vielleicht noch solche finden, die wenigstens vorne fünf Zehen haben. Andre Vertreter dieser Gruppe besitzen freilich schon im Eocän nur noch zwei funktionelle Zehen. Bei diesen ist aber das Fusswurzelgefüge anders eingerichtet als bei ihren rezenten Verwandten, auch fehlt ihnen die für die Wiederkäuer so charakteristische Verwachsung der beiden funktionellen Mittelfussknochen.

Während diese und andere Charakteristika der Eocänaufauna schon seit längerer Zeit ermittelt sind, finden sich in der ältern einschlägigen Literatur nur verhältnismässig wenige und vage Feststellungen in Beziehung auf den genealogischen Zusammenhang der einzelnen Formen und den speziellern Verlauf der stammesgeschichtlichen Wandlungen. *Rütimeyer* insbesondere ist derartigen Fragen noch in seinen letzten Arbeiten mit grosser Zurückhaltung aus dem Wege gegangen. Bei der vielfachen Unsicherheit in der Umgrenzung der Arten sowohl als der stratigraphischen Horizonte, waren auch in der Tat damals die notwendigsten Voraussetzungen für solche Schlüsse noch nicht vorhanden. Auf diesem Felde blieb daher eine besonders reiche Ernte einzuheimsen und auf einige Ergebnisse dieser Ordnung

möchte ich auch hauptsächlich Ihre Aufmerksamkeit hinlenken.

Manchem von Ihnen wird vielleicht die Frage aufsteigen, wie man es denn überhaupt nur wagen könne, irgend welche präzisere Schlüsse in Beziehung auf den genealogischen Zusammenhang von Tieren zu ziehen, die in der Mehrzahl erst ihrem Gebisse nach bekannt sind. Es liegt mir umso mehr daran, mit einigen Worten auf dieselbe zu antworten, als gelegentlich die Möglichkeit, auf rein



Figur 2. *Lophiodon leptorhynchum* Filhol, Schädel (nach Depéret).
— Oberes Lutétien, La Livinière (Minervois) — $\frac{1}{4}$.

odontologischer Basis zu haltbaren stammesgeschichtlichen Ergebnissen zu gelangen, auch durch Paläontologen vom Fache in Frage gezogen worden ist.

Das Verfahren, nach dem wir die Aszendenz einer Tierform ermitteln, besteht ganz allgemein darin, dass wir zunächst diverse Möglichkeiten gelten lassen, dann aber auf Grund bestimmter Anhaltspunkte den Kreis derselben so lange verengern, bis schliesslich eine einzige übrig bleibt.

Nun ist das Säugetiergebiss als Ganzes ein äusserst komplexes Gebilde, das uns in vielen Fällen so zahlreiche derartige Anhaltspunkte bietet, dass wir diesen Aus-

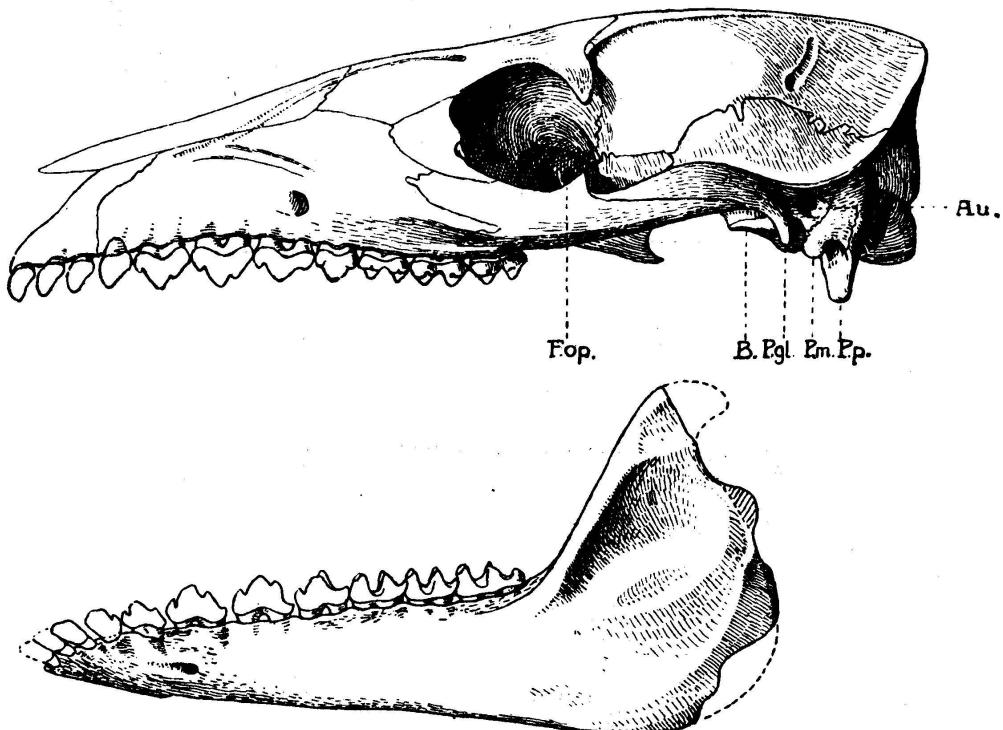
schliessungsprozess bis ans Ende, oder ganz nahe an das Ende heran durchführen können. Allerdings verhalten sich nicht alle Gruppen in dieser Beziehung gleich günstig. In derjenigen der Karnivoren z. B. spielt die parallele Differenzierung des Gebisses bei Stämmen verschiedenen Ursprungs eine so grosse Rolle, dass zuverlässige stammesgeschichtliche Schlüsse häufig erst dann formuliert werden können, wenn sich die Untersuchung auf andre Teile der Organisation ausdehnen lässt. Bei den Huftieren aber, welche in unsrern Eocänfaunen so sehr vorwiegen und mit welchen ich im folgenden auch ausschliesslich zu exemplifizieren gedenke, spielen derartige Fehlerquellen eine viel untergeordnetere Rolle.

Die drei Molaren des Oberkiefers haben bei den eocänen Huftieren eine ganz andere Gestalt als ihre Antagonisten im Unterkiefer; von den oberen und untern Prämolaren und Vorderzähnen hat oft jeder seine besondern Eigentümlichkeiten und dasselbe gilt von sämtlichen Zähnen des Milchgebisses. Jedes einzelne dieser zahlreichen Elemente pflegt an strukturellem Detail so viel oder mehr zu bieten als beispielsweise die Schneckenhäuser und Muschelschalen, mit welchen der Molluskenpaläontologe zu operieren gezwungen ist. Und jedes derselben hat im Laufe der Zeiten seine eigene Entwicklungsgeschichte gehabt. Indem wir nun die auf Grund *einer* Zahnsorte gewonnene Hypothese an einer Reihe anderer Zahnsorten kontrollieren können, sind wir in der Lage, unseren Schlüssen einen bedeutenden und auf paläontologischem Gebiete nicht ganz gewöhnlichen Grad von Sicherheit zu verleihen.

Doch ist ausdrücklich zu betonen, dass der Erfolg dieser Methode an zwei unerlässlichen Vorbedingungen geknüpft ist.

Einmal müssen die Gebisse in einiger Vollständigkeit bekannt sein. Schlüsse, die sich bloss auf eine oder zwei Zahnsorten aufbauen, können unter Umständen sehr in die Irre führen.

Sodann muss die Dokumentation in chronologischer Hinsicht eine kontinuierliche sein. Wo wir bei unsren Spekulationen genötigt sind, grössere Zeiträume zu überspringen, kommt ein hypothetisches Element in die Rechnung, das die Zuverlässigkeit des Ergebnisses selbst dann gefährden kann, wenn die Tiere uns auch in osteologischer Hinsicht bekannt sind.

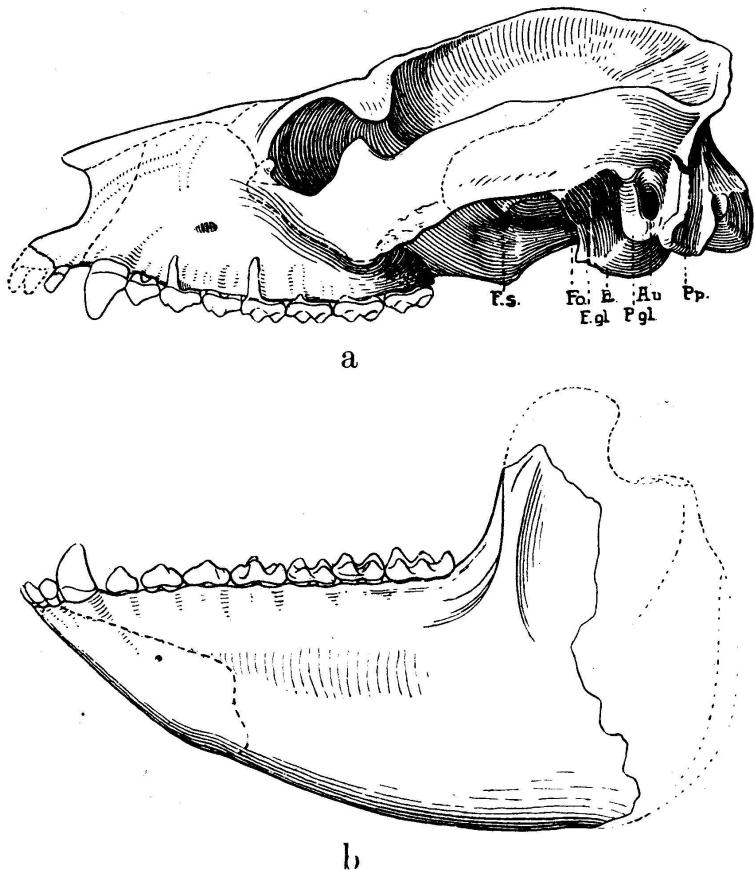


Figur 3. *Tapirulus hyracinus* Gervais, Schädel. — Oberes Ludien, Phosphorit von Lamandise (Quercy). — $\frac{2}{3}$.

F. op. Foramen opticum. — B. Bulla ossea. — P. gl. Processus postglenoidalis. — P. m. Processus mastoideus. — P. p. Processus paramastoideus. — Au. Ohröffnung.

Gerade in diesen beiden Beziehungen ist nun aber das Belegmaterial, das uns heute aus unserm mittleren und oberen Eocän vorliegt, ein ungewöhnlich günstiges. Unsere Bohnerzfundorte haben, neben den eingangs hervorgehobenen Nachteilen, den grossen Vorzug, dass sie uns die Gebisse in bemerkenswerter Vollständigkeit überliefern. Andererseits haben wir es, wie Sie vorhin sahen, mit einer geschlossenen Serie fossilführender Horizonte zu tun.

Je grösser die Zeitspanne ist, durch die wir eine bestimmt gerichtete Entwicklung verfolgen können, desto bündiger können selbstverständlich unsere Schlüsse ausfallen.



Figur 4 a. *Mixtotherium cuspidatum* Filhol, var. *Bruni* St. Schäde in Profilansicht. Unteres Ludien?, Phosphorite des Quercy. — F. s. Fissura sphenoidalis. — F. o. Foramen ovale. — F. gl. Fossa glenoidea. — B. Bulla ossea. — P. gl. Processus postglenoideus. — Au. Ohröffnung. — P. p. Processus paramastoideus.

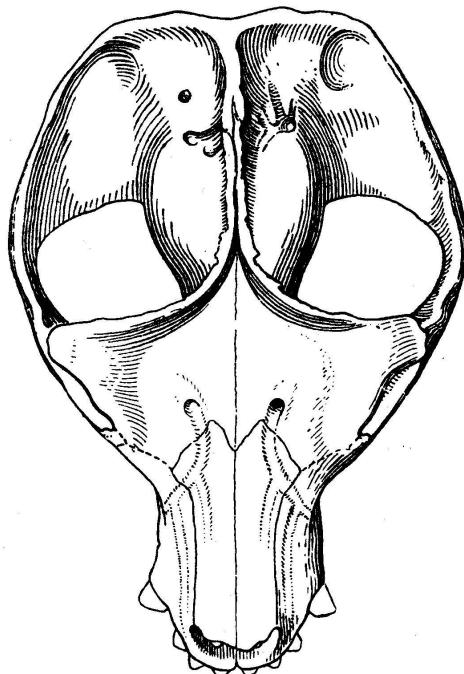
Figur 4 b. *Mixtotherium cuspidatum* Filhol, Mandibel. Oberes Ludien?, Phosphorite des Quercy. — $1/2$. —

Nach dieser Methode ist es gelungen, die meisten der im Bohnerzgebilde vorkommenden Säugetierformen in einen präzisen genealogischen Zusammenhang zu bringen, so dass die traditionellen *Arten*, welche durch bestimmte, zeitweilig mehr oder weniger fixierte Merkmale gekennzeichnet sind, sich nunmehr zu *Stammlinien* zusammenschliessen, deren

Charakteristikum in der bestimmten Richtung der ihnen innewohnenden Entwicklungstendenz liegt.

Einige wenige Beispiele solcher stammesgeschichtlicher Umwandlung möchte ich Ihnen im Bilde vorführen.

Nur um Ihnen wenigstens einen teilweisen Begriff von der äussern Erscheinung einiger dieser Eocäntiere zu geben, zeige ich Ihnen zunächst einige Schädelbilder.



Figur 5. *Mixtotherium cuspidatum* Filhol, Schädel in Stirnansicht.
Gleiches Original wie Figur 4 a. — $1/2$. —

Dieses erste Bild (Figur 1) gibt den Schädel eines Pferdchens von Jagdhundgrösse wieder, des kleinsten bis jetzt bekannten Angehörigen des Genus *Paläotherium*, *Palaeotherium* lautricense. Wie Sie sehen, ist bei unverkennbarer physiognomischer Aehnlichkeit mit dem rezenten Verwandten, der Gesichtsschädel kürzer. Die Zahnkronen sind noch relativ niedrig und im Zusammenhang damit ist die Zahnröhe weniger von der Augenhöhle weggerückt. Wahrscheinlich sahen sich alle diese Eocänpferde äusserlich sehr ähnlich.

Neben den pferdeartigen Unpaarhufern spielen die mehr erwähnten Lophiodonten, die sich mehr an die Tapire und Nashörner anschliessen, eine Hauptrolle. Figur 2 gibt einen Schädel von *L. leptorhynchum* wieder. Das Nasenrohr ist, wie Sie sehen, bis weit nach vorne geschlossen; Lophiodon hatte im Gegensatz zu Tapir keinen Rüssel. Anderseits hatte es im Gegensatz zu *Rhinoceros* auch kein Horn auf der Nase. Von beiden rezenten Verwandten unterscheidet es sich durch die an Raubtiere erinnernde Ausbildung der obern und untern Eckzähne. Der obere ist an dem hier wiedergegebenen Fundstück abgebrochen.

Die äussere Erscheinung der Paarhufer ist im ganzen mannigfaltiger als die der Unpaarhufer. Ich muss mich darauf beschränken, Ihnen zwei stark mit einander kontrastierende Schädelformen aus dieser Gruppe vorzuführen.

Figur 3 bezieht sich auf *Tapirulus hyracinus*, ein Tierchen von Fuchsgrösse, über dessen systematische Stellung, wie sein Name noch andeutet, lange Zeit Unklarheit geherrscht hat. Das feingeschnittene, längliche Schädelchen hat gar nichts Extravagantes an sich. Die Zahnreihe ist geschlossen und von den vordern Backenzähnen zu den Schneidezähnen findet, wie Sie beachten wollen, ein ganz allmählicher gestaltlicher Uebergang statt, ohne irgendwelche Hervorhebung des Eckzahnes. Es ist dies eine Einrichtung, die bei einer ganzen Reihe von Paarhuferstämmen der Eocänzeit wiederkehrt.

Figur 4 zeigt Ihnen eine ganz andre Physiognomie. Der Schädel röhrt von *Mixtotherium cuspidatum*, einem etwas grössern Tiere her. Massive, weit vorspringende Jochbogen und ein hoher Sagittalkamm — die einem mächtigen Schläfenmuskel zum Ansatz gedient haben — setzen sich an eine auffällig kleine Gehirnkapsel. Die wenig geräumige Augenhöhle ist etwas nach vorn gerichtet, die Schnauze vergleichsweise kurz. Die Eckzähne sind nach Karnivorenart verstärkt. Ganz abenteuerlich ist die etwa an die rezenten Brüllaffen erinnernde Gestalt des Unterkiefers.

Figur 5 gibt denselben Schädel in Stirnansicht wieder.

Wir gehen nun zur Betrachtung einiger *stammesgeschichtlicher Wandlungen des Gebissgepräges* über.

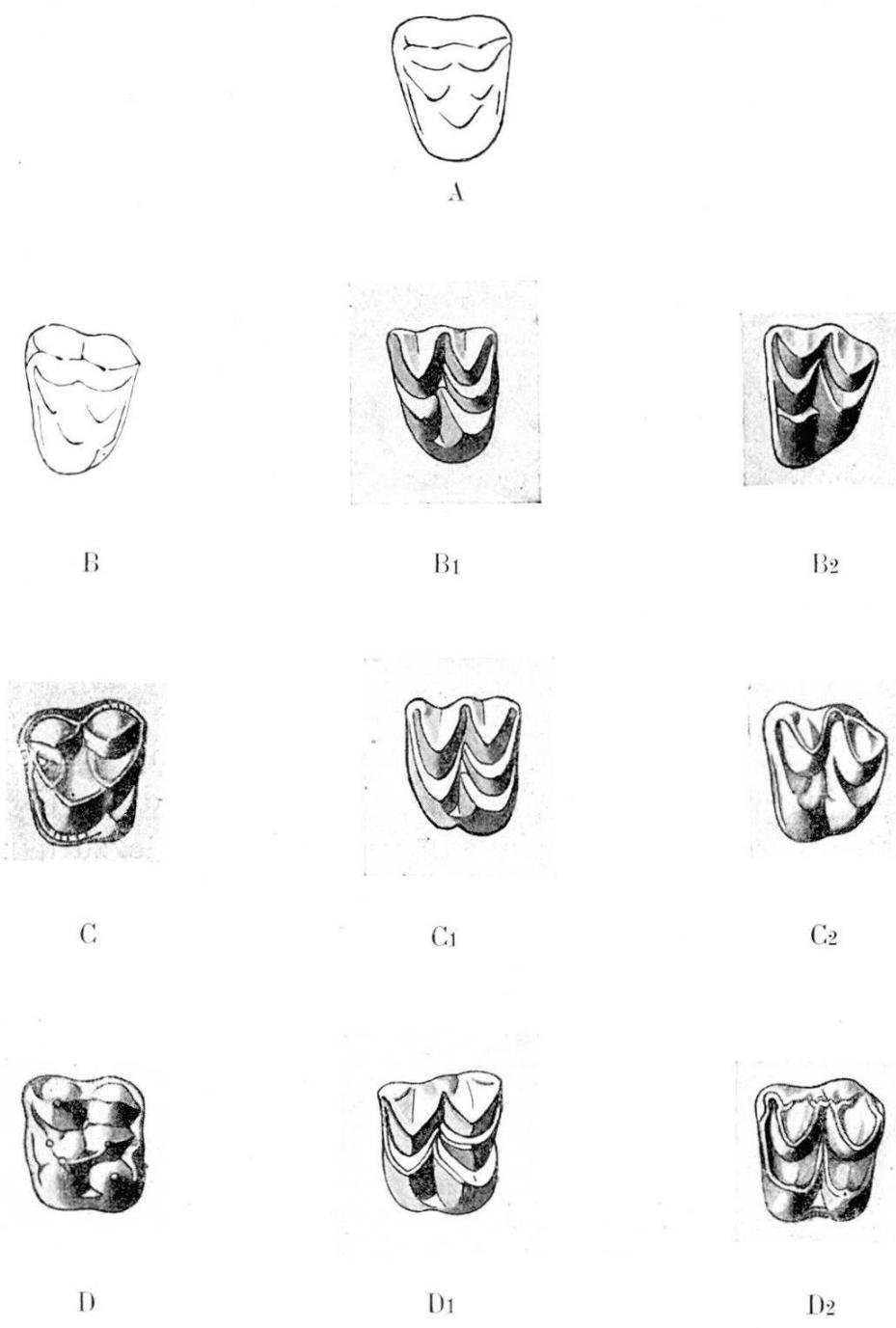
Die Zähne, die Sie in Figur 6 zusammengestellt sehen, sind vorletzte obere Backenzähne der linken Seite von verschiedenen Paarhufern.

Die Kronen der oberen Backenzähne zeigen bei den Paarhufern des jüngern Tertiärs und schon des Obereocäns in der Regel vier ins Viereck gestellte Haupthügel, zwischen die sich dann, je nachdem, sei es in der Hinterhälfte, sei es in der Vorderhälfte, sei es in beiden, noch weitere etwas kleinere Elemente einreihen können. Sie sehen solche Zahnformen in der untersten Linie unseres Bildes, als D , D_1 , D_2 bezeichnet.

Schon vor längerer Zeit ist man nun aus Gründen, auf deren Auseinandersetzung ich mich hier nicht einlassen kann, zu der Anschauung gelangt, dass diese quadrangulären Zahnformen auf einen triangulären Urplan zurückzuführen seien. Auf die Frage nach der Art und Weise, in welcher die Umwandlung des triangulären in den quadrangulären Plan erfolgt ist, hat aber erst die genauere Untersuchung der so abundanten Paarhuferfauna des europäischen Mittel- und Obereocäns eine abschliessende Antwort gebracht. Sie lautet dahin, dass seltsamerweise *drei verschiedene Sektionen der Paarhufergruppe auf drei ganz verschiedenen Wegen zu ihren quadrangulären Molarkronen gelangt sind*.

Die lineare Skizze in Figur A zeigt Ihnen, wie wir uns ungefähr den triangulären Urplan eines solchen Zahnes vorzustellen haben. Er weist drei ins Dreieck gestellte Haupthügel auf, zwei äussere und einen innern und auf den Verbindungslien, welche von letzterm zu erstern führen, zwei kleine Zwischenhügel.

In Figur B sehen Sie diesen Urplan bereits etwas modifiziert, der Innenhügel ist etwas nach vorn gerückt und der Schmelzkragen, der die Krone auf der Hinterseite



Figur 6. Linke obere Molaren von Artiodactylen, zur Illustration der drei Bahnen, in welchen sich der Grundplan umgewandelt hat. — A. Urplan, konstruiert. — B. Primitiver Dichobunide, konstruiert. — C. Hyperdichobune nobilis. — D. Dichobune leporina. — B₁. Oxacron Courtoisi. — C₁. Cainotherium spec. — D₁. Cainotherium laticurvatum. — B₂. Pseudamphimeryx Renevieri. — C₂. Dacrytherium ovinum. — D₂. Dichodon cuspidatum. — Mit Ausnahme von D₂ vergrössert.

umgibt, hat in der Gegend zwischen Innenhügel und hinterem Zwischenhügel eine kleine Verdickung entwickelt. In Figur C schwilzt diese Verdickung an und in Figur D erlangt sie die Bedeutung eines Haupthügels, während gleichzeitig der ursprünglich zentral gestellte Innenhügel des Urplanes ganz in die vordere Kronenhälfte rückt. In dieser Reihe B-C-D ist also der trianguläre Plan dadurch in einen quadrangulären übergeführt worden, dass sich hinten innen an der Krone ein *neues* Element, ein sogenannter Hypoconus, entwickelt hat.

In der zweiten Kolonne ist der Umwandlungsprozess ein ganz anderer. Sie sehen hier zunächst in B_1 den Innenhügel des Urplanes etwas nach hinten — anstatt wie in B nach vorn — verschoben, zugleich den vordern Zwischenhügel des Urplanes etwas erstarkt und nach innen gerückt. In C_1 akzentuieren sich diese Veränderungen und in D_1 hat der vordere Zwischenhügel die Bedeutung eines Haupthügels erlangt und nimmt die vordere Innenecke einer viereckigen Krone ein, während der unpaare Innenhügel des Urplanes ganz in die hintere Kronenhälfte übergegangen ist. Das Endglied dieser Reihe (D_1) sieht, wenn man von der Detailstruktur der Elemente abstrahiert, demjenigen der vorigen (D) auffallend ähnlich, obgleich es auf ganz anderm Wege zustande gekommen ist.

In der dritten Reihe beginnt die Metamorphose in ähnlicher Weise wie in der ersten, der Innenhügel des Urplanes rückt nach vorn. Aber das neue Element, das wir dort auftreten sahen, bleibt aus. Das Endziel wird einfach dadurch erreicht, dass der hintere Zwischenhügel des Urplanes erstarkt und nach innen rückt.

Sie sehen also, dass in den drei quadrangulären Molarotypen D, D_1 , D_2 dasjenige Element, welches die Rolle eines internen Innenhügels übernommen hat, jedesmal ein andres ist; nämlich in D ein neu zum Urplan hinzugekommener „Hypoconus“, in D_1 der Innenhügel des Urplanes, in D_2 der hintere Zwischenhügel des Urplanes.

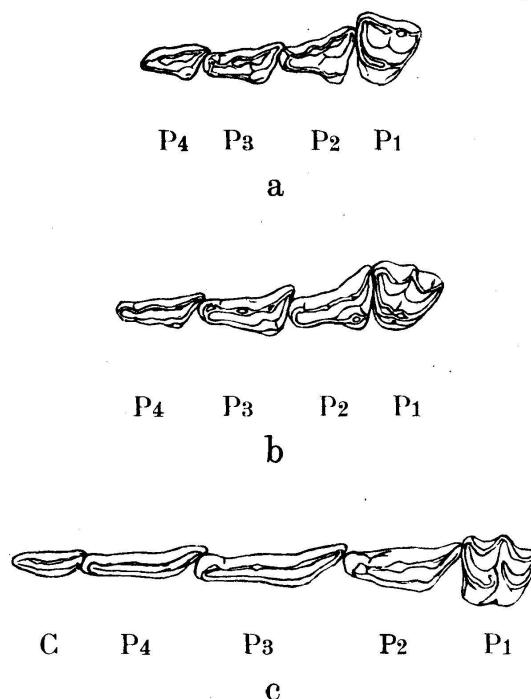
Diesem Kommentar wäre nun, wenn die Zeit es gestattete, noch mancherlei beizufügen: über das Schicksal des nicht verstärkten Zwischenhügels, der, wie Sie aus Figur D₂ ersehen, in gewissen Stammlinien atrophiert; über die mannigfaltigen Wandlungen der Detailstruktur u. s. f. Ich beschränke mich auf die eine, vielleicht nicht ganz überflüssige Bemerkung, dass von den drei Reihen bloss die mittlere ein und derselben Stammlinie, oder wenigstens eng verwandten und völlig parallel entwickelten Stammlinien entnommen ist. In den beiden andern Sektionen sind wir vorderhand noch nicht in der Lage, bestimmte Stammlinien durch alle drei Stadien zu verfolgen. Aber kleinere Teilstücke dieser Metamorphosen liegen uns in so beträchtlicher Zahl vor, dass an der Tatsächlichkeit derselben nicht im geringsten zu zweifeln ist. —

Die meisten Paarhufer haben sogenannte heterodont Gebisse, d. h. ihre vordern, an Stelle von Milchzähnen tretenden Backenzähne — die sogenannten Prämolaren — sind bedeutend einfacher gebaut, als ihre ohne Vorläufer auftretenden hinteren Backenzähne — die Molaren. Einige Paarhuferstämme des Eocäns komplizieren aber — im Gegensatz zur sonstigen Regel — diese Gebisspartie etwas nach dem Vorbild der ihr vorangehenden Milchzahnreihe.

Figur 7 stellt die vier obren linken Prämolaren dreier Entwicklungsetappen einer Stammlinie aus dem Genus *Dichodon* dar, das zu dieser aberranten Gruppe gehört. Es handelt sich um Tierchen von Fuchsgrösse.

Die Komplikation betrifft, wie Sie sehen, wesentlich nur den hintersten der vier Zähne. Bei der ältesten Form, zu oberst im Bilde, ist derselbe noch sehr einfach; immerhin schon etwas komplizierter als bei andern Paarhufern, insofern als sein Aussenhügel anfängt sich zu spalten. In der zweiten Figur ist der Prozess weiter gediehen. Es sind jetzt deutlich zwei Aussenhügel vorhanden und auf der Aussenseite hat sich dort, wo sie aneinanderstossen, eine

Art Pfeiler, ein sogenanntes Mesostyle entwickelt. Ueberdies fängt nun auch der Innenhügel, der in der ersten Figur völlig einfach ist, an sich zu teilen. In der dritten Figur sind die beiden Aussehhügel weiter auseinander gerückt und haben Halbmondform angenommen, das Mesostyle ist auf der Innenseite hohl geworden, die Innenhügel haben sich



Figur 7. Stammlinie *Dichodon Rütimeyeri-Cartieri-subtile*, obere Prämolarreihen. a. Obere P_1-P_4 (zusammengestellt) von *Dichodon Rütimeyeri* St. Unteres Lutétien, Egerkingen. — Obere P_1-P_4 (zusammengestellt) von *Dichodon Cartieri* Rüt. Oberes Lutétien, Egerkingen. — c. Obere P_1-C (zusammengestellt) von *Dichodon subtile* St. Wahrscheinlich unteres Ludien, Mormont. — $1/1$.

gleichfalls von einander getrennt und sind halbmondförmig geworden. Von kleinen Unvollkommenheiten abgesehen, hat der Zahn jetzt die Gestalt die seinem Vorläufer im Milchgebiss und den in der Reihe hinter ihm stehenden, hier nicht mit abgebildeten Molaren eigen ist.

Gleichzeitig mit dieser Komplikation des hintersten Prämolaren vollzieht sich, wie Sie sehen, an den drei vordern Zähnen eine andere Veränderung — sie erfahren eine nam-

hafte Dehnung. Hand in Hand mit derselben muss sich selbstverständlich auch der ganze Gesichtsschädel gestreckt haben. —

Die rezenten Unpaarhufer, das Pferd, das Nashorn, der Tapir sind alle homoeodont, ihre Prämolaren sind ebenso kompliziert als ihre Molaren. Zu Beginn des Mitteleocäns hatten aber alle Unpaarhuferstämme noch mehr oder weniger einfache Prämolaren und eine ganze Reihe derselben sind nun gerade während des uns beschäftigenden Zeitraumes von der Heterodontie zur Homoeodontie übergegangen.

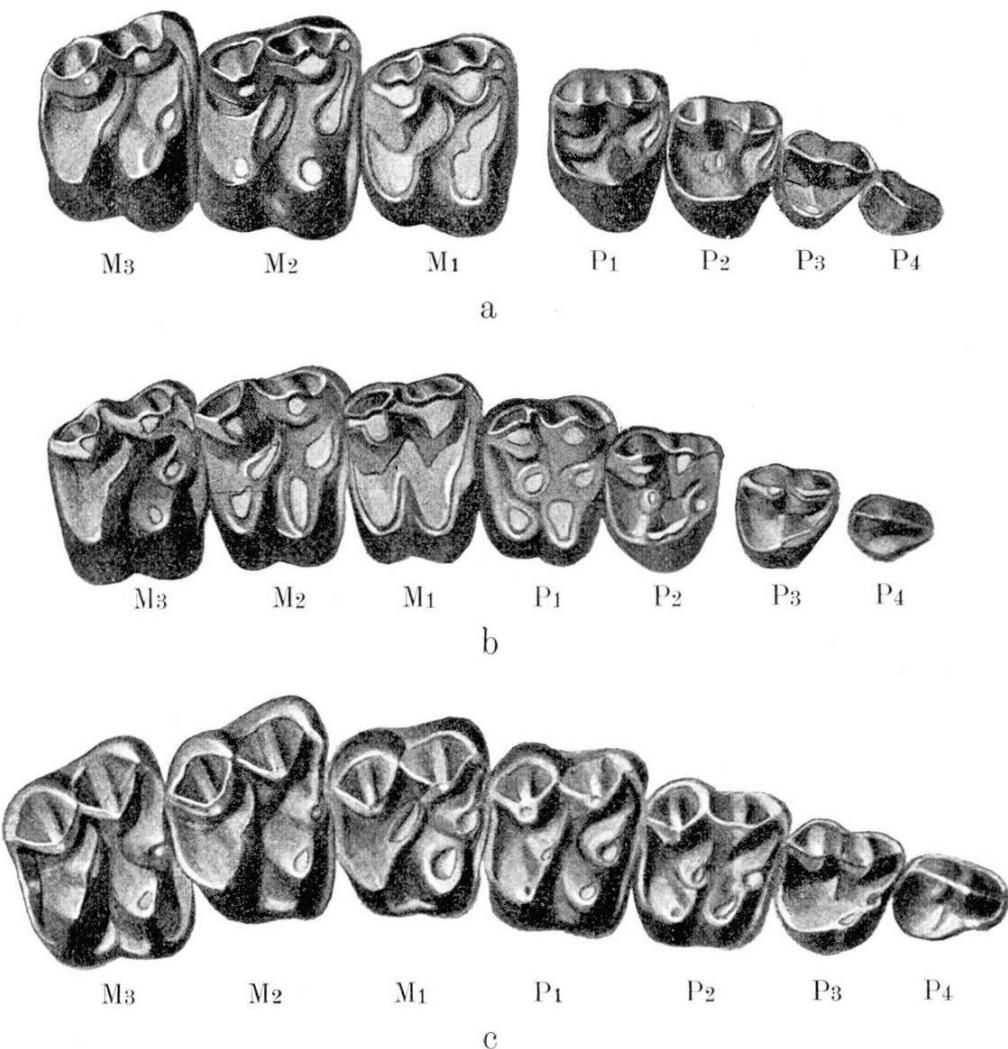
Figur 8 stellt die obern rechten Backenzahnreihen dreier Entwicklungsstadien des Stammes *Lophiotherium pygmaeum-cervulum* dar, die drei aufeinander folgenden Horizonten, dem obern Lutétien, dem Bartonien und dem untern Ludien entsprechen.

Lophiotherium ist eines der vielen Pferdchen, die zur Eocänzeit unsern Kontinent bevölkert haben. Es hat etwa die Grösse eines Fuchses und ist durch die ganz besondere Niedrigkeit seiner Backenzahnkronen ausgezeichnet.

Wie Sie sehen, bleiben sich die drei Zähne links im Bilde — die Molaren — durch alle drei Stadien gleich. Die vier Prämolaren — rechts im Bilde — erfahren dagegen eine bedeutende Veränderung. In der obersten Reihe sind sie alle noch wesentlich einfacher als die Molaren. In der zweiten Reihe hat dagegen der hinterste derselben — P_1 — die Komplikation der letztern erreicht und in der dritten Reihe ist auch der zweithinterste — P_2 — in dieses Stadium eingetreten. Der zweitvorderste Zahn steht in der untersten Reihe ungefähr auf der Komplikationsstufe, welche in der mittlern durch den drittvordersten und in der obern durch den viertvordersten repräsentiert wird.

Das Belegmaterial zur Geschichte des *Lophiotherium*-stammes, das wir gegenwärtig besitzen, ist sehr umfangreich und gestattet uns, diesen Umwandlungsprozess bis in alle Details zu verfolgen. Ausser den hier wiedergegebenen Stadien lässt sich noch eine ganze Skala von intermediären

nachweisen. Dabei ist nun sehr bemerkenswert, dass der Prozess nicht etwa in der Weise erfolgt, dass wir in dem einen Horizonte nur Individuen vom Stadium A, im fol-



Figur 8. Stammlinie *Lophiotherium pygmaeum -cervulum*, rechte obere Backenzahnreihen. a. Rechte obere M₃—P₄ von *Lophiotherium pygmaeum* Depéret (zusammengestellt). Oberes Lutétien, Egerkingen. — b. Rechte obere M₃—P₄ von *Lophiotherium* cfr. *cervulum* Gervais (zusammengestellt). Bartonien, Mormont. — c. Rechte obere M₃—P₄ von *Lophiotherium cervulum* Gervais (nach Depéret). Unteres Ludien, St. Hippolyte-de-Caton (Gard). — 2/1.

genden nur solche vom Stadium B treffen u. s. f.; vielmehr beobachten wir in jedem Horizonte eine beträchtliche Variation von Individuum zu Individuum. Im oberen Lutétien

kommen z. B. neben Individuen vom Stadium A progressivere Varianten vor bis zu solchen, die ganz nahe an Stadium B streifen. Im untern Ludien können wir neben Individuen vom Stadium C eine Skala von Abstufungen nachweisen, die sogar etwas über Stadium B hinaus nach rückwärts greift. Prüfen wir den Sachverhalt in statistischer Hinsicht, so zeigt sich, dass in jedem Niveau einige nahe aneinander schliessende Nuancen stark dominieren, während die Extreme nur durch vereinzelte Exemplare vertreten sind. Wir haben es in diesen Stammlinien also nicht sowohl mit einer Reihe sukzessiver deutlich gegen einander abgegrenzter Stufen, als mit einer Reihe stark übereinander greifender Variationskreise zu tun. Das Minimum, das durch Individuenreichtum stark betonte Mittel und das Maximum der Prämolarenkomplikation schieben sich von Niveau zu Niveau vor, aber ein scharfer Schnitt ist nirgends festzustellen.

Von verschiedenen Autoren ist in jüngster Zeit behauptet worden, die stammesgeschichtliche Umwandlung der Wirbeltiere sei ruckweise erfolgt. Man hat von Saltationen, von explosiver Entwicklung und dergleichen gesprochen.

Die Verfechter solcher Anschauungen haben, wie mir scheint, einen bösen Stand. Einmal liegt es in der Natur der paläontologischen Dokumentation, dass sie lückenhaft ist; wir können uns nur darüber wundern, dass sie nicht viel zahlreichere Lücken darbietet. Sodann wissen wir aus vielfältiger Erfahrung, dass die Entwicklung eines Wirbeltierstammes sich fast niemals durch eine *lange* Serie von Horizonten hindurch auf demselben Fleck Erde abgespielt hat. Wer aus einem, zwischen zwei Fossilformen konstatierten, Hiatus auf sprungweise Entwicklung schliessen will, der wird also zuvor nachweisen müssen, dass dieser Hiatus weder durch eine Lücke in der Ueberlieferung, noch durch eine geographische Verschiebung bedingt sein kann. Einen solchen Nachweis in zwingender Weise zu erbringen, dürfte aber immer ein *sehr* schwieriges Unterfangen sein. Und dazu kommt nun, dass sich die Fälle, in welchen wir, wie

in dem vorgeführten, eine ganz allmähliche Umwandlung einwandfrei feststellen können, von Tag zu Tag mehren. Je grösser die Zahl derselben aber wird, desto mehr werden sie für unsere Vorstellungen von der stammesgeschichtlichen Entwicklung im allgemeinen ins Gewicht fallen.

Mir scheinen im Gegenteil die Ergebnisse der Paläontologie immer deutlicher dafür zu sprechen, dass alle *physiologisch wichtigen* Wandelungen, wie diejenigen des Zahngespräges, der Fussstruktur u. s. f. sich unter mannigfachen individuellen Schwankungen *ganz sachte* vollzogen haben.

Damit soll indessen durchaus nicht geleugnet werden, dass das Umwandlungstempo in verschiedenen Stammlinien ein verschiedenes ist. Der vorn noch vierzehige, kurzzähnige Tapir und das einzehige säulenzähnige Pferd haben zweifellos irgendwo in grauer Vergangenheit einen gemeinsamen Ahnen; es ist ohne weiteres evident, dass die Umwandlung in der Entwicklungsbahn, welche von diesem Ahnen zum Pferde geführt hat, eine intensivere gewesen sein muss, als in derjenigen, die zum Tapir geführt hat.

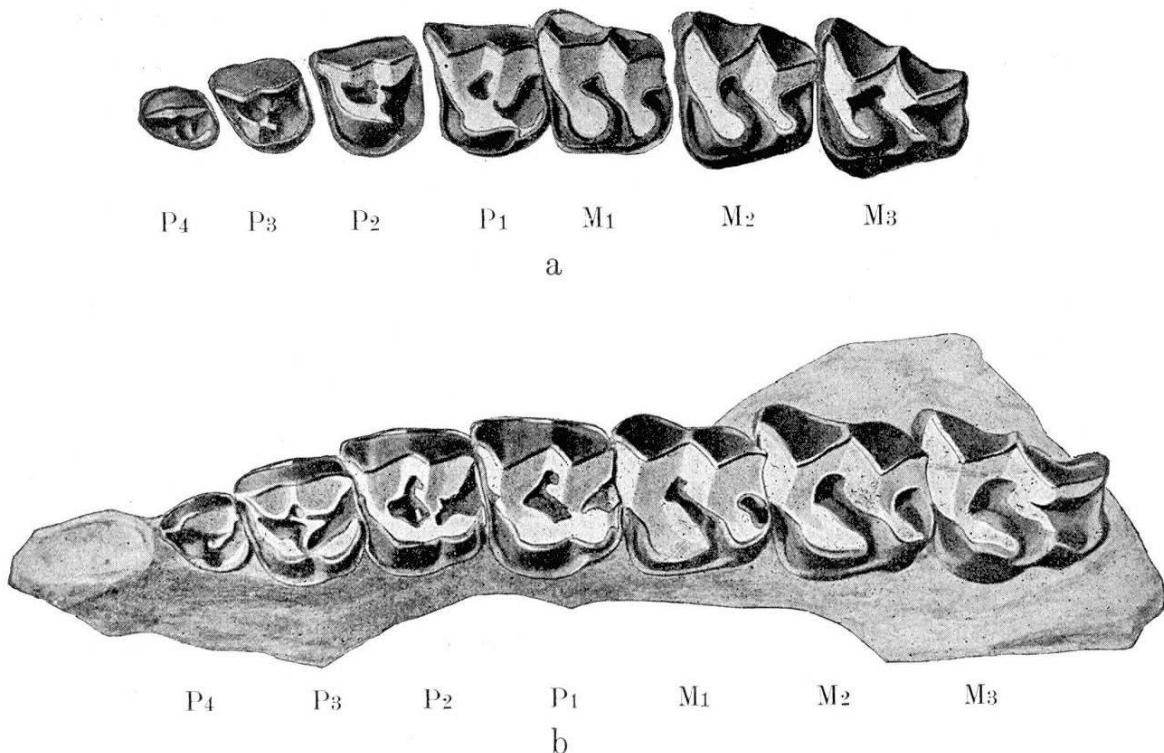
Auch ist nicht zu bestreiten, dass ein und dieselbe Entwicklungsbahn Phasen von ungleicher Entwicklungsintensität aufweisen kann. Ein Unpaarhufer z. B. verändert sich während der Zeitspanne, während welcher er seine Prämolaren kompliziert, intensiver als vorher und nachher.

Aber solche relative Beschleunigungen verteilen sich auf *sehr* lange Zeiträume. *Sie mit Explosionen zu vergleichen wäre eine masslose Uebertreibung.* —

Figur 9 gibt die obren linken Backenzahnreihen zweier Entwicklungsstadien des pferdeartigen Unpaarhuferstammes *Palaeotherium eocaenum-curtum* wieder.²⁾ Wir können diesen Stamm durch vier Horizonte verfolgen, nämlich vom obren Lutétien durch das Bartonien und untere Ludien bis ins obere Ludien. Die hier wiedergegebenen Stadien sind

²⁾ *Palaeotherium lautricense*, dessen Schädel in Figur 1 wiedergegeben ist, gehört einer zwerghaften Seitenlinie dieses Stammes an.

dem ersten und dem dritten dieser Horizonte entnommen. Die Metamorphose ist mutatis mutandis der bei *Lophiotherium* beobachteten durchaus analog, die Struktur der Prämolaren ist anfangs noch einfach, nähert sich aber dann unter mannigfachen individuellen Schwankungen mehr und mehr derjenigen der Molaren. Während aber im *Lophio-*



Figur 9. Stammlinie *Palaeotherium eocaenum-curtum*, linke obere Backenzahnreihen. a. Obere M_3 — P_4 von *Palaeotherium eocamum* Gervais (zusammengestellt). Oberes Lutétien, Egerkingen. — b. Obere M_3 — P_4 von *Palaeotherium curtum* Cuvier. Unteres Ludien, Lamandise (Quercy). — $1/1$.

theriumstamm diese Veränderung nur mit einer ganz geringen Steigerung der Körpergrösse verbunden ist, wächst das vorliegende Tier vom oberen Lutétien bis zum oberen Ludien etwa von der Grösse eines Jagdhundes bis zu derjenigen eines Neufundländers heran. Dieses Grösserwerden der Tiere während ihrer paläontologischen Entwicklung ist eine sehr verbreitete Erscheinung, es bildet eigentlich die Regel. Man kann sich des Eindruckes nicht erwehren, die

Steigerung der Körpergrösse sei den strukturellen Veränderungen förderlich; sie erscheint gewissermassen als der Träger oder das Vehikel derselben.

Ausser der vorgeführten können wir noch zwei andre Paläotheriumstammlinien vom oberen Lutétien bis ans Ende des Eocäns verfolgen; sie erfahren während dieser Zeitspanne eine ganz analoge Wandlung des Prämolargepräges. Drei verschiedene Stammlinien eines Genus haben hier also unabhängig von einander den langen Weg von der ausgesprochensten Heterodontie bis zu einer nahezu vollendeten Homoeodontie zurückgelegt. Während die vorgeführte Linie im oberen Ludien, wie bemerkt, Dimensionen erreicht, die etwa denjenigen eines Neufundländers entsprechen, endigen die beiden andern mit solchen, die denjenigen eines indischen Tapirs und denjenigen eines Pferdes gleichkommen. Im oberen Lutétien ist der Größenunterschied zwischen den drei Stämmen geringer als im oberen Ludien, aber doch schon sehr ausgesprochen. Wir müssten sie wohl noch einmal so weit, d. h. bis ins tiefste Untereocän zurückverfolgen können, um an den Punkt zu gelangen, wo sie in einem gemeinsamen Ahnen zusammentreffen.

Das sind Ergebnisse, die nicht ganz im Einklang mit den Erwartungen stehen, die man sich a priori von dem Verwandtschaftsverhältnis zwischen Arten *eines* Genus gemacht hat. Sie stellen aber nur einen Einzelfall einer durch die paläontologische Forschung der letzten Jahrzehnte mannigfach bestätigten Regel dar. *Die Stammlinien konvergieren nach dem Hintergrund der Zeiten zu unter viel spitzeren Winkeln, als man zur Zeit der ersten stammesgeschichtlichen Spekulationen anzunehmen geneigt war.* —

Nur in ganz wenigen Worten komme ich endlich noch auf eine dritte Seite unseres Gegenstandes, die *historisch-tergeographische* zu sprechen.

Schon seit den siebziger Jahren wusste man, dass das zuerst im europäischen Untereocän entdeckte Genus *Cory-*

phodon auch in Nordamerika vorkommt. In seinen letzten Arbeiten über die Bohnerzsäugetiere glaubte dann *Rütimeyer* in Egerkingen eine ganze Reihe von Genera nachweisen zu können, die bis dahin nur aus dem amerikanischen Unter- und Mitteleocän bekannt gewesen waren. Seine Erwartungen gingen dahin, die Eocänaufaunen der beiden Kontinente werden sich mit der Zeit als sehr viel gleichartiger erweisen, als es zunächst noch den Anschein hatte.

Um die gleiche Zeit veröffentlichte *Max Schlosser* in München eine Abhandlung, in welcher er mit Entschiedenheit für die Anschauung eintrat, die dem untersten Untereocän angehörige Puercofauna Nordamerikas sei die Wurzelfauna der gesamten tertiären Säugetierwelt der arktischen Halbkugel, ja wohl auch derjenigen von Südamerika und Afrika; die eocänen Säugetiere Europas im speziellen seien in verschiedenen Schüben aus der neuen Welt zu uns herübergekommen, um sich hier — zum Teil nach besondern Richtungen — weiter zu entwickeln und gelegentlich auch später in verjüngter Gestalt in die alte Heimat zurückzuwandern.

Die neuen Entdeckungen und namentlich die chronologische Präzision, welche die letzten Jahrzehnte gebracht haben, haben auch auf diesem Gebiete klarend gewirkt. Man ist inne geworden, dass die eocäne Schichtenfolge einen sehr langen Zeitraum repräsentiert und dass die Kontinente während verschiedener Phasen dieses Zeitraums sich sehr verschieden zu einander verhalten haben.

Im Untereocän — das freilich, wie wir gesehen haben, entgegen *Rütimeyers* Meinung im schweizerischen Bohnerzgebilde nicht repräsentiert ist — begegnen wir in Europa und Nordamerika einer ganzen Reihe nahezu identischer Säugetierformen, welche in der Tat keinen Zweifel darüber lassen, dass zu dieser Zeit eine äusserst gangbare Brücke von Kontinent zu Kontinent geführt hat. Aber schon gegen Ende des Untereocäns scheint diese Verbindung sich gelockert zu haben und zu Beginn des uns speziell interes-

sierenden Zeitraumes bestand sie nicht mehr. Wohl beobachteten wir auch im Mitteleocän noch Analogien zwischen einzelnen Säugetierstämmen von hüben und drüben, aber sie sind weitläufiger Art und werden durch die Annahme jener untereocänen Brücke hinlänglich erklärt. Und im weiteren Verlauf der Eocänzeit sind die beiderseitigen Faunen einander dann nur immer fremder geworden. Erst mit Beginn des Oligocäns tauchen dann plötzlich in Europa und Nordamerika wieder nahezu identische Gestalten auf, als Zeugen einer neuen Verbindung der beiden Kontinentalmassen. Die Veränderung, welche die europäische Säugetierfauna damals erfahren hat, ist die radikalste, die ihr während der ganzen Tertiärzeit zuteil geworden ist.

Wenn aber die europäische Säugetierfauna während des mittlern und oberen Eocäns auch keine Bereicherung von Nordamerika aus erfahren hat, so ist sie doch während dieses Zeitraumes keineswegs überhaupt ohne Zuzug von aussen geblieben. Nur einen oder zwei unserer mitteleocänen Stämme können wir bis an die Basis des Untereocäns, nur eine relativ kleine Zahl derselben bis ins oberste Untereocän von Epernay zurückverfolgen. Mag dies auch zum Teil an der gewiss noch lückenhaften Kenntnis liegen, die wir gegenwärtig von den Faunen der Untereocänhorizonte haben, so kann doch kein Zweifel daran bestehen, dass zu Beginn des Mitteleocäns eine sehr namhafte Einwanderung stattgefunden hat. Und eine zweite, freilich bedeutend schwächere Einwanderung — die, nach gewissen Anzeichen zu schliessen, vom gleichen Zentrum wie diese erste ausgegangen sein könnte — lässt sich ganz zu Ende des oberen Eocäns, im oberen Ludien, feststellen.

Auch die nordamerikanische Fauna ist nach dem Untereocän nicht ohne Zuzug von aussen geblieben. Insbesondere ist auch dort noch ganz zu Ende des Eocäns, zur Uintazeit, ein Auftauchen neuer Stämme zu konstatieren, und die Affinitäten einiger unter denselben scheinen darauf hinzudeuten, dass das Zentrum, welches sie ausgesandt hat,

nicht ganz ausser Beziehung zu demjenigen stand, welches zu Beginn des Lutétien und im Ludien seinen Ueberfluss an Europa abgegeben hat.

Dazu ist beizufügen, dass dann auch an dem grossen Formenaustausch des untern Oligocäns neben Europa und Nordamerika ganz deutlich ein drittes Zentrum beteiligt ist und dass einige der Wanderer, welche wir diesem dritten Zentrum zuschreiben müssen, ganz deutliche Verwandtschaftsbeziehungen zu solchen besitzen, welche im Lutétien oder im Ludien die europäische Szene betreten haben.

Wo befanden sich nun diese noch unbekannten Herde eocäner Säugetierentwicklung, deren Existenz sich in ihrer Einwirkung auf Europa und Nordamerika umso deutlicher dokumentiert, je genauer wir die in diesen Kontinenten gewonnenen Daten analysieren? Wir werden uns wohl kaum täuschen, wenn wir unsere Blicke auf die ungeheure, paläontologisch noch nahezu unerforschte Kontinentalmasse von Asien richten. Die Zukunft und hoffentlich eine nahe Zukunft wird lehren, wie viel an unsren heutigen Erwartungen zutreffend ist.

Ob Europa während der Eozänzeit auch zeitweilig mit Afrika in Verbindung gestanden hat, ist vorderhand sehr fraglich. Der Umstand, dass es im europäischen Eocän an jeder Spur von Tierstämmen, die eines altafrikanischen Ursprungs verdächtig wären, fehlt, spricht zum mindesten nicht für eine *direkte* Verbindung der beiden Kontinente. Die Beziehungen gewisser europäisch-eocäner Halbaffen zu rezenten madagassischen Stämmen deuten allerdings auf eine Kommunikation hin. Dieselbe kann aber auf einem asiatischen Umwege stattgefunden haben. Auch sind wir, dies vorausgesetzt, vorderhand nicht genötigt, sie früher als im untern Oligocän anzunehmen.

Fragen wir nun zum Schluss, wie viele der Säugetierstämme unserer Bohnerzformation sich durch den enormen Zeitraum, der uns von der Eozänzeit trennt, bis in unsere

Tage hinübergerettet haben, so muss die Antwort lauten: ausserordentlich wenige, wenn überhaupt welche.

Alle Unpaarhufer, weitaus die meisten Paarhufer und Krallenträger sind schon in Entwicklungsrichtungen engagiert, welche von denjenigen ihrer jungtertiären und rezenten Verwandten divergieren. Die Mehrzahl von ihnen ist schon im Verlaufe des Eocäns erloschen, nur ganz wenige können wir bis in die Oligocänzeit, mit der, wie vorhin bemerkt, für Europa ein neuer Tag angebrochen ist, verfolgen. Wir kennen von Egerkingen und Mormont ein kleines Schweinchen, *Choeromorus*, das möglicherweise in die Aszendenz des rezenten *Hippopotamus* gehört; wir kennen von Mormont einen winzigen wiederkäuerartigen Paarhufer, *Gelocus minor*, der vielleicht in die Ahnenreihe irgend welcher rezenten Wiederkäuer zu stellen ist; man hat einen der eocänen Halbaffen, *Necrolemur*, mit dem rezenten Genus *Tarsius* in direkte genealogische Beziehung bringen wollen. In allen drei Fällen ist aber der zeitliche Hiatus, der die zu verbindenden Formen trennt, ein so grosser, dass vorderhand an Formulierung wirklich zuverlässiger Schlüsse nicht zu denken ist.

So sind also der abgedornten und niedergebrochenen Zweige des reichen Buschwerkes unvergleichlich viel mehr als der grün gebliebenen. Es ist dies eine Erfahrung, die uns die Tiergeschichte auf Schritt und Tritt darbietet. Immer wieder haben die wenigen überlebenden Zweige durch ihre reiche Entfaltung Ersatz geschaffen für die abgestorbenen. Nur der Mensch besitzt, so scheint es, die Macht, in diesen ewigen Verjüngungsprozess der Natur störend einzugreifen und er hat sie schon reichlich missbraucht. Mögen die Bestrebungen, ihn in elfter Stunde noch von der Vollendung seines Zerstörungswerkes abzuhalten, von Erfolg gekrönt werden.

Les infiniments petits de la Chimie. (Granules, Molécules, Atomes, Electrons.)

Par
le Docteur *Philippe A. Guye*,
professeur à l'Université de Genève.

L'infiniment petit, dans les sciences chimiques et physico-chimiques, se manifeste à nos yeux par de nombreux phénomènes, dont plusieurs sont connus depuis longtemps. Je rappelle d'abord quelques uns des plus frappants : L'extrême sensibilité de l'analyse spectrale, qui permet de déceler 1/3,000,000 de mgr. de sel marin ; la sensibilité plusieurs milliers de fois plus grande de la radioactivité.

Même parmi les phénomènes usuels, cet infiniment petit se révèle à nous de bien des façons : *Faraday* a obtenu autrefois des lames métalliques très minces, de $0,5 \times 10^{-7}$ cm. d'épaisseur ; dans les bulles de savon, l'épaisseur de la tache noire est de l'ordre de 1,07 à $1,21 \times 10^{-6}$ cm. ; une goutte d'huile, étalée sur l'eau, forme une lame à peu près aussi mince (*Roentgen*). Dans un autre ordre d'idées, on peut citer la subtilité des parfums et la toxicité de certains poisons : l'odorat peut percevoir dans 1 cm³. d'air la présence de 1/100,000,000 de mgr. de musc ou d'iodoforme (*Berthelot*) ou de mercaptan (*E. Fischer*) ; 1 gr. de la toxine du tétanos suffirait à tuer 75,000 hommes (*Armand Gautier*).

Antérieurement déjà, *Hofmann* et plus tard *Annaheim* avaient montré que la coloration ou la fluorescence des solutions des colorants organiques modernes (fuchsine, violet d'aniline, fluorescéine, éosine, etc.) ne cessent d'être visibles

qu'à des dilutions voisines de 1 à 2 sur 100,000,000. Le Professeur *Spring* a constaté depuis qu'avec la fluorescéine, cette limite pouvait être abaissée jusqu'à une dilution 20 millions de fois plus grande lorsqu'on observe la solution éclairée par un faisceau lumineux conique et effilé émanant de l'arc électrique. Et encore a-t-on démontré que la dilution devrait être encore 7000 à 8000 fois plus grande pour que la solution ne contienne plus qu'une molécule dans un mm³.

On conçoit que ces phénomènes et d'autres du même ordre qu'il serait trop long de rappeler ici, aient constamment ramené l'attention des chercheurs sur les particules ultimes ou atomes dont est constituée la matière. Sans remonter aux théories des philosophes anciens, auxquels on doit la notion d'atome (*Démocrite, Epicure*) ou aux idées un peu enfantines ou fantaisistes des alchimistes, il est intéressant de constater que les doctrines atomiques ont eu des vicissitudes variées depuis que la chimie moderne s'est constituée sur la base solide des travaux de *Lavoisier* : elles étaient en faveur au commencement du 19^{me} siècle (*Dalton, Avogadro, Ampère, Gay-Lussac*), à peu près abandonnées vers 1850, reprises peu après avec *Cannizzaro, Wurtz, Hoffmann, Williamson*, et combattues de nouveau, il y a quelques années encore par l'école énergétique moderne. Elles triomphent aujourd'hui avec l'étude de la radioactivité, des colloïdes, etc., et, fait digne de remarque, ce triomphe est une victoire sans vaincus, car une bonne part du succès est due aux applications de l'énergétisme à l'atomisme.

Mais ce qui distingue l'atomisme contemporain de celui qui l'a précédé, c'est qu'il est sorti du domaine des spéculations de l'imagination pour entrer dans celui de l'expérimentation et de la mesure. Ce qui intéresse aujourd'hui, c'est la mesure de l'infiniment petit sous ses diverses formes et par des méthodes variées se contrôlant les unes les autres, c'est la recherche des lois auxquelles il obéit ; ce qui rehausse d'autre part la valeur de ces travaux, c'est que les progrès des méthodes optiques permettent de con-

trôler dans certains cas les mesures indirectes par des mesures directes; en un mot, *d'invisible* qu'il était, l'infiniment petit de la chimie tend à devenir *visible*.

Il y a là un sujet de portée générale qui intéresse à un haut degré non seulement les sciences physiques et chimiques, mais encore toutes les sciences naturelles et biologiques. Il m'a donc semblé utile de passer en revue les résultats les plus importants des recherches modernes sur les infiniments petits de la chimie que l'on peut subdiviser aujourd'hui en quatre groupes, soit par ordre décroissant de grandeur :

- 1^o les granules (ou grains, ou micelles);
- 2^o les molécules;
- 3^o les atomes;
- 4^o les électrons (ou corpuscules).

Le sujet est si vaste que je serai obligé de me restreindre à des vues générales, laissant dans l'ombre de nombreux travaux de grande valeur scientifique qui intéressent plutôt les spécialistes. Je m'en excuse d'avance auprès des auteurs.

I. Granules (ou grains ou micelles).

Définitions. — Nous commençons par l'étude des plus gros parmi les infiniment petits de la chimie; ils sont souvent assez grands pour que nous puissions les voir, les compter, les mesurer, les suivre dans leurs mouvements; leurs lois peuvent donc être établies par l'observation la plus directe possible; ils présentent à ce titre un très grand intérêt.

Pour préciser nos idées sur ce qu'il faut entendre par *granules*, je vous présente des émulsions de gomme gutte et de mastic dont j'aurai à vous entretenir.

La gomme gutte est cette substance employée pour l'aquarelle; elle est secrétée par le guttier d'Indo-Chine. Dissoute dans l'alcool et étendue brusquement d'un grand

volume d'eau, elle donne une belle émulsion jaune, formée de grains sphériques (granules), de toutes dimensions, mais inférieures à 1 mm. de diamètre. Il en est de même de l'émulsion laiteuse de mastic obtenue par dilution dans l'eau d'une solution alcoolique de mastic, la résine utilisée pour la préparation des vernis.

Les propriétés des émulsions, solutions colloïdales ou fausses solutions, ont été étudiées par de nombreux savants : *Svedberg, Zsigmondy, Siedentopf, Cotton et Mouton, Zsylard, Perrin*, et bien d'autres encore. Les résultats les plus importants à retenir pour le moment sont les suivants :

1^o Les grains ou granules affectent une forme sphérique ; ils sont de toutes grandeurs avec un diamètre inférieur à 1 mm.

2^o Ils sont toujours en mouvement, ce que l'on explique par la théorie du mouvement Brownien (*Gouy*) : la force vive moléculaire du liquide dans lequel ils baignent leur est transmise, d'où le mouvement incessant dont ils sont animés.

3^o Les émulsions étant abandonnées au repos, elles se clarifient dans les niveaux supérieurs tandis que les granules se rassemblent en couches de plus en plus denses dans les niveaux inférieurs.

Ces mêmes caractères se retrouvent à des degrés plus ou moins prononcés dans les *solutions colloïdales*, préparées par centaines, et suivant des méthodes variées : procédés chimiques (précipités d'hydrate ferrique, de sulfure d'arsenic, d'albumine), procédés électriques (arc électrique jaillissant dans l'eau entre électrodes métalliques, suivant la méthode de *Bredig*), etc.

Dans un assez grand nombre de cas, on ne distingue presque plus, à la vue, les grains ou granules, les solutions sont en apparence tout à fait limpides ; par analogie, on admet alors que l'état est le même. C'est pourquoi on a aussi désigné les solutions colloïdales qui présentent ces caractères sous le nom de *fausses solutions*.

Technique expérimentale. — Deux méthodes d'investigation ont joué un rôle capital dans l'étude des granules.

La première concerne *l'ultramicroscope* (*Siedentopf* et *Zsigmondy*, *Cotton* et *Mouton*). Elle repose sur un fait d'observation journalière : chacun sait que l'on distingue beaucoup mieux des poussières en suspension dans un faisceau de lumière lorsqu'on regarde celui-ci de côté. En d'autres termes, en éclairant l'objet latéralement, au lieu de l'éclairer par derrière, comme on le fait avec le microscope ordinaire, on augmente beaucoup la sensibilité de cet instrument ; on le désigne sous le nom *d'ultramicroscope* lorsqu'il est construit avec ce mode d'éclairage latéral.

Tandis que les microscopes ordinaires les plus forts donnent des grossissements de 3000 diamètres et rendent visibles des objets de $0,1 \mu$ environ de diamètre,¹⁾ l'ultramicroscope permet de distinguer sans difficulté des objets de diamètre de $0,01 \mu$ avec la lumière de la lampe à arc, et de $0,003 \mu$, et même un peu moins, avec la lumière solaire d'été.

Grâce à cette ingénieuse méthode, on a constaté que les granules des émulsions de $0,01 \mu$ de diamètre doivent être déjà considérés comme gros, tandis que ceux de $0,001 \mu$ sont fins. Il en est résulté aussi qu'un grand nombre de solutions, dans lesquelles le microscope ordinaire ne révélait

¹⁾ On a souvent de la peine à se représenter ces dimensions infiniment petites. Voici un procédé intéressant signalé par les auteurs anglais :

On trace au tableau 4 traits verticaux dont les longueurs sont de 1 mètre, 1 décimètre, 1 centimètre, 1 millimètre. Le dernier est à peine visible par l'auditoire.

Il en résulte que si l'on grossit mille fois (en diamètre) la longueur de 1 micron (1μ), elle serait représentée par le trait de 1 mm, tandis que le mètre serait représenté par un trait de 1 kilomètre.

Enfin si ce grossissement était encore multiplié par 1000, le trait de 1 mm. représenterait 1 milli-micron ($1 \mu\mu$), tandis que le mètre devrait être figuré par un trait de 1000 kilomètres de hauteur.

la présence d'aucun corps en suspension, contiennent cependant des granules lorsqu'on les examine à l'ultramicroscope. De là la généralisation dont nous parlions plus haut à propos des fausses solutions.

Nous verrons plus loin que les diamètres des molécules gazeuses sont voisins de 0,1 à 0,5 $\mu\mu$ soit en nombre rond 0,2 $\mu\mu$; la théorie indique qu'il faudrait une source lumineuse 40,000 fois plus intense que la lumière solaire pour les distinguer à l'ultramicroscope. Il y a donc peu d'espoir de les voir jamais au moyen de cet instrument.

La seconde méthode qui a joué un rôle capital dans l'étude des émulsions, a pour objet la préparation des *émulsions à grains uniformes*; dans ce but, on avait essayé des sortes de *tamisages*, par filtration sur collodion; une méthode beaucoup plus élégante a été mise en oeuvre par *Perrin*. Sous l'action de la force centrifuge, les granules de gros diamètre, dont les masses sont plus grandes, se portent plus rapidement à la périphérie. En soumettant ainsi une émulsion à des *centrifugations fractionnées* — opérations dont l'analogie avec les distillations fractionnées est évidente, — on parvient à séparer des granules tous de même grosseur; ceux-ci étant remis en suspension, on a ce qu'on appelle une *émulsion à grains uniformes*. Ce sont les seules dont nous nous occuperons dans la suite de cet exposé: on comprend aisément que l'étude d'un système physique quelconque est grandement simplifié si on l'isole d'abord à l'état homogène.

Densité et dimensions des granules. — La mesure des dimensions des granules peut se faire au microscope, mais on arrive à des résultats plus précis par des méthodes indirectes qui supposent la connaissance préalable de la densité de la substance constituant les granules (*Perrin*).

Deux procédés ont été mis en oeuvre pour déterminer cette densité: le premier consiste à mesurer la densité du produit sec d'évaporation d'une émulsion titrée, (c'est-à-dire préparée avec un poids connu de gomme-gutte, mastic, etc.);

le second consiste à opérer par la méthode du flacon, les granules étant assimilés à un corps en poudre. Les deux procédés concordent; ils conduisent à des densités plutôt faibles. Exemples :

granules de gomme-gutte	0,207
, , mastic	0,063

Les densités étant connues, voici les trois méthodes qui permettent de mesurer les dimensions des granules :

a) la première est fondée sur la formule de *Stokes* relative au mouvement uniforme de chute d'une sphère dans un fluide visqueux;²⁾ avec une émulsion à grains uniformes, qui vient d'être agitée, cette vitesse est mesurée facilement par le déplacement vertical, de haut en bas, de la couche supérieure clarifiée;

b) la seconde consiste à compter au microscope le nombre de granules dans un très petit volume connu d'une émulsion titrée à grains uniformes; connaissant le poids, la densité et le nombre des petites sphères, on calcule le rayon;

c) la troisième méthode dite des bâtonnets, a quelque analogie avec la précédente; je me borne à la mentionner.

Voici un exemple qui donne la mesure du degré de concordance réalisé par ces trois méthodes :

Rayons de granules uniformes de gomme-gutte :

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
0,45 μ	0,46 μ	0,455 μ
0,213 , ,	0,212 , ,	

Ces résultats représentent des moyennes; pour la méthode *b*) par exemple, le dernier résultat (0,212) a été obtenu en comptant environ 11,000 grains.

Loi de répartition des granules à divers niveaux. — Nous avons déjà indiqué que pour un grand nombre

²⁾ Cette vitesse est fonction de la viscosité et de la densité du milieu, de la densité et du rayon de la sphère.

d'émulsions abandonnées au repos, il est visible à l'œil nu que la répartition des granules se fait inégalement à divers niveaux : leur nombre va croissant en descendant de haut en bas.

Perrin a supposé que cette répartition doit suivre la même loi que celle des molécules d'un gaz sous l'action de la pesanteur ; il a vérifié cette hypothèse par divers moyens que nous résumerons plus loin. Pour en saisir mieux le principe et la portée, il est utile de rappeler d'abord ce qui se passe avec les gaz. Commençons par l'air : sa densité étant proportionnelle à la pression, il est évident que la quantité d'air au-dessus de nous à chaque altitude est proportionnelle à la hauteur barométrique. Si la pression est de 1 atm. au niveau de la mer, elle sera des $2/3$ à 3300 m. et de $1/2$ à 5500 m. environ. Donc à 5500 m on a au-dessous de soi la moitié de l'atmosphère ; la limite supérieure est estimée à 100 kilomètres.

Si l'atmosphère était formée d'hydrogène, gaz 14 fois plus léger que l'air, la *hauteur de pression moitié* serait 14×5500 m., soit 80 kilomètres ; si elle était formée d'un gaz 8 fois plus lourd que l'air (par exemple la vapeur d'iode), la moitié de ce gaz serait contenue dans une épaisseur 8 fois plus petite, soit $5500 : 8$ ou 700 m. seulement.

Dès lors, si l'on assimile une émulsion à un gaz formé de molécules infiniment plus lourdes que celles de la vapeur d'iode, la hauteur de pression-moitié sera infiniment réduite par rapport aux données précédentes. Nous allons voir qu'elle est de l'ordre des microns.

Appliquant donc à la répartition des grains d'une émulsion les formules de *Laplace*, relatives aux variations de la densité de l'air en fonction de la pression, *Perrin* est conduit à la relation suivante :

$$\frac{2}{3} w \log \frac{n_0}{n} = \varphi (\Delta - \delta) g$$

où w représente l'énergie granulaire moyenne, n et n_0 les nombres de granules aux niveaux h et 0 , φ le volume d'un granule, δ sa densité, Δ la densité du milieu et g la constante de gravitation.

Vérifications et conséquences. — La vérification de cette formule consiste tout d'abord à compter, dans une émulsion à grains uniformes au repos, le nombre de grains, dans une même section, à divers niveaux. Voici le dispositif

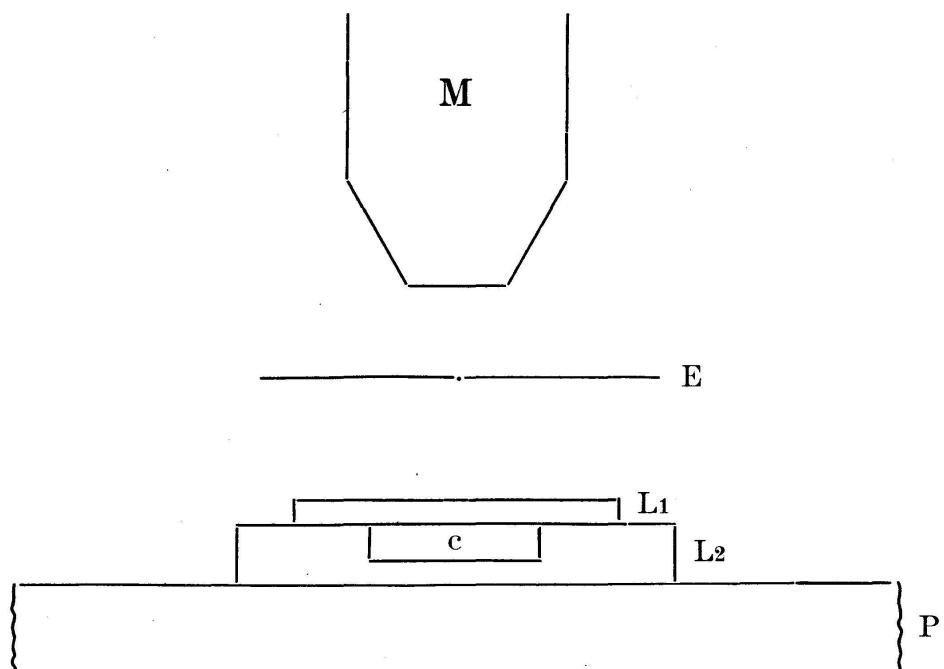


Fig. 1.

M = objectif du microscope; L_2 = lame de verre avec cavité c ; L_1 = lamelle de verre; P = plateau porte-objet; E = écran.

très ingénieux qui permet de réaliser cette expérience (fig. 1).

Dans une lame de verre, du type usuel en microscopie, se trouve un trou cylindrique de 100μ de profondeur; on y introduit une goutte d'émulsion titrée à grains uniformes, qu'on aplatis au moyen d'une lamelle de verre, paraffinée ensuite sur les bords pour éviter l'évaporation. Le tout est placé sur le plateau d'un microscope à fort grossissement, avec faible profondeur de champ; on ne voit ainsi que des

grains situés dans une même couche horizontale, très mince, dont l'épaisseur est d'environ 1μ ; si l'on abaisse l'objectif d'une quantité h , on voit les grains d'une autre tranche, distante de la première d'une longueur h multipliée par l'indice relatif de réfraction entre les deux milieux considérés. Néanmoins, on ne parvient pas à faire ainsi la numération des grains, car ceux-ci, constamment en mouvement, se déplacent, disparaissent ou apparaissent à chaque instant. Deux procédés peuvent être employés pour tourner cette difficulté: 1^o la photographie instantanée, qui n'est praticable qu'avec des grains ayant au moins un diamètre de $0,5 \mu$; 2^o la numération faite par l'observateur, mais dans un champ très restreint pour que l'on n'ait à compter que 5 à 6 grains au plus dans un temps très court; on fera par exemple une lecture toutes les 15 secondes et l'on prendra la moyenne de plusieurs milliers de lectures. Quant à la diminution du champ visuel, on la réalise en interposant entre l'objectif du microscope et la plaque de verre L, une feuille de carton E percée d'un trou d'épingle.

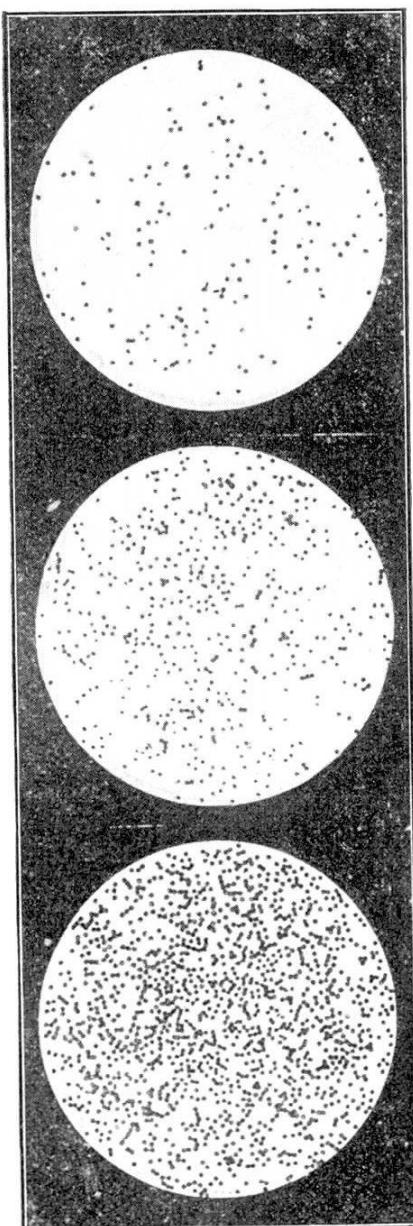
Voici les résultats d'une série de numérations effectuées à divers niveaux, avec une émulsion de gomme-gutte, à grains de $0,212 \mu$ de diamètre; au total, la numération a porté sur plus de 13,000 grains.

niveaux . . .	5μ	35μ	65μ	95μ
nombres de grains				
observés . . .	100 ,,	47 ,,	22,6 ,,	12 ,
nombres de grains				
calculés . . .	100 ,,	46 ,,	23 ,,	11 ,

La 3^{me} ligne horizontale donne les nombres calculés par la formule modifiée de *Laplace*.

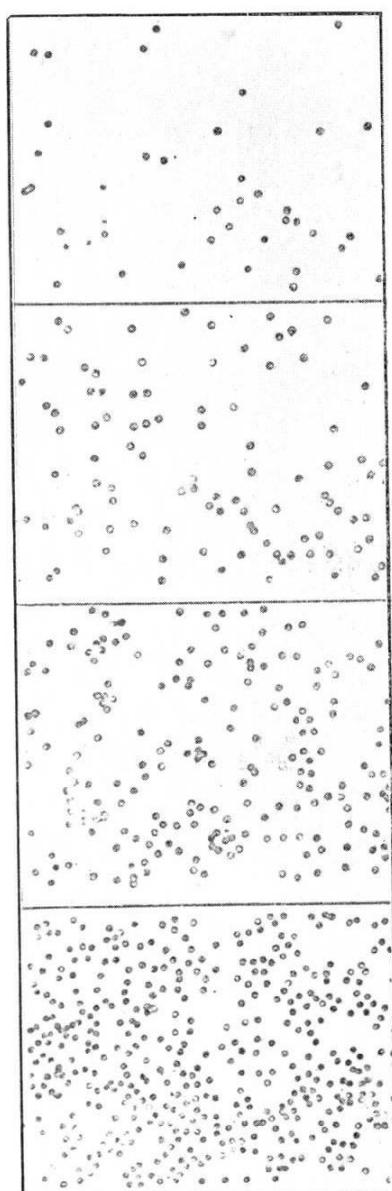
On voit que la loi de répartition est bien vérifiée, en d'autres termes: *les grains se distribuent aux divers niveaux suivant la même loi que les molécules d'un gaz pesant*. On voit même que la hauteur de pression-moitié serait un

peu supérieure à 30μ . Les figures 2 et 3 donnent une idée de cette répartition de grains à divers niveaux.



Mastic.

Fig. 2.



Gomme-gutte.

Fig. 3.

Mais on peut aller plus loin: tous les éléments de la formule précédente sont directement mesurables, sauf w . Ces éléments étant connus, on calcule la valeur de w et, fait très remarquable, on trouve pour w *la même valeur*

numérique que pour l'énergie cinétique moyenne des molécules gazeuses.

Il en résulte que toutes les lois fondamentales des gaz s'appliquent aux grains en suspension et que l'on peut, au moyen des données expérimentales des émulsions, calculer la valeur de la constante d'Avogadro. On sait qu'on désigne ainsi le nombre de molécules gazeuses contenu dans un molécule-gramme d'un gaz quelconque à 0° et sous 1 atm. (soit dans 22,41 litres).

Perrin, auquel on doit ces calculs, a trouvé pour cette constante universelle, à partir des propriétés des émulsions, des valeurs comprises entre 65×10^{22} et 75×10^{22} , et donne la préférence à :

$$N = 70,5 \times 10^{22}$$

Il a contrôlé ce résultat par deux autres méthodes que nous n'avons pas le temps d'exposer en détails; l'une repose sur l'observation de l'agitation de translation des grains: elle consiste à noter toutes les 30 secondes la position d'un même grain dans le champ du microscope convenablement repéré. La fig. 4 donne une idée des tracés souvent très bizarres que l'on obtient en reliant par des droites les positions d'un même grain toutes les 30 secondes. A l'aide de ces tracés, qui comportaient plus de 3000 pointés, et appliquant une formule donnée par Einstein, on trouve pour valeur de la constante d'Avogadro $N = 71,5 \times 10^{22}$. Enfin, une autre méthode plus délicate et probablement moins exacte, fondée sur l'observation de l'agitation de rotation des grains, donne $N = 65 \times 10^{22}$. Des trois valeurs, la plus probable est $N = 70,5 \times 10^{22}$. Nous verrons plus loin que ces résultats concordent avec ceux obtenus par des méthodes très différentes. Nous nous bornerons pour le moment à insister sur leur haute portée. Nous pouvons d'ores et déjà conclure que si les lois fondamentales des gaz s'appliquent qualitativement et quantitativement, avec les mêmes constantes numériques, aux émulsions, nous avons dans ces émulsions une vision réelle de la conception que

nous nous étions faite de l'état gazeux, avec cette différence toutefois, que les granules représentent alors des molécules énormes par rapport à celles des gaz usuels. Dans tous les cas, il est bien curieux de constater que les lois des gaz se vérifient même avec des émulsions dont les grains, comparés

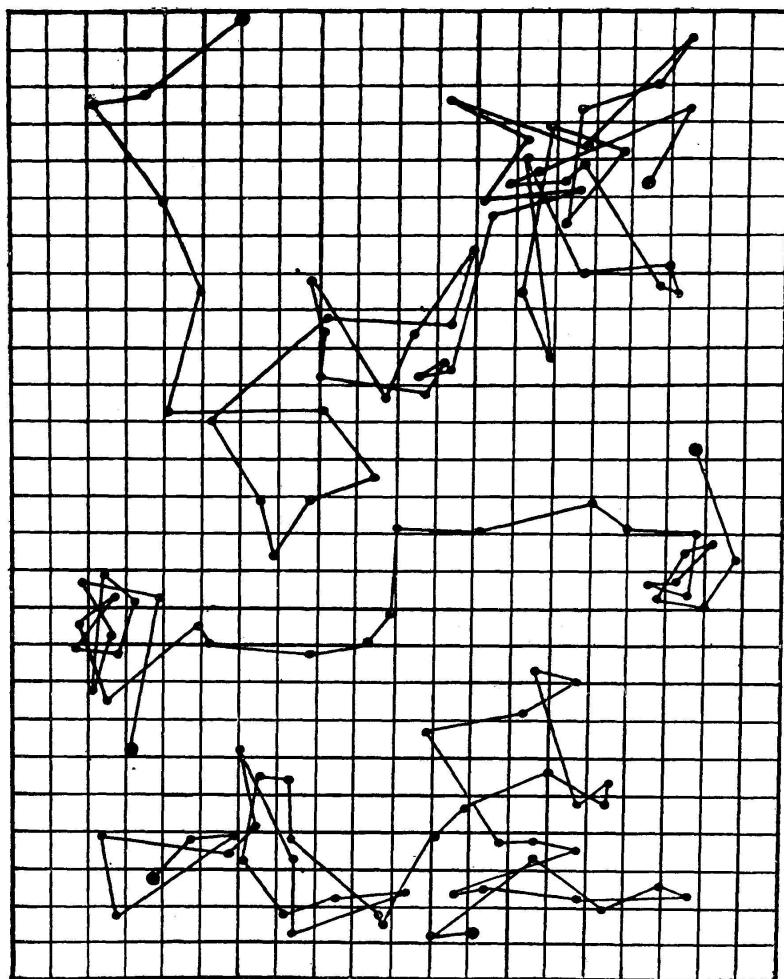


Fig. 4.

à la molécule-gramme des chimistes, aurait un poids moléculaire de 200,000 tonnes (pour $H_2 = 2$ gr.) !

II. Molécules.

La notion de molécule n'est pas nouvelle pour nous ; nous avons tous étudié la chimie, fondée sur les théories

atomiques, et nous savons combien ces conceptions ont été fructueuses.

Pour rester dans notre sujet de l'infiniment petit en chimie, nous résumerons aussi brièvement que possible les résultats des calculs théoriques par lesquels on détermine les dimensions absolues des molécules; nous nous arrêterons un peu plus longtemps sur quelques expériences permettant dans certains cas de contrôler directement ces résultats.

Calcul théorique des dimensions moléculaires. — Plusieurs méthodes de calcul sont déjà anciennes; on les doit à *Clausius*, *Maxwell*, *Lord Kelvin* et *Van der Waals*; elles reposent sur la mesure des coefficients de diffusion des gaz, sur leur conductibilité pour la chaleur et leur perméabilité électrique (constante diélectrique), propriétés qui dépendent, — on le comprend aisément, — du nombre et des dimensions des molécules, ainsi que de leur vitesse. Ces calculs ont été revisés avec des données expérimentales plus exactes; les résultats sont résumés dans les deux premières lignes du tableau suivant, où sont inscrites également les valeurs obtenues par des méthodes de calcul plus modernes, dont le principe est rappelé en quelques mots seulement:

Tableau I.

Calcul de la constante N d'Avogadro par diverses méthodes.

Méthodes	N
1. Méthode de Van der Waals (lois des gaz) .	62×10^{22}
2. Méthodes de Clausius-Maxwell	101×10^{22}
3. Formule de diffusion des corps dissous (Einstein)	$(40 \text{ à } 90) \times 10^{22}$
4. Mobilité des ions dans l'eau	100×10^{22}
5. Coloration bleue du ciel (Rayleigh) . . .	90×10^{22}
6. } Charge des ions dans les gaz	gouttelettes condensées
7. } dans les gaz	ions collés sur fines poussières . . , .
	62×10^{22}
	65×10^{22}

8.	Rayons α	charge de chaque projectile	62×10^{22}
9.	des corps	vie du radium	$70,5 \times 10^{22}$
10.	radioactifs	transmutation du radium en helium	71×10^{22}
11.	Rayonnement des corps noirs, énergie du spectre infrarouge		69×10^{22}

Si l'on ajoute à ces 11 résultats les 3 obtenus par l'étude des granules, cela porte à 14 le nombre des méthodes indépendantes pour déterminer le nombre N. On conviendra avec *Perrin*, auquel nous empruntons ce tableau, que peu de constantes naturelles sont fixées par des méthodes aussi variées et aussi différentes. Alors même que les résultats manquent encore de concordance, — ce qu'il faut attribuer soit à l'imperfection des mesures, soit aux simplifications introduites dans les raisonnements, — ils convergent indiscutablement vers un même nombre. C'est là un argument de grande valeur à l'appui de ces théories.

Par des considérations trop longues à développer ici, il faut enfin ajouter que l'on peut calculer approximativement les diamètres des molécules gazeuses supposées sphériques. Voici quelques unes de ces valeurs en cm.

Tableau II.

Helium . . .	$1,7 \times 10^{-8}$	Oxygène . . .	$2,6 \times 10^{-8}$
Argon . . .	$2,7 \times 10^{-8}$	Ether éthylique	$6,0 \times 10^{-8}$
Hydrogène . .	$2,0 \times 10^{-8}$	Mercure . . .	$2,8 \times 10^{-8}$
Chlore . . .	$4,0 \times 10^{-8}$	Anhydrite carbonique . .	$3,4 \times 10^{-8}$
Azote . . .	$2,7 \times 10^{-8}$		

On a même donné la formule suivante pour calculer la valeur approchée du diamètre moléculaire d'un corps quelconque dont on connaît la densité et le poids moléculaire M dans le système H = 1

$$D = 0,25 \sqrt[3]{\frac{M}{d}} \mu\mu$$

Les résultats sont donnés en millimicrons $\mu\mu$.

Dans le même ordre d'idées, on déduit des théories cinétiques qui nous occupent en ce moment, la valeur de la vitesse moyenne des molécules en fonction du poids moléculaire usuel. Pour des gaz, à 0° centigrade, sous la pression d'une atmosphère, cette vitesse U est donnée par la relation

$$U = \frac{261\ 100}{\sqrt{M}} \text{ cm : sec.}$$

Confirmations expérimentales. — Celles-ci ne sont pas encore très nombreuses; elles sont cependant assez frappantes pour qu'il convienne de s'y arrêter quelques instants. Pour ne pas abuser de votre temps, nous mentionnerons seulement les plus demonstratives.

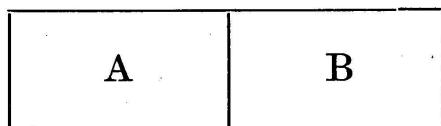


Fig. 5.

Expérience de Cantor (1897). Nous concevons un gaz comme formé de molécules élastiques, animées de grandes vitesses, rebondissant constamment sur les parois des vases qui les contiennent; la pression que supporte ces parois est la résultante de l'espèce de bombardement moléculaire auquel elles sont soumises.

Cantor prépare une lame de verre dont la moitié antérieure A et la moitié postérieure B ont été recouvertes d'une mince couche de cuivre (fig. 5). Cette lame est placée à l'extrémité d'une suspension bifilaire dans un récipient fermé.

Si l'on introduit de l'air dans ce récipient, elle reste immobile; en effet ses deux faces sont soumises à un bombardement moléculaire d'égale intensité.

Si l'on remplace l'air par le chlore, — qui attaque lentement le cuivre en formant un chlorure, — la lame subit

un déplacement, la partie antérieure cuivrée A se portant en avant, et la partie postérieure cuivrée B, en arrière.

En effet, les molécules de chlore qui se combinent avec le cuivre exercent sur les parties cuivrées une pression moindre que sur les parties non-cuivrées sur lesquelles les molécules de chlore sont réfléchies; de là le mouvement de torsion que l'expérience confirme.

Expériences de Devaux (1904).— Ces expériences consistent à mesurer les épaisseurs minima de taches d'huile sur l'eau ou sur le mercure, ou de minces couches solides sur l'eau, et à les comparer avec les données des formules sur les dimensions moléculaires. Dans ce but, on dissout en quantité connue, le corps à étudier, dans un liquide volatil (benzène, chloroforme, etc.). Versant ensuite sur l'eau une goutte de volume connu de cette solution, on mesure, après évaporation du dissolvant, l'étendue de la tache. Ces expériences sont répétées, avec une même substance, au moyen de solutions de plus en plus diluées, jusqu'à ce qu'il se produise un changement brusque de la tension superficielle; à ce moment, la tache est disloquée. Avec cette valeur limite, et connaissant les densités, on calcule aisément l'épaisseur de la couche liquide ou solide, désignée sous le nom *d'épaisseur critique*. Voici les résultats obtenus:

Tableau III.

	Substances	Epaisseurs critiques	Diamètres moléculaires calculés
Liquides	Huile d'olive . . .	0,9 à 1,3 $\mu\mu$	0,9 $\mu\mu$
	Acide oléique . . .	1,4 à 1,5 ,,	0,7 ,,
	Sulfure de cuivre . . .	0,4 à 0,5 ,,	0,25 ,,
	„ de mercure . . .	0,2 à 0,3 ,,	0,29 ,,
Solides	„ de plomb . . .	0,3 à 0,4 ,,	0,31 ,,
	Iodure d'argent . . .	1,2 à 1,8 ,,	0,33 ,,
	Acide stéarique . . .	1,7 à 2 ,,	0,62 ,,
	Palmitate de cétyle . . .	1,5 à 1,7 ,,	0,78 ,,
	Albumine . . .	3,0 à 8,0 ,,	1,87 ,,
	Stéarate d'alumine . . .	1,25 ,,	1,15 ,,

Epaisseurs limites pour l'état solide et l'état liquide multipliées par un million. (1 millim. représente 1 $\mu\mu$)

Epaisseurs trouvées directement par l'expérience.

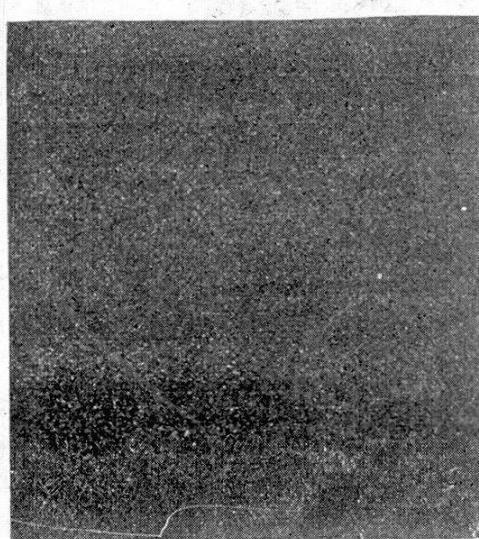
Dimensions théoriques des molécules au même grossissement.

.. Sulfure de mercure.	.....
.. Sulfure de plomb.	.....
.. Sulfure de cuivre.	.....
.. Huile d'olive.	.....
.. Tripalmitine.	.....
.. Spermaceti.	.....
.. Acide stéarique.	.....
.. Iodure d'argent.	.....
.. Stéarate d'alumine.	.....
.. Albumine.	.....
8 $\mu\mu$ Albumine (maximum).	

6 $\mu\mu$

12 $\mu\mu$

Tâche noire (bulles de savon).



Couches de passage

(D'après Vincent)

Limité extrême de ce que l'on peut voir au microscope.

L'épaisseur d'un microbe ordinaire de 1 $\mu\mu$ ne pourrait être représenté que par une bande de 1 mètre de largeur.

Fig. 6.

On compare ensuite ces épaisseurs critiques avec les diamètres moléculaires théoriques (3^{me} colonne), déduits des formules rappelées plus haut, et l'on constate qu'elles sont presque toujours du même ordre de grandeur, souvent un peu plus fortes, *comme si les lames d'épaisseur critique étaient formées d'une, ou au plus, de deux assises de molécules.*

Tous ces résultats sont représentés de façon très frappante par la fig. 6.

C'est là, on en conviendra, une confirmation très suggestive des méthodes de calcul des diamètres moléculaires.

Expériences d'Herzog et Karsanowski (1908). — Nous avons vu qu'il y avait peu de chances de voir jamais les molécules des gaz à l'ultramicroscope. Il n'en est plus de même des molécules très grosses de certains composés complexes. C'est ce qu'ont constaté *Herzog et Karsanowski* avec certaines matières albuminoïdes dont ils ont mesuré d'abord le poids moléculaire, rapporté à l'hydrogène, par la détermination expérimentale des coefficients de diffusion.

Ils ont trouvé les résultats suivants :

Substances	Poids moléculaires
Ovalbumine	17,000
Pepsine	13,000
Invertine	54,000
Emulsine	45,000

Calculant ensuite le diamètre moléculaire de ces corps, au moyen de relations établies par *Einstein*, ils ont trouvé, pour les plus grosses molécules, 6 $\mu\mu$; dans les solutions examinées à l'ultramicroscope, ils observaient d'autre part des granules de 6 $\mu\mu$. On peut donc dire que *dans certaines conditions, on peut voir les molécules et que leur diamètre correspond à celui qu'indique le calcul.* On ne peut donc plus douter de leur réalité.

Expériences d'Ehrenhaft (1907) — En pulvérisant l'argent en poussière impalpable, au moyen de l'arc électrique, on obtient des particules très petites, d'un diamètre de

3×10^{-6} cm. environ ; elles sont encore visibles à l'ultramicroscope et sont si ténues qu'elles flottent longtemps dans l'air ; pourtant elles sont 336 millions de fois plus lourdes qu'un atome d'hydrogène. En suivant leur mouvement au microscope, on peut mesurer leur vitesse moyenne, qui est de $4,6 \times 10^{-3}$ cm. par seconde, tandis que des relations cinétiques établies par *Smoluchowski*, analogues à celle rappelée plus haut, conduisent à la valeur *à priori* de $4,8 \times 10^{-3}$. On conviendra que la concordance est tout à fait remarquable.

Transition entre granules et molécules. — Ceci nous amène à dire quelques mots du point de passage entre granules et molécules ; les expériences que nous venons de citer démontrent déjà qu'il est difficile à saisir. Au point de vue théorique d'abord, la différence est peu de chose : les uns et les autres suivent les mêmes lois ; ils ne se distinguent que par le milieu dans lequel ils se meuvent : l'eau (ou un liquide) pour les granules des solutions colloïdales, l'air pour les particules métalliques *d'Ehrenhaft*, l'éther des physiciens pour les molécules des gaz. Quant aux dimensions, nous venons de constater que les grosses molécules sont de la grandeur des petits granules et sont visibles à l'ultramicroscope.

Par d'autres expériences, on ne peut non plus trouver une différenciation nette, ainsi que l'a démontré *Svedberg* : dans certaines conditions, les solutions de chlorure d'or deviennent *colloïdales*, c'est-à-dire tiennent en suspension des granules ; aux grandes dilutions, elles sont normales, ou *cristalloïdales*, suivant l'expression admise ; elles ne tiennent alors en suspension aucun granule et ne possèdent plus les propriétés caractéristiques des solutions colloïdales. Cependant, en étudiant le pouvoir absorbant de ces diverses solutions pour la lumière, *Svedberg* n'a pu constater qu'un changement absolument continu en fonction de la dilution ; on n'observe aucune variation brusque, indice d'un changement d'état brusque.

Le passage de l'état moléculaire à l'état granulaire se fait donc par une transition insensible, sans aucune démarcation entre les deux domaines. Il faut presque en conclure que les forces qui assurent la stabilité d'une molécule sont les mêmes ou d'une nature très voisine de celles qui retiennent assemblées entr'elles les molécules constituant un granule.

III. Atomes.

Nos connaissances sur les atomes sont encore moins précises, si l'on peut employer ce terme, que celles sur les molécules. En effet, toutes les déductions théoriques sur la grandeur et les propriétés des atomes échappent au contrôle direct, les dimensions étant bien inférieures à la limite de visibilité. Néanmoins le raisonnement permet de se faire une idée assez exacte de la complexité du problème, ce qui, dans ce domaine, est déjà beaucoup.

1^o Un premier point doit être mis dès l'abord en lumière: nous venons de voir qu'il est difficile de différencier, par leurs dimensions, les grosses molécules des petites granules. Un fait analogue peut être constaté entre les dimensions des molécules peu complexes et les atomes. Si l'on se rapporte en effet au Tableau II, on remarque que les diamètres moléculaires de gaz biatomiques ou même polyatomiques (c'est-à-dire dont les molécules sont formées de plusieurs atomes) — tels O₂, N₂, H₂, CO₂, Cl₂, (C₂H₅)₂O, — sont du même ordre de grandeur que les diamètres des gaz monoatomiques, chez lesquels l'atome se confond avec la molécule, — tels He, Ar, Hg.

Nous en tirons cette conclusion très importante: *Dans la molécule, les espaces interatomiques sont faibles par rapport aux dimensions moléculaires.³⁾*

³⁾ Ceci est confirmé par l'étude du rapport des deux chaleurs spécifiques des gaz. Ce rapport est égal à 1.667 pour les gaz monoatomiques ainsi que l'indique la théorie; il faut arriver à des molécules aussi complexes que (C₂H₅)₂O pour que ce rapport soit voisin de 1.

Il en résulte que l'on pourra déduire des valeurs *approchées* des volumes atomiques à partir des valeurs des volumes moléculaires.

D'autre part, il est bien évident que le calcul des masses absolues des atomes présente la même précision relative que celui des masses absolues des molécules.

2^o *La force de gravitation est-elle suffisante pour expliquer la stabilité des édifices moléculaires?* En d'autres termes, est-elle la cause première de l'affinité chimique?

On avait supposé au commencement du 19^{me} siècle, à la suite des travaux de *Bertholet*, que telle était bien l'origine de l'affinité chimique; mais l'étude des faits ne tarda pas à orienter les chimistes dans une autre direction; les travaux de *Berzelius*, de *Davy* et de *Faraday*, démontrèrent en effet que les charges électriques jouaient un rôle considérable dans les phénomènes chimiques.

L'impossibilité d'attribuer à la gravitation les forces attractives qui retiennent les atomes dans la molécule a été mise en évidence par *Helmholtz*, à la suite d'un calcul assez simple dont nous indiquons les résultats dans la forme que lui ont donnée plus récemment *Arrhenius* et *Stark*.

L'énergie électrique nécessaire pour séparer l'hydrogène et l'oxygène dans un gramme d'eau, peut se calculer au moyen des données relatives à l'électrolyse de l'eau. On trouve ainsi que cette quantité d'énergie est égale à l'attraction newtonienne qu'exercerait une fraction de la terre dont le rayon serait de $3\frac{1}{2}$ kilomètres (*Arrhenius*). L'affinité chimique est donc certainement due à des forces incomparablement plus grandes que la force de gravitation.

On peut encore s'en rendre compte autrement: Nous verrons plus loin que les atomes portent des charges électriques qui ont été mesurées et que dans une molécule d'hydrogène par exemple, ces deux charges sont de signe contraire. Connaissant les grandeurs de ces charges, les dimensions absolues moléculaires et atomiques ainsi que les masses absolues des atomes dans une molécule telle que

celle du gaz hydrogène, on peut calculer la force attractive résultant de l'action des deux charges électriques l'une sur l'autre, et la comparer à la force attractive due à l'attraction newtonienne entre les deux atomes. On trouve ainsi que la première est 10^{25} fois plus grande que la seconde (*Stark*)!

Dans l'étude des forces qui assurent la stabilité de l'édifice moléculaire, nous pouvons donc négliger les attractions newtoniennes (gravitation) pour ne tenir compte que des attractions électriques.

3^o L'analyse spectrale nous démontre ensuite que *l'atome lui-même doit être représenté par un système d'une extrême complexité.*

En effet, chaque raie spectrale d'un élément correspond à un point de l'espace environnant l'atome, où se produisent des vibrations de l'éther, ou des ondes électromagnétiques, en nombre absolument déterminé. Avec des corps, tels que les métaux du groupe du fer par exemple, caractérisés chacun par plus d'un millier de raies, il faut donc concevoir l'existence de plus de mille centres d'ébranlement de l'éther ou d'ondes électromagnétiques.

Pour se faire une idée de la complexité d'un pareil système, on a comparé quelquefois l'atome à un piano muni d'un mécanisme lui faisant rendre toujours les mêmes notes caractéristiques. On juge ainsi de la complication d'un instrument qui devrait toujours donner plus d'un millier de notes différentes et caractéristiques. C'est ce qui a fait dire qu'un atome doit être infiniment plus compliqué qu'un piano. Mais il faut encore ajouter que c'est quelque chose de beaucoup plus parfait, lorsqu'on remarque que les 1000 raies spectrales caractéristiques d'un élément du groupe du fer correspondent toujours exactement au même nombre de vibrations lumineuses, que le métal soit de provenance terrestre, ou céleste (météorites), ou astrale (spectres des étoiles).

La notion d'atomes soulève encore un grand nombre de questions du plus haut intérêt: classement périodique des

éléments, valences, dispositions spatiales des atomes dans la molécule (stéréochimie) etc. Tous ces sujets nous entraîneraient beaucoup trop loin pour le temps dont nous disposons ; il en serait de même si nous voulions résumer de façon un peu complète les phénomènes de la radio-activité qui jouent cependant un rôle important pour établir la notion d'*électron* dont j'ai encore à vous entretenir. Je me bornerai donc à analyser en dernier lieu les conceptions de l'école anglaise sur les électrons et la constitution des atomes après avoir indiqué sommairement les faits principaux sur lesquels elles s'appuient.

IV. Electrons.

Electrons. — Lorsque la décharge électrique se produit dans les gaz raréfiés, on constate que les rayons émis par la cathode sont déviés par le champ magnétique, et se comportent comme s'ils étaient formés de particules très petites chargées d'électricité négative et animées d'une vitesse considérable, n'atteignant pas cependant la moitié de la vitesse de la lumière. Ces rayons rendent le verre phosphorescent ; ils traversent des lames métalliques minces. Par des méthodes très ingénieuses, reposant à la fois sur l'expérience et sur la théorie, on a pu déterminer la *masse* de ces particules et la *grandeur des charges d'électricité négative* qui les constituent.

Ces mêmes particules ont été observées dans d'autres phénomènes ; elles sont émises avec toutes les mêmes propriétés, notamment avec la même masse et la même charge d'électricité négative.

- a) par les métaux ou des corps quelconques (la chaux par exemple), lorsqu'ils sont portés à l'incandescence ;
- b) par les métaux, à la température ordinaire, soumis à l'action des rayons ultra-violets ;
- c) par les corps radio-actifs, lors de leur décomposition spontanée, le rayonnement β du radium est constitué par ces particules ;

d) par certains corps, à la température ordinaire, les sels des métaux alcalins, par exemple.

Ces particules ont été désignées sous le nom de *corpuscules* ou d'*électrons*. Leur masse, leurs dimensions et leur charge électrique ont été déterminées par plusieurs méthodes différentes, avec les résultats suivants :

Masse absolue d'un électron . . . = 6×10^{-28} gr.

Masse par rapport à l'hydrogène = $1/1700 = 0,00054$

Rayon d'un électron = 10^{-13} = cm.

Charge négative d'un électron . . = $3,1 \times 10^{-10}$ unités électrostatiques.

Constitution électronique de la matière. — Des faits qui précèdent, on arrive à diverses conclusions qui constituent la base de la théorie électronique de la matière.

Tout d'abord — nous venons de le constater, — on conclura que *tous les atomes contiennent et émettent, dans certaines conditions, des particules électriques chargées négativement, qui ont été désignées sous les noms de corpuscules ou électrons*.

Comme, à l'état libre, les corps sont électriquement neutres, il faut nécessairement que *tous les atomes contiennent aussi une ou plusieurs particules électriques chargées positivement*. On est conduit ainsi à la conception suivante de l'atome.

Dans tout atome il y a une ou plusieurs masses chargées d'électricité positive en équilibre avec un plus ou moins grand nombre d'électrons.

De toutes les observations faites jusqu'à présent, on peut conclure que *les masses chargées positivement sont de l'ordre de grandeur des atomes*. D'autre part, d'après des travaux très récents, il est probable que le *nombre d'électrons entrant dans tout édifice atomique est égal au poids atomique usuel (rapporté à H = 1) multiplié par 3*.

Allant plus loin, on constate que des masses chargées positivement ne peuvent être en équilibre avec des masses

chargées négativement, que si ces masses sont animées de mouvement de grandes vitesses; autrement, elles se précipiteraient les unes sur les autres. On a calculé ainsi que *la vitesse des électrons, dans tout atome, doit atteindre environ 19×10^{24} cm. par seconde.*

La mécanique de l'atome est ainsi ramenée à l'étude des systèmes en équilibre qui peuvent se produire entre des masses électriques positives et négatives. Comme certaines données manquent pour résoudre ce problème, on a formulé, pour y suppléer, diverses hypothèses.

Les uns supposent que les masses matérielles n'existent pas comme telles et que l'atome est constitué par une ou plusieurs masses électriques positives en équilibre avec un assez grand nombre de petites masses électriques négatives, les électrons. On peut démontrer alors qu'un système constitué de la sorte a toutes les propriétés connues de la matière. C'est le point de vue de *J. J. Thomson*.

Les autres admettent au contraire que les masses électriques n'existent pas comme telles, qu'elles ont toujours un support matériel inséparable; ce point de vue a été développé par *Fournier d'Albe*.

Le premier semble cependant avoir la préférence de la majorité des physiciens.

Quel que soit le point de vue adopté, il faut également faire de nouvelles hypothèses si l'on veut étudier de plus près les systèmes en équilibre constitués par les atomes. Là encore, on a le choix entre diverses solutions: *J. J. Thomson* admet, par simple motif de simplification, que dans un atome les électrons sont distribués à l'intérieur de la masse d'électricité positive, répartie sur la surface d'une sphère, et y décrivent des orbites circulaires, parfois concentriques. *Nagaoka*, au contraire, suppose que les électrons décrivent leurs mouvements orbitaires à l'extérieur de la masse d'électricité positive, comme les planètes tournent autour du soleil.

Ce dernier mode de représentation est au premier abord plus séduisant, attendu qu'on trouve, dans ce cas, plusieurs relations curieuses, par exemple, celles-ci : toutes les principales dimensions relatives de l'univers sont comparables aux dimensions relatives des électrons, atomes, molécules, etc. ; le facteur de réduction pour passer des premières aux secondes est dans le rapport approximatif de 10^{22} à 1 ; le rayon du système solaire divisé par 10^{22} donne sensiblement le rayon d'un atome ; le rayon de Neptune, divisé par 10^{22} , donne le rayon d'un électron ; la distance du soleil aux étoiles fixes, les plus rapprochées, divisée par 10^{22} , donne une valeur sensiblement égale au libre parcours moyen des molécules d'air sur les hautes montagnes. La masse de la terre est $\frac{1}{324000}$ de celle du soleil, et ce rapport est sensiblement celui qui relie la masse d'un électron à celle des atomes des métaux lourds. On sait enfin que le soleil est électriquement positif, tandis que la terre est négative, ce qui constitue une nouvelle analogie entre le système solaire et un système représentant un atome. Bref, dans ces conditions, tous les systèmes solaires de l'univers visible donneraient l'image, multipliée par 10^{22} , d'un gaz à molécules monoatomiques (étoiles simples) ou biatomiques (étoiles doubles) etc. ; seule une portion de la voie lactée semble avoir une consistance qui puisse, dans cette image, donner une idée de l'apparence métallique (*Fournier d'Albe*).

Par contre, à d'autres points de vue, la conception de *J. J. Thomson* (électrons à l'intérieur de la masse positive) se prête plus facilement à l'étude mathématique des conditions de stabilité de l'atome. On peut alors démontrer que le nombre des éléments doit être limité, en ce sens que le nombre des systèmes stables formés par une masse positive et un nombre croissant d'électrons est, lui aussi, très limité. Par exemple, avec 6 électrons sur une orbite circulaire, la masse positive étant périphérique, le système n'est pas stable ; il l'est avec 5 électrons sur une seule orbite circulaire ; pour un plus grand nombre d'électrons, il faut

plusieurs orbites concentriques pour assurer la stabilité.

Vérifications des hypothèses sur la constitution électronique de la matière. — Les considérations précédentes parlent surtout à l'imagination. Il convient donc d'indiquer en quelques mots les vérifications auxquelles ont donné lieu les conceptions électroniques. Ainsi que l'a montré tout particulièrement *J. J. Thomson*, ces hypothèses permettent d'interpréter de façon simple un grand nombre de phénomènes physiques, à savoir : la *conductibilité électrique* et la *conductibilité thermique*, qui se ramènent à des déplacements d'électrons ; les *effets de Hall, de Peltier, de Thomson* donnent lieu à des interprétations satisfaisantes que nous n'avons pas le temps de résumer. Les *raies spectrales* nombreuses, et toujours caractéristiques, d'un même élément correspondraient aux vitesses de rotation caractéristiques de chacun des électrons constitutifs de l'atome.

L'étude mathématique des divers systèmes stables entre électrons et masses positives fait apparaître certains groupements stables, revenant périodiquement, à mesure que l'on considère des systèmes de plus en plus complexes. On s'expliquerait ainsi *le retour périodique de certaines propriétés*, mis en lumière par *Mendelejeff* et ses continuateurs ou devanciers.

Les phénomènes de *désintégration des éléments radioactifs* se conçoivent aussi aisément : Un ou plusieurs électrons s'échappant du système constituant un atome, — et cela en raison des vitesses énormes dont ils sont animés, — toute la stabilité du système peut être compromise. On verra alors se produire la destruction de l'atome avec émission : 1^o d'électrons, soit — dans le cas du radium que nous prendrons ici comme exemple, — le rayonnement β ; 2^o de parties de la masse chargée positivement (rayonnement α) que l'on a identifié avec l'helium. Le reste de la masse positive et un certain nombre d'électrons constitueront alors un nouvel élément de poids atomique, moins élevé ; telle l'émanation, dont le poids atomique, voisin de 222 diffère

de celui du radium (226), d'une quantité à peu près égale à celui de l'helium (4).

Fait extrêmement remarquable et sur lequel on n'a peut-être pas assez insisté, *ces désintégrations atomiques obéissent aux lois des vitesses des réactions chimiques usuelles*, en ce sens qu'elles sont représentées par une équation de réactions de 1^{er} ordre; elles s'en écartent d'autre part en ce que la constante de vitesse est indépendante de la température, ce qui s'explique par le fait que les variations de température impriment au système atomique des variations de force vive négligeables par rapport à la force vive colossale des électrons en mouvement. La constance de la chaleur dégagée par la désintégration d'un élément radioactif en est une preuve, en même temps qu'elle fait de ce phénomène quelque chose de tout à fait analogue à la décomposition exothermique d'un corps explosif, tel que l'iodure d'azote ou la nitroglycérine.

L'émission d'électrons dans les gaz raréfiés (rayons cathodiques), *ou par les corps incandescents*, serait, dans les idées actuelles, le phénomène de désintégration extrêmement atténué, réduit en quelque sorte à d'infimes proportions, sans désagrégation appréciable de la masse positive entrant dans la structure de l'atome. On conçoit en effet qu'un élément radioactif dont la durée de vie se chiffrerait par myriades de siècles apparaisse comme tout à fait stable à l'observateur dont les expériences s'étendent au plus à la durée d'une vie humaine.

La décomposition d'autres éléments chimiques par l'émanation se comprend aussi facilement dans ces conceptions; le bombardement par les particules α et β expulsées, de l'émanation avec des vitesses énormes, qui leur donnent une force vive considérable, peut, en effet, produire sur un autre atome une rupture d'équilibre électrique entre électrons et masses positives, d'où désintégration de cet atome avec apparition d'un autre élément de poids atomique plus petit (Expériences de *Ramsay*):

La notion de valence. — Que devient au milieu de ces idées nouvelles, la notion de *valence* des chimistes ? C'est une question qui mérite d'autant plus de retenir notre attention que pour la première fois on parvient à donner à cette notion un sens un peu précis.

Si, dans un atome, les charges positives sont exactement équilibrées par les charges négatives, l'élément est électriquement neutre ; c'est le corps simple, monoatomique, à l'état libre. Tel le mercure par exemple.

Si un électron peut se détacher de l'atome neutre sous l'action de forces relativement faibles, l'atome restera chargé positivement et revêtira les propriétés d'un cation monovalent ; si deux ou plusieurs électrons se détachent dans ces conditions d'un même atome, on aura un cation divalent ou plurivalent. Si un ou plusieurs électrons peuvent se fixer sur l'atome neutre, celui-ci sera chargé négativement et revêtira les propriétés d'un anion monovalent ou plurivalent. On conçoit ainsi la possibilité pour un même élément chimique de fonctionner avec des valences différentes, fait qui avait toujours beaucoup embarrassé les chimistes.

On peut concevoir également qu'à partir d'un même atome neutre on puisse obtenir à la fois un cation ou un anion, comme on le voit chez les composés KI et ICl_3 , où l'iode apparaît comme élément électronégatif (dans KI) ou électropositif (dans ICl_3) ; dans un cas, il y a eu perte d'un électron, dans l'autre, fixation d'un électron. Les molécules biatomiques de corps simples, telles que H_2 se forment à partir d'un atome H cation et d'un atome H anion.

Enfin, si un système atomique a une stabilité telle qu'il puisse très difficilement perdre ou fixer un électron, la valence de l'élément sera nulle ; tels sont vraisemblablement les éléments du groupe de l'argon.

Bref, les conceptions électroniques permettent de concevoir facilement la plurivalence d'un même élément, son caractère tantôt électropositif, tantôt électronégatif, la notion d'éléments à valence nulle. Tous ces faits sont compris

dans la définition électronique de la valence: *la valence d'un élément est mesurée par le nombre d'électrons que l'atome peut perdre ou fixer sous l'action de forces relativement faibles, toute perte d'électrons donnant lieu à la formation d'un cation; toute fixation d'électrons à la formation d'un anion.*

On a vu plus haut que la masse d'un électron est de 0,00054 pour H = 1. Il en résulte que le poids atomique d'un élément neutre diffère de 0,00054 en plus ou en moins de ce même élément à l'état d'ion monovalent, de $\pm 2 \times 0,00054$ à l'état d'ion bivalent, etc. ces quantités sont si petites qu'elles échapperont longtemps encore à la mesure. Néanmoins, l'ionisation d'un élément neutre apparaît ainsi comme le premier stade de la transmutation de cet élément.

Affinité chimique. — Nous avons rappelé plus haut l'impossibilité d'attribuer l'affinité chimique à l'attraction newtonienne. La conception électronique de l'atome nous en donne une explication simple: Si deux atomes monovalents, tels que le chlore et le sodium, sont capables de s'unir pour former le composé NaCl, c'est que l'un, Na, ayant perdu un électron, devient électropositif, tandis que l'autre, Cl, en ayant fixé un, devient électronégatif; ce que nous appelons la combinaison des deux éléments n'est autre qu'un rapprochement de deux ions sous l'action des attractions électriques puissantes qui s'exercent entr'eux; le rapprochement ne va cependant pas jusqu'à la neutralisation des deux charges de noms contraires, car les charges positives plus considérables qui caractérisent la masse de chaque atome donnent lieu à une répulsion qui doit les maintenir toujours à une certaine distance. Le vieux symbole des chimistes exprimant par un trait la liaison entre les deux atomes



représenterait donc, dans ces idées nouvelles la résultante des deux actions antagonistes (attraction et répulsion) qui

maintiennent les deux atomes liés entr'eux, quoiqu'à une certaine distance, résultante dont la représentation matérielle serait constituée par un électron.

Conclusion. — En résumé, les conceptions électroniques permettent de se faire une idée assez simple de faits d'ordre très différents. On remarquera cependant que l'interprétation de chaque fait conduit souvent à greffer sur les hypothèses principales, des hypothèses auxiliaires, de sorte que ces conceptions doivent encore être acceptées avec réserve; elles ne sont encore qu'un instrument de travail. D'autre part, il faut reconnaître qu'elles permettent de se représenter d'une façon très parlante un ensemble de faits entre lesquels on ne verrait autrement aucun rapprochement; c'est certainement là le caractère d'une théorie fructueuse. L'avenir seul permettra néanmoins de porter un jugement définitif sur la valeur de ces conceptions. Mais, lorsqu'on fait un retour en arrière sur les débuts des théories cinétiques des gaz, d'abord à l'époque où *D. Bernoulli* en jetait les bases, puis à celle où elles furent reprises par *Clausius* et *Maxwell*, pour mesurer ensuite l'étendue des résultats obtenus depuis, en raison de leur extension au domaine des solutions, puis à celui des colloïdes, on doit reconnaître, comme un fait d'expérience, que la Science a tout à gagner à faire crédit à une conception théorique pour peu qu'elle repose sur des faits précis. C'est indubitablement le cas des conceptions électroniques.

V. Conclusions.

Nous venons d'analyser très brièvement les conquêtes de la science moderne dans l'étude des infiniment petits de la chimie, descendant successivement des granules aux molécules, des molécules aux atomes, des atomes aux électrons.

Nous avons vu que les granules sont formés de la juxtaposition de molécules; ils obéissent si bien aux lois qui régissent les mouvements des molécules, que l'on à peine à saisir le point de transition entre les deux ordres de

grandeur: à tel point qu'une molécule d'albumine, par exemple, représente pour nous aussi bien une molécule qu'une granule.

Entre les molécules et les atomes, nous avons fait des constatations analogues: les propriétés des molécules monoatomiques ne se différencient pas nettement de celles des molécules polyatomiques; les lois physiques auxquelles elles obéissent les unes et les autres sont les mêmes; les dimensions de molécules monoatomiques et biatomiques ou poliatomique sont absolument du même ordre de grandeur.

Si nous passons enfin des atomes aux masses électriques positives et négatives constituant les atomes, la differentiation est plus nette au premier abord: d'un côté les masses positives sont de l'ordre de grandeur des atomes tandis que les masses négatives ou électrons représentent seulement 1/1700 environ de l'atome d'hydrogène. Et cependant nous retrouvons dans ce domaine certaines lois générales qui caractérisent les autres domaines; nous nous bornons à rappeler dans cet ordre d'idées la désintégration des éléments radioactifs suivant les lois de la mécanique chimique, et les analogies signalées entre le monde atomique et l'univers visible.

Pour tout esprit non prévenu, ces transitions insensibles qui caractérisent dans la généralité des cas le passage d'un infiniment petit à l'autre, l'identité ou l'analogie des lois retrouvées dans chaque ordre de grandeur constituent une preuve frappante de la haute portée scientifique et philosophique des conceptions modernes sur les infiniments petits de la chimie.

Il m'a paru qu'il y avait là une raison sérieuse de les résumer dans cette réunion, d'autant plus que c'est à Bâle que sont nées au 18^{me} siècle, avec les travaux de *D. Bernoulli*, les conceptions cinétiques sur la constitution de la matière et que, d'autre part, plusieurs de nos confrères ont contribué, à des titres divers, à leur superbe épanouissement actuel.