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: 114 (1933)

Rubrik: Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten und Hauptvorträge

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 26.08.2025

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

II. Teil

Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten

und

Hauptvorträge

Vorträge

gehalten in den Sektionssitzungen

IIe Partie

Discours d'introduction du Président annuel

et

Conférences principales

Communications

faites aux séances de sections

IIa Partita

Discorso inaugurale del Presidente annuale

e

Conferenze principali

Communicazioni

fatte alle sedute delle sezioni

Leere Seite
Blank page
Page vide

Leere Seite
Blank page
Page vide

Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten der S.N.G.

zur 114. Jahresversammlung in Altdorf

Von

Max Oechslin
Kantonsoberförster, Altdorf (Uri)

Das Land Uri und sein Wald

Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft hat zum viertenmal ihre Jahresversammlung, die 114. in der langen Reihe der Tagungen, ins Land Uri verlegt: vor sieben Jahrzehnten, 1842 tagte sie in Altdorf, 1875 in Andermatt und vor drei Jahrzehnten, 1912, wieder in Altdorf. Wenn wir Sie heute, in einer Zeit wirtschaftlicher Not, ins Gotthardgebiet geladen haben, so geschah es nicht, um ein Fest zu halten, sondern zur gemeinsamen Arbeit. Denn dies sei Fundament jeder Wissenschaft: die Arbeit um der reinen Sache willen, die jede Grenze zeitlicher Einstellung überbrückt, weder nach Land, noch nach Partei sich richtend.

Wenn in den Einführungsworten zu unsern Tagungen jeweils ein rein wissenschaftliches Thema behandelt oder ein Rückblick auf die Forscher eines engern heimatlichen Gebietes und deren Schaffen gegeben wird, so wollen Sie mir es heute bitte verzeihen, wenn ich, aus der praktischen Tagesarbeit kommend, von allgemeinen Landesdingen spreche. Die Gegenwart zwingt uns, nicht nur mit beruflichen Problemen uns abzugeben, sondern in ebenso intensivem Masse mit der Gesamtheit Volk; und wenn wir dabei dessen Werden zu ergründen suchen, so finden wir ein Verstehen seiner Forderungen im Heute. Wo wir eine Volksgemeinschaft zu verstehen trachten, scheint mir der beste Weg zu sein, diejenige Arbeit zu studieren, in der ein Volk erdgebunden, heimatgebunden ist, und da denke ich an die Land- und Forstwirtschaft. Und wenn ich nun heute, gerade in einer Zeit, in der man von überstaatlichen Dingen spricht und internationale Gemeinschaft zu schaffen sucht,

sei es im paneuropäischen Sinn oder im Ziel einer Weltgemeinschaft, unbeachtet, ob es sich um Utopien oder Erreichen handelt, wenn ich heute diese grossen Gemeinschaftsgebiete übergehe und von einem kleinen Bergland spreche und dessen Volk, so tue ich es im Wissen, dass allein aus dem Kleinen heraus das Grosse und Ganze erfasst werden kann.

Das Land Uri ist reich an Ursprünglichkeit.

Als im Jahre 853 König Ludwig der Deutsche dem Fraumünsterkloster zu Zürich das Land Uri schenkte „mit Kirchen, Häusern und übrigen Gebäuden, mit Eigenen jeden Geschlechtes und Alters, mit gebautem und unangebautem Land, mit Wäldern, Wiesen und Weiden, mit stehenden und fliessenden Gewässern, Wegen, Ausgängen und Eingängen, mit Erworbenem oder zu Erwerbendem, mit allen Zinsen und Gefällen“ (Karl Huber: „Die Allmendgenossenschaft Korporation Uri in ihrem Verhältnis zum Kanton und zu den Gemeinden“, Bero-Münster, 1911), da trat das Volk von Uri bereits als eine feste Markgenossenschaft auf, der die niedere Obrigkeit mit besondern Gerichten für ihre Hörigen zugeteilt war. Die Mark- oder Allmendgenossenschaft war somit im 9. Jahrhundert bereits als ein Volksganzes, als eine Volksgemeinschaft, als ein Staatsgebilde da und muss, wenn man die sehr konservative Entwicklung der späteren Jahrhunderte beachtet, sehr wahrscheinlich schon im 7. Jahrhundert bestanden haben; denn wenn der alemannische Herzog um 732 den Abt von Reichenau im Bodensee nach Uri verbannt, so muss dieses Land, wenn auch eine Wildnis, doch schon bekannt gewesen sein, mit einer Bevölkerung, die als Staatsgemeinschaft Uri bestand. Gross an Zahl wird damals dieses Volk von Uri nicht gewesen sein. Es baute seine Siedelungen im Tal, wo die Wildbäche den Bergurwald niedergelegt hatten und durch Wuhren im Bann gehalten werden mussten, oder dann rodeten sie den Wald, um Weiden und Wiesen zu gewinnen. Dabei wurden durchwegs die Sonnseithänge der Talschaften zur Besiedelung erfasst, und so erkennt man noch heute, sei es im benachbarten Schwyz oder in Unterwalden, sei es in den Talschaften von Uri, wie die landwirtschaftlichen Güter die sonnigen Südhänge erfassen und den Wald bis auf kleine, zerstückelte Parzellen zurückgedrängt haben, derweil die Nordhänge der Berge, die Schattseithänge der Täler aber von mehr oder weniger geschlossenem Wald bedeckt sind, nur da gerodet, wo eine Hangterrasse oder eine etwas lichtere

Stelle ein menschliches Gewohn zulässt. Die drei Genossenschaften Altdorf, Bürglen und Silenen waren in der Zeit der Anfänge dieser Markgenossenschaft die drei Gemeindebezirke, die Kilchhörenen, die zu einem Kirchgang gehörenden Gebiete, die das Land Uri zwischen Urnersee und der Schöllenen bildeten. Waldbauern im eigentlichsten Sinn des Wortes mögen diese Urner zu Ende des 10. Jahrhunderts gewesen sein, die im Walde rodeten, um Wyti, Freiland, für die Viehhaltung zu gewinnen, und um Holz zu erhalten für Feuer und Häuser und Häge. Das Tal Uri scheint aber zu eng gewesen zu sein, um sich lebensstark erhalten zu können, und so treffen wir schon in dieser Zeit die Urner ennet der Wasserscheide, um Weidland zu gewinnen: östlich des Klausens im Urnerboden, wobei schon ums Jahr 1003 im Entscheid des Herzogs Rudolf von Schwaben die Urner als Gesamtheit, als Markgenossenschaft genannt sind; im Grundwald und in der Ruosalp im schwyzerischen Muotatal; ennet der Surenen, wo um 1275 der Alpstreit mit dem Kloster zu Engelberg zugunsten der Urnergenossame entschieden wurde.

Einzig auf dem Gotthard greift ausserkantonales Gebiet über die Wasserscheide heute ins Urnerland. Erlauben Sie mir, hierfür eine Deutung zu geben.

Wir müssen beachten, dass in der ersten Zeit der urnerischen Staatsgemeinschaft der heutige Gotthardweg noch fast unbegangen war, da die Schöllenenschlucht einerseits und die Tremola anderseits unwirtliche, weglose Hindernisse für einen guten Verkehr bildeten und auf dieser Route deshalb die notwendigen Unterkunftsorte auch fehlten. Zudem war das Längstal Urseren über die Oberalp mit dem Oberrheintal, dem Klostergebiet von Disentis, verbunden, so dass es während Jahrhunderten seine Selbständigkeit bewahrte, selbst dann, als der Gotthardweg erschlossen war und erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts mit Uri zu einer Staatseinheit verbunden wurde, wirtschaftlich bis heute aber eine selbständige Allmendgenossenschaft, die Korporation Urseren, bleibend. Viel offener lag für den Nordsüd-Verkehr der Krüzli-Lukmanier-Weg, indem der Südlandfahrer im Anmarsch bis zum Bergfuss vordringen konnte und in Silenen, dessen Pfarrkirche bereits im Jahre 858 erwähnt ist, im Pfarrhof Quartier erhielt. Im ersten Bergtagmarsch stieg er dann über Frenschenberg-Bristen-Etzlital-Krüzlipass-Val Strim-Sedrun ins Oberrheintal, um da im Kloster Disentis, das schon um

614 gegründet wurde, nach erster mühsamer Bergwanderung die Nacht in sicherer Obhut zu verbringen, gewissermassen auf der Höhe des Berges, um dann andern Tags über den Lukmanier, mit eventuellem Zwischenhalt im Hospiz Santa Maria, das schon um 900 von den Disentiser Benediktinern erbaut wurde, in den sonnigen Süden abzusteigen. In zwei bis drei Tagen konnte so vom Nordfuss der Alpen Bellenz (Bellinzona) „bequem" erreicht werden, und am Wege lagen die Gaststätten, die zur damaligen Zeit allein eine solche Alpenreise gestatteten, derweil auf dem St. Gotthard das schützende Dach fehlte, wurde das Hospiz doch erst um 1300 errichtet. Die Urner haben unzweifelhaft diesen Bündnerweg über den Krüzlipass-Lukmanier als Südlandweg benützt, haben in den ersten Jahrhunderten ihrer Livinerzeit diesen Weg dem direkten Gotthardweg vorgezogen und griffen erst zur Gotthardroute, nachdem in jahrzehntelanger Arbeit der Saumweg geschaffen war, der vermittelst Brücken und Stegen erlaubte, die Schöllenen und Tremola zu passieren. Von Süden her aber griffen die Urner und die von den Urnern beeinflussten Leventiner im Weidgebiet über die Gotthardscheide ins Disentiner-Urserental hinein, und als der Tessin selbständiger Kanton wurde, blieb auch die Landesgrenze herwärts des Gotthards.

Waren des Landmannes Sorgen in den ersten Jahrhunderten der Urner-Markgenossenschaft die Weiden und Wiesen, so treffen wir schon im 13. Jahrhundert die gemeinsamen Interessen für den Wald, der (als den grössten Teil der urnerischen Wälder erfassender Allmendwald) bis in die jüngste Gegenwart Allmendbesitz geblieben ist und nur da zum Privateigentum wurde, wo durch Abtretung oder Verkauf von Allmendgebiet durch die Ansässigen Bodenbesitz erworben werden konnte. Der Wald war wie die Weiden Gemeinschaftsbesitz der Markgenossenschaft, in der nicht nur der Bodenbesitzer, sondern der Einwohner überhaupt nutzungsberechtigter Bürger war, ein Recht, das sich für die Bürger bis zum heutigen Tag erhalten hat. Eine Regelung der Holznutzung war deshalb schon in früher Zeit notwendig, gehen doch im Gemeinschaftsbesitz die Interessen der Einzelnen nur zu oft auseinander. So haben die Urner schon ums Jahr 1200 dem Waldroden bestimmte Schranken gesetzt, sei es durch die Schaffung der Schachen und Wuhren, meist Erlenwälder längs der Reuss und dem Schächenbach, sei es aber besonders durch die Ausscheidung von Bannwäldern

ob den Ortschaften und Weilern, einzelnen Häusern und Hütten und Ställen, ob Wegen uud Stegen, die zum Schutz der unterliegenden Güter geschont werden mussten, derweil die übrigen Wälder als „Scheitwälder“ ausgeschieden wurden, das heisst als Wälder, in denen der Bürger die Scheiter hauen konnte. Das Auffallende ist nun, dass die Bannlegungen und die besondern Bestimmungen betreffend das Holzhauen in den nicht gebannten Wäldern nicht durch Private oder einzelne Gruppen von Einwohnern erfolgten, sondern immer durch die Landesgemeinde, das heisst durch die stimmfähigen Bürger der Talschaft, oder dann durch die Gerichtsbehörden (Siebner- und Zehnergericht) oder durch Landammann und Rat als die Vertreter der Volksgemeinschaft ausgesprochen wurden. Die Gesamtheit interessierte sich um die Interessen der Einzelnen und stand für deren Schutz und Recht ein. So wird im Statut der „Kilchöri der Sewelispercher“, in welchem die Landesgemeinde von Uri im Jahre 1365 ihren Genössigen zu Seelisberg die freie Nutzniessung der Allmende anerkennt, ohne hingegen die Allmend als solche aus dem Gemeinschaftsbesitz Uri auszuscheiden, der Treibwald ausgeschieden, „dass das Holz bestande und unerwüst belibe, uns den Landlüten zu Ure und den kilchern ab Sewelisperch ze eyner Lantweri.“ Vom freien Nutzungswald war somit an der Treib ein Waldstück abgetrennt, um das Holz für den Landungssteg zu reservieren, um im besondern aber den Urwald mit seinem Dickicht als Schutzwald auf dem äussersten, entlegenen Zipfel des Landes zu erhalten, damit hier nicht ein allfälliger, über den See anrückender Feind mit seinen Schiffen landen und Ross und Reiter absetzen konnte. Im Jahre 1366 schlossen die Talleute mit den Herren von Rudenz einen Waldbrief ab, in welchem den Bürgern zu Altdorf und Flüelen besondere Beholzungsrechte ausgeschieden wurden und die Bannwälder erste Erwähnung fanden. Der bekannte Bannbrief von Andermatt aus dem Jahre 1397 und die im Livinerstatut der Urner aufgenommenen, den Wald betreffenden Bestimmungen beweisen uns, wie sehr die Ideen der Urner schon damals über die engern Landesgrenzen hinaus Boden gefasst hatten. Immer wieder fanden die Dorf-, Steg- und Mattenbannbriefe ihre Bestätigung und Erneuerung, wohl nicht zuletzt deshalb, weil die Interessen Einzelner in den Vordergrund traten und dem Interesse der Gesamtheit zuwider zu laufen drohten, da erlassene Beschlüsse nicht beachtet wurden. So fand der Bann-

brief von Andermatt, der besagt, dass Unberechtigte den Wald nicht betreten dürfen und weder Äste noch Tannzapfen daraus tragen, weder was darin wachse, noch gewachsen, sogar noch im Jahre 1841 die volle Erneuerung, mit dem Zusatz, dass ihn Kinder allein überhaupt nicht betreten dürfen. Um 1507 erwirkten die Isentaler von der Landesgemeinde einen Bann für den Weg- und Schachenwald in der Isleten, damit die Wegsame nicht vom damals noch frei wütenden Isentalerbach überschuttet werde. Als dann der Bündner Pietro Maderano, der im Kerstelenbachtal, dem nach ihm genannten Maderanertal, die Eisenerzausbeute in die Hand genommen hatte, auch im Isental nach Eisenerzen grub und in der Isleten Wohnsitz nahm, da überbürdete ihm die Landesgemeinde um 1596 den Unterhalt des Weges und Steges in der Isleten, da mittlerweile der Stegwald trotz dem Bann der unberechtigten Holzung und dem Wildwasser doch zum Opfer fiel.

Derweil die Matten- und Dorfbannwälder in Bergtälern mehr oder weniger Schutz und Schirm erhielten, litten die Scheitwälder, also die eigentlichen Nutzungswälder um so stärker. Im Verlauf der Jahrhunderte bevölkerten sich unsere Bergtäler immer mehr, sodass um 1676 die Landesgemeinde für das Allmendgebiet Uri bereits 10 Genossamen oder Gemeindegerichtsgebiete unterschied (wobei in interessanter Weise die Gebiete von Unterschächen, Wassen und Göschenen als Einheit gerechnet wurden). In den Talgründen wurden die Wälder immer mehr gerodet, um Wiesen und Weiden zu gewinnen und im Alpgebiet durchstrich das Vieh in freiem Weidgang die Wälder; wo immer ein ungefährliches Weiden möglich war. Lebte früher unsere Gebirgsbevölkerung mehr im Rahmen einer Naturalwirtschaft, die es ermöglichte, durch besondere Pflege und Sorgfalt auch den Getreidebau bis weit hinauf in den Gebirgstälern zu betreiben, so brachten der aufkommende Verkehr mit dem Unterland über den See und über die Saumpfade (Flüelen-Axen-Sisikon-Morschach, Ingenbohl auf dem rechten Seeufer und Seedorf-Isental-Bauen-Seelisberg-Beroldingen-Emmeten-Beckenried auf dem linken Seeufer) und im besondern seit einem halben Jahrhundert über die Axenstrasse und die Gotthardbahn eine völlige Umstellung, so dass wir heute in Uri ausser den Allmendgärten, mit vorwiegendem Kartoffelanbau, keine Äcker und im besondern keinen Getreidebau mehr antreffen. Im Scheitwaldgebiet brachte aber die einseitige Nutzung eine offensichtliche Über-

nutzung, so dass wir schon im Verlauf des 15. bis ins 17. Jahrhundert neben Bannlegungen bestimmter Wälder auch unter den Landesgemeindetraktanden immer wieder Verhandlungen über die Scheitwälder, Nutzungswälder, treffen, sei es, dass die Landesgemeinde bestimmte, wie und wo die Nutzung zu erfolgen habe, oder dass die Holzung und Holzausfuhr ins Ausland, gemeint war dabei die Ausfuhr über den See nach Luzern, verboten wurden. Während langen Jahrzehnten treffen wir den Streit zwischen kommerziellen Urnern und solchen, die den Wald für die engere Heimat erhalten wollten. In zahlreichen Urkunden wird in dieser Zeit bestimmt, dass besondere Bannkläger, Waldaufseher, dafür sorgen müssen, dass kein Holz beliebig geschlagen werde, sondern jeweils vom Bannkläger bestimmt werden müsse, was dem Walde unbeschadet zur Nutzung gelangen dürfe. So bestimmte der „Articus 3" der Waldurkunde betreffend den Oppliegenwald zwischen Erstfeld und Gurtnellen, aus dem Jahre 1663, dass das Holzen nur nach erfolgter Anfrage durch die beiden Kirchgänge, Gemeinden erlaubt werde, derweil „Articus 6" festsetzte, dass ein jeder Kirchgang einen „Uffsächer oder Baankläger" wählen müsse, der Aufsicht darüber auszuüben habe, dass keiner unerlaubt Holz schlage. Eine erste, einheitliche Holzordnung finden wir im Jahre 1710 vor, wobei aber bereits von einer Bestätigung alter Satzungen die Rede ist; diese Holzordnung wird schon 1651 erwähnt und ist sehr wahrscheinlich auf das Jahr 1608 zurückzuführen, finden wir doch in allen Bannbriefen und lokalen Waldordnungen aus diesem Zeitraum mehr oder weniger gleichlautende Bestimmungen betreffend das Verbot der Schmalviehweide, der Waldstreuenutzung, des Harzschabens und Rindenschälens, des unbefugten Holzhauens und dergleichen, Bestimmungen, die ganz unserer heutigen Forstgesetzgebung entsprechen. Die Holzordnung wurde Bestandteil des Landbuches, das alle Gesetze und Verordnungen des Landes Uri zusammenfasst, wurde auch in erweiterter Form im Landbuch von 1823 aufgenommen, bis dann im Jahre 1901 eine Erneuerung und erst im Jahre 1920 eine volle Anpassung an die heutigen Grundsätze einer geregelten Waldwirtschaft erfolgte, wobei aber auch diese rein korporative Ordnung in der gegenwärtig laufenden neuen Gesetzessammlung des Kantons Aufnahme fand.

Die einseitige Pflege der Land- und Alpwirtschaft brachte im Verlauf der Jahrhunderte eine für unsere Hochtäler zu weit-

gehende Waldrodung, es sei nur auf das Urserental und das Meiental und auf weite Gebiete des Schächentales hingewiesen. Die Scheitwälder litten unter der Übernutzung, derweil die Bannwälder „veralteten". Der Berechtigte nutzte nach Grösse seiner Familie nicht nach Holzmasse, sondern nach Stammzahl und wählte sich im Freihau diejenigen Stämme aus, die seiner Nutzungsforderung entsprachen, die schönsten und besten Stämme, derweil dem Wald das schlechte, krüppelige und kranke Holz verblieb. Eine geordnete Schlagführung (Fällung, Rüstung und Abtransport) wurde nur vereinzelt durchgeführt. Es bildete sich in unsern Talschaften der Zustand der Gebirgswälder aus, der zu den Wildwasserkatastrophen und Lawinenniedergängen von 1790, 1834, 1848, 1868, 1883, 1887 und 1910 führte und unzweideutig zeigte, wohin der einseitige Schutz bestimmter Bannwälder und die Ausscheidung von der Nutzung freistehenden Waldungen führt. Die Ermahnungen eines Konrad Eschers von der Linth und eines Kasthofers zu Beginn des verflossenen Jahrhunderts, erhielten volle Bestätigung, und wenn Landolt und Culmann in ihrem „Bericht an den Bundesrat über den Zustand der Hochgebirgswälder und Hochgebirgswässer" im Jahre 1868 weiteste Kreise des Schweizerlandes auf die Notwendigkeit einer pfleglichen Behandlung unserer Wälder hingewiesen haben, so dürfen wir sagen, dass das Volk von Uri sich des Schutzwaldwertes gerade im Verlauf des letzten Jahrhunderts voll bewusst wurde und in seiner „Waldgesetzgebung" die Grundlagen für die Durchführung des eidgenössischen Forstgesetzes von 1876 eigentlich schon weitgehend vorbereitet hatte. Wenn der egoistische Ausnutzungstrieb auch dieses Urprodukt Wald weitgehendst immer wieder erfassen wollte, so ist dies eine Erscheinung, wie wir ihr auch in der Gegenwart häufig genug begegnen. Es gehört dies mit zum Daseinskampf des Menschen, der sich so häufig gegen, wie für die Natur einstellt. Die Eigenart des Urners zeigt sich aber darin, dass er stets mit der Natur verbunden blieb, und wohl selten wird sich eine staatliche Gesetzgebung finden, die sich in so weitgehendem Masse und bis in alle Details hinein mit der Nutzung der Naturgüter, Weide und Wald, und in jüngster Zeit auch mit der Steigerung und Meliorierung der Bodenprodukte und Bodenwerte abgibt. Neben der Verfassung, in der die Freiheit des Bürgers Grundprinzip bleibt, spielen die Allmendrechte im Landesgesetz die Hauptrolle. In der ersten Kantonsverfassung von 1850

ist die Allmendkorporation Uri immer noch staatliches Gebilde, in den Jahren 1852 bis 1867 erfolgte die genauere Ausscheidung von Staats- und Korporationsgut, aber erst die Kantonsverfassung von 1888 zog genaue Trennung zwischen Kanton und Allmend. Der Hinweis aber, dass alle Beschlüsse der Korporationsgemeinden und des Korporationsrates, soweit sie einen „gesetzlichen Charakter" besitzen, in der Gesetzessammlung des Staates, im Landbuch des Kantons Uri, aufgenommen werden, beweist, wie im Staatsleben Uri die Allmendgenossenschaften (die Korporation Uri umfasst die 17 Gemeinden nid der Schöllenen zwischen Seelisberg und Göschenen, die Korporation Urseren die 3 Gemeinden im Urserental, in deren Gebiet jeder Genössige gleichberechtigter Bürger ist; die Korporation Uri tagt regelmässig am zweiten Maisonntag, dem Nachgemeindetag, auf dem Lehnplatz in Altdorf, die Korporation Urseren auf freier Wiese bei Hospenthal) Rechte und Pflichten des Staates übernommen haben, vorab betreffend Weiden und Wald. Nur so ist zu verstehen, dass die Landesgemeinde während zehn Jahrhunderten die Landesgeschicke bestimmte und heute an ihrer Statt die Korporationsgemeinden getreten sind, in der sich die Genössigen, die Nachkommen der alten Markgenossenschaft, zum Ringe vereinigen, um über lebenswichtige Beschlüsse und Satzungen betreffend die Allmenden zu raten und zu taten. (Die Landesgemeinde war lange Zeit die Versammlung, an der die Wahlen vorgenommen und die Gesetze verlesen wurden, derweil die Nachgemeinde, die acht Tage später stattfand, über die Annahme oder Verwerfung der zu Hause unter den Bürgern diskutierten und abgeklärten Verordnungen und Erlasse entschied. Dies war zu einer Zeit, da noch keine Druckschriften im Sinne einer Zeitung bestanden, die eine vorgängige Besprechung der Landesgemeindetraktanden erlaubten, eine weise Organisation. Erst viel später schälten sich für die Landesgemeinde mehr die staatspolitischen Angelegenheiten heraus, während die Nachgemeinde die das Allmendgebiet betreffenden Dinge erfasste, Weide und Wald.)

Wenn wir heute das Land Uri mit seinen fruchtbaren Talgütern und wohnlichen Ortschaften und Weilern, mit seinen trutzigen, himmelragenden Bergen durchwandern, so treffen wir überall den Hochgebirgswald, dem eine weitmöglichste Pflege zukommt. Über neun Zehntel des Waldes sind Allmendeigentum, also öffentlicher Besitz. Mag sein, dass die forstgesetzlichen Bestimmungen, soweit

sie in der eidgenössischen und kantonalen Gesetzgebung und in der ausführlichen Waldordnung der Korporation Uri, die wir im gewissen Sinne als eine Vollziehungsverordnung bezeichnen dürfen, noch vielfach als „Waldvogterlasse“ bezeichnet werden; der Grossteil unserer Bergbevölkerung hat aber den Wert einer geordneten Waldwirtschaft voll und ganz erfasst und hilft in gemeinsamer Arbeit für die Erhaltung und Förderung unseres Bergwaldes mit. Sie hat erkannt, dass neben der Ertragssteigerung unserer Wälder deren Schutzwert von eben so grosser Bedeutung ist und grosse Teile unserer Hochgebirgstäler überhaupt nur bewohnbar und nutzbar sind, weil der Schutzwald sie vor Verheerungen durch Wildbäche und Lawinen, Steinschlag und Verrüfungen bewahrt.

Unser Altmeister Professor Arnold Engler hat in Jahrzehnte langer Untersuchung im Napfgebiet den Nachweis geleistet, dass der Wald den Wasserabfluss der Gebirgsbäche zu regeln vermag und wie er eine übermässige Geschiebeführung verhindert. Dies ist heute im Zeitalter der weissen Kohle, der so mächtig gewachsenen Elektrizitätswirtschaft, besonders wertvoll. Aufgabe des Forstmannes ist es deshalb, nicht nur Waldwirtschafter im kaufmännischen Sinne zu sein, sondern Waldwirtschafter im weitesten Sinne des Wortes: im Gebirge der Hüter des Schutzwaldes, trachtend, durch die Erhaltung und Förderung des Waldes die enormen Ausgaben zu verringern, die wir alljährlich für die Wildbachverbaue und Lawinenverbaue und Flusskorrektionen aufzuwenden haben. Die Verdienstmöglichkeit, die in der Durchführung solcher Bauten geschaffen wird, sollen wir vielmehr auf den Bau von Waldwegen und Strassen verlegen, in Verbindung mit der Alp- und Landwirtschaft, um der Allgemeinheit zu dienen und um den Wald rationell bewirtschaften und nutzen zu können und dadurch den Schutzwald zu schaffen.

Die urnerischen Waldurkunden zeigen uns, wie immer wieder Männer des Volkes auf die Notwendigkeit einer guten, den Wald erhaltenden Waldwirtschaft hingewiesen haben: Vermeidung der für den Wald schädlichen Nebennutzungen und geregelte Nutzung, wie sie in der Urkunde von 1710 dadurch gesucht wird, dass nur Stämme, die mehr als einen Schuh Dicke besitzen, 30 cm, zum Hiebe gelangen dürfen. Es war ein gewisser Schutz des Jungholzes, eine Art plenterweise Stammnutzung, die gefordert wurde. Der Nutzwald muss im Gebirge gleichzeitig immerwährender

Schutzwald sein. Deshalb müssen wir jeden Kahlschlag vermeiden, dürfen dabei aber nicht ins Extrem einer reinen Plenterung verfallen, sondern müssen vielmehr von Ort zu Ort den Wald so behandeln, wie es die natürlichen Grundlagen verlangen. Der Wald ist eine grosse, vielleicht die grösste Pflanzengemeinschaft. Der Mensch hat Jahrhunderte lang zerstörend in ihn hinein gegriffen, glaubend, dass der Wald eine unerschöpfliche Quelle sei, übersehend, dass er zu Grunde geht, wenn wir ihm die Ruhe zur Entwicklung nicht lassen, wenn wir mehr nutzen als die reife Frucht. Im Urnerland sind wir zur Waldwirtschaft übergegangen, die weitmöglichst die natürliche Verjüngung beachtet und fördert, denn der Same, der im eigenen Bestand reift und fällt, gibt uns die wuchskräftigsten Zukunftsbestände, gleichfalls an das rauhe Hochgebirgsklima gewohnte Baumkinder, die unter dem Schutz des Altholzes aufwachsen, bis sie, fallen einmal die alten Kämpen, froh und frei als starke Jugend zu kräftigem Wald aufwachsen können. Im Plenterwald, oder sagen wir viel besser im natürlichen Mischwald, in welchem die alten und jungen Bäume und wo immer es angeht, die verschiedensten Holzarten sich zur Gesamtheit Wald vereinigen, da erkennen wir den Wald, der Nutzwald und Schutzwald zugleich ist. Der Gebirgswald ist das Gegenteil einer Gleichschaltung, dafür aber die eine grosse Lebendigkeit, in der etwas gewaltig Grosses verborgen liegt, das sich nicht und nie in Zahlen fassen lässt; es ist der Schutzwaldwert.

Die Allmendgenossenschaft Korporation Uri hat dies erkannt und hat ihre den Gemeinden zur Verwaltung und den in den betreffenden Gemeinden niedergelassenen Berechtigten zur Nutzung zugewiesenen Waldungen, die eine Fläche von rund 13,500 Hektaren erfassen, heute durch Waldwirtschaftspläne, die den Betrieb in allen Teilen regeln, vollständig eingerichtet und durch Verbaue und Aufforstungen gesucht, das Waldareal zu erhalten und zu vermehren, und sie sucht im besondern durch die Anlage von Waldwegen und Waldstrassen, von denen in den letzten beiden Jahrzehnten rund 100 km erstellt wurden, einer rationellen Nutzung und Waldpflege die Wege zu ebnen. Dabei zeigt sich, wie unsere Bevölkerung den ganzen Ernst einer geregelten Waldwirtschaft erkannt hat, haben doch gerade die letzten Wildwassertage im Juni und August dieses Jahres gezeigt, wie weitgehend wuchskräftiger, guter und ertragreicher Wald auch ganzer Schutzwald

ist. In Uri ist eine gemeinsame Arbeit für den Wald sässhaft geworden.

Hat das Land Uri im Verlauf der Jahrhunderte auch nur wenige und nur im bescheidenen Ausmass seine Naturforscher besessen, so hat dafür das ganze Volk selber die engste Fühlung mit der Natur behalten und ist im Kleinen Naturforscher, und mehr noch Lauscher in der Natur geblieben.

Wenn ich Ihnen, verehrte Damen und Herren, den Gruss und den Willkomm der Urnerischen Regierung überbringe, den Gruss und den Willkomm unserer kleinen Naturforschenden Gesellschaft Uri und des gesamten Urnervolkes, so ist es mit dem Wunsche, dass unserm Urnervolk und Land dieser Sinn erhalten bleiben möge, diese Liebe zur urwüchsigen Natur. Und in diesem Sinne und Geiste, möge unsere 114. Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft eröffnet sein und ihren guten Verlauf nehmen.

Neuere Erfahrungen auf dem Gebiete der pflanzlichen Immunitätslehre

Von

Ernst Gäumann

(Aus dem Institut für spezielle Botanik der Eidg. Tech. Hochschule in Zürich)

Die Infektionskrankheiten lassen sich in drei Gruppen scheiden: eine erste Gruppe wird durch pflanzliche Lebewesen hervorgerufen, z. B. durch parasitische Pilze und Bakterien; eine zweite Gruppe wird durch tierische Lebewesen hervorgerufen, z. B. durch parasitische Plasmodien und parasitische Würmer; eine dritte Gruppe endlich wird durch filtrierbare Ansteckungsstoffe, sogen. Vira, hervorgerufen, z. B. die Mosaikkrankheiten der Kartoffeln und des Tabaks und die Maul- und Klauenseuche der Rinder.

Wir wollen uns heute der Kürze halber auf die erste dieser Gruppen beschränken, auf jene infektiösen Erkrankungen, die durch parasitische Pilze hervorgerufen werden. Wenn wir hier zunächst der Frage nachgehen, in welcher Weise sich die wichtigern pilzlichen und bakteriellen Erkrankungen zahlenmässig auf das Tier- und das Pflanzenreich verteilen, so stossen wir auf die merkwürdige Tatsache: die wichtigern parasitären Erkrankungen der Pflanzen werden vorwiegend durch parasitische Pilze verursacht, weniger durch parasitische Bakterien; die wichtigern parasitären Erkrankungen des Menschen und der Tiere werden dagegen vorwiegend durch parasitische Bakterien verursacht, weniger durch parasitische Pilze. Diese unterschiedliche Verteilung der pilzlichen und der bakteriellen Erkrankungen auf das Tier- und das Pflanzenreich bedingt aber ihrerseits einen unterschiedlichen Verlauf des normalen Infektionsvorganges im Tier- und im Pflanzenreich.

Wir betrachten zunächst den Infektionsvorgang, wie er sich abspielt zwischen einem parasitischen Pilze und einer Pflanze. Abb. 1 *1* zeigt einen schematischen Querschnitt durch die Aussen-

seite eines Blattes: Grundgewebe *G*, Epidermis *E*, Kutikula *K*, einen Wassertropfen und darin die Spore *Sp* eines parasitischen Pilzes. Wir nehmen an, der Wassertropfen bleibe infolge Taubildung, Nebel, Regen einige Stunden auf dem Blatte liegen. Er wird während

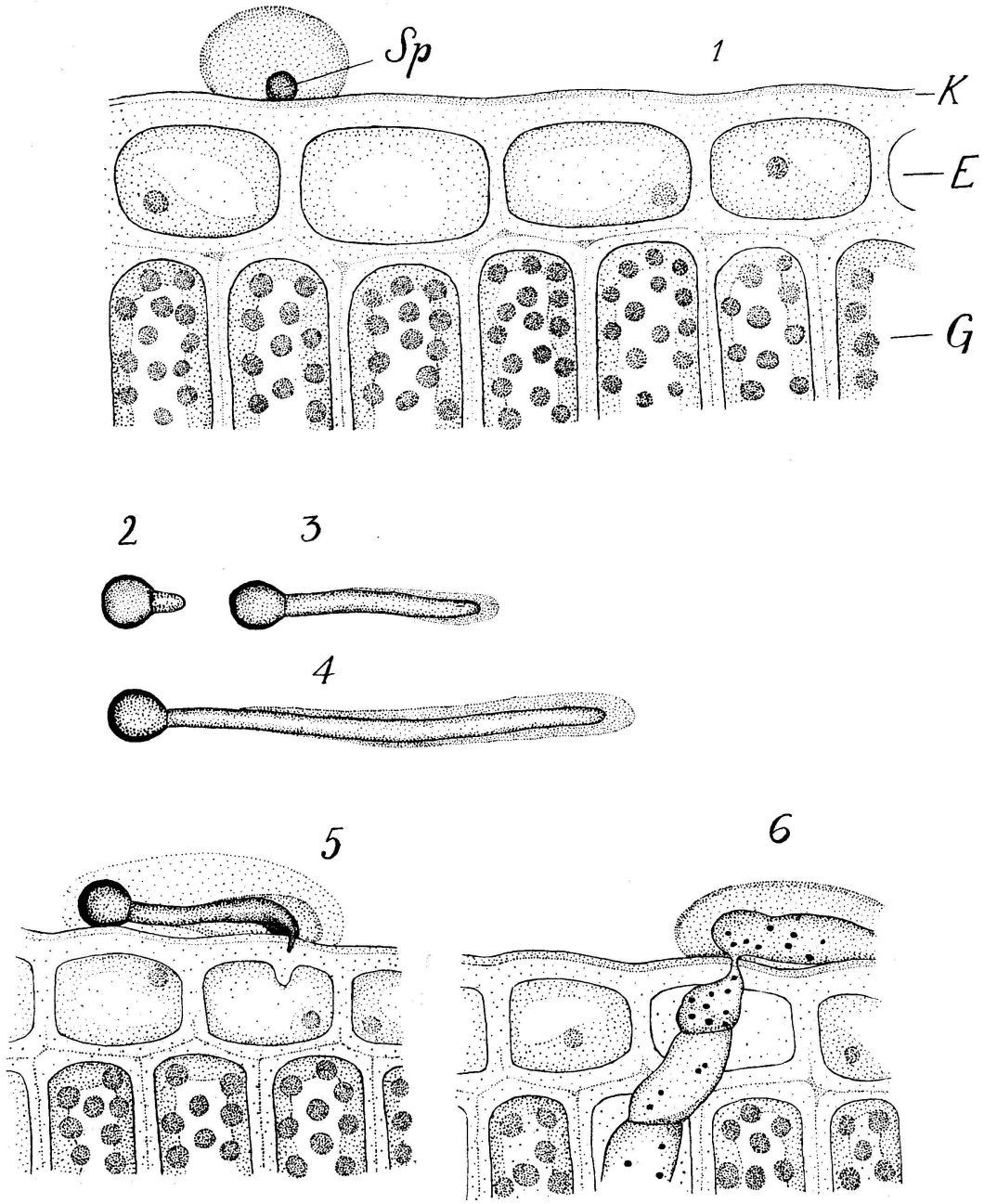

Abb. 1. Infektionsvorgang bei *Botrytis cinerea*. *1* Schematischer Schnitt durch ein Laubblatt mit dem Palissadengewebe *G*, der Epidermis *E*, der Kutikula *K* und der in einem Wassertropfen liegende Spore *Sp* des Parasiten. *2–4* Verschleimung der äussern Wandschichten des Parasiten. *5* Der Fortsatz des Parasiten hat eben die Kutikula durchbrochen. *6* Der Parasit ist in das Innere der Pflanze eingedrungen. (Schematisiert nach Blackman und Welsford, 1916.)

dieser Zeit chemisch verändert, indem gewisse Stoffe in minimalen Mengen aus der Blattoberfläche in den Wassertropfen hinausdiffundieren. Diese minimalen Stoffmengen lassen sich chemisch noch nicht als solche erfassen; ihre Anwesenheit lässt sich aber physikalisch durch die Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit nachweisen: je länger der Tropfen auf dem Blatte liegen bleibt, um so mehr

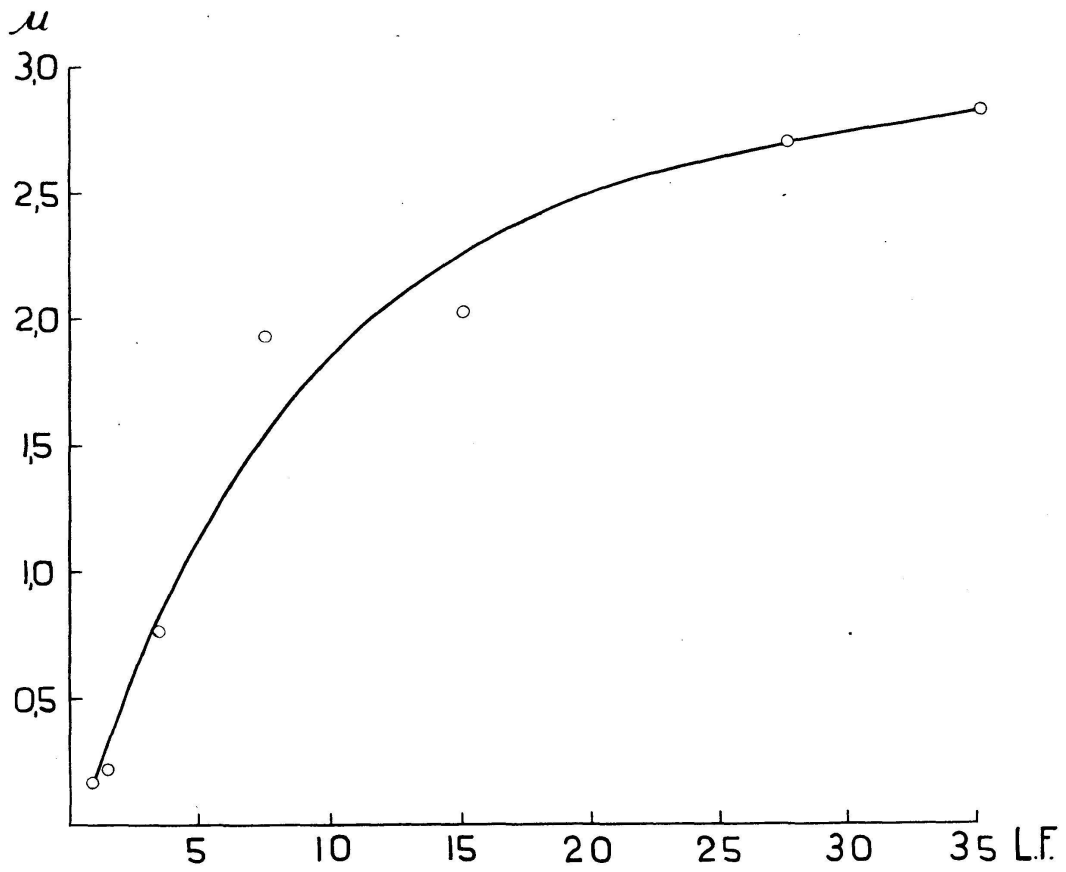

Abb. 2. Die Stimulation des Parasiten *(Botrytis cinerea)* durch exosmierende Stoffe des Wirtes *(Cereus spectabilis).* (Leicht schematisiert nach Brown, 1922.)

nimmt seine Leitfähigkeit zu, verglichen mit der Leitfähigkeit eines zweiten Wassertropfens, der auf einer Platinfolie liegt und nur die Kohlensäure der Luft aufnehmen kann. Diese herausdiffundierten Stoffe wirken stimulierend auf die Keimuug und das Wachstum der Spore *Sp* des Parasiten: Hand in Hand mit der Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit nimmt auch die wachstumsfördernde Wirkung des Tropfens zu.

Diese Verhältnisse sind in Abb. 2 graphisch dargestellt. Abszisse: elektrische Leitfähigkeit des Tropfens in willkürlichen Einheiten, die, ausgedrückt als Widerstand, ungefähr in der Grössen-

ordnung von 10^{-6} Ohm liegen mögen. Ordinaten: Länge in μ, die die Keimschläuche der Sporen unter sonst gleichen äussern Bedingungen erreichen. Wir sehen: in destilliertem Wasser mit einer Leitfähigkeit von 0.8 Einheiten wachsen die Keimschläuche nur sehr langsam; je mehr die Leitfähigkeit zunimmt, je mehr Stoffe also in den Tropfen hinausdiffundiert sind, um so mehr nimmt auch die Wachstumsgeschwindigkeit des Parasiten bis zu einem gewissen Optimum zu. Durch andere Versuche lässt sich zeigen, dass die Zunahme der elektrischen Leitfähigkeit nicht als solche die stimulierende Wirkung auf den Parasiten ausübt, sondern dass sie wirklich nur einen physikalischen Maßstab für die chemische Veränderung des Tropfens darstellt.

Dieser Stimulationsvorgang ist grundsätzlich wichtig. Die Pflanze regt also selbst durch ihre Ausscheidungen das Wachstum des Parasiten, der auf ihrer Oberfläche liegt, an, und zieht ihn zu gleicher Zeit chemotropisch, reizphysiologisch an, indem der Parasit nunmehr in der Richtung des Gefälles dieser diffundierenden Reizstoffe gegen die Pflanze hinwächst.

Abb. 1, *2—4*, zeigen uns, wie sich der Parasit weiter verhält. Die äussern Schichten seiner Membran verquellen zu einer gelatinösen Hülle, und mit dieser Hülle klebt er sich so fest an die Wirtspflanze an, dass oft auch strömendes Wasser ihn nicht mehr zu entfernen vermag. Will er in das Innere des Blattes gelangen, so muss er im Falle unseres Beispieles zwei Schichten passieren, 1. die Kutikula und 2. die äussere Zellwand der Epidermis.

Die Kutikula besteht chemisch aus Kutin, d. i. ein dem Kork verwandtes Gemisch hochmolekularer Fettsäuren. Sie spielt im Infektionsvorgang eine doppelte Rolle. Erstens stellt sie ein chemisches Filter dar, welches verhindert, dass die Enzyme und Toxine des keimenden Parasiten *Sp* in den Körper eindringen und ihn schädigen. Die Kutikula ist nämlich in den meisten Fällen fast undurchlässig. Bringt man z. B. den Preßsaft des Parasiten *Botrytis cinerea* auf die Blattoberfläche von Pelargonien (sogen. „Geranien"), so bleibt er wirkungslos; denn er vermag nicht, durch die Kutikula zu diffundieren. Verletzt man aber die Kutikula und lässt den Preßsaft in die Gewebe selbst eindringen, so übt er dort ähnliche vergiftende und zerstörende Wirkungen aus wie der lebende Parasit selbst.

Die Kutikula ist aber nicht nur chemisch fast undurchlässig, sie ist auch ihrerseits gegen die Auflösung durch Enzyme äusserst

widerstandsfähig. Wir kennen heute noch keinen parasitischen Pilz, der imstande wäre, durch seine Enzyme die Kutikula aufzulösen. Der Parasit kann daher dieses erste Hindernis nicht durch chemische Agentien aus dem Wege schaffen, sondern er muss es mechanisch, gewaltsam aufbrechen, und das geschieht in der Weise, dass das festgeklebte Hyphenstück einen spitzen Fortsatz bildet (Abb. 1, 5), der mit grossem Drucke, bis zu 7 Atm., die kutikulare Schutzschicht perforiert. Die Kutikula stellt also nicht nur ein chemisches, sondern auch ein mechanisches Filter dar: an der für unsere Abbildung gewählten Stelle kann in die betreffende Pflanze nur jener Parasit eindringen, der imstande ist, die Kutikula mechanisch zu durchbrechen.

Nachdem dies geschehen ist, gelangt der Pilz im Falle unseres Beispieles an die zweite Schicht, an die äussere Wand der Epidermis; sie besteht chemisch vorwiegend aus Zellulose, also einem Kohlehydrat. Hier wird nun der anfänglich mechanisch vorgetragene Angriff chemisch fortgesetzt: man sieht, wie die Zellwand verquillt, wie sie unter dem Einflusse des Parasiten stärker hydratisiert wird und wie die wachsende Hyphenspitze mittelst ihrer Enzyme aus dem angeschwollenen Pfropfen einen Kanal herauslöst, durch den sie in das Innere der Epidermis und später in die tieferliegenden Gewebe vordringt: hier wird der Angriff kombiniert mechanisch und chemisch fortgesetzt, bis die Gewebe durchwuchert sind.

Naturgemäss können je nach der Art des Parasiten und der Art und den Organen des Wirtes auch andere Eingangspforten benützt werden als in unserem Schulbeispiel, z. B. Spaltöffnungen und Wunden; im allgemeinen aber, und darauf kommt es hier an, ist bei den wichtigern Pflanzenkrankheiten der Infektionsvorgang, von der Seite des Parasiten her betrachtet, ein aktiver Vorgang. Der Parasit greift die Wirtspflanze aktiv an und bahnt sich durch seine mechanischen und chemischen Hilfsmittel einen Weg in den pflanzlichen Körper hinein.

* * *

Vergleichen wir nun mit diesem parasitären Angriff im Pflanzenreich den Infektionsvorgang, wie er sich bei den bakteriellen Infektionskrankheiten des Menschen und der Tiere abspielt! Es ist für den Mediziner eine undenkbare Vorstellung, dass Milzbrand oder Tetanus, in einem Tropfen Wasser auf unsere Haut gebracht, anfängt zu wachsen und selbsttätig in unsern Körper eindringt;

sondern der Infektionsvorgang ist für den Mediziner, von der Seite des Parasiten her betrachtet, normalerweise ein passiver Vorgang. Der Parasit wird passiv durch Wunden oder durch ungeschützte Körperstellen wie die Tonsillen oder durch die Körperöffnungen in das Körperinnere verschleppt, und erst wenn er passiv in die ihm zusagenden Gewebe gelangt ist, beginnt seine Entwicklung und seine pathogene Wirkung. Unsere Körperhaut, die Epidermis, erfüllt also gegenüber den Parasiten die gleiche Aufgabe als Isolierschicht wie die Kutikula (nicht die Epidermis) der Pflanzen; nur ist das Verhalten des Parasiten im Pflanzen- und im Tierreich in der Regel ein anderes: bei den meisten Pflanzenkrankheiten haben wir es mit aktiv angreifenden Parasiten zu tun, bei den meisten Infektionskrankheiten des Menschen und der Tiere mit passiv verschleppten Parasiten.

Selbstverständlich ist diese Gegenüberstellung nur richtig im Sinne einer Verallgemeinerung; denn wir haben im Pflanzenreich z. B. Bakteriosen, bei welchen die Infektion passiv durch Wunden erfolgt, und anderseits in der Human- und Veterinärmedizin z. B. Mykosen, bei welchen mit aktiver Infektion gerechnet werden muss. Als Regel dürfte aber doch der Satz richtig sein: die Pflanzenkrankheiten werden zumeist durch aktiv angreifende Parasiten verursacht, die Infektionskrankheiten des Menschen und der Tiere dagegen zumeist durch passiv verschleppte Parasiten.

Entsprechend diesen andern Voraussetzungen des Infektionsvorganges in der Pflanzenpathologie einerseits und in der Human- und Veterinärmedizin anderseits liegt nun auch der Schwerpunkt für die Betrachtung der Krankheitswiderstandsfähigkeit in diesen beiden Forschungsgebieten an einer etwas andern Stelle. Über den Aspekt, wie er sich dem Botaniker darbietet, möchten wir heute sprechen.

* * *

Der Botaniker unterscheidet zwei Formen der Krankheitswiderstandsfähigkeit (Fischer und Gäumann, 1929):

1. jene Widerstandsfähigkeit, die in einem bestimmten Individuum vorhanden ist, ehe der Parasit in den Lebenskreis des betreffenden Individuums eintritt; und
2. jene Widerstandsfähigkeit, die in einem bestimmten Individuum erst entsteht als Reaktion auf den eingedrungenen Parasiten.

Die erste Form der Krankheitswiderstandsfähigkeit ist gewissermassen von Natur aus da; sie ist bis zu einem gewissen Grade angeboren. Die zweite Form der Krankheitswiderstandsfähigkeit ist dagegen erst im Verlaufe des individuellen Lebens durch das Überstehen einer Erkrankung erworben worden. Wir wollen zunächst die erste Form der Krankheitswiderstandsfähigkeit an einigen Beispielen kurz besprechen.

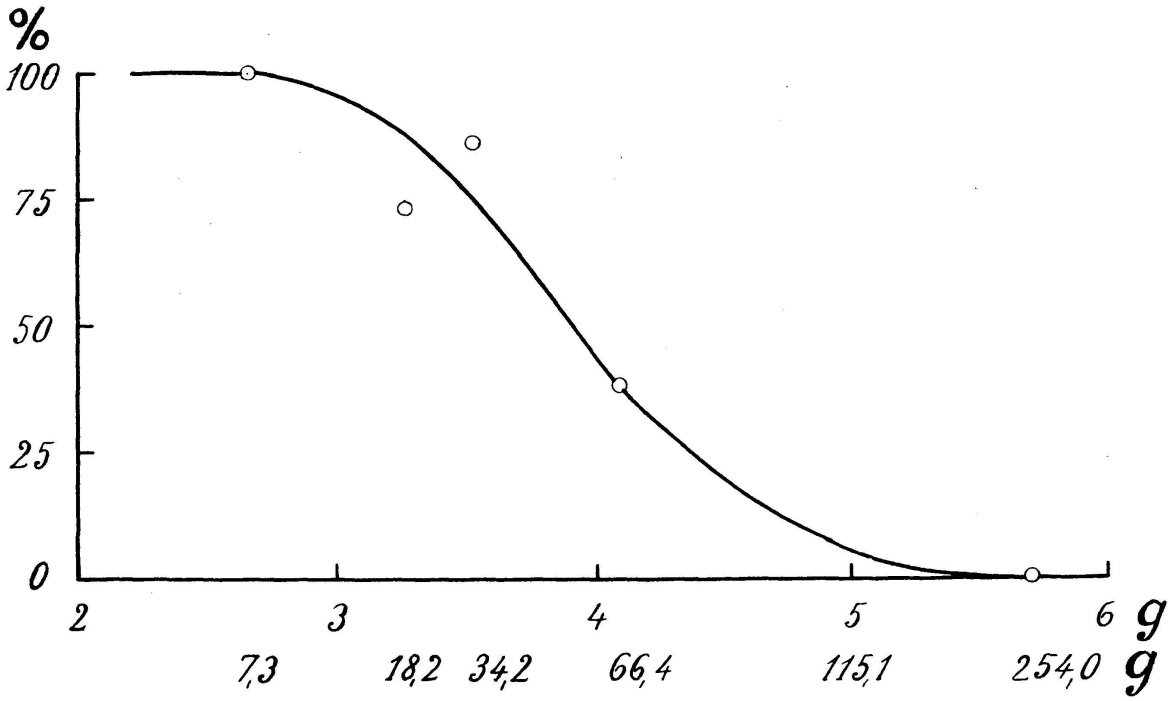

Abb. 3. Beziehung zwischen dem Perforationswiderstand der Kutikula der Tomaten und der Anfälligkeit der Früchte gegenüber *Macrosporium tomato*. Erklärung im Text. (Nach Rosenbaum und Sando, 1920.)

Junge Tomaten haben eine zarte Fruchthaut und insbesondere eine dünne Kutikula; mit fortschreitender Reife nimmt die Dicke der Kutikula zu. In Abb. 3 sind die Verhältnisse auf Grund der Untersuchungen von Rosenbaum und Sando (1920) für sechs Altersstufen der Früchte graphisch dargestellt. Als Maßstab für die sechs Altersklassen der Tomaten dient das mittlere Gewicht der Früchte; es steigt von durchschnittlich 7 g auf rund 254 g, also auf rund ein halbes Pfund. Als Maßstab für die zunehmende mechanische Verfestigung der Kutikula dient der Druck, der aufgewendet werden muss, um mit einer Glasnadel von einem Durchmesser von 78 μ die Kutikula zu durchbohren; dieser Druck steigt von 2,7 g auf 5,9 g, also auf mehr als das Doppelte. Infizieren wir nun diese sechs Altersklassen von Früchten mit den Sporen eines parasitischen

Pilzes, *Macrosporium tomato,* so erhalten wir bei den jungen Früchten 100 % Befall; mit zunehmendem Alter und zunehmendem Perforationswiderstand der Kutikula nimmt auch die Widerstandsfähigkeit der Früchte zu: bei einem Perforationswiderstand von 5,5 g je 78 μ Durchmesser kann die Kutikula von den Keimschläuchen des Parasiten nicht mehr durchbrochen werden und die Früchte bleiben gesund.

Wir sehen also: ein bestimmtes Organ (in unserem Falle die Kutikula) macht aus irgendwelchen innern Gründen, unabhängig vom Parasiten, eine Entwicklung (in unserem Falle eine mechanische Verfestigung) durch, und das hat als Nebenwirkung zur Folge, dass die Jugendanfälligkeit allmählich in eine vollkommene Alterswiderstandsfähigkeit übergeht. Diese Alterswiderstandsfähigkeit ist aber rein von passiver Art und beruht ausschliesslich auf dem passiven Fernhalten des Parasiten. Wird nämlich die Kutikula z. B. durch Hagel verletzt, wird also eine Bresche, eine Eingangspforte geschaffen, so wächst der Parasit im Fleisch der jungen und der alten Früchte gleich gut. Die Empfänglichkeit des Körpers ist also in beiden Fällen die gleiche; nur die schützende Hülle wird allmählich kräftiger und vermag schliesslich vom Parasiten nicht mehr durchbrochen zu werden.

* * *

In andern Gruppen von Pflanzenkrankheiten ist der passive Schutz nicht von mechanischer, sondern von chemischer Art. Es gibt z. B. Zwiebeln mit einer braunen äussern Schale und solche mit einer weissen, farblosen äussern Schale. Gemeinsam mit dem braunen Farbstoff, wahrscheinlich Quercetin, ist im Zellsaft der braunen Schale eine Reihe von giftigen Stoffen vorhanden, z. B. Protocatechusäure, und das hat zur Folge, dass gewisse Parasiten, z. B. *Colletotrichum circinans,* die gefärbte Schale nicht zu durchwachsen vermögen (Angell, Walker und Link, 1930.) Das Problem liegt also gleich wie bei den Tomaten: eine widerstandsfähige Hülle umschliesst und beschirmt einen anfälligen Körper. Nur ist bei den Tomaten das Schutzprinzip von mechanischer Natur, bei den Zwiebeln dagegen von chemischer Natur.

Bei wieder andern Gruppen von Pflanzenkrankheiten beruht der passive chemische Schutz nicht nur darauf, dass dem Parasiten der Zugang in das Körperinnere verwehrt wird, sondern auch da-

rauf, dass überdies im Körperinnern selbst die Ausbreitung des Parasiten durch chemische Agentien gehemmt oder verhindert wird.

Beispiel sei der Maisbrand, verursacht durch einen Pilz, *Ustilago zeae.* Stellt man aus den empfänglichen Organen einer empfänglichen Maissorte einen sterilen Preßsaft her, so vermag der Pilz darin gut zu gedeihen. Stellt man dagegen aus den entsprechenden Organen einer widerstandsfähigen Maissorte in genau gleicher Weise einen Preßsaft her, so wächst der Pilz schlecht und liefert nur ungefähr 1 % der Normalernte (Ranker, 1930). In ähnlicher Weise wird das Wachstum von *Fusarium lini,* dem Erreger der Welkekrankheit des Flachses, stark herabgesetzt, wenn man zu der Nährlösung den Extrakt einer widerstandsfähigen Pflanze hinzufügt, währenddem der Extrakt einer empfänglichen Pflanze nichts ausmacht (Reynolds, 1931), oder wird beim Getreide die Infektion durch den Schwarzrost herabgesetzt, wenn man die Sporen des Parasiten im Zellsaft einer widerstandsfähigen Weizensorte keimen lässt, während der Zellsaft einer empfänglichen Sorte wieder nichts ausmacht (Newton, Lehmann und Clarke, 1929).

Aehnliche hemmende Stoffe wie gegenüber diesen Pilzen kennt man übrigens auch gegenüber gewissen Bakterien; so wirkt der Preßsaft der Kartoffelknollen agglutinierend (geissellähmend) und plasmolysierend auf Saprophyten wie *Bacterium coli* und auf Parasiten anderer Pflanzen wie *Bacterium delphinii,* dagegen nicht auf die echten Parasiten der Kartoffelknollen wie *Bacillus phytophthorus, Bac. solanisaprus und Bac. carotovorus* (Berridge, 1929). Man fragt sich, ob diese Bakterien nicht eben gerade deshalb parasitisch in den Kartoffelknollen leben können, weil sie nicht agglutiniert und plasmolysiert werden, so dass die (übrigens unspezifischen) Agglutinine und Präzipitine gegenüber den andern Bakterien als Schutzstoffe wirken würden.

Ueber die Natur dieser biochemischen Schutz- und Hemmungsstoffe wissen wir nur wenig; wir wissen nur, dass sie da sind. Man hat sie als Pseudoantikörper bezeichnet, weil sie bei ungenauer Arbeitsweise das Vorhandensein von echten Antikörpern vortäuschen können; didaktisch glücklicher wäre wohl der neutrale Ausdruck *Schutzstoffe:* es sind Stoffe, die aus irgendwelchen Gründen, unabhängig vom Parasiten, von Natur aus da sind und als *Nebenwirkung* zufällig einen hemmenden Einfluss auf bestimmte Parasiten und sonstige Mikroorganismen ausüben.

Fassen wir zusammen. Es gibt im Pflanzenreich eine Form des Krankheitsschutzes, der Krankheitswiderstandsfähigkeit, die in passiver Weise durch vorgebildete Stoffe (vorgebildet = ehe der Parasit in den Lebenskreis des betreffenden Individuums tritt), Zellwände, Zellinhaltsstoffe usw. ausgeübt wird. Diese erste Form der Krankheitswiderstandsfähigkeit nennen wir Botaniker die Resistenz. Der Mediziner würde hier wahrscheinlich von konstitutioneller oder angeborner Krankheitswiderstandsfähigkeit sprechen; wir Botaniker dürfen diesen Ausdruck nicht gebrauchen, weil die Pflanzen nicht eine Konstitution im medizinischen Sinne besitzen. Doch würde uns diese Teilfrage weit über den Rahmen unseres heutigen Gegenstandes hinausführen.

* * *

Wir wollen nun annehmen, die bisher besprochenen mechanischen und chemischen Faktoren der Resistenz hätten nicht ausgereicht, um den Parasiten fernzuhalten. Der Parasit entwickelt sich infolgedessen und das Individuum wird krank. Frage: worin äussert sich, abgesehen von der Zerstörung der befallenen Gewebe, bei den Pflanzen dieses Kranksein?

Wir greifen der Kürze halber wieder ein möglichst einfaches und einheitliches Beispiel heraus, die Kartoffelknolle, infiziert durch *Bacillus phytophthorus,* den Erreger der „Schwarzbeinigkeit", und zwar verfolgen wir als Maßstab für den Krankheitszustand die Temperatur- und die Atmungsverhältnisse der Kartoffelknolle, also zwei Lebensäusserungen, die wir auch bei uns, z. B. bei einer Lungenentzündung, als Maßstab für den Krankheitsverlauf überwachen.

Die normale Körpertemperatur der ungestörten Kartoffelknolle beträgt ungefähr 0,005° C; um diese fünf tausendstel Grad ist also die Kartoffelknolle wärmer als die sie umgebende Luft. Naturgemäss spielen Sorte, Vorkultur und Jahreszeit eine Rolle; auch ist die Umgebung der Knospen („Augen") etwas wärmer als die Zwischenfelder; das Kronenende ist gegen das Frühjahr hin etwas wärmer als das Nabelende usw.; ich erwähne diese Einzelheiten nur, um anzudeuten, dass sie berücksichtigt wurden. Diese durchschnittliche Körpertemperatur von 0,005° C ist in Abb. 4 schematisch als Gerade *(KT)* eingezeichnet; selbstverständlich schwankt sie je nach der Transpiration um einige zehntausendstel Grad, doch spielt das für unsere Betrachtung keine Rolle.

Was geschieht nun, wenn wir die Knolle schlechtweg mechanisch verletzen? Antwort: es tritt eine Wundreaktion ein, eine gesteigerte Enzym- und Wachstumstätigkeit der Wundgewebe; als Folge steigt die Temperatur der Wundgewebe innerhalb einer Stunde auf ungefähr das 14fache der normalen Körpertemperatur (Abb. 4, Kurve *WR* = Wundreaktion). Dann setzt die Vernarbung,

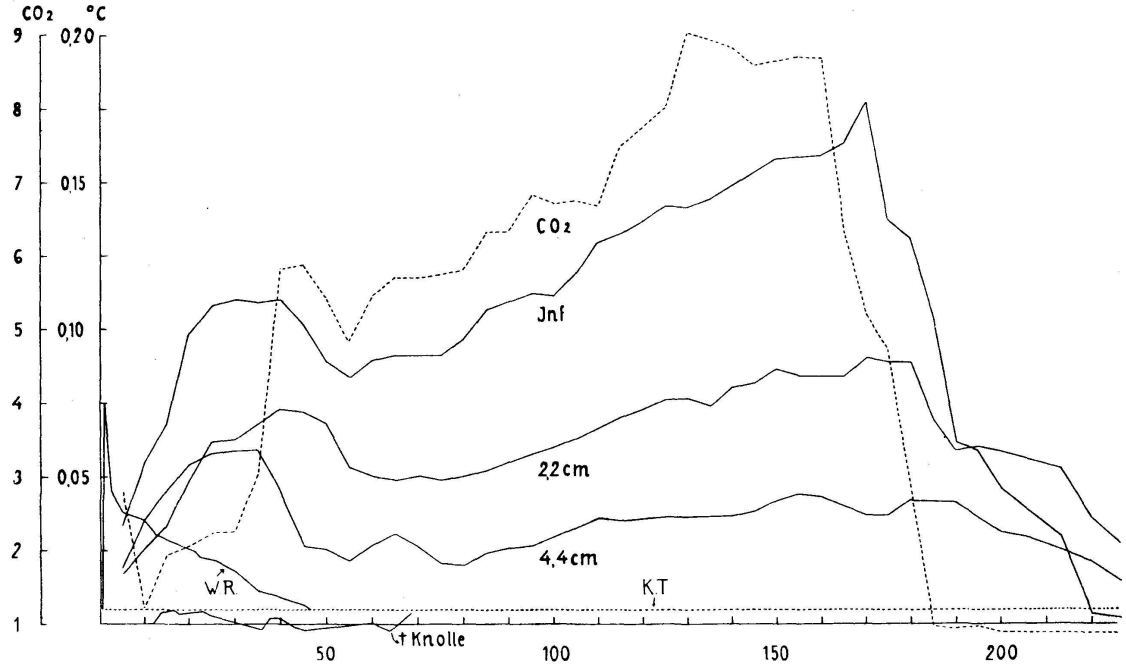

Abb. 4. Temperatur- und Atmungsverhältnisse einer Kartoffelknolle, die mit *Bacillus phytophthorus* infiziert wurde. *KT* = Normale Körpertemperatur der ungestörten Knolle. *WR* = Temperaturkurve der Wundreaktion. *Inf.* = Temperaturkurve der infizierten Gewebe. *2,2 cm* = Temperaturkurve der 2,2 cm vom Infektionsherd entfernten, gesunden Gewebe. *4,4 cm* = Temperaturkurve der 4,4 cm vom Infektionsherd entfernten, gesunden Gewebe. CO_2 = Atmungskurve der infizierten Gewebe. Erklärung im Text. (Nach Eglits, 1932.)

die Verkorkung ein, die Wundtemperatur fällt erst steil, dann langsam ab und ist nach ungefähr zwei Tagen erloschen: die Wunde ist vernarbt.

Was geschieht, wenn wir die Wunde nicht in dieser Weise ungestört vernarben lassen, sondern sie mit einer pathogenen Bakterie, *Bacillus phytophthorus,* infizieren? In diesem Falle setzt statt der Vernarbung eine immer weiter um sich greifende Infektionskrankheit der benachbarten Gewebe ein. Dementsprechend fällt die Temperatur der verwundeten Gewebe nicht weiter ab, sondern sie steigt erneut an und steigt mit einigen willkürlichen

Schwankungen ungefähr 170 Stunden, also rund 7 Tage lang an (Abb. 4, Kurve *Inf.*); ihr Höhepunkt erreicht ungefähr den 30 bis 35fachen Betrag der normalen Körpertemperatur. Dieser Kurvenanstieg wurde bei einigen Dutzend Individuen nachgeprüft: er ist allgemeingültig.

Der Höhepunkt nach rund 7 Tagen bedeutet zugleich einen Wendepunkt im Krankheitsverlauf; denn die primär infizierten und primär erkrankten Gewebe, deren Temperaturen wir für die Kurve *Inf.* gemessen haben, beginnen nunmehr abzusterben; ihre Temperatur fällt dementsprechend steil ab, sinkt (da die Gewebe nunmehr tot sind) unter die Körpertemperatur und nähert sich der Lufttemperatur (die in Abb. 4 als Nullpunkt verwendet wurde). Die eigentliche Krankheitskurve reicht also nur bis zum Höhepunkt; dann erfolgt der Tod, und der Kurvenschenkel rechts entspricht nur noch dem physikalischen, kalorischen Ausgleich der noch warmen, toten Gewebe mit der Lufttemperatur. Am rechten äussern Rand der Abb. 4 dürfte der Gleichgewichtszustand bald erreicht sein.

Diese besondere Form des Kurvenverlaufes ist für diese besondere Erkrankung der Kartoffelknollen: „Schwarzbeinigkeit", verursacht durch *Bacillus phytophthorus,* bis zu einem gewissen Grade charakteristisch. Andere infektiöse Erkrankungen der Kartoffelknollen haben anders beschaffene Temperaturkurven. Man könnte also, wenn man so bizarr arbeiten wollte, die Sache umkehren und aus der Art des Kurvenverlaufes diagnostisch auf die Art der Erkrankung schliessen, wie man das in der Humanmedizin zuweilen tun muss.

Ähnlich wie die Temperaturkurve verläuft auch die Atmungskurve der befallenen Gewebe (Abb. 4, Kurve CO_2); sie gibt an, wie vielmal mehr Kohlensäure in der Zeit- und Oberflächeneinheit von den erkrankten Geweben ausgeschieden wurde als von den entsprechenden gesunden Geweben. Wir sehen: die Atmungskurve steigt im grossen und ganzen ähnlich an wie die Temperaturkurve, macht auch die Störung des Krankheitsverlaufes mit, nur erreicht sie, und das ist kein Zufall, sondern die Regel, ihren Höhepunkt *vor* dem Temperaturgipfel, 30—40 Stunden *vor* dem Tod der Gewebe, und sie fällt dann, weil der Tod und die Auflösung nunmehr beginnen, steil ab und sinkt naturgemäss unter die Quote der gesunden lebenden Gewebe.

Wir sehen also: die erkrankten Gewebe der Kartoffelknolle zeigen, wie die erkrankten Gewebe des Menschen und der Tiere,

eine charakteristische Kurve der gesteigerten Temperatur und eine charakteristische Kurve der gesteigerten Atmung.

* * *

Die beiden soeben besprochenen Kurven beziehen sich jedoch ausschliesslich auf die unmittelbar erkrankten Gewebe. Wir fragen daher: was geschieht mit den andern, nicht unmittelbar infizierten und nicht unmittelbar erkrankten Geweben der Kartoffelknolle, also mit jenen Geweben, die dem blossen Auge als „gesund" erscheinen.

Wir wollen der Kürze halber diese Frage nur auf Grund der Temperaturkurven beantworten und die Atmungskurven weglassen. Wir messen also während der ganzen Krankheitsdauer die Temperatur in einem Abstand von 2,2 cm von der Infektionsstelle entfernt und erhalten die Kurve „*2,2 cm*" der Abb. 4. Wir sehen: die Kurve setzt tiefer ein als die Kurve „*Inf.*"; dies beruht auf einem Zufall, verursacht durch einen etwas raschern Verlauf der Wundreaktion. Sodann sehen wir, und darauf kommt es an, dass auch die nicht unmittelbar infizierten, 2,2 cm entfernten Gewebe der Kartoffelknolle eine ausgesprochene Temperatursteigerung aufweisen, eine Steigerung, die selbst in den Störungen des Krankheitsverlaufes mit der primären Kurve gleichsinnig verläuft. Nur verläuft sie viel niedriger und erreicht kaum den halben Betrag; sie ist jedoch immerhin etwa 16 mal so hoch wie die ungestörte Körpertemperatur. Ferner sehen wir, und das ist ebenfalls die Regel, nicht ein Zufall, dass unsere Kurve ungefähr 10 Stunden später abzusinken beginnt als die Kurve der primären Erkrankung.

Wir können jedoch unsere Meßstelle noch weiter vom Krankheitsherd entfernen und ihn an das andere Ende der Kartoffelknolle verlegen. 4,4 cm von der Infektionsstelle entfernt, und wir sehen: auch diese Gewebe am andern Ende der Kartoffelknolle erfahren im Zusammenhang mit der lokalen Infektionskrankheit eine ausgesprochene Temperatursteigerung (Kurve *4,4 cm* der Abb. 4); nur verläuft sie nicht mehr so regelmässig wie in der unmittelbaren Nachbarschaft der Infektionsstelle und ist auch niedriger als dort; doch erreicht ihr Gipfel noch ungefähr den 8fachen Betrag der ungestörten Körpertemperatur. Je weiter wir uns also vom Krankheitsherd entfernen, um so mehr nimmt die Temperatursteigerung ab.

* * *

Wir fragen uns nunmehr: wie ist diese Temperatursteigerung der nicht infizierten Gewebe zu deuten? Zunächst fällt auf, dass die beiden Kurven der nichtinfizierten Gewebe rechts aussen in Abb. 4 ebenfalls absinken. Dies ist sehr überraschend; denn die Krankheit geht am lokalen Infektionsherd weiter, auch wenn an der ursprünglichen Infektionsstelle (da, wo wir die Temperaturen für die Kurve *Inf.* gemessen haben) die Gewebe abgestorben sind; und man sollte nun glauben, dass, weil die Krankheit weiter um sich greift, in den gesunden Geweben die Temperatursteigerung anhalten würde. Das tut sie aber nicht; ungefähr 10 Stunden nachdem an der primären Infektionsstelle der Tod eingetreten ist, beginnen die sekundären Kurven regelmässig abzuklingen. Der Grund dieses Verhaltens ist noch unklar. Es sind zwei Erklärungen möglich. Entweder: man kann sich vorstellen, dass von den toten Geweben aus nekrotische Stoffe diffundieren und in der Knolle gewisse Lähmungserscheinungen hervorrufen, welche Lähmungserscheinungen sich nun eben in der abnehmenden Reaktionsfähigkeit äussern. Oder man kann sich vorstellen, dass überdies durch die relativ ungeheuerliche Temperatursteigerung der Kurve *Inf.* (mehr als 30fach die normale Körpertemperatur) die Reaktionsfähigkeit der Kartoffelknolle überhaupt erschöpft ist und dass eben aus diesem Erschöpfungszustand heraus auch die sekundären Kurven abklingen.

Für diese Erschöpfungs- und Lähmungsauffassung spricht u. a. der folgende Versuch: Wir infizieren eine Kartoffelknolle und warten etwa acht Tage, bis an der Infektionsstelle der Tod und der Kurvenabfall eingetreten ist. Sodann infizieren wir die Knolle an einer andern Stelle ein zweites Mal; wir schaffen also einen neuen lokalen Krankheitsherd und messen wiederum von 5 zu 5 Stunden die Temperaturen und die Atmung. Merkwürdigerweise erhalten wir bei dieser erneuten Infektion keine saubern Kurven mehr. Es gibt freilich erneute Temperatur- und Atmungssteigerungen; aber sie verlaufen niedriger und verlaufen wirr. Die Reaktionsfähigkeit der Kartoffelknolle ist also offensichtlich durch den ersten Anfall erschöpft. Doch ist das selbstverständlich nur ein vorläufiger Deutungsversuch; es werden Jahre vergehen, bevor man hier klar sieht.

Wir müssen weiterhin fragen: Beruht die Temperatursteigerung der nichtinfizierten Gewebe wirklich auf einer Reaktion dieser Gewebe, oder kommt sie nicht vielmehr dadurch zustande, dass in

den befallenen Geweben durch den bakteriellen Abbau exotherme Wärme frei wird, die nun eben ausstrahlt und von uns an den verschiedenen Stellen gemessen wird? In diesem Falle wäre es ja nur die durch den bakteriellen Abbau frei werdende Wärme, die wir messen, nicht Lebensreaktionswärme, nicht aktivierte Körperwärme.

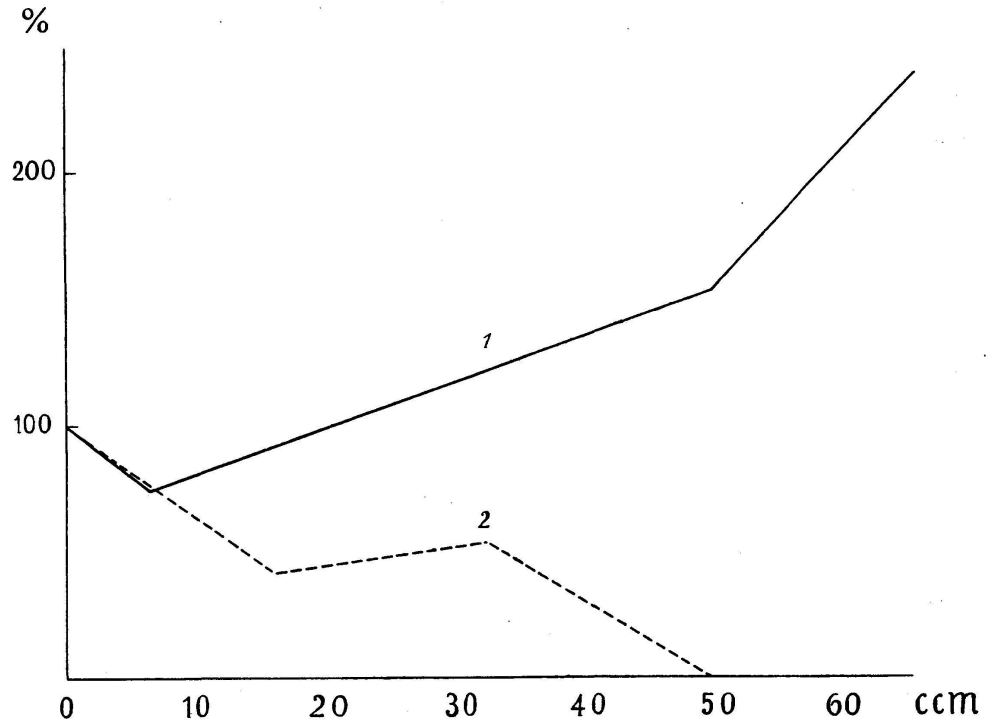

Abb. 5. Der Einfluss der Chloroformnarkose auf die Empfänglichkeit von Kohl für *Alternaria brassicae* (Kurve *1*) und von Bohnen für Bohnenrost, *Uromyces appendiculatus* (Kurve 2). Abszissen = cm^3 Chloroform pro Raumeinheit. Ordinaten: Zahl der Infektionsstellen, verglichen mit dem wachen Zustand (= 100 %). (Nach Minkevicius, 1932.)

Um diese Frage zu prüfen, töten wir die Kartoffelknollen durch Narkose. Wir verletzen sie also nicht, eben um der Wundreaktion aus dem Wege zu gehen. Wir narkotisieren sie nur mit Chloroform, bis sie tot sind. Nun messen wir zunächst die ungestörte Körpertemperatur dieser zu Tode narkotisierten Knollen; sie ist ungefähr null, entspricht also der Lufttemperatur; die Gewebe besitzen keine Eigentemperatur mehr. Hernach infizieren wir die zu Tode narkotisierten Kartoffelknollen mit *Bacillus phytophthorus* und sehen, dass die Krankheit viel rascher um sich greift als in den gesunden Knollen.

Wir sind zunächst geneigt zu glauben, der Tod der Gewebe sei an dieser grössern Anfälligkeit schuld. Dem ist aber nicht unbedingt so; der Tod braucht gar nicht eingetreten zu sein, die blosse Narkose genügt, um die Anfälligkeit der Knollen zu erhöhen, ihre Widerstandsfähigkeit also herabzusetzen: die Kartoffelknolle ist im lebenden, aber narkotisierten Zustande stärker empfänglich, also weniger widerstandsfähig gegen den Erreger der Schwarzbeinigkeit als im wachen Zustande, und zwar um so weniger widerstandsfähig, je stärker die Narkose ist.

Das ist nun freilich ein Problem, das wir hier nur streifen können. Es gibt Pflanzenkrankheiten, z. B. eine Blattfleckenkrankheit des Kohles, verursacht durch *Alternaria brassicae,* bei welcher, wie bei den Kartoffelknollen, durch steigende Narkose die Anfälligkeit, verglichen mit dem wachen Zustande, wächst, die Widerstandsfähigkeit also abnimmt (Abb. 5, Kurve *1*); daneben gibt es jedoch andere Pflanzenkrankheiten, z. B. den Bohnenrost, bei welchen durch jede Narkose, Äther, Chloroform, Alkohol die Empfänglichkeit vermindert, die Widerstandsfähigkeit also erhöht wird (Abb. 5, Kurve *2*). Warum? Wir wissen es nicht; Probleme der Zukunft.

Wir kehren zurück zu unsern zu Tode narkotisierten Kartoffelknollen und messen in Intervallen von 5 zu 5 Stunden die Temperaturen und die Atmung an der rasch um sich greifenden Infektionsstelle und 2,2 und 4,4 cm von ihr entfernt. Der Übersichtlichkeit halber ist in Abb. 4 nur die Kurve der unmittelbar erkrankten Gewebe (Kurve „† *Knolle*“) eingezeichnet und alles andere weggelassen. Wir sehen, es treten in den toten Knollen keine Temperatursteigerungen auf, und zwar weder in den unmittelbar erkrankten noch in den entfernten, nichtinfizierten Geweben. Die durch den bakteriellen Abbau frei werdende Wärme ist demnach so gering, dass sie in den saftigen Geweben gar nicht in die Erscheinung tritt.

Hierdurch ist der Beweis erbracht, dass die in den nichtinfizierten Geweben gemessene Wärme nicht durch den bakteriellen Abbau an der Infektionsstelle erzeugt wird, sondern sie wird ausgelöst durch eine Lebensreaktion der nichtinfizierten Gewebe selbst. Sie entspricht also wirklich einem Erregungszustand, einem Fieberzustand, analog dem Fieberzustand, in den unser Körper gerät, wenn ein Organ, z. B. die Lunge, eine bakterielle Erkrankung erleidet. Nur sind beim Menschen und bei den warmblütigen Tieren

die Fiebersteigerungen verhältnismässig gering, bei uns 37—41° C, also gute 10 %, während bei den Pflanzen wegen der geringen Eigentemperatur die Fiebersteigerungen verhältnismässig enorm hoch sind.

Und dann noch ein wesentlicher Unterschied: bei einer Lungenentzündung gerät unser Körper im grossen und ganzen in den gleichen Fieberzustand. Wir haben kein erhebliches Temperaturgefälle vom Infektionsherd zu den entfernten Geweben, sondern unser Körper antwortet als Ganzes. Bei den Pflanzen ist dagegen diese Ganzheit des Körpers nicht so ausgeprägt; der Erregungszustand, der Fieberzustand, nimmt daher mit der Entfernung vom Krankheitsherd ab; aber, und darauf kommt es an, auch bei den Pflanzen haben nichtinfizierte Gewebe grundsätzlich die Fähigkeit, wie die Gewebe des Menschen und der Tiere, auf eine entfernte lokale Erkrankung mit gesteigerter Temperatur und gesteigerter Atmung zu antworten.

Damit ist der Weg geöffnet zu der Frage: Beschränkt sich diese Reaktion der nichtinfizierten Gewebe wirklich nur auf diese erhöhte Temperatur und erhöhte Atmung und auf die übrigen Nebenwirkungen, die wir für Pflanzenkrankheiten kennen, oder werden in den nichtinfizierten und nicht unmittelbar erkrankten Geweben nicht doch vielleicht irgendwelche Nebenreaktionen ausgelöst, die spezifisch gegen den eingedrungenen Parasiten gerichtet sind und die wir daher als spezifische Abwehrreaktionen deuten könnten? Hier liegt für uns persönlich der Kern der heutigen Problemlage. Und wir wollen gleich vorwegnehmen: wenn es derartige Reaktionen gäbe, so wollen wir sie als Immunreaktionen bezeichnen und wollen daher unter Immunität verstehen jene zweite Form der Krankheitswiderstandsfähigkeit, die in einem bestimmten Individuum erst entsteht als Neuschöpfung, als Reaktion auf den eingedrungenen Parasiten.

* * *

Wir müssen uns bei der Immunitätsforschung im Pflanzenreich von vorneherein zweier Voraussetzungen bewusst sein: 1. dass wir es bei den meisten Pflanzenkrankheiten mit aktiv vordringenden Parasiten zu tun haben. Es entspinnt sich daher gewissermassen ein Wettlauf zwischen dem aktiv vordringenden Parasiten einerseits und den Immunreaktionen der Wirtspflanze anderseits, falls es wirklich solche gibt. Und 2. müssen wir uns bewusst sein, dass sich dieser Wettlauf für die Pflanze ungünstig gestaltet, da sie ja

nicht als Ganzheit auf die primäre Ansteckung reagiert, sondern nur lokal, nur in der unmittelbaren Nachbarschaft der befallenen Gewebe. Die Voraussetzungen für das Auffinden von Immunreaktionen sind daher von vorneherein bei den Pflanzen nicht sehr günstig.

Unzweifelhaft erkennbar sind diese Immunreaktionen dort, wo sie sich histologisch auswirken. Wird ein Laubblatt durch einen parasitischen Pilz befallen, so sieht man häufig, dass als Reaktion auf die Stoffwechselprodukte des Parasiten und auf die Abbauprodukte der eigenen absterbenden Zellen ein sekundäres Periderm entsteht, eine verhältnismässig kompliziert gebaute, verholzte und verkorkte Schutzschicht, die das vom Pilz befallene Gewebe abdämmt. Hält man ein Rebenblatt gegen das Licht, so sieht man häufig um die Peronosporaflecken eine feine braune Linie, das ist die verkorkte Schutzschicht.

Ähnlich verhält es sich z. B. mit dem Bleiglanz der Pflaumenbäume. Gewisse Pflaumensorten bilden als Reaktiou auf den eingedrungenen Parasiten, *Stereum purpureum,* in ihrem Stamm derartige Mengen gummiartiger Stoffe, dass eine Barrikade entsteht, die vom Parasiten nicht mehr durchdrungen werden kann. Der Parasit und der Krankheitsherd werden auf diese Weise abgekapselt und der Baum ist gerettet, während die andern Sorten, die nicht zu einer derartigen Reaktion fähig sind, der Krankheit zum Opfer fallen (Brooks, 1928).

Wir sehen also: Gewisse Pflanzen sind zweifelsohne zu einer histologischen Immunreaktion befähigt, wobei freilich, das sei zugestanden, der Mechanismus dieser Reaktion und seine Abgrenzung gegenüber den gewöhnlichen Wundreaktionen im einzelnen noch näher erforscht werden muss.

* * *

Schwieriger zu erkennen als diese histologischen Immunreaktionen sind die rein biochemischen Immunreaktionen. Sie sind denn auch der Tummelplatz von voreiligen Mitteilungen geworden; der Forscher fällt hier gar zu leicht einem Zufallsergebnis zum Opfer. Immerhin lassen sich heute drei Typen der chemischen Immunreaktion mit einiger Wahrscheinlichkeit auseinanderhalten.

Loroglossum (Himantoglossum) hircinum, eine Orchidee unserer Jura-Felsenheiden, wird in ihren unterirdischen Organen von einem Pilz, *Orcheomyces hircini,* befallen. Wir lassen den Pilz

auf einem Nährboden wachsen, schneiden aus den Knollen der Orchidee aseptisch ein Stück heraus und legen es auf den Nährboden, in einigem Abstand von der heranwachsenden Pilzkultur. Merkwürdigerweise wird nun der Pilz nach den Erfahrungen von BERNARD (1911) und NOBÉCOURT (1928) im Abstand von 3—4 cm vor dem Knollenstück aufgehalten. Es ist demnach aus dem Knollenstück ein fungizider Stoff in den Agar hinaus diffundiert, ein Stoff, der das Wachstum des Parasiten abbremst. Frage: ist dieser Stoff von Natur aus in der Knolle vorhanden oder wird er erst erzeugt als Reaktion auf die herandiffundierenden Toxine und Enzyme des Parasiten? Wir töten die Knolle durch Narkose und sehen: die Reaktion bleibt aus, der Pilz wird nicht angehalten und die Knolle fällt ihm zum Opfer. Der fungizide Stoff ist also wirklich eine Neubildung der lebenden Gewebe.

Ein zweiter Typus der chemischen Immunreaktion ist wahrscheinlich in der Bildung von Bakteriophagen zu suchen. Es sind dies jene rätselhaften Stoffe, die das sogenannte d'HÉRELLEsche Phänomen hervorrufen: die vollständige oder teilweise Auflösung und Verschleimung der Bakterienkulturen. Wir infizieren Pelargonien mit *Bacterium tumefaciens* und erhalten Tumore, Pflanzenkrebse. Nun hat CHESTER (1933) gezeigt, dass gesunde Pelargonien keinen Bakteriophagen enthalten; wohl aber konnte er mit der bisherigen Methodik in 40 % der Fälle das Vorhandensein eines spezifischen Bakteriophagen gegen *Bacterium tumefaciens* in den Tumoren nachweisen. Und zwar scheint dort der Bakteriophag nicht etwa durch den Zerfall der Bakterien selbst gebildet zu werden, sondern seine Entstehung scheint irgendwie mit einer Lebensreaktion der befallenen Gewebe in Beziehung zu stehen. Es muss also hier irgendwie eine Immunreaktion, eine Antikörperbildung, verborgen liegen. — Merkwürdigerweise wird dieser Bakteriophag durch den Saftstrom über die ganze Pflanze hin verschleppt: in drei Viertel der Fälle, da im Tumor seine Anwesenheit festgestellt wurde, liess er sich auch in den entfernten, gesunden Geweben der lokal erkrankten Pflanzen nachweisen. Ob er freilich in diesen entfernten Geweben ausreicht, um bei Neuinfektionen die Bildung neuer Tumore zu verlangsamen oder zu verhindern, das zu beurteilen reicht unser Zahlenmaterial noch nicht aus.

Eine dritte Gruppe von Immunreaktionen scheint endlich in der Bildung von mehr oder weniger spezifischen Agglutininen und

Präzipitinen zu liegen. Vor mehr als 25 Jahren schon hat Schiff-Giorgini (1906) darauf hingewiesen, dass im Preßsaft der Gewebe in der unmittelbaren Umgebung der Tuberkeln des Oelbaumes ein agglutinierendes Prinzip vorkommt, also ein Stoff, der die Geisselbewegung des Parasiten, *Bacillus oleae* bzw. *Bacillus Savastanoi*, lähmt. Dieses Prinzip fehlt normalerweise den gesunden Geweben des Oelbaumes; seine Bildung muss also irgendwie mit einer lokalen Immunreaktion der Gewebe in der unmittelbaren Nähe der Tuberkeln in Beziehung stehen. Ähnliche Erscheinungen sind seither durch Carbone und Arnaudi (1930) und durch andere Forscher beobachtet worden.

Fassen wir zusammen. Durch diese und ähnliche Ergebnisse, die wir hier nicht alle besprechen können, ist unzweifelhaft festgestellt, dass gewisse Pflanzen zur Bildung von Antikörpern, also zu biochemischen Immunreaktionen, befähigt sind. Nur sind diese Immunreaktionen ausschliesslich lokaler Natur (da ja die Pflanze nicht als Ganzheit reagiert), sie sind ausschliesslich auf die unmittelbare Umgebung der Infektionsstelle beschränkt, und sie werden daher in den meisten Fällen durch die Erscheinungen der Resistenz überdeckt, gewissermassen maskiert. Sie sind jedoch unzweifelhaft vorhanden, und es ist nach meiner persönlichen Überzeugung nur eine Frage der Methode, sie sichtbar zu machen.

* * *

Und so fragen wir uns zum Schluss: wie verhalten sich diese lokalen Immunreaktionen des Pflanzenreichs zu den Immunreaktionen des Menschen und der Tiere, also zu der Immunitätslehre der Human- und Veterinärmedizin? Es dürfte nach dem Gesagten klar sein, dass die klassische humorale Immunität, wie wir sie für die Pocken kennen, hier als Parallele nicht in Frage kommt. Dagegen dürfte ein Versuch, den Grumbach (1928) im Anschluss an Besredka (1921) ausgeführt hat, für uns wegleitend sein. Grumbach hat das Filtrat von alten Streptokokkenkulturen in die Bauchhaut von Meerschweinchen injiziert und hat die Injektionsstelle genau markiert. Nach 48 Stunden hat er tödliche Dosen derselben hochvirulenten Streptokokkenkultur in die Bauchhaut eingeimpft, und zwar in Abständen von 1, 2, 3 und 5 cm von der ursprünglichen Injektionsstelle, mit dem Ergebnis: in einem Bereich von bis ungefähr 1 cm von der Injektionsstelle entfernt ist eine vollkommene

Immunität entstanden und die tödliche Dosis wird ohne weiteres ertragen. Im Bereich von bis 2 cm von der ursprünglichen Injektionsstelle entfernt ist zwar noch eine hemmende Wirkung zu erkennen; sie reicht jedoch nicht aus, um das Tier vor dem Tode zu retten. Und in 3 und 5 cm Abstand ist keine Schutzwirkung mehr vorhanden und die Tiere gehen ohne weiteres ein.

Wir sehen also: durch die intrakutane Vakzination mit dem Streptokokkenfiltrat ist eine lokale spezifische Immunisierung gegen die betreffenden Streptokokken erzielt worden, eine Immunisierung, die ausschliesslich auf die unmittelbarst benachbarten Gewebe beschränkt ist und keine freikreisenden Antikörper im Blut, also auch keine erhöhte Abwehrbereitschaft des übrigen Körpers, zur Folge hat. Nicht das Blut ist der Träger dieser lokalen Immunität, sondern es handelt sich um eine rein zelluläre Immunreaktion, die einzig durch Infiltration von den immunisierten Zellgruppen aus auf die unmittelbar benachbarten Gewebe, und nur in diese, vordringen kann. Es gibt demnach im Tierreich neben der allgemein bekannten, klassischen humoralen Immunreaktion noch eine zweite, verborgene, lokale zelluläre Immunreaktion, die nicht an das Blut gebunden ist, sondern ausschliesslich auf einer unmittelbaren Protoplasmareaktion der in Mitleidenschaft gezogenen Zellen beruht.

Damit ist die Brücke geschlagen zu den Immunreaktionen der Pflanzen, die ja ebenfalls von lokaler, zellulärer und unmittelbar plasmatischer Natur sind (weil ja den Pflanzen der Blutkreislauf fehlt). Es besteht zweifelsohne zwischen den drei Typen der biochemischen Immunreaktion, die wir soeben für das Pflanzenreich kurz skizziert haben, und der zellulären Immunität im Sinne von Grumbach eine innere Beziehung. Es wäre nicht ausgeschlossen, dass der Mechanismus der Reaktion in beiden Fällen ein ähnlicher ist; hierüber werden die nächsten Jahrzehnte eine Antwort geben.

* * *

Wir können die Schlussfolgerungen des heutigen Vortrages wie folgt zusammenfassen. Im Pflanzenreich ist der Parasit meist aktiv angreifend, der Wirt (die Pflanze) dagegen vorwiegend passiv, vorwiegend untätig; die Resistenz, der passive Schutz, ist daher viel wichtiger als die Immunreaktion, die aktive Abwehr. Bei den warmblütigen Tieren und beim Menschen ist dagegen der

Parasit zunächst passiv und wird zumeist ohne sein eigenes Zutun in den Körper verschleppt; dafür ist der Wirt äusserst aktiv und setzt sich durch ausgesprochene Immunreaktionen zur Wehr; die Immunreaktion, die aktive Abwehr, ist daher mindestens ebenso wichtig wie die Resistenz, der passive Schutz. Neben der allgemein bekannten humoralen Immunreaktion, die an das Blut gebunden und als solche für das Tierreich und den Menschen spezifisch ist, gibt es jedoch im Tierreich noch eine verborgene lokale, zelluläre Immunreaktion, und diese bildet wahrscheinlich ein weitgehendes Analogon zu den lokalen Immunreaktionen im Pflanzenreich.

Ich glaube daher, dass wir in der Krankheitslehre einer Zeit der Synthese entgegengehen, einer Zeit, da es möglich sein wird, das tierische und das pflanzliche Kranksein unter einem Gesichtspunkte zu betrachten.

Zitierte Literatur

Angell H. R., Walker J. C. and Link K. P. 1930. The relation of protocatechuic acid to disease resistance in the onion. (Phytopath. *20,* 431—438.)

Bernard N., 1911. Sur la fonction fungicide des bulbes d'Ophrydées. (Ann. sc. nat., Bot., 9e sér., *14,* 221—234.)

Berridge E. M., 1929. The agglutinating and plasmolytic action of the sap of the potato on various parasitic and saprophytic species of bacteria. (Ann. appl. biol., *16,* 567—577.)

Besredka A., 1921. Vaccination par voie cutanée. Charbon: Cuti-infection, Cutivaccination, Cuti-immunité. (Annales Inst. Pasteur, *35,* 421—430.)

Blackman V. H. and Welsford E. J., 1916. Studies in the physiology of parasitism. II. Infection by Botrytis cinerea. (Annals of Bot., *30,* 389—398.)

Brooks F. T., 1928. Disease resistance in plants. (New Phytologist, *27,* 85—97.)

Brown W. 1922. On the exosmosis of nutrient substances from the host tissue into the infection drop. (Ann. Bot., *36,* 101—119.)

Carbone D. e Arnaudi C. 1930. L'Immunità nelle Piante. (Monografie dell'Istituto sieroterapico Milanese. Milano, 274 S.)

Chester K. S. 1933. Studies on bacteriophage in relation to phytopathogenic bacteria. (Centr. bl. f. Bacteriologie, II. Abt., im Druck.)

Eglits M. 1932. Der Einfluss der Infektion auf die Temperatur und die Kohlensäureabgabe bei Kartoffeln. (Phytopath. Zeitschr., *5,* 343—379.)

Fischer Ed. und Gäumann E., 1929. Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze. G. Fischer, Jena, 428 S.

Grumbach A. 1928. Experimentelle Studien zur Besredkaschen Lehre von Antivirus und lokaler Immunität. (Zschr. f. Immunitätsforschung u. exper. Therapie, *57*, 57 S.)

Minkevicius A. 1932. Untersuchungen über den Einfluss der Narkose auf die Pilzempfänglichkeit der Pflanzen. (Phytopath. Zschr., *5*, 99—152.)

Newton R., Lehmann J. V. and Clarke A. E., 1929. Studies on the nature of rust resistance in wheat. (Canadian Journal of Research, *1*, 5—35.)

Nobécourt P., 1928. Contribution à l'étude de l'immunité chez les végétaux. (2. éd. Tunis, 176 S.)

Ranker E. R., 1930. The nature of smut resistance in certain selfed lines of corn as indicated by filtration studies. (Journ. agr. Res., *41*, 613—619.)

Reynolds E. S. 1931. Studies on the physiology of plant disease. (Ann. Missouri bot. gard., *18*, 57—95.)

Rosenbaum J. and Sando Ch. E. 1920. Correlation between size of the fruit and the resistance of the tomato skin to puncture and its relation to infection with Macrosporium tomato Cke. (Amer. Journ. Bot., 7, 78—82.)

Schiff-Giorgini R. 1906. Untersuchungen über die Tuberkelkrankheit des Ölbaumes. (Cbl. Bact., II. Abt., *15*, 200—211.)

L'ionosphère et la météorologie

Par

JEAN LUGEON

Directeur de l'Institut National Météorologique de Pologne (Varsovie)

«Mon inquiétude n'est
plus terrestre . . .»

Monsieur le Conseiller fédéral,
Messieurs les Présidents,
Mesdames, Messieurs,

Il est un fait avéré que la télécommunication à grande distance n'est rendue possible que par l'existence, dans les hautes parties de notre atmosphère, d'une région électrisée, à structure fort complexe, qui joue le rôle d'un prisme renvoyant vers le sol la plupart des rayons hertziens émis par nos stations de T. S. F. Cette transmission peut d'ailleurs se faire aussi comme celle des ondes sonores, qui se déplacent dans un tuyau circulaire, ainsi que le prévoit la théorie acoustique.

Il y a huit ans, à peine, que cette haute région, qu'on a dénommé la couche de KENNELLY-HEAVISIDE, était inexplorée. On savait bien, d'après certaines hypothèses du magnétisme terrestre et de la théorie de la propagation des ondes de Hertz, que son altitude devait être voisine de 100 kilomètres, mais aucun moyen ne nous permettait d'en fixer les variations journalières et d'étudier sa constitution électrique. Aujourd'hui, grâce aux progrès foudroyants des radiotechniciens, nous possédons l'appareillage nécessaire pour déceler avec une précision déjà réjouissante les principaux éléments constituant la structure et la texture de l'*ionosphère*.

L'*ionosphère!* J'emploie à dessein ce nouveau vocable imaginé en Angleterre, voici cinq ans, car il définit précisément cette

région nouvellement découverte, où il y a autant à faire pour les astrophysiciens que pour les radiotechniciens et même les météorologistes. Non pas que je veuille par là jeter la pierre à feu HEAVISIDE et moins encore à l'éminent président de l'Union Radio-Scientifique Internationale, le professeur KENNELLY, qui presque simultanément ont eu la géniale idée de concevoir la couche qui porte leurs deux noms, mais, à l'heure actuelle, on est obligé d'envisager la coexistence de plusieurs couches superposées, dans cette immense zone comprise entre les altitudes de 80 et de 1000 kilomètres, ou plus.

C'est là que se meuvent les électrons luminescents des aurores polaires. C'est là que, d'après DAUVILLIER[1], vous voyez se dessiner la lumière zodiacale, qui ne serait autre chose que le prolongement de la couronne solaire au niveau de l'orbite terrestre. C'est là, aussi, que certains bolides s'allumeraient et, enfin, dans ces hautes régions, le flux électronique de notre univers galactique produit une multitude de phénomènes d'ionisation parmi lesquels le Gegenschein, que régissent les lois les plus récentes de la théorie quantique ou d'une manière plus générale de la mécanique ondulatoire.

Avant de chercher les liens entre l'ionosphère et la météorologie, examinons d'abord la composition globale de notre atmosphère, à la lumière de la physique contemporaine.

Au-dessous des hautes couches de l'ionosphère, où les phénomènes de la pesanteur et par conséquent de la thermodynamique semblent être entièrement remplacés par des phénomènes électroniques, nous situerons la stratosphère, elle-même divisée en plusieurs couches. Il faut convenir à cette place que l'hypothèse du géocoronium a vécu: la composition moléculaire de la stratosphère est moins compliquée que l'avait supposé WEGENER, notre regretté membre honoraire, mort pour la science au Grœnland.

Entre 80 et 20 kilomètres, nous croyons connaître une région apparemment neutre pour les ondes hertziennes, mais où se jouent des phénomènes d'une extrême importance pour le règlement des conditions d'existence de notre planète.

C'est dans la haute stratosphère que la partie mortelle du spectre solaire est absorbée vers les longueurs d'onde de 2800

[1] A. DAUVILLIER: Recherches de physique cosmique. Extrait de la R. G. E., t. XXXI, Paris 1932.

Angström et ce processus donne lieu à la production d'une couche d'ozone, découverte par Charles Fabry et Buisson en 1912. Le rôle protecteur de cette couche n'est plus à mettre en doute. Sans elle la vie n'aurait pas été possible ici-bas.

Si l'on ne s'est pas encore entendu définitivement sur la localisation de la couche d'ozone, depuis la conférence de la Sorbonne en 1929, convoquée par Fabry et Dobson, on admet cependant universellement que son épaisseur réduite est voisine de 3 millimètres. Pour la plupart des chercheurs, la couche se trouve à 50 kilomètres d'altitude, précisément dans cette région où les ondes sonores semblent rencontrer une surface qui les renvoie au sol.

Descendons plus bas; nous arrivons dans la basse stratosphère sondable par des ballons, où la thermodynamique reprend force loi. C'est là que le regretté Wigand, de la Deutsche Seewarte, retient le record d'altitude avec ses météorographes, par environ 36 kilomètres.[1] Un peu plus bas, entre 30 et 20 kilomètres, vous trouvez la région des nuages perlés de Störmer qui apparaissent au crépuscule. Enfin, beaucoup plus bas, entre 20 et 10 kilomètres, où les hommes ont toutes les chances de pouvoir naviguer avec des machines plus lourdes que l'air, nous définirons la tropopause, qui à mon avis a été improprement baptisée stratosphère, car, en fait, depuis les nombreux sondages de Jaumotte et Bjerknes, on y constate des mouvements ondulatoires à grande amplitude, qui seraient donc en contradiction avec l'idée d'une structure stratifiée. La tropopause est en liaison mécanique et thermique étroite avec la troposphère, où nous vivons. Ces deux couches ne sont séparées visiblement que par la région des cirrus, ces fins nuages qui participent intimément aux fluctuations du temps et dont l'altitude décroît de 17 kilomètres à l'équateur à 7 kilomètres au pôle. Car, j'ai hâte d'ajouter, les chiffres précédents que j'ai cités ne concernent que les latitudes moyennes. Toutes les couches que nous venons de passer en revue semblent inclinées, en épousant autour du géoïde la forme d'ellipsoïdes dont l'aplatissement dépasse notablement celui du globe. Je crois avoir montré, d'après des sondages électromagnétiques simultanés à El Goléa et à Zurich, que l'inclinaison de la

[1] A. Wigand: Hochfahrten von Registrierballonen. Beitr. z. Phys. d. freien Atmosph. *17*. p. 286. 1931. — J. Bartels: Überblick über die Physik der hohen Atmosphäre. Elektrische Nachrichten-Technik, Bd. 10, Sonderheft. Springer, Berlin 1933.

couche de KENNELLY-HEAVISIDE devait atteindre environ $^{8}/_{1000}$, soit 130 kilomètres à l'équateur et 71 kilomètres au pôle.[1]

En fait, notre atmosphère est assimilable à un édifice très élevé, où l'on étudie à chaque étage un chapitre différent des sciences physiques et géophysiques. Si le météorologiste veut bien administrer cet énorme institut et surtout s'il veut coordonner dans sa pensée les efforts d'un monde considérable de savants pour en tirer la quintessence à des fins pratiques — je pense à la prévision du temps à longue échéance — il doit posséder aujourd'hui un véritable esprit à la D'Alembert.

Au rez-de-chaussée de notre atmosphère, dans la biosphère, vous voyez des botanistes, des forestiers, des hydrographes interroger le météorologiste sur les problèmes les plus variés de la radiation solaire, de la respiration du sol, de la sudation, de l'évaporation, des condensations occultes, bref sur l'ensemble du cycle des précipitations qui fera pendant cent générations couler autant d'encre que de pluie. Puis dans la troposphère, au deuxième étage, une pléiade de cliniciens pressent les instituts météorologiques pour obtenir des informations sur la qualité thérapeutique de l'air en mouvement, pour définir les aérosols, la déperdition calorifique au couchant, l'humidité, le degré de continentalité du climat, sans négliger l'action probable des agents électriques, des gros ions, des poussières, de l'effet inducteur des décharges lumineuses à grande distance ou de l'action combinée des microvariations de la pression barométrique sur la pression sanguine ou sur les centres d'équilibre. Dans la couche respirable se jouent les échanges les plus variables et l'imagination fantaisiste y pourra combiner mille processus. La statistique nous enseigne que plusieurs siècles sont nécessaires pour défricher ces domaines de la science de corrélation, car l'ensemble des phénomènes météorologiques est réglé par des cycles qui s'emboitent les uns dans les autres et dont les périodes sont encore indéfinies, malgré le premier siècle d'observations que nous possédons.

Passons au troisième étage, dans la troposphère libre. C'est là, à la fois, le royaume du météorologiste empiriste, de celui qui établit la classification des nuages, qui fait la synthèse des types de temps, qui décrit dans les trois dimensions les états dynamiques et ther-

[1] JEAN LUGEON: Le sondage simultané par les parasites atmosphériques à Zurich et en Sahara. *C. R.*, t. 191, p. 525, Paris, 1930.

miques des corps d'air, selon les écoles autrichienne et française ou des fronts, selon les méthodes norvégiennes. Mais, si ce météorologiste empiriste veut être sincère, il ne doit pas seulement s'inspirer des méthodes du naturaliste qui décrit, qui définit et qui classe, il doit avant toute chose être doté d'un esprit de mathématicien de première force. On ne saurait créer une œuvre sérieuse en météorologie dynamique, sans la fonder sur les équations de LAGRANGE ou les géniales conceptions de BJERKNES, sur l'extrapolation des lois fondamentales de l'hydrodynamique et leur extension aux éléments compressibles, aux gaz. C'est là, que nous autres, gens de métier, nous assistons depuis quelques années à cette remarquable association de l'empirisme, créateur, et de l'abstraction, organisatrice. Pas de plus beau mariage dans l'aristocratie de la pensée scientifique, que la fusion de ces molécules chaudes et froides, qui selon le concept mathématique de BJERKNES et SOLBERG engendrent un cyclone le long du front polaire.

La troposphère où nous vivons, c'est aussi la pierre d'achoppement de la météorologie officielle, de ce qui fait vivre les gens de carrière, je parle des services de prévision du temps et de l'organisation météorologique internationale.

Nous dépensons en Europe plus de 10 millions de francs-or par année pour prévoir le temps avec une exactitude de 75 %, tout au plus. Et si je dis que notre budget est 10 fois trop modeste, c'est que le prix d'amélioration de 1 %, seulement de la moyenne de nos prévisions, coûterait une gigantesque organisation supplémentaire de sondages journaliers par avions et une intensification considérable des échanges radiotélégraphiques d'observations.

Il y a surcroît de médecins, d'ingénieurs, de littérateurs, dit-on, mais il y a beaucoup trop peu de météorologistes. La prévision du temps est donc à la fois une question d'argent et de personnel qu'il est souvent difficile de recruter, puisque la météorologie est une sorte de monopole d'Etat.

Trop peu d'hommes, aussi, pour appliquer un trop grand nombre de méthodes, tant empiriques que mathématiques, parmi lesquelles il faudra bientôt opérer une sélection impartiale, en ne cherchant à pousser les investigations que dans des directions dignes d'adaptations pratiques. Le professeur SCHMAUSS de Munich, dans une allocution à la réunion des directeurs d'instituts météorologiques du monde, à Copenhague en 1929, s'est justement inquiété

du remarquable désordre qui règne parmi les chercheurs. Il est temps que des organisations internationales coordonnent les recherches, si non c'est le gaspillage des pauvres moyens dont nous disposons. Je souhaite voir une fois l'Association météorologique internationale, cette section de l'Union géodésique et géophysique, prendre courageusement l'initiative, en forçant les Etats à appliquer un programme de recherches uniformes, dans le domaine de la synoptique. Il faut que des «résolutions» on passe une fois aux actes. Il est inutile de jeter mille hypothèses séduisantes sur le papier pour la gloire d'une carrière, si nous nous trouvons pendant des siècles dans l'impossibilité de les vérifier.

Il est vrai que la jeune génération des météorologistes diffère totalement, comme formation académique et comme méthode, de celle d'il y a vingt ans. Dans nos investigations nous nous trouvons en face d'un véritable embarras de richesses, parce qu'il y a trop de facteurs à observer et trop d'inconnues à évaluer.

J'ignore si c'est un signe des temps, mais ceux de mon âge envisagent les problèmes de la troposphère sous un jour plutôt sombre. Je n'irai toutefois pas jusqu'à sonner le glas funèbre d'un Jean Mascart, auquel la prévision du temps paraissait impossible. Mais sans être pessimiste, il faut rester honnête. Malgré l'ingratitude de notre clientèle continuons à accumuler les chiffres et les diagrammes: nous aurons au moins cette satisfaction de penser que la dixième génération de nos descendants saura prévoir le temps avec une exactitude de 99 %, les courbes de Gauss semblent le prouver.

* * *

Gravissons quelques marches, nous nous trouvons dans la tropopause, dont la thermodynamique était presqu'inconnue jusqu'à ce que Jack Bjerknes [1], grâce au merveilleux petit météorographe du Colonel Jaumotte, directeur de l'Institut Météorologique Royal de Belgique, nous en révéla les lois fondamentales. Le savant norvégien nous donne une image préliminaire de ces oscillations à large amplitude qui semblent parfois être en altitude l'intégration d'un ensemble fort complexe de perturbations de la basse atmosphère. Dans toute sa hauteur, la tropopause semble participer aux fluctuations du temps, mais il est encore trop tôt pour dire si ces

[1] J. Bjerknes: Exploration de quelques perturbations atmosphériques à l'aide de sondages rapprochés dans le temps. Geofysiske Publ. vol. IX. no. 9, Oslo, 1932.

mouvements sont en avance ou en retard sur les successions des images synoptiques que nous dessinons en projection horizontale. Il est téméraire, aussi, de fixer déjà des lois de corrélation. J'ose d'ailleurs espérer que les mouvements de l'air, dans la tropopause, ne se révéleront pas comme un moyen infaillible et indispensable pour préciser la diagnose des états atmosphériques. Car je me rends trop bien compte que jamais aucun Etat n'accordera les crédits pour envoyer chaque jour 24 ballons jusqu'à 20 kilomètres d'altitude. Il faudrait alors renoncer à l'espoir d'améliorer la prévision du temps.

Pourtant, un moyen économique permet de suivre, au moins dans leur projection, une partie de ces grands courants de la tropopause et même de la stratosphère, c'est l'observation des nuages perlés de Störmer. L'illustre mathématicien d'Oslo vient une fois de plus d'offrir un magistral cadeau à ses disciples.[1] Il a mesuré avec précision l'altitude de ces nuages nacrés qui peut atteindre 82 kilomètres, ce qui jette un singulier trouble parmi les partisans de la séparation des mouvements stratosphériques et troposphériques, d'autant plus que Störmer nous dit que ces nuages remarquables sont en relation avec les perturbations hiémales de l'Europe septentrionale. Il en découlerait que l'un des trois processus de condensation: la convection, la détente ou le mélange se répercuterait jusqu'aux confins de l'atmosphère thermodynamique, c'est-à-dire jusqu'à la base de l'ionosphère, que nous dénommerons ultra-stratosphère.

* * *

J'ouvre ici une parenthèse au sujet du sondage de la basse stratosphère et de la troposphère.

La technique des sondages aérologiques a fait un notable progrès depuis que Bureau, Duckert, Moltchanoff et d'autres ont équipé des ballons d'appareils transmetteurs T. S. F. envoyant automatiquement par les ondes les trois éléments température, pression, humidité, par un système de contacts solidaires des bielles du météorographe. Si l'on obtient ainsi instantanément au sol les principales caractéristiques des couches d'air que traverse le ballon, il n'en reste pas moins que l'opération est coûteuse et qu'elle ne saurait pas être effectuée journellement en plus d'une dizaine de stations de notre continent. Par ailleurs, ces ballons ne peuvent que dans des cas exceptionnels dépasser l'altitude de 20 kilomètres. Il est

[1] Carl Störmer: Nuages dans la stratosphère. C.R., t. 196, p. 1824, Paris, 1933.

rare, malgré toutes les précautions prises pour donner au caoutchouc les coefficients de dilatation désirables, qu'on atteigne 25 kilomètres, avec un ballon chargé de quelques centaines de grammes.

Aussi, je rêve toujours à cette méthode de sondage électromagnétique de la température des couches d'inversion — voir d'autres inégalités dans la stratification, et, partant, de toute la basse atmosphère — laquelle, après avoir été approuvée par d'éminents physiciens, me paraît devoir un jour faciliter considérablement la tâche de l'aérologie.[1] Je vais préciser.

Depuis deux ans que mon service quotidien de sondages aérologiques par cerfs-volants fonctionne normalement à l'Observatoire Aérologique de Jabłonna, au centre de la Pologne,[2] j'ai pu retrouver sur les téphigrammes et les diagrammes des parasites atmosphériques enregistrés à la même place des coïncidences de courbures identiques à celle que j'avais découvertes en Suisse, en superposant les isothermes évaluées d'après les stations de montagne et les diagrammes de mon „atmoradiographe“ de Zurich. Ce n'est assurément plus là une coïncidence de hasard. Par les fortes inversions de température que trahit la brume ou le brouillard, en temps anticyclonique, il y a une recrudescence des troubles radioélectriques au moment du lever du soleil, lorsque les rayons commencent à éclairer l'inversion. L'effet ne peut pas être de nature purement électrique, la température y joue son rôle, ou pour le moins elle représente indirectement une des grandeurs scalaires qui entre dans un processus difficile à interpréter dans l'état actuel de nos connaissances des propriétés électromagnétiques et ioniques des basses couches atmosphériques.

Mes constatations se trouvent en accord avec les mesures de la densité électrique de l'air de Wigand sur le Graf Zeppelin.[3] Le savant allemand avait trouvé dans la couche d'inversion de température, ci-devant la mer de brouillard qui caractérise le temps

[1] Jean Lugeon: Une méthode pour sonder l'atmosphère à l'aide des perturbations du champ électromagnétique au passage de l'anneau crépusculaire. C. R., t. 188, p. 1114, Paris 1929.

[2] Jean Lugeon: L'*Institut National Météorologique de Pologne.* Organisation du Bureau Central Météorologique — Observatoire Aérologique — Observatoire Maritime — Station magnétique. In-8°, 222 p., 95 fig. Varsovie, juin 1932.

Cette ouvrage contient une notice bibliographique complète des travaux de l'auteur jusqu'en 1932.

[3] Wigand (Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre, 1925).

helvétique hiémal, une accumulation de gros ions formant une sorte d'écran électrique, nettement séparé des couches inférieures ou supérieures. Il est avéré aujourd'hui, depuis que WIGAND et SCHMAUSS ont défini l'état colloïdal des dites couches d'inversion, que certaines variations de leur état électrique sont liées aux variations de leur température absolue. Déterminer expérimentalement une de ces grandeurs, reviendra à fixer l'autre par le calcul, c'est du moins ce que j'espère, tellement cela est important pour la météorologie pratique. Mais par quel moyen instrumental arrivera-t-on jusque-là? Est-ce par l'emploi des ondes sonores, des ultra-sons, des radiations lumineuses visibles, du bombardement corpusculaire, des ondes hertziennes, je ne puis pas encore me prononcer. On peut d'emblée simplifier les hypothèses de travail, en éliminant un certain nombre de processus secondaires. Ainsi, le fait même que la mobilité et l'espace libre des petit ions, et, à plus forte raison des ions intermédiaires et des ions de Langevin, soit tout à fait impropre à agir sur les fréquences moyennes des ondes de Hertz, aux pressions barométriques normales, jusqu'à celles de l'ordre du centimètre, prouve déjà que le sondage de la troposphère ne saurait se faire par une réaction consécutive à une excitation en moyenne fréquence. Par contre, il en est tout autrement pour les ondes à très faible fréquence, voisine des ultrasons, comme aussi, de l'autre côté du spectre solaire, par les fréquences qui provoquent l'effet photoélectrique. J'ai l'impression que la condensation ou la dissipation des gros ions, dans l'espace libre des couches dont nous parlons, est liée intimément à la radiation solaire. Les faits parlent d'eux-mêmes, l'état électrique de la couche d'inversion change au moment même où les premiers rayons du soleil levant viennent l'éclairer. Je l'ai observé à plusieurs reprises dans les Alpes entre 1000 et 3000 m. et trois fois de suite à l'Observatoire Vallot, au Mont-Blanc, à 4350 m.[1]

Le processus physique de ces phénomènes est assurément compliqué et j'aimerais voir, sur la base de ces observations, s'ouvrir un chapitre nouveau dans la physique mathématique, où l'on posera en formules les hypothèses qui englobent d'effet à cause les variations concomitantes des processus d'ionisation quantique ou photoélectrique et la température du milieu gazeux, cela aux pressions

[1] JEAN LUGEON: Mesures de l'ionisation du champ électrique et des atmosphériques au Mont-Blanc. C. R. t. 191, p. 110, Paris 1930.

barométriques respirables. Je le répète, si l'on peut ausculter l'un des facteurs par ces moyens de sondage indirect, la simple méthode des comparaisons permettra certainement de fixer en laboratoire les variations de l'autre. Cela a été appliqué maintes fois en géophysique et en astrophysique. Que je rappelle ici simplement les procédés élégants de Végard pour déterminer, par les séries de rotations des bandes de l'hydrogène, la température à l'intérieur des aurores boréales.[1]

Les récentes investigations de Yves Rocard[2] fixent déjà un jalon dans le domaine ardu que nous devons défricher. Vous voyez cet auteur introduire judicieusement l'élément électrique dans la théorie de la propagation du son. Il arrive à une conclusion de la plus haute importance, en annonçant que dans le domaine des transparences optiques de l'atmosphère, supérieures à 0,80 par kilomètre, le coefficient d'absorption sonore et le coefficient d'absorption lumineuse, tous deux proportionnels au nombre de gros ions par centimètre carré, doivent être proportionnels entre eux. Or, vous savez que la vitesse de propagation du son est non seulement liée à la température, mais également à la pression barométrique. Ainsi, il est certain qu'à des pressions aussi petites que celles qu'on mesure dans la haute atmosphère, le son se propage extrêmement lentement. Connaissant donc la loi de variation de cette vitesse et celle de l'ionisation, on en pourra peut-être déduire celle de la température ou inversément. C'est une question de déterminer x inconnues dans x équations physiquement comparables entre elles. Ainsi, si un gros ion perd $\frac{8 \times 10^5}{n}$ molécule par seconde et par degré, tout de suite après une élévation de température brusque, vous voyez que la vitesse de propagation du son en sera modifiée d'une quantité proportionnelle calculable. Changez le nombre des ions ou leur espace libre par le flux électonique de la radiation solaire et introduisez à la fois une variation de pression barométrique, en l'occurence l'altitude, il devra en résulter une variation de température, également calculable.

C'est cette grossière esquisse que des physiciens doivent préciser, en dotant les météorologistes de l'appareil idéal qui permettra

[1] L. Vegard: Results of investigations of the aurorol spectrum during the years 1921—1926. Geofysiske Publ., vol. IX, Nr. 11, Oslo 1932.

[2] Y. Rocard: L'absorption du son dans l'atmosphère: Une tentative d'explication — Journal de Physique. T. IV, Série VII, Nr. 3, mars 1933.

au sol de déterminer la température jusqu'aux confins de la stratosphère. A nous, météorologistes et astrophysiciens, le soin d'adapter l'appareil en question à la nature. C'est peut-être tout aussi difficile. Car il y a dans notre atmosphère des phénomènes d'inertie électromagnétique crépusculaires, qui sont susceptibles de modifier dans leur base, même, les fondements physiques de la nouvelle théorie thermoïonique atmosphérique, qui doit être créée en laboratoire fermé.

Si j'ai dit que je n'entrevoyais pas exactement la fréquence qu'il faudrait mettre en œuvre pour faire le *sondage thermoïonique* de la stratosphère, j'aimerais tout de même attirer encore une fois l'attention sur l'utilisation directe des rayons solaires. A mon humble avis, on n'a tiré jusqu'ici qu'un profit beaucoup trop modeste de ce phénomène perpétuel et merveilleux qu'est le balayage de toute notre atmosphère par les rayons rasants au couchant et au levant. Pendant le jour, l'application de la loi de Bouguer-Langley a permis à Fabry et Buisson de déterminer l'altitude de la couche d'ozone, mais, au passage des anneaux crépusculaires, combien d'autres choses ne peut-on pas déterminer? La combinaison du mouvement de balayage des rayons solaires avec des rayons de fréquences adéquates, issus de la terre, permettra, j'en suis certain, d'échafauder bientôt une nouvelle technique de sondages. J'y reviendrai au paragraphe de l'ionosphère.

J'ai hâte d'ajouter que non seulement les phénomènes physiques fort complexes que j'ai cités, sont susceptibles d'être mis à profit pour nous renseigner sur les éléments des couches inaccessibles. Je suis persuadé que le jour où l'on arrivera à produire électroniquement des sources cathodiques dépassant 6000 degrés *K*, serait-ce même par la désagrégation de l'atome, que ce jour-là on pourra sonder sans difficulté dans toute l'échelle des pressions barométriques. On créera peut-être des aurores artificielles ou toutes sortes d'autres phénomènes luminiscents aux altitudes de son choix, et, par comparaison spectrographique, on en déduira la température et la pression à n'importe quelle altitude. Je vois particulièrement s'appliquer à ces genres d'expériences des rayons cathodiques très pénétrants, capables de vaincre l'absorption sous toute pression et dont la courbure serait réglée par le champ magnétique terrestre, afin que, partis d'un point du globe, ils reviennent au récepteur voisin, raconter ce qu'ils ont éprouvés en cours de route.

Mais j'arrête ma dissertation. Je n'ai eu que le dessein de vous donner une idée du fécond domaine en recherches extrêmement variées, que peut présenter le sondage de notre basse atmosphère.

* * *

Continuons notre excursion dans la direction du firmament. Nous sommes déjà à 30 ou 40 kilomètres. D'après les ballons de Wigand, il circule là encore des vents violents qui semblent d'ailleurs atteindre des régions beaucoup plus élevées, ainsi que Störmer vient de le dire. On peut donc en conclure que les lois de la thermodynamique régissent toute la stratosphère, malgré que la matière y soit extrêmement raréfiée. Toutefois, vers 30 à 60 kilomètres d'altitude, il se passe, en plus, des réactions physico-chimiques de la plus haute importance pour le règlement de notre existence et je reviens, par là, à cette couche d'ozone, dont je vous entretenais tantôt.

Vous savez que l'absorption que subissent les radiations des astres en traversant l'atmosphère produit dans le spectre des bandes telluriques, dont on peut exactement déterminer la fréquence en unités Angström. L'absorption est particulièrement forte pour les radiations ultra-violettes et pendant longtemps elle est restée inexplicable. Quand on s'approche de la longueur d'onde de 3000 $\mathring{A}$, l'absorption augmente dans des proportions considérables et s'arrête brusquement au voisinage de 2900 $\mathring{A}$. Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer ce phénomène. Ou bien, disait-on, le soleil et les astres n'envoient pas de rayons de courte longueur d'onde, ou bien ce sont entièrement les gaz atmosphériques qui retiennent ces ondes. C'est seulement cette seconde hypothèse qui est aujourd'hui plausible.

On a cherché aussi dans l'absorption une explication de la couleur bleue du ciel, qui ne serait pas qu'un simple phénomène de diffusion. A ces dernières investigations se rattachent les noms de Cornu et surtout celui de Hartley, qui a découvert la très importante bande s'étendant de 3200 à 2300 $\mathring{A}$. C'est l'étude de la bande de Hartley qui a conduit Fabry et Buisson — je vous l'ai déjà dit — à généraliser l'idée que celle-ci n'était autre chose que le témoignage d'une importante couche d'ozone dans notre atmosphère.[1] Ces propriétés spectrographiques mises en lumière par

[1] Ch. Fabry et H. Buisson: L'absorption des radiations dans la haute atmosphère. Mémorial des sciences physiques. Fasc. XI, Paris 1930.

Ch. Fabry: L'ozone de la haute atmosphère. Scientia, janvier 1931.

les deux illustres savants français ont démontré que l'absorption spectrale d'une couche d'ozone gazeux pur de $^1/_{40}$me de millimètre d'épaisseur suffisait à réduire de moitié le rayonnement qui la traverse. A plus forte raison une couche de 3 millimètres, dans la stratosphère, masquera toute la partie de l'extrême ultra-violet solaire compris entre les longueurs que je vous ai citées.

L'ozone atmosphérique peut aussi être retrouvé dans les bandes de Chappuis et de Huggins, mais cela m'entraînerait trop loin de vous résumer la masse de travaux qui ont paru au cours de ces dernières années sur ce sujet. Qu'il me suffise de vous dire que la plus grande partie de l'ozone n'est pas localisée dans la basse atmosphère. Des longues séries d'analyses chimiques de l'air à Montsouris l'ont démontré. Ce gaz reste donc suspendu constamment au milieu de la stratosphère, comme l'ont indiqué Fabry et Buisson, en considérant la décroissance de l'intensité d'une radiation pendant le mouvement de rotation de la terre. L'altitude moyenne est de 50 kilomètres. Götz, à Arosa, a trouvé des chiffres parfois inférieurs en appliquant les méthodes d'évaluation d'altitude de Dobson; toutefois, il faut noter que la radiation de 1850 $\mathring{A}$ est complètement absorbée par 10 mètres d'air à la pression barométrique ordinaire, ce qui laisse supposer, en appliquant la loi exponentielle de diminution de la densité, que la radiation en question ne peut pas pénétrer à une altitude moindre que 40 kilomètres.

Comment se produit l'ozone? C'est ce qu'il est fort difficile d'expliquer. Chapman a examiné les équilibres des molécules O, O^2, O^3 à diverses pressions et sous l'effet des radiations.[1] Il est arrivé à la conclusion que la production, comme la dissociation peuvent être antagonistes. L'effet photoélectrique ne semble pas jouer un rôle prépondérant à 50 km.; par contre, il est probable que le bombardement cathodique venant du soleil ou peut-être même le rayonnement réfléchi par la lune, régularise la production diurne et nocturne de l'ozone, dont la quantité journalière est remarquablement constante. Cette idée semble d'ailleurs s'associer aux théories astrophysiques séduisantes de Dauvillier.

L'influence de l'ozone sur l'équilibre thermique de l'atmosphère doit être énorme, car toute l'énergie rayonnante absorbée par l'ozone

[1] S. Chapman: The absorption and dissciative or ionizing effect of monochromatic radiation in an atmosphere on a rotating earth. Proc. Phy. Soc. *43*, p. 26 et 483. Londres 1931.

est transformée en énergie calorifique. Il en résulte que nous devons rencontrer dans la stratosphère une région d'inversion de température d'une grande amplitude. D'après les calculs de CABANNE pour un corps noir de 6000° *K*, la couche d'ozone absorberait 4/100 du rayonnement total du soleil au zénith. GOWAN calcule ainsi une température de 380° *K* (100° C) à 56 km. d'altitude, alors que DUCKERT ne trouve que 37°, en partant de la théorie de la propagation du son.[1]

Ces derniers calculs ont été admis pendant un certain temps en accord les uns avec les autres, car les ondes sonores à grande distance semblaient précisément réfléchies dans les hautes couches, du fait d'une augmentation importante de la température. Mais en ces derniers mois, des doutes sérieux ont été jetés sur le rôle de la température dans la propagation du son par delà la troposphère, et, il a même semblé, à certain physicien norvégien, que les formules de propagation allemandes devaient être définitivement classées au rebut de la géophysique. En effet, des expériences de laboratoire sur lesquelles je n'ose pas parler, puisqu'elles ne sont pas encore publiées, ont démontré que la transmission du son par les hautes couches atmosphériques peut entièrement s'expliquer par la différenciation de l'équation de vitesse et de la pression barométrique. Il doit y avoir réfraction à une altitude de quelques dizaines de kilomètres, quelle que soit la température qui y règne, le son diminuant de vitesse au fur et à mesure que l'air se raréfie.

D'autres constatations parlent en faveur d'une forte élévation de température dans la couche d'ozone, ainsi l'absence totale de condensations aqueuses entre 40 et 60 km. En effet, les nuages perlés de STÖRMER se dissolvent vers 30 à 35 km, puis ne réapparaissent que vers 70 à 80 km, où la température redescendrait rapidement.

Le problème de l'inversion thermique de la couche d'ozone ne sera probablement résolu que le jour où l'on aura perfectionné la technique des sondages aérologiques par les fusées. Mais nous sommes malheureusement encore loin de là.

* * *

Quittons maintenant la couche d'ozone pour passer de la pression barométrique de 1 millimètre à 1 millième de millimètre, ce

[1] PAUL DUCKERT: Messungen des Ozongehaltes über Lindenberg. Beitr. z. Phys. d. Freien Atm. XIV. Bd., Heft 4, p. 219. Leipzig, 1928.

qui revient à gravir d'un bond gigantesque l'étage de 50 kilomètres qui sépare l'inversion thermique de l'ozone des régions froides de la couche de KENNELLY-HEAVISIDE, à 100 kilomètres d'altitude.

Je ne puis pas m'étendre longuement sur l'ultrastratosphère, dont le rôle ne paraît pas être très important dans l'équilibre général de notre atmosphère. Cette région, où se meurent les derniers vestiges de goutelettes aqueuses et où les ions se reserrent, doit donc être traversée les yeux fermés.

C'est passer de l'Institut d'optique à l'Institut radiotechnique, des phénomènes à la fois vibratoires et thermiques, aux phénomènes essentiellement électroniques, avec un certain sentiment de gêne. Mais que faire! Dès que nous sommes à l'Institut radiotechnique. nous nous retrouvons beaucoup plus sûrs de nous-mêmes, car nous possédons maintenant trois procédés électriques pour sonder notre atmosphère dans les pressions inférieures au centième de millimètre de mercure.

La première des méthodes pour déterminer l'altitude de la couche de KENNELLY-HEAVISIDE et aussi sa teneur en ions est due au professeur APPLETON.[1] Elle consiste à enregistrer les interférences qui se produisent dans un poste récepteur du T. S. F. entre l'onde directe qui lui parvient d'un transmetteur et l'onde réfléchie par la dite couche, lorsqu'on fait varier la fréquence à l'émission. Cette méthode a fait l'objet de nombreuses recherches en Grande-Bretagne et elle a permis de mettre en évidence des discontinuités dans les basses régions de l'ionosphère.

La deuxième méthode, dite des échos, préconisée par BREIT et TUVE[2] aux Etats-Unis est plus simple que celle du professeur APPLETON. Elle consiste à oscillographier à la réception un signal très bref de l'ordre de 10 ou du 100 millième de seconde, qui arrive d'abord en onde directe, suivant le sol, puis en onde indirecte, par réflection. La différence des temps et la longueur de la base transmetteur-récepteur donne les éléments trigonométriques nécessaires pour déterminer l'altitude des couches ionisées. Cette méthode

[1] E. V. APPLETON: On some measurements of the equivalent height of the atmospheric ionised layer. Proceedings of the Royal Society, A. Vol. 126. Londres 1930.

[2] G. BREIT, M. A. TUVE, O. DAHL: Effective height of the KENNELLY-HEAVISIDE layer in dec. 1927 and jan. 1928. Proc. Inst. Radio. Eng. *16*, p. 236. N° 9. Washington, 1928.

très répandue a été utilisée dans une dizaine de pays, au courant de ces trois dernières années et elle a confirmé les résultats d'Appleton.

Enfin, la troisième méthode qui est beaucoup plus géophysique que les deux précédentes est le *„sondage par les parasites atmosphériques"*, qui a donné des résultats en parfait accord avec les procédés des interférences et des échos.

Pendant que le soleil se lève — respectivement se couche — la courbe des parasites atmosphériques présente presque tous les jours un aspect remarquable. Elle se rapproche graduellement de l'axe des abscisses, jusqu'au moment où le soleil pointe à l'horizon. Cette courbe descendante correspond donc à une graduelle diminution de la fréquence par minute des trains de parasites, sous l'influence des rayons rasants du soleil.

J'ai essayé d'expliquer ces phénomènes par une action photoélectrique des rayons ultraviolets sur les diverses couches atmosphériques que ces rayons rencontrent, lorsqu'ils descendent du zénith. C'est là, la base de la nouvelle méthode de sondage des hautes couches par les parasites qui a été expérimentée en Afrique,[1] aux Pyrénées,[2] dans les Alpes, dans le cercle polaire, à Tromsö et à l'Ile des Ours,[3] puis en Pologne.

En calculant la position des rayons du soleil levant en altitude, on constate presque tous les jours, qu'au moment où ils arrivent dans les couches situées entre 100 et 80 km., il se produit sur le diagramme de l'atmoradiographe — cet instrument qui enregistre les parasites — une sorte de cassure ou de maximum, suivi immédiatement de l'abaissement dont je viens de parler. Sur la courbe d'abaissement on trouve encore des discontinuités remarquables, ainsi au moment où le soleil se lève entre 60 et 30 km., c'est-à-dire dans la couche d'ozone et également à la limite de la troposphère.

Connaissant donc par le diagramme l'instant où se produisent ces discontinuités, on en déduit par une formule astronomique élémentaire l'altitude de la couche électrisée qui les a provoquées.

[1] Jean Lugeon: La nouvelle méthode de sondage électromagnétique vertical et quasi-horizontal. Arch. Sc. phys. et Nat. Vol. 11. Genève 1929. Voir aussi, id. vol. 12: Quelques résultats de la mission radio-météorologique suisse au Sahara en 1929.

[2] F. Link: Enregistrement de parasites. C. R. *t. 195,* p. 619. Paris 1932.

[3] Jean Lugeon: Notice préliminaire sur l'expédition nationale polonaise de l'Année Polaire 1932/33. Bull. Soc. Géophys. Varsovie, 1932.

La méthode de sondage par les parasites atmosphériques est susceptible d'applications aussi nombreuses qu'inédites pour l'exploration systématique de la troposphère. On peut dire que les hautes régions de notre atmosphère sont un miroir réfléchissant des phénomènes radioélectriques de la basse atmosphère. L'analyse de nombreuses années d'enregistrements des troubles électromagnétiques aidera à découvrir les liens entre l'ionosphère et les perturbations du temps.

On peut sonder en longitude et en latitude, en considérant la forme de la courbe atmoradiographique et la position du soleil par rapport à la terre, d'après le principe que la portée des parasites est plus grande la nuit que le jour. C'est ainsi que j'ai pu déterminer la position géographique de foyers orageux sur l'Océan et calculer la vitesse de déplacement de grandes perturbations solidaires des dits foyers entre l'Amérique et l'Europe, avec deux enregistreurs situés en Afrique et à Zurich, ainsi que dans d'autres cas à Varsovie, Tromsö et à l'Ile des Ours, dans le cercle polaire. Mais, je passe sur ces recherches captivantes, pour ne vous citer qu'un joli exemple de l'action photoélectrique du rayonnement ultraviolet du soleil sur l'ionisation aux hautes altitudes, laquelle se répercute sur la propagation des ondes hertziennes et par conséquent sur la forme de la courbe des parasites.

C'est le cas de l'éclipse de soleil du 31 août 1932, dont j'ai observé l'action électronique à grande distance dans ma récente expédition à l'Ile des Ours, à l'occasion de l'année polaire[1].

Quelle que soit la position géographique du récepteur de parasites, même s'il est situé en dehors de l'éclipse de soleil, le champ électromagnétique peut être influencé, si les ondes qu'il reçoit sont réfléchies par des couches entrant dans la totalité ou même dans la phase partielle de l'éclipse.

Considérons le diagramme de Jabłonna. Après le coucher, à 17 h. 21 min., et jusqu'à 19 h., il ne présente aucune anomalie. A ce moment-là, les rayons rasants sont déjà à 188 km. au zénith et les conditions locales de réception des parasites à longue portée sont requises. La courbe monte alors avec rapidité vers un maximum double qui encadre presque symétriquement le maximum de l'éclipse à 20 h. 3 min. Trois quarts d'heure après, elle retombe

[1] Jean Lugeon: L'éclipse de soleil du 31 août 1932 et le sondage par les parasites atmosphériques. C. R., t. 195, p. 817. Paris 1932.

à son point de départ. Tout porte à croire que ce maximum de parasites nocturnes est l'image même de la phase totale, à 6000 km. de distance. Car, d'après les cartes synoptiques américaines, la partie méridionale de la zone de totalité s'est précisément étendue sur d'intenses foyers de parasites, révélés au sol par des orages et réalisant ainsi toutes les conditions théoriques pour la propagation momentanée de parasites nocturnes à grande distance. Par ailleurs, le trajet Amérique-Europe favorisait encore cette propagation, puisqu'il était en partie couvert par l'ombre partielle de l'éclipse et même dans l'obscurité, du méridien de Greenwich à celui de Jabłonna, où le soleil se couchait dans les couches allant de 117 km. à 435 km. d'altitude.

D'après ces considérations l'influence de l'éclipse ne devait pas se faire sentir dans les régions où l'ionosphère était éclairée. En effet, les diagrammes du bassin polaire ne marquent que des parasites locaux diurnes à faible portée, dus au hasard des conjonctures météorologiques. Car, pas plus à Tromsö qu'à Björnöya, les conditions astronomiques n'étaient requises pour la réception des parasites lointains. Pendant toute la durée de l'éclipse les couches intéressées (*K-H* et autres) étaient en pleine lumière; à la totalité, les rayons rasants du soleil tangentaient à 57,7 km au zénith de Tromsö et à 14,5 km au zénith de Björnöya.

En outre, le chemin que devaient franchir les parasites du foyer américain était en majeure partie bien éclairé, défavorable ainsi à la propagation. Ces derniers phénomènes semblent donc être, par la négative, une confirmation de la méthode de sondage basée sur l'action photoélectrique de la radiation solaire sur l'ionisation des hautes couches atmosphériques.

Quelques mois après avoir publié cette théorie, j'ai constaté qu'elle se vérifiait par les enregistrements effectués en Grande Bretagne et aux Etats-Unis,[1] [2]. Ainsi, à Conway, la pointe encadrant le maximum de l'éclipse est tout aussi intense qu'à Jabłonna et la fréquence du champ électromagnétique subit une remarquable altération. Il en est de même de l'altitude des couches ionisées qui augmente d'abord au début de l'éclipse, conformément à la théorie

[1] Burdon, Boardman: Effects of solar eclipse on Audio Frequency atmospherics. Nature, january 21, 1933.

[2] Kenrick, Pickard: Field intensity during solar eclipse. Proc. Inst. Radio. Eng. Vol. 21. N° 4, april 1933.

du passage des anneaux crépusculaires, puis s'abaisse pendant la totalité, pour reprendre de l'altitude dans la phase finale. D'une manière universelle, l'image de l'éclipse que donnent les différents types d'enregistreurs électromagnétiques est similaire à la courbe de variation journalière du champ de transmission sur les grandes fréquences. C'est la meilleure preuve de l'action ionisante extrêmement rapide et puissante des rayons solaires dans les hautes couches de notre atmosphère. Pendant l'éclipse, les phénomènes d'inertie ioniques semblent donc considérablement atténués.

* * *

J'aimerais dire encore quelques mots sur la texture de l'ionosphère et des agents externes qui sont susceptibles d'en modifier la composition.

Il y a deux ans, à l'assemblée de l'Union radio-scientifique internationale à Copenhague, deux théories étaient en présence: celle de la continuité de l'ionisation, dans le sens des altitudes croissantes et celle de la discontinuité, impliquant une série de couches concentriques parfaitement séparées électriquement les unes des autres.

Il semble, aujourd'hui, que cette deuxième représentation soit la vraie, c'est-à-dire que l'ionisation croit lentement à partir du sol, puis elle présente une variation rapide avec un maximum de 10^5 électrons par centimètre cube à 100 kilomètres, suivi à son tour d'une nouvelle variation vers 250 km, avec 3×10^5 électrons, et, enfin, à 350 km, la densité de 8×10^5 serait la plus probable. De nombreux sondages effectués dans deux continents s'accordent sur ces chiffres.

Voici, grosso-modo, ce qui en est pour l'ionisation qui est régie, bien entendu, comme la plupart des phénomènes géophysiques en connexion avec la radiation solaire, par la loi de la latitude héliographique.

Il est avéré, également, que les variations du magnétisme trouvent leur répercussion dans les couches ionisées.[1] Ainsi, on a observé qu'au moment de forts orages magnétiques, la densité ionique augmente considérablement. Je ne préciserai pas ce processus fort complexe, car nous nous trouvons ici en présence de plusieurs

[1] Paul Labat: La propagation des ondes électromagnétiques, in-8°, 445 p. Gauthier-Villars, Paris 1932.

théories, d'ailleurs en contradiction, sur les liens entre le magnétisme terrestre, les courants telluriques et l'activité solaire. Constater le parallélisme des variations de ces éléments fondamentaux ne veut pas dire les expliquer et surtout ne veut pas dire qu'ils soient nécessairement liés d'effet à cause ou inversément. Car, le milieu que traverse la radiation est lui-même si hétérogène qu'il est susceptible de jouer un rôle primordial dans la production même des variations apparemment corrélatives. Mais je n'insiste pas.

Quel est le bilan thermique de l'ionosphère? Voici aussi une de ces questions difficiles à résoudre. Je m'associe entièrement aux vues de Végard à ce sujet, qui, comme je vous le disais, fixe à — 35° la température des régions parcourues journellement par les électrons luminescents, d'après ses investigations fort ingénieuses sur le spectre de la raie verte des aurores.

Ici, je devrais écrire un livre volumineux pour résumer les innombrables travaux sur la propagation des ondes hertziennes, qui est en rapport intime avec les fluctuations des couches *E* et *F*. Deux points essentiels sont à retenir. La propagation des ondes longues, définies par quelques centaines de cycles est assujettie à la couche inférieure, tandis que la propagation des ondes courtes, à la fréquence de plusieurs milliers de cycles est réglée par les conditions de conductibilité de la ou des couches supérieures de l'ionosphère. Je m'abstiens de parler, évidemment, des ondes ultra-courtes de l'ordre du décimètre, que l'ionosphère ne réfracte pas.

L'effet crépusculaire de propagation affecte d'autant plus les ondes, que leur fréquence est élevée, ce qui permet, connaissant l'altitude au voisinage du zénith des rayons rasants du soleil, de calculer l'instant du passage de telle ou de telle autre longueur d'onde d'une région éclairée à une région obscure ou inversément. Ainsi, dès que, à minuit vrai, les rayons rasants dépassent l'altitude de la couche *E,* la plupart des fréquences passent d'un continent à l'autre, puis l'intensité de réception décroit très rapidement pour s'annuler quand la couche en question rentre dans la lumière. A part celà, vous constaterez encore de nombreuses anomalies de transmission qui semblent régies par des facteurs ultra-atmosphériques, indépendants de la position du soleil.

En rentrant de l'assemblée de l'Union géodésique et géophysique de Stockholm, en 1930, des savants français furent éblouis en pleine nuit, à Tromsö, par un de ces gigantesques feux d'arti-

fice du ciel polaire. L'un d'eux eut la géniale idée de faire une enquête sur la propagation des ondes courtes de plusieurs postes du trafic intercontinental, ce jour-là. Quelle ne fut pas sa satisfaction de constater que l'aurore, qui s'était étendue jusqu'au dessous du 60e ° de latitude nord, avait opposé un véritable barrage à la transmission des ondes courtes entre l'Europe septentrionale et l'Amérique du Nord. Tous les récepteurs dans les deux directions se turent pendant la durée de l'éclat sidéral, alors que la transmission Berlin—Buenos-Aires, qui se trouvait en dehors du rayon d'action de l'aurore, n'était guère affectée par la perturbation électronique. Le bombardement cathodique intense que trahissaient les électrons luminescents de l'aurore avait donc modifié dans toute sa profondeur la couche qui portait les messages hertziens dans les latitudes septentrionales.

Rendu attentif par ces faits, j'ai observé dans le cercle polaire, pendant plusieurs semaines, des modifications analogues, au moment où le ciel de Björnöya s'enflammait majestueusement. Même sous d'épais nuages, par 74 ° de latitude nord, je pouvais déceler avec certitude la présence d'aurores invisibles, par l'évanouissement caractéristique des messages transmis sur certaines fréquences.

Tout ceci, pour vous dire que le soleil, cette étoile du genre des céphéides, règle de nuit comme de jour la vie électrique des atomes qui remplissent notre atmosphère supérieure.

Quand l'obscurité enveloppe d'une paix apparente les choses d'ici-bas, l'ultra-ionosphère, presque toujours éclairée sous nos latitudes, reste le champ de bataille que les électrons bombardent sans répit. La pluie éternelle de ces particules projetées dans l'espace inter-sidéral par l'astre du jour, change de densité d'un instant à l'autre. Il semble qu'il n'y ait pas de relation entre la constante solaire, les rayons ultraviolets et l'activité undécennale des taches, et, c'est pour cela, que les études de corrélation dont je vous parlais ci-devant sont fort complexes. L'activité solaire est représentée par une courbe beaucoup plus sincère, lorsqu'on considère les facules, qui sont la vraie source des phénomènes d'ionisation [1] et non pas les taches, comme on l'a fait pendant trop longtemps. Il est fort probable que le développement faculaire est en retard de

[1] Charles Maurain: Sur l'intervalle de temps entre les phénomènes solaires et les perturbations magnétiques terrestres. *C. R* t. 196, p. 1182, 24 avril 1933.

quelques dizaines d'heures sur le développement des taches, ce qui confirmerait la théorie du décalage de certaines anomalies radio-électriques et même du magnétisme terrestre et infirmerait ainsi définitivement la théorie de l'inertie.

* * *

Je dois vous dire aussi quelques mots de ces rayons cosmiques, dont on parle tant.

D'aucuns écrivent qu'ils ne sont pas d'origine cosmique. Ainsi Dauvillier ne s'explique pas, en étudiant la théorie astrophysique de la radiation, comment des rayons aussi pénétrants pourraient s'échapper des centres ou même de la surface des astres, par suite de l'atmosphère qui les enveloppe. Les pseudo-rayons cosmiques, tels les rayons *Röntgen* dit-il, seraient dans notre basse atmosphère le produit de l'impact des électrons solaires sur les gaz raréfiés. La stratosphère tout entière devient ainsi la source de ces rayons de Hess, d'où il résulte que leur action directe sur l'ionosphère et par conséquent sur la transmission des ondes de Hertz est fort improbable. C'est là bien ce que paraît montrer l'expérience: il n'y a aucune ressemblance entre les variations de l'ionisation en vase clos et les variations de l'ionisation de l'ionosphère.

En résumé, les causes d'ionisation de la haute atmosphère sont de deux ordres: corpusculaire et ondulatoire, mais d'origine essentiellement solaire car les radiations émanant des astres sont, en vérité, beaucoup trop faibles pour influencer notre planète.

La diffusion et l'entraînement des ions par le champ magnétique terrestre, selon la théorie de Carl Störmer, uniformise les taux d'ionisation ainsi que la concentration moyenne. L'ionisation par le rayonnement corpusculaire solaire est permanente, alors que celle due aux rayons ondulatoires cesse, dans la partie obscure du globe.

La lune, en sa qualité d'astre éteint, a acquis une forte charge négative par impact direct et par effet photoélectrique. Elle va donc jouer le rôle d'une grille de lampe de T. S. F., s'interposant entre le soleil et les couches ionisées. Toutefois, son effet de freinage ou d'accélération sur la production d'ions est reconnue très faible, d'autant plus qu'il se pourrait que ce mécanisme ne soit pas électrostatique, mais essentiellement magnétique, puisque

notre satellite semble composé dans sa majeure partie de corps ferromagnétiques.

En analysant quantitativement le bombardement issu de la chromosphère, on peut s'assurer que les hautes régions atmosphériques sont surtout électrisées par les ions lents qui pénètrent d'autant plus profondément qu'ils sont plus lourds, alors que les régions inférieures sont surtout l'apanage des ultra-radiations extrêmement courtes qui agissent principalement par effet Compton.

Quant à la réaction ionique du sol sur l'atmosphère, elle est certainement très faible, sinon nulle dans la stratosphère et à plus forte raison dans l'ionosphère.

Vous allez me demander pour finir quelle est la communauté physique de l'ionosphère et de la basse atmosphère?

Il est trop tôt pour vous répondre. Certes, on pourra à bref délai chercher les corrélations possibles entre les pulsations de l'ionosphère, la densité de l'ozone et de la pression barométrique mesurée au sol, car les observations en sont faites, mais je reste fort sceptique quant aux résultats de telles investigations.[1] Pour moi, l'atmosphère tout entière est aussi hétérogène que le lit turbulent des torrents de nos Alpes. Il y a des tourbillons dextrorsum et des tourbillons sinistrorsum, qui vivent sans aucune solidarité entre eux, tout en obéissant à la loi de la gravité. Il en est ainsi de l'atmosphère et de l'ionosphère qui semblent d'autant plus séparés l'une de l'autre, que la première de ces masses gazeuses appartient essentiellement au domaine de la thermodynamique alors que sur la seconde règnent les lois de l'électricité.

Je termine cet exposé avec un sentiment d'inquiétude, puisqu'il est bien imparfait. Je n'ai pu qu'effleurer un sujet d'une envergure colossale qui va préoccuper des générations. Nous sommes au début d'une époque météorologique nouvelle qui peut nous réserver des surprises agréables, si les pouvoirs publics comprennent qu'il est en définitive très avantageux pour l'Etat de fournir à la science des moyens étendus.

---

[1] R. C. Colwell: Cyclones, anticyclones, and the Kennelly-Heariside layer, Proc. Inst. Radio Eng. Vol. 21. No. 5. May 1933.

Totenfeste in Nord-Neuirland

Von

Alfred Bühler

Das langgestreckte Neuirland ist die zweitgrösste Insel des Bismarckarchipels, dem nördlichsten Teile Melanesiens, der seit dem Weltkriege als Mandatsgebiet des Völkerbundes von Australien verwaltet wird und mit ganz wenigen Ausnahmen schon völlig unter Kontrolle der Weissen steht. Zum Teil schon seit Jahrzehnten haben dort Händler, Pflanzer und vor allem Missionare die einheimische Kultur verändert und an vielen Orten mehr oder weniger zum Verschwinden gebracht. Ganz besonders gilt dies von Neuirland. Schon seit 1875 ist hier die Mission tätig, und bereits um 1880 wurden die ersten Handelsstationen und Pflanzungen angelegt. Um 1900 begann man ferner längs der Nordostküste mit dem Bau einer Strasse, die gegenwärtig vom Distriktshauptort Kavieng, von der Nordspitze der Insel aus, über beinahe 250 km befahrbar ist, und die natürlich die Erschliessung des Landes in ganz gewaltigem Masse förderte. So liegen heute allein längs dieses Fahrweges 28 grosse Pflanzungen. Dazu kommen im nördlichen Teil ungefähr ein Dutzend weitere an der Westküste, die von Neubritannien aus leicht erreichbar ist, acht Stationen mit weissen Missionaren, und sozusagen in jedem Dorf schwarze, sehr oft aus fremden Gegenden stammende Missionslehrer. Frei von Pflanzungen ist vorläufig das gebirgige Innere, aber auch dort ist die Mission zum Teil schon seit Jahren an der Arbeit. Ausserdem hat man bereits vor dem Weltkriege, noch unter deutscher Verwaltung, begonnen, die Inlandbewohner an die Küste herunterzuziehen, um sie besser kontrollieren und beim Bau und Unterhalt der Strasse verwenden zu können. Die australische Verwaltung hat diese Taktik fortgesetzt, mit dem Erfolg, dass sich heute ein recht ansehnlicher Teil der frühern Bergbewohner dauernd am Meeresufer niedergelassen hat oder doch dort ein zweites Dorf besitzt, das periodisch, während

der Arbeit an der Strasse, oder anlässlich von Inspektionen durch Regierungsbeamte, bezogen wird.

Seit Beginn der Kolonisation durch die Europäer ist ausserdem Nord-Neuirland ein bevorzugtes Anwerbegebiet für Plantagenarbeiter gewesen, und es ist ohne weiteres klar, dass die in jungen Jahren weggezogenen Leute in der Fremde nicht nur einen grossen Teil ihrer eigenen Sitten und Bräuche verloren, sondern auch viel Neues in ihre Heimat zurückbrachten.

So ist es durchaus nicht verwunderlich, dass heute vom ursprünglichen materiellen Besitz der Neuirländer nicht mehr viel übrig geblieben ist, und dass sich auch die geistige Kultur schon sehr stark verändert hat. Es ist im Gegenteil erstaunlich und zeigt, wie kolossal diese Bräuche im Volk verwachsen sind, dass sich viele Kultsitten bis heute erhalten haben, wenn auch nicht mehr in so grossartigem Rahmen wie früher und oft nur noch als leere Formen, ohne Bewusstsein ihres einstigen Inhaltes. Dazu gehören in allererster Linie die zu Ehren der Verstorbenen abgehaltenen Zeremonien, speziell die Uli- und die Mulligan- oder Malangganfeiern. Leider hatte ich keine Gelegenheit, eines der schon recht seltenen Ulifeste zu sehen, weshalb ich mich auf die Mulligan beschränken möchte. (Der Name Múlligan oder Málanggan bezeichnet sowohl die bei den Festen eine grosse Rolle spielenden Schnitzereien, als auch die ganzen Feiern.) Diese Totenfeste werden heute noch abgehalten in den Küstengebieten Nord-Neuirlands und auf den benachbarten Tabarinseln. Im Innern Neuirlands, soweit dort noch Leute wohnen, fehlen sie mit Ausnahme der Senke von Pánmafei, wo sie sich von einer Küste zur andern ausbreiten. Früher scheinen sie auch auf dem benachbarten Neuhannover und den kleinen Eilanden zwischen dieser Insel und Neuirland bekannt gewesen zu sein, und anderseits sind sehr wahrscheinlich einzelne isolierte Gebiete im Süden erst in neuerer Zeit zu solchen Feiern gekommen.

Sprachlich ist der ganze Verbreitungsbezirk kein einheitlicher. Vom Norden her reicht ein eng an die Neuhannoversprache anschliessender Dialekt nach Neuirland herüber, und weiter südlich folgen nicht weniger als fünf weitere melanesische Sprachen, die allerdings untereinander sehr nahe verwandt sind. Zu diesen sechs Gruppen reiht sich an der Westküste eine isolierte siebente mit einer nichtmelanesischen, sogenannten Papuasprache, und eine achte

endlich auf den Tabarinseln weist wiederum nahe Verwandtschaft auf mit einzelnen Teilen der Nordostküste Neuirlands. Anthropologisch ist zwischen den einzelnen Sprachgebieten kein Unterschied festzustellen. Wohl trifft man, wie an vielen Orten Melanesiens, auch hier auffällig verschiedene Typen, aber man kann sie nicht auf bestimmte Bezirke lokalisieren. Höchstens ist festzustellen, dass sich im äussersten Norden der Einfluss von sehr dunkeln Neuhannoverleuten bemerkbar macht, und dass auffällig viele Bewohner der Tabargruppe hellkaffeebraun sind. Sonst aber trifft man überall an denselben Plätzen Leute mit feinen Gesichtszügen neben solchen mit sehr groben, helle neben dunkeln, stumpf- und breitnasige neben solchen mit semitischem Profil, verhältnismässig grosse Individuen neben recht kleinen. Alle diese verschiedenen Formen sind lebendige Beweise für eine Vermischung verschiedener Einwandererströme mit altansässigen Volksgruppen, die anscheinend in Neuirland stärker und komplizierter war als in andern Teilen Melanesiens. Es ist deshalb zu erwarten, dass auch die Kultur der Insel keine einheitliche ist, und in der Tat zeigen sich selbst innerhalb des Mulligangebietes im Einzelnen starke Verschiedenheiten. Schon die Bestattungsweise ist nicht überall gleich. Von der Nordspitze der Insel bis hinunter an die Grenze des zusammenhängenden Verbreitungsgebietes der Mulligan herrscht Verbrennung vor. Südlich davon, und die isolierten Inseln der Mulligankultur einschliessend, folgt eine namentlich im Innern sich ausbreitende Zone, wo der Tote im Haus oder im Hofe beigesetzt und der Schädel später wieder ausgegraben und zum Teil übermodelliert wurde. Auf den Tabarinseln sollen Kremation und Erdbestattung nebeneinander vorgekommen sein, und endlich wurden im ganzen Mulliganbezirk Tote auch etwa ins Meer versenkt oder in Booten ausgesetzt. Verbrennung überwiegt allerdings weitaus. Die geschmückte und bemalte Leiche wird in einem mit Blättern und Blumen verzierten, tragsesselartigen Gestell festgebunden und dann in einem kistenartigen Scheiterhaufen verbrannt. Meistens werden die Knochenreste gesammelt, in der Hütte eines Angehörigen oder in einem Maskenhaus aufbewahrt und später, wahrscheinlich nach den grossen Totenfeiern, ins Meer geworfen. Wo an den Küsten und auf den Tabarinseln Erdbestattung Sitte ist, grub man früher die Knochen wieder aus und setzte sie nach dem grossen Feste in Höhlen bei, oder liess sie, namentlich die Schädel, zwischen den Wurzeln von

Bäumen vermodern. Oft trifft man noch heute, namentlich auf den Tabarinseln, ganze Haufen dieser Überreste.

Vorläufig kann noch nicht festgestellt werden, welche Bestattungsweise die alteingesessene ist, woher die andern kamen und namentlich nicht, welche ursprünglich mit unsern Totenfeiern zusammenhing, wenn auch die Verbrennung, als die am weitesten verbreitete, mit grösster Wahrscheinlichkeit dazu gehört.

Alle Bestattungsarten zeichnen sich durch verhältnismässig geringen Aufwand aus. Nur die nächsten Angehörigen und in der Hauptsache nur die Frauen nehmen daran teil, während die übrigen Leute des Dorfes wie gewöhnlich ihrer Arbeit nachgehen oder plaudernd, rauchend und Betel kauend herumsitzen. Lautes Klagegeheul begleitet die eigentliche Beisetzung, und ein Essen bildet den Abschluss der Feier. Ich hatte leider keine Gelegenheit, die Bestattung eines bedeutenden Mannes zu sehen, doch wurde mir erzählt, dass dann das Klagegeheul der Frauen drei Tage und drei Nächte dauert, dass jeden Tag ein Schwein geschlachtet und verspeist wird, und dass sofort nach der Beisetzung ein Essen mit mindestens 12 Schweinen stattfindet. Dieses Festessen scheint überhaupt immer der wichtigste Teil der Zeremonie zu sein, auch bei der Bestattung einfacher Leute. Wenn es nämlich die nächsten Angehörigen des Verstorbenen nicht bestreiten können, dann muss der Sippenälteste dafür aufkommen. Dies zeigt, dass den Bestattungszeremonien doch eine gewisse Bedeutung zukommt, wenn auch der dabei gezeigte Aufwand in keinem Verhältnis steht zu dem der viel später, oft Jahre nach dem Todesfall folgenden eigentlichen Totenfeiern, und wenn man auch häufig den Eindruck erhält, dass die Leute der Beisetzung eines Toten geradezu gleichgültig gegenüberstehen. Dies ist übrigens nicht nur in Neuirland so. Auch auf Manus, der grossen Admiralitätsinsel, sah ich, um ein anderes Beispiel anzuführen, wie sich spielende Männer kaum von ihrer Tätigkeit abhalten liessen, als ein Toter des Dorfes über den Platz getragen wurde, dem als einziges Geleite seine Witwe folgte. Es wäre jedoch falsch, den Hinterlassenen auf Grund solcher Beobachtungen Mangel an Gefühl vorzuwerfen. Wirkliche Trauer ist sicherlich vorhanden, wie ich dies sehr oft wahrnehmen konnte bei Leuten, die sich unbeobachtet glaubten. Aber ihre Äusserungen sind durch Sitte und Brauch in bestimmte Formen gewiesen. Eine solche Trauerform ist z. B. das Klagegeheul der Frauen, ebenso

wie die Lobpreisungen auf den Verstorbenen, womit die Witwen in Manus ihr Geschrei von Zeit zu Zeit unterbrechen. Dort wird übrigens in derselben Weise wie bei Toten geheult, wenn für Pflanzungen oder den Regierungsdienst bestimmte Leute das Dorf verlassen. Trotz aller dieser Beispiele kann nun aber die Trauer nicht als einziger Beweggrund der Bestattungsbräuche bezeichnet werden. Sicherlich spielt dabei auch die Furcht vor dem Verstorbenen eine sehr bedeutende Rolle. Empfindet doch der Tote nach allgemeiner Auffassung sein Ableben, das nur ausnahmsweise auf natürliche Ursachen zurückgeführt wird, als schweres Unrecht, wofür sich sein Geist oder seine Seele zu rächen versucht. Deshalb wünschen die Hinterlassenen, ihn mit seinem Schicksal zu versöhnen, und das bei keiner Beisetzung fehlende Essen ist die erste solche Massnahme, gewissermassen eine symbolische Opfergabe an den Verstorbenen. Weitere folgen dann später, anlässlich der grossen Totenfeiern, wo auch die Mulligan, die grossen Schnitzereien aufgestellt werden. Aber oft, wenn ein besonders einflussreicher Mann gestorben ist, der auch im Jenseits seine Bedeutung beibehält und deshalb besonders gefürchtet wird, stellt man sofort nach seinem Tode eine kleine, provisorische Statue her, die aufgestellt bleibt, bis die grossen an ihre Stelle treten. Ein Ausdruck der Furcht schien mir oft sogar die etwas zu auffällig zur Schau getragene Gleichgültigkeit zu sein. Es war gerade, als wollte man weder durch allzugrosse Teilnahme, noch durch auffällige Flucht aus dem Dorf die Aufmerksamkeit des Verstorbenen auf sich lenken.

Bevor wir nun auf die grossen Totenfeiern eingehen, müssen wir kurz festzustellen versuchen, wie sich der Neuirländer das Leben nach dem Tode vorstellt. Der Mensch hat nach seiner Auffassung verschiedene Seelen. Noch scheint bei ihm die primitive Anschauung einer Körperseele vorhanden zu sein, der Glaube an einen Stoff als Lebensträger, der in allen Teilen des Körpers, vor allem aber im Kopf sitzt und der im Toten in verborgener Weise fortlebt, zum Teil sich vielleicht auch als unsichtbarer Dämon in der Nähe des Verstorbenen herumtreibt. Die Verwendung von Teilen des Skelettes, vor allem des Schädels, zu Zauberhandlungen, wie dies z. B. auf den Regenmacherplätzen geschah, für Waffen, wie z. B. der Schienbeine oder der Armknochen für Speergriffe, und die Sitte, Schädel anlässlich der grossen Feiern auszustellen oder die Überreste der Kremation bis zu diesem Zeitpunkte aufzubewahren,

weisen auf solche Anschauungen hin. Eine zweite Seele, die Hauch- oder Atemseele, verlässt den Sterbenden durch den Mund und lebt nun vorerst unsichtbar in der Nähe des Dorfes. Es war nirgends mehr direkt festzustellen, dass man sie sich in einer bestimmten Form vorstellt; es scheint aber, dass die später zu erwähnenden máselai in Haifisch- oder Schlangenform mit ihnen in Zusammenhang stehen. An einzelnen Orten glauben die Eingebornen, dass diese Seelen lebend bleiben und ihnen schaden oder nützen können, aber sie wissen nicht, wo sie sich aufhalten. An andern Orten aber erfährt man, dass sie unter gewissen Bedingungen in ein unterirdisches Totenreich wandern, dessen Lage man nicht genau kennt, dessen Eingänge aber, die sich meistens in Höhlen oder Löchern auf kleinen Riffinseln befinden, an vielen Stellen gezeigt werden.

In weiterem Sinne scheint mit den Seelenvorstellungen ein merkwürdiger Geist im Zusammenhang zu stehen, der als unsichtbares Doppelwesen jedes Lebenden meistens auf Bäumen und an ganz bestimmten Plätzen lebt, und der mit dem Menschen, zu welchem er gehört, stirbt. Er wird gass oder gais genannt, während die den Körper verlassende Seele allgemein tátanu oder tanuáto heisst. Beim gass handelt es sich wahrscheinlich in erster Linie um totemistische Vorstellungen, worauf später näher eingegangen werden soll. Wir wollen zunächst nur festhalten, dass jeder Tote mindestens zwei Seelen besitzt, vielleicht sogar drei, die alle bei den Totenfeiern in Frage kommen.

Und nun diese Feiern selbst. Es ist nicht mehr einwandfrei festzustellen, wer sie vorbereitet und bezahlt. Dafür scheint keine feste Regel zu bestehen. Bald sind es die leiblichen Verwandten, bald Totemangehörige. Nur ganz ausnahmsweise übernimmt ein einziger, besonders reicher Mann allein die Vorbereitungen, und ebenso ausnahmsweise werden die Feste nur für einen einzigen Toten abgehalten. Frauen scheinen an den Vorbereitungen und an den Feiern wenigstens direkt nie beteiligt zu sein, abgesehen von gewissen Tänzen, die aber vielleicht ursprünglich nicht zu den Mulligan gehört haben. Dagegen werden verstorbene Frauen gleich wie die Männer geehrt.

Ist nun der Beschluss gefasst, ein Mulligan abzuhalten, so gilt es zunächst, einen oder mehrere Schnitzer für die Bildwerke zu finden. Nicht immer ist dies leicht, da heute nur noch wenige, meistens alte Männer die Kunst verstehen. Oft werden sie von weit

entfernten Plätzen, ja sogar von andern Inseln geholt und halten sich dann während der ganzen, oft viele Monate dauernden Arbeitszeit als hochgeehrte Gäste im Dorfe der Festgeber auf. Sie suchen nun zunächst im Walde geeignete Exemplare von Alstonia villosa oder scholaris, Bäumen, die sich durch weisses, sehr weiches Holz, ähnlich dem der Pappel, auszeichnen. Dann wird eine Werkhütte errichtet, worin die weitere, immer wieder durch Festlichkeiten unterbrochene Arbeit vor sich geht. Schon das Fällen der Bäume, ihr Transport ins Dorf, woran sich die ganze männliche Bevölkerung beteiligt, das Anzeichnen der Holzstücke, das Aushauen der Hohlräume in den Figuren, die Beendigung der Köpfe und die Einsetzung von Augen aus Schneckendeckeln, der Abschluss der feineren Schnitzarbeiten und das Waschen der Bildwerke, die Bemalung derselben und schliesslich ihre Aufstellung auf dem Festplatz, alle diese Stadien bieten Gelegenheit zu Festen, wobei der Schweinebraten nicht fehlen darf, und wo ganze Nächte hindurch gesungen, getanzt und auf den grossen Schlitztrommeln gespielt wird. So ist schon die Vorbereitung der Hauptzeremonie eine sehr kostspielige Sache, um so mehr, als die Schnitzer während der ganzen Zeit besonders ausgesuchte Speisen erhalten und sich für ihre Arbeit hoch bezahlen lassen, und sicherlich ist dies ein Grund, warum die Feste fast immer für mehrere Tote zusammen abgehalten werden, da sich auf diese Weise die Kosten verteilen. Die lange Vorbereitungszeit ist übrigens nicht bloss durch die komplizierte Arbeit an den Schnitzereien bedingt, sondern auch durch die grossen Pausen, die eingeschaltet werden müssen, um das Holz austrocknen zu lassen.

Die Herstellung der Bildwerke ist geheim, und namentlich haben die Frauen keinen Zutritt zu den Werkstätten. Ob diese Sitte bloss den Reiz der Überraschung wahren will, oder aber ob ihr tiefere Ursachen zugrunde liegen, konnte nicht festgestellt werden.

Was nun das Hauptfest selbst anbelangt, so wollen wir zunächst einer einfachen Feier folgen, die ich auf Tatãũ, einer der Tabarinseln, sah. Mitten im Dorf liegt dort ein von niedrigen Steinwällen umgebener Hof, ungefähr 60 Schritte lang und halb so breit, wie man ihn auf jenen Inseln in jedem Weiler trifft. Ein auf der Vorderseite offenes, mit Liegepritschen versehenes und den Männern als Aufenthaltsort dienendes Haus steht darin, und gerade davor

sind fünf Tote begraben, vier Frauen und ein Kind. Ihre Bestattung liegt weit zurück, in einem Falle sogar sieben Jahre. Jetzt erhebt sich neben den Gräbern ein zierliches Häuschen, aus Stecken aufgebaut und mit Palmwedeln gedeckt, reich geschmückt mit Schweineschädeln, mit bunten Krotonblättern, Moos und Federstäben. Vorn ist es offen und lässt den Blick frei auf vier, zum Teil über zwei Meter hohe, phantastische Holzfiguren, groteske menschliche Gestalten, die alle nach dem gleichen Muster gearbeitet sind, mit flügel- und federartigen Fortsätzen an den Köpfen, glotzenden Augen aus grünen Schneckendeckeln, grossen Köpfen auf unproportionierten Körpern. Auf einem dieser Mulligan sind zwei menschliche Figuren übereinander dargestellt, auf einem andern unter dem Menschen der Kopf eines Schweines. Alle Bildwerke sind grell bemalt, weiss, rot, gelb und schwarz. Man sagt mir, dass jede der Figuren einen der Toten darstelle, doch kann oder will man die Bedeutung des Schweinekopfes nicht erklären.

Durch eine hohe Wand aus Bambus- und Palmblättern ist der Festhof vor Neugierigen geschützt, namentlich vor den Frauen, die von der ganzen Feier ferngehalten werden. Drinnen sind am frühen Morgen einige Männer damit beschäftigt, auf einem Holzfeuer Steine zu erhitzen, andere haben bereits draussen fünf Schweine erwürgt und ausgeweidet, und nun werden die Tiere mit Kräutern und glühenden Steinen gefüllt, in grosse Bananenblätter eingewickelt, auf die Feuerstätte gelegt, mit heissen Steinen, Erde und Laub zugedeckt und sich selbst überlassen.

Im Dorf ist noch nichts Aussergewöhnliches zu bemerken, bis etwa um elf Uhr morgens, wo plötzlich schrille Warnrufe ertönen und die Leute nach allen Seiten in ihre Häuser flüchten. Vorsichtig spähend ist aus dem Wald ein maskierter Mann herangeschlichen, ein zweiter folgt ihm, ein dritter, und schliesslich sind es etwa ein halbes Dutzend, die jetzt bald in tollen Sprüngen das ganze Dorf durchmessen, überall von gellenden Schreien Fliehender empfangen, bald wieder trippelnd sich nach allen Seiten drehen, mit einem Stabbündel an die Hauswände und Palmstämme schlagen, oder mit Klappern aus Muscheln rasseln. In allen ihren Bewegungen erinnern sie lebhaft an Vögel, und auch ihre Verkleidung, namentlich das Blätterkleid mit einem weit abstehenden Schwanz, deutet auf solche Tiere hin. Bald fühlen sich die Maskierten, die aus einem befreundeten Nachbardorfe stammen, als Herren des Platzes. Hier

und dort nehmen sie Taroknollen, Kokosnüsse und Bananen, die man ihnen allerdings bereitgestellt hat, als willkommene Beute in Besitz. Inzwischen ist ihnen eine zweite Gruppe von Verkleideten gefolgt. Sie trägt Holz- und Rindenbastmasken mit riesigen Stoffohren, Farnkrautschürzen und ist mit Speeren bewaffnet. Zu dreien ziehen diese Leute von Haus zu Haus, kauern am Eingang eines jeden in einer Reihe hintereinander nieder und fordern, die Muschelrasseln ertönen lassend, ihren Tribut, der ihnen bereitwillig gebracht wird, sei es in Form von Muschelgeld, sei es als Tabak oder als Glasperlen. Kein Haus wird bei diesem Umgang übersehen, und schwer beladen versammeln sich schliesslich alle Maskierten in einem abgelegenen Männerhofe, um sich dort ihrer Vermummung zu entledigen und die Beute zu verteilen.

Genau um Mittag ruft ein Trommelsignal die Männer und ihre Gäste in den Festhof. Dort liegen jetzt auf einer Blattunterlage die gebratenen Schweine, rings umgeben von Haufen von gebackenen Taroknollen. Langsam füllt sich der Hof, und schweigend hocken die Männer nieder. Ein neues Trommelsignal ertönt, und nun erhebt sich ein alter Mann, berührt eine der Statuen im Häuschen, hält in der andern Hand einige Schnüre Muschelgeld hoch und erklärt mit lauter Stimme, dass er diesen Mulligan bestellt habe und ihn jetzt bezahle. Schallend ruft er dann, gegen die Statue gewandt, den Toten an, als ob dieser selbst vor ihm stehe, und weist ihm das Muschelgeld, sowie das ausgebreitete Essen vor. Dreimal wiederholt sich dieser Vorgang, bis alle Statuen vorgestellt und bezahlt sind, und während der ganzen Zeremonie herrscht feierliche Ruhe. Auch draussen im Dorfe ist es totenstill.

Nach grosser Pause erheben sich sechs Männer miteinander. Mit langen Muschelgeldschnüren umspannen sie die Schweine auf dem Boden. Es handelt sich um die Bezahlung dieser Tiere, die wiederum angesichts der Mulligan erfolgt. Dann endlich beginnt das Festmahl. Besonders schöne Stücke der zerteilten Schweine werden für einige Zeit zu Füssen der Schnitzereien gelegt. Gleichmässig wird jeder der Anwesenden bedacht. Ein Teil des Essens wird an Ort und Stelle verzehrt, der Rest eingepackt und mitgenommen. Auch jetzt hört man kaum ein lautes Wort. Nochmals ertönt ein Trommelsignal, und damit ist die Feier zu Ende, die nur für kurze Zeit nochmals auflebt, als die schwer beladenen, zum Teil wieder maskierten Gäste das Dorf verlassen.

Der Sinn der ganzen Zeremonie scheint ziemlich klar zu sein. Die Maskierten zunächst heissen gass und tátanu. Wie schon bemerkt wurde, bedeuten diese Namen auch dämonenartige Doppelwesen der Menschen und Seele der Verstorbenen. Trotzdem die Leute nichts mehr davon zu wissen behaupten, liegt es deshalb doch nahe, in den Masken Verkörperungen dieser Geister und Seelen zu sehen. Die Geschenke, die man ihnen verabreicht, dürften deshalb nicht bloss auf Bettelei zurückzuführen sein, sondern Opfer an diese Geister bedeuten.

Die Bildwerke wurden mit den Namen der Verstorbenen oder sogar als diese selbst bezeichnet. Es kann also kaum ein Zweifel darüber bestehen, dass es sich um Ahnenstatuen handelt, und zwar nicht um Wiedergaben unbekannter Verstorbener, von Geistern und Seelen im allgemeinen, sondern um Verkörperungen der Toten, zu deren Ehren die Feier veranstaltet wurde. Diese selbst sind also Zeugen der während des Festes erfolgten Zahlungen, und auch das Essen ist eigentlich ihnen geweiht, worauf die Sitte des Niederlegens ausgewählter Stücke zu ihren Füssen noch hinweisen dürfte. So scheint die ganze Zeremonie eine Ahnenfeier im engsten Sinne zu sein, hervorgegangen aus der Furcht vor den Seelen der Abgeschiedenen, um die Toten mit ihrem Schicksal zu versöhnen, ihre Rache von sich abzuwenden oder gar ihren Schutz zu gewinnen, und vor allem, um sie zu bewegen, ins Totenreich einzugehen. Dass aber die Furcht vor den Verstorbenen nach der Feier nicht verschwunden ist, dafür zeugen die Maskierten, die ja nicht spezielle Abgeschiedene, sondern Seelen im allgemeinen verkörpern, und dafür spricht vor allem die Tatsache, dass die Plätze, wo man die Mulligan nach den Festen vermodern lässt, ängstlich gemieden werden. Nach verschiedenen Aussagen steht es eben den Toten jederzeit frei, aus ihrem unterirdischen Reiche wieder zu den Lebenden zurückzukehren.

Etwas andern Charakter hatte eine grosse Feier, die ich in Lémakot auf Neuirland sah. Dort war abseits der Häuser im Wald ein grosser Platz gerodet und mit hohen Bambuswänden eingehagt worden. Der Eingang befand sich auf einer Schmalseite, deren Ecken mit vorspringenden, aus Rotang hergestellten Verzierungen in Form eines Fischrachens geschmückt waren. Am frühen Morgen waren die Schnitzwerke, es handelte sich diesmal um zehn, in der Hütte des Festhofes aufgestellt und Haus und Hof wiederum mit

Palmwedeln verschlossen worden. Am Nachmittag tanzten Knaben auf dem Dorfplatz mit Masken, die dem tátanu-Typ von Tatau sehr ähnlich waren. Die Tänzer wurden aber hier nicht beschenkt. Am Abend fand die feierliche Eröffnung des Mulliganhofes statt. Vor dem jetzt offenen Hause knieten die das Fest veranstaltenden Männer in vier Reihen hintereinander, davor drei mit den grossen Kopfmasken aus Holz mit riesigen, flügelartigen Ohren, die zu den ausgestellten Schnitzereien gehörten. Sie waren so schwer, dass ihre Träger auf beiden Seiten gestützt und die Masken erst noch von Kameraden vor dem Umkippen bewahrt werden mussten. Der ganze Hof war mit Zuschauern angefüllt, worunter sich auch eine grosse Zahl von Frauen und Kindern befanden. Wieder war, wie auf die Tatau, die feierliche Ruhe der Menge bewundernswert. Ein Garamut, eine hölzerne Schlitztrommel, wurde in einfachem Rhythmus geschlagen, wozu die knieenden, völlig mit Kalk beschmierten Männer den Oberkörper in ruckartigen Bewegungen hin und her, nach vorn und nach hinten warfen. Die Hände hielten sie dabei auf dem Rücken gefaltet. Langsam richteten sie sich auf, immer mit diesen ruckhaften Bewegungen. Schliesslich sprangen sie aus der knieenden in die Hockstellung, woraus sie sich wiederum Ruck um Ruck bis zur völlig gestreckten Haltung erhoben und nach einem letzten Schlag des Garamuts die gekalkten Hände zusammenschlugen, so dass der Staub in ganzen Wolken davonflog. Damit war der Tanz zu Ende, und die grossen Masken wurden wieder neben den andern Schnitzereien im Hause aufgestellt. Alles strömte nun herbei, um die Kunstwerke zu bewundern. Dann hielt einer der Dorfältesten eine grosse Rede zu Ehren der Verstorbenen und der Veranstalter, und zum Abschluss erfolgte auch hier die Bezahlung der Mulligan und der Schweine. Einer nach dem andern traten die Veranstalter vor die Hütte, riefen laut aus wen und was sie zu bezahlen hatten, und eine Frau oder ein Kind aus ihrer Familie legte das Muschelgeld zu Füssen der betreffenden Schnitzerei, wo es nachher vom Eigentümer weggenommen wurde. Dann verteilten sich die Männer in die einzelnen Höfe des Dorfes, wo sie nach Sippen gesondert das Festmahl hielten.

Bis zu diesem Abschnitt ist das Fest von Lemakot dem früher geschilderten von Tatau durchaus ähnlich, wenn auch seine Bedeutung als Ahnenfest lange nicht so eindrücklich zur Geltung kommt und wenn auch namentlich die Schnitzereien nicht als Verkörperungen

der Verstorbenen behandelt werden wie dort. Leider konnte ich gerade über den Tanz, den interessantesten Teil der Feier, nichts erfahren. Die Leute sagten, er gehöre eben zum Mulligan und waren nicht zu bewegen oder nicht imstande, mehr zu erklären. Immerhin schien mir doch aus einigen Äusserungen hervorzugehen, dass es sich bei den grossen Kopfmasken um die Darstellung von Ahnen handelt. Parkinson berichtet übrigens, dass zu Beginn unseres Jahrhunderts die Zuschauer beim Erscheinen solcher Masken, die damals immer mit dem Namen eines Verstorbenen bezeichnet wurden, in lautes Klagen ausgebrochen seien. Es handelte sich also um die Darstellung eines ganz bestimmten Toten, während man heute höchstens noch von Ahnenmasken allgemeiner Art sprechen kann.

Eine Woche nach Eröffnung des Mulliganhauses fand in Lemakot die Haupt- und Schlussfeier der langen Reihe von Veranstaltungen statt. 21 Dorfschaften waren dazu eingeladen worden, und jede derselben musste mit einem Männer- und einem Frauentanz aufwarten, wofür sie von den Veranstaltern bezahlt wurden. Prunksucht und Tanzfreude hatten zu einem solchen Aufmarsch geführt, dass man entgegen der Regel schon am frühen Vormittag anstatt erst um zwölf Uhr mittags mit den Vorführungen begann, die übrigens auf dem grossen Dorfplatz und nicht in dem viel zu kleinen Mulliganhof stattfanden. Es würde zu weit führen, die Tänze alle beschreiben zu wollen, umsomehr als sehr wahrscheinlich ursprünglich nicht alle zu den Mulligan gehörten. So sind sicherlich eine ganze Anzahl von fremden Inseln her eingeführt worden, andere auch von der Mission. Ferner darf man nicht vergessen, dass sich die Phantasie einzelner besonders Begabter gerade in der Erfindung neuer Tänze recht häufig auswirkt. Man kennt aus den letzten Jahrzehnten verschiedene solcher Neubildungen, deren Aufführungsrecht vom Schöpfer und später von seinen Erben von Fest zu Fest verkauft wurde. Und schliesslich sind die Neuirländer ein so tanzfreudiges Volk, dass sie in neuerer Zeit, mit dem Schwinden der Kenntnis von der Bedeutung der Feiern, sicherlich nicht gezögert haben werden, auch solche Tänze aufzuführen, die ursprünglich zu ganz andern Festlichkeiten gehörten. Ohne zu versuchen, eine reinliche Scheidung von Altem und Neuem vorzunehmen, möchte ich nur kurz auf die bedeutendsten Vorführungen eintreten und vor allem die Tänze hervorheben, die mit der Bedeutung der Feier zusammenzuhängen scheinen.

Allgemein ist vorauszuschicken, dass Männer und Frauen immer getrennt tanzen. Garamut, oder sanduhrförmige, mit Eidechsenhaut überspannte Trommeln, oft auch nur Bambusstücke, die mit Holzstöcken geschlagen, oder mit den offenen Enden auf den Boden gestossen werden und dadurch einen dumpfen Ton erzeugen, dienen als Begleitinstrumente. Meistens werden die tanzenden Männer ausserdem von einem Chor begleitet, während die Tänzerinnen immer selbst singen, mit schrillen und gellenden Stimmen, die vom Ohr des Europäers durchaus nicht angenehm empfunden werden. Sowohl die Männer- als auch die Frauengruppen besitzen stets zwei bis drei Vortänzer, an deren Kunst besonders hohe Anforderungen gestellt werden. Aber auch bei den andern Teilnehmern ist immer wieder bewundernswert, wie genau sie jede Figur und jeden Schritt der Vorführung beherrschen. Nur durch andauernde Übung kann solche Vollkommenheit erreicht werden, und in der Tat vergeht in den Dörfern kaum ein Abend, wo sich nicht einige Leute zu einer solchen Probe zusammenfinden.

Viele Vorführungen sind pantomimischer Art. Entweder stellen sie eine alltägliche Begebenheit dar, wie z. B. das Speeren von Fischen auf dem Riff und den Fang von Haien auf hoher See mit den Neuirland eigentümlichen Fallen, oder aber sie schildern eine historische Begebenheit. So wurde z. B. ein vor Jahren stattgehabter Überfall auf einen europäischen Schoner in wundervoller Anschaulichkeit wiedergegeben, als Einführung zu einem andern Tanz die Verhaftung eines Schwarzen durch die europäische Polizei, was zeigt, wie immer wieder neue Motive auftauchen. Es ist nun sehr wohl möglich, dass die pantomimischen Vorführungen allgemeiner Art auch auf historische Ereignisse zurückgehen. Man kann sich z. B. denken, dass ein besonders erfolgreich verlaufener Zug zum Fang von Haien, oder, wenn wir an den Zusammenhang mit den Totenfeiern denken, eher noch eine tragisch ausgegangene Expedition den Anlass zur Erfindung dieses speziellen Tanzes gab, der dann eben, weil er gefiel, immer wieder aufgeführt wurde. Genau so ist es auch möglich, dass die Darstellungen des Schonerüberfalles oder sogar der Verhaftung des Schwarzen durch die Polizei anfänglich ebenfalls aufgeführt wurden, weil sie mit dem Tode von Eingebornen in Verbindung standen, denen zu Ehren man damals die ganze Mulliganfeier veranstaltet hatte. Es ist also sicher nicht ausgeschlossen, dass gerade die pantomimischen Tänze eigentlich zu den Totenfesten gehörten.

Andere Vorführungen, deren Bedeutung ganz unklar ist, haben sehr stark erotischen Charakter, und weiter spielen die alten Kriegstänze eine grosse Rolle. So bleibt mir vor allem ein sassálle, ein Speertanz, unvergesslich. Da sieht man die Tänzer unendlich behutsam den Feind anschleichen. Mit wildem Geheul stürzen sie sich dann plötzlich auf die Überraschten, werfen sie ihre Speere, stechen und parieren sie mit dem letzten, in der Hand behaltenen. Jetzt stürmen sie mit lautem Siegesgeschrei den Weichenden und Flüchtigen nach, jetzt müssen sie sich selbst ihrer Haut wehren, und als ob ihnen der Tod im Nacken sässe, kauern sie am Boden, mit ihrer Waffe die von allen Seiten drohenden Speere zur Seite schlagend. In gewaltigen Sprüngen setzen sie dann wieder über den Platz, um in höchster Not immer die charakteristische Hockstellung einzunehmen. Blitzschnell wechseln die Bilder, bis der Höhepunkt erreicht ist und gellender Jubel die Niederlage des Feindes anzeigt.

Mit Leib und Seele sind die Leute gerade bei diesen Tänzen dabei, und um so bewundernswerter ist ihre Kunst, als nur die eine Kampfpartei dargestellt wird. Trotzdem lebt man alle Phasen des Kampfes fiebernd mit, und nachher staunt man ob der ungeheuren Ausdauer der Tänzer, die sich stundenlang, im glühenden Sonnenbrand, ihrer Leidenschaft bis zur völligen Erschöpfung hingeben.

Wenn auch bei diesem Speertanz, der früher auch vor und nach Kriegszügen und nicht bloss während der Mulliganfeiern aufgeführt wurde, andere Motive als solche der Totenehrung vorhanden sind, so dürften doch diese letztern sehr stark in Betracht fallen. Sehr wahrscheinlich ist also auch dieser Tanz schon früher ein Teil der Totenfeiern gewesen.

Bei einer ganzen Anzahl von Männertänzen werden Masken und anderer auffälliger Schmuck verwendet. In erster Linie sind da die raupenhelmartigen Kopfmasken zu nennen. Dieser merkwürdige Putz geht auf die alte Haarfrisur der Neuirländer zurück, welche in der Medianlinie des Kopfes einen raupenartigen Haarwulst wachsen liessen und mit Kalk bleichten, während die beiden Seiten glatt rasiert und mit Kalk oder Farbe überschmiert wurden. Heute ist diese Frisur längst verschwunden, aber noch erinnern die Masken daran. Diese wurden jedoch früher, als die alte Haartracht noch üblich war, ebenfalls schon gebraucht. Fast immer weisen die einzelnen Stücke eine schnauzenartig vorstehende untere

Gesichtspartie auf. Diese Masken werden meistens als tátanu bezeichnet, etwa auch als kípong oder kípang. Wie schon bemerkt wurde, bedeutet tátanu Seele, Geist eines Toten, und dass wirklich Ahnen in den Masken verkörpert sind, geht auch daraus hervor, dass auf dem benachbarten Neuhannover jedes einzelne Stück mit dem Namen eines Verstorbenen bezeichnet wird. Die Tänze der kípong oder tátanu sind immer pantomimischer Art. Meistens veranschaulichen sie in äusserst drastischer Weise Liebes- und Kampfszenen. Ob es sich dabei um Darstellungen aus dem Leben der Verstorbenen, aus dem jenseitigen Leben derselben, oder um solche rein mythologischer Art handelt, war nicht festzustellen. Jedenfalls aber steht fest, dass es sich auch hier um einen Teil des Ahnenkultes handelt. Sehr merkwürdig ist ferner, dass auch die Tänzer, welche weibliche Rollen zu übernehmen haben, gleich wie die männlichen maskiert sind, wie übrigens auch auf den Mulligan sehr oft weibliche Darstellungen kaum von männlichen zu unterscheiden sind.

Sind die Kípongtänze eine der grössten Attraktionen des Festes, da ihre Komik eine sehr deutliche wird, so erfreuen sich gleichfalls grosser Beliebtheit die wiederum als kípong bezeichneten Vorführungen junger, als Frauen verkleideter Männer, welche sich aus Kokosnüssen geschnitzte Brüste umbinden und genau die Frauentänze kopieren. Ob es sich dabei, wie vielleicht auch bei den andern Kípongtänzen, um Zeremonien handelt, die in der Vorstellung von zweigeschlechtigen Wesen wurzeln, ist eine durchaus offenstehende Frage.

Eine ganze Anzahl von Maskentänzen veranschaulichen das Leben gewisser Tiere. Da treten z. B. vier Männer auf, die Eulenmasken aus Farnkraut, Federstreifen und bemalten Kokosschalen als Augen tragen. Sie geben die typischen Bewegungen dieser Vögel in so wundervoller Weise wieder, dass keiner, der auch nur einmal eine Eule gesehen hat, im Zweifel darüber sein kann, dass dieser Vogel dargestellt wird. Zu andern Tänzen werden Eberkopfmasken getragen, wieder andere stellen den Kampf von Vögeln mit Schlangen in entsprechenden Verkleidungen dar.

Neben den eigentlichen Masken braucht man auch Schmuckstücke, die mit Tierabbildungen verziert sind. So wurde in Lemakot wiederholt der búal-Tanz aufgeführt, wobei die Tänzer eine vielleicht aus der grossen Kopfmaske hervorgegangene Bastraupe auf

dem Kopf festgebunden hatten, die mit einem geschnitzten Vogel geschmückt war. Und auch der den Abschluss der ganzen Feier bildende Tanz lang máni, der spät am Abend zur Aufführung kam, war ein solches Schaustück. Auf der Strasse nahten sich die Tänzer in Viererreihen zum Gesang alter Lieder, deren Texte nur noch aus verstümmelten und zusammenhangslos aneinandergereihten Worten bestehen. Über den ganzen Körper verteilt trugen sie hellgelb gefärbte, pelzartige Bastbinden, auf dem Kopf Hauben aus Hühner- und Papageienfedern mit zwei langen Büscheln als Ohren und einem grossen Mittelkamme, in der einen Hand ein Blätterbüschel, in der andern den ausgestopften oder aus Holz geschnitzten Kopf eines Nashornvogels. Nachdem sie auf dem Dorfplatz im voraus für ihren Tanz bezahlt worden waren, zogen sie weiter zum Mulliganhof, wo die riesigen Zuschauermassen bereits, abgesehen von der Seite mit dem Eingang, die Bambuswände niedergerissen hatten. Durch das Tor betrat nun ein Tänzer nach dem andern den Hof. Den Nashornvogelkopf hielten sie jetzt im Munde, und die ganze scheue Art dieses Vogels wurde durch Wendungen, Schritte und Drehungen aufs schönste wiedergegeben. Nach einer grossartigen Schlußszene warfen die Tänzer ihren Schmuck zu Füssen der Mulligan. Dieser letzte Teil des Tanzes und der ganzen Feier wurde von den Eingebornen mit dem Ausdruck „die Vögel fliegen davon“ bezeichnet. Es wird später auf alle diese Tierdarstellungen zurückzukommen sein.

Während die Männertänze fast ausnahmslos sehr bewegt, ja wild sind, zeichnen sich die Vorführungen der Frauen durch ein gemessenes, oft geradezu feierliches Tempo aus. Langsam schreiten die Vortänzerinnen gegen die Hauptgruppe, umkreisen diese und durchkreuzen ihre geöffneten Reihen. In den Händen schwenken sie Blätter- und Blumenbüschel, die neben der Haube aus Pandanusblättern und der Gesichtsbemalung ihren einzigen Schmuck darstellen. Ebenso genau wie die Männer haben sie ihre Bewegungen einstudiert; aber das langsamere Tempo und die unzähligen Wiederholungen einzelner Figuren erwecken viel schneller den Eindruck von Eintönigkeit und ermüden den Zuschauer viel rascher als die lebhaften Männervorführungen.

Ich glaube nicht, dass die Frauentänze früher zu den Totenfeiern gehörten, da sich aus ihnen keine Beziehungen zur Ahnenverehrung erkennen lassen, und da, wie wir gesehen haben, noch

heute an einzelnen Orten zu grossen Teilen der Gesamtfeier keine Frauen zugelassen werden.

Auch in Lemakot besassen die Schnitzereien wie in Tatau nach dem Feste keinen Wert mehr als Kultobjekte. Man liess sie im Mulliganhaus stehen oder versorgte sie anderswo, bis sie ein Fremder kaufte. Einzelne wurden auch von Eingebornen aus Nachbardörfern erworben, um sie für ihre eigenen Feiern nochmals zu verwenden, aber diese Sitte ist höchst wahrscheinlich erst in jüngster Zeit als Degenerationserscheinung aufgetreten. Früher hatten die Mulligan nach den Festen überall gar keine Bedeutung mehr. So berichtet die Gazelleexpedition von 1875, dass sie in einem Dorfe der Westküste, wo die Feier offenbar noch nicht beendigt war, die Schnitzereien um keinen Preis kaufen konnte, während ihnen diese an Nachbarorten, wo es sich offenbar um gebrauchte Stücke handelte, in den grössten Mengen und zu den billigsten Preisen offeriert wurden. Ich selbst hatte beim Kauf im allgemeinen ebenfalls keine Schwierigkeiten, solange es sich um gebrauchte Stücke handelte. Nur bei einem einzigen Typ zeigten sich die Eingebornen merkwürdig abgeneigt, einen Handel einzugehen. Es waren die Mulliganpuppen, die einen aus Holz geschnitzten Kopf und einen Körper aus Schnüren und Rotang oder Moos aufweisen. Trotzdem man mir an verschiedenen Orten versprach, eine solche Puppe nach dem Feste zu überlassen, war sie überall schon verbrannt, wenn ich zum Kauf schreiten wollte, und der Kopf, der meistens aufbewahrt und wieder verwendet wird, sorgfältig versteckt. Auch andere Reisende klagten über dieselben Schwierigkeiten, trotzdem diese Puppen kaum bedeutendere oder für die Kulthandlungen wertvollere Objekte sein können als die reinen Schnitzereien. Vielleicht liegt der Grund darin, dass die Köpfe der Puppen meistens gemeinsames Eigentum einer grössern Anzahl von Männern sind, die sich auch in den Gewinn beim Ausmieten des Kopfes teilen. In solchen Fällen von Kommunalbesitz ist es immer sehr schwierig und meistens ganz unmöglich, einen Kauf abzuschliessen.

Es kann kaum ein Zweifel darüber bestehen, dass die Mulligan ausgesprochene Ahnenfeiern sind. Als solche werden sie auch von den Eingebornen bezeichnet, und immer weiss man ganz genau, zu wessen Ehren man das Fest abhält. Wir haben auch gesehen, dass in Tatau die Schnitzereien sogar als die Toten bezeichnet

wurden, was völlig im Sinne der ganzen Feier liegt. In Lemakot dagegen, und auch an vielen andern Orten Neuirlands, war dies nicht immer der Fall. So stand in Medína ein Mulliganhaus mit elf Bildwerken, worauf im ganzen zwölf menschliche Figuren abgebildet waren. Für zwölf Verstorbene war auch das Fest abgehalten worden, aber nur eine einzige Statue stellte den Toten selbst dar. Alle andern menschlichen Darstellungen wurden als Leute aus sagenhafter Vorzeit bezeichnet. Auf den Mulligan von Lemakot war kein einziger Toter dargestellt, sondern ausschliesslich solche sagenhafte Gestalten. Unpersönliche Ahnenbilder stehen also hier an Stelle der persönlichen.

Alle Schnitzereien weisen die verschiedenartigsten Tierdarstellungen auf, fast immer in Verbindung mit menschlichen Figuren und oft in phantastischer Ausführung. Besonders zahlreich sind Fische, speziell fliegende Fische und Haie, wiedergegeben, dann Vögel und Schlangen, seltener Schweine, Krebse, Muscheln und Korallen. Pflanzen sieht man sozusagen nur in Form von essbaren Früchten dargestellt. Ferner treten hin und wieder Hausgeräte und Waffen und vereinzelt auch der Mond auf. Es würde zu weit führen, auf alle diese Einzelheiten einzugehen. Hier soll der Hinweis auf die Tierdarstellungen genügen. Er führt uns wieder zurück auf die Tiertänze und zeigt mit diesen, dass in den Feiern nicht nur Ahnenehrungen im engsten Sinne des Wortes zu suchen sind, sondern dass sie noch andere Elemente enthalten müssen. Zunächst liegt es nun nahe, die dargestellten Tiere mit den totemistischen Systemen der Neuirländer in Zusammenhang zu bringen, d. h. mit der Einteilung der Bevölkerung in bestimmte, nach Tieren benannte Gruppen. Ursprünglich liegt dieser Sitte wahrscheinlich die Auffassung zugrunde, von einem solchen Tier abzustammen, die vielleicht selbst wieder mit Vorstellungen von der den toten Körper in Tierform verlassenden Hauchseele in Zusammenhang zu bringen ist. Diese Seelentiere sind möglicherweise später zu Totemtieren geworden.

In Nord-Neuirland und auch auf den Tabarinseln ist die Bevölkerung überall in Clans eingeteilt, die nach Vögeln benannt sind. Meistens sind es deren zehn, während im Süden der Hauptinsel, aber noch in unser Untersuchungsgebiet hineinreichend, an ihre Stelle zwei nach dem Seeadler (Haliaetus leucogaster) und dem Fischadler (Pandion leucocephalus) benannte Klassen treten.

Diese sind auch unter den Clans des Nordens vorhanden, ohne aber durch grössere Bedeutung herauszustechen. Keiner der Totemvögel geniesst heute besondere Verehrung, wie dies an andern Orten üblich ist. Die Angehörigen einer Gruppe dürfen ihr Totemtier ungestraft töten, ja sogar essen. Mit einigen wenigen Ausnahmen existieren auch keine Überlieferungen, welche die Menschen von solchen Tieren abstammen lassen, oder auch nur sagenhafte Vorfahren mit ihnen in Beziehung bringen, wie dies in andern Gebieten ebenfalls vorkommt. Nur in einem einzigen Dorfe erzählte man mir noch Bruchstücke einer Sage vom Seeadler, der früher ein mächtiger Krieger gewesen sei. Im allgemeinen sind heute die Totemclans einzig und allein wichtig als Heiratsklassen. Angehörigen desselben Clans ist die Ehe miteinander strenge untersagt, da sie Blutschande gleichkäme.

Berichte der ersten europäischen Besucher lassen vermuten, dass schon damals die Totemclans nur als Heiratsgruppen von Bedeutung waren. Auf Tabar wurde mir aber erzählt, dass man früher auf Kriegszügen einen in einen Käfig eingeschlossenen, aus Holz geschnitzten Vogel mitgeführt habe, um sich den Erfolg zu sichern. Allem Anschein handelte es sich dabei um Totemvögel, die also damals noch eine grössere Rolle spielten als heute. Es ist deshalb durchaus wahrscheinlich, dass früher, vielleicht lange vor Ankunft der ersten Europäer, der Kult dieser Totemvögel in hoher Blüte stand, oder dass Einwanderer aus einem Gebiet mit hoch entwickelter totemistischer Kultur nach Neuirland kamen, wo dann ihre Überlieferungen unter dem Einfluss der bodenständigen Vorstellungen mehr und mehr verloren gingen. Jedenfalls liegt es nahe, die auf den Mulligan abgebildeten Vögel und auch die Vogeltänze als Reste dieser Totemverehrung anzusehen. Nun sind aber nicht alle abgebildeten Vögel Totemtiere. Diese andern könnte man als Zeugen für ausgestorbene und vergessene Totemgruppen ansehen, oder aber als freie Phantasieprodukte besonders origineller Künstler, die, als man die Bedeutung der abgebildeten Vögel schon nicht mehr kannte, ohne Hemmungen neue Motive schaffen konnten.

Eine weitere Untersuchung der Totemsysteme ergibt, dass jeder Vogelclan Untergruppen besitzt, die entweder nach Schlangen oder nach Haifischen benannt werden, und zwar nach ganz bestimmten, mit besondern Namen bezeichneten und an einem bestimmten Orte wohnenden Tieren, während die Vogelclans die ganze Spezies und

nicht einen einzigen Vertreter derselben als Totem besitzen. Eine Überlieferung ist bekannt, welche den Menschen von einem solchen Untertotem, die man überall als máselai oder másili bezeichnet, abstammen lässt. Recht häufig glaubt man, dass die Menschen nach ihrem Tode je nach ihrer Zugehörigkeit zu Haien oder Schlangen werden. Deshalb die früher üblichen verschiedenartigen Bestattungen. Mitglieder von Schlangengruppen wurden beerdigt, die der Haigruppen ins Meer geworfen oder in Booten ausgesetzt, und in entsprechender Weise verfuhr man mit den Kremationsüberresten. Vereinzelt trifft man auch auf die Auffassung, dass ein máselai der Abstammungsort der betreffenden Gruppe sei, wahrscheinlich ist dies aber eine Degenerationsform der echten máselai. Am Wohnort dieser Totemtiere leben auch die gass, die früher schon erwähnten Doppelgänger der Menschen, die am Fest in Tatau in Vogelform erschienen.

Im Gegensatz zu den Totemvögeln geniessen die máselai allseitige Verehrung. Den Angehörigen ihrer Gruppe sind sie freundlich gesinnt, aber nur wenige Bevorzugte, meistens die Sippenältesten, verstehen es, mit ihnen in Verbindung zu treten und ihre Hilfe in Anspruch zu nehmen. Fremde Máselaiplätze werden ängstlich gemieden, und wiederholt wurden mir Geschichten von Leuten erzählt, die den Tod erlitten, weil sie unvorsichtigerweise einem solchen Orte nahe kamen. Ihren Angehörigen aber helfen die máselai beim Fischfang und im Kriege. Sie sind ferner die Wächter über die sexuelle Reinheit ihrer Gruppe und bestrafen Schuldige aufs strengste. Neben ihrer tierischen Gestalt können sie auch menschliche annehmen. So erscheinen diese Untergruppen im Gegensatz zu den Vogelclans noch sehr lebendig, noch völlig im Vorstellungsleben der Bevölkerung verwachsen. An einzelnen Orten, besonders auf den Tabarinseln, sind sie sogar so bedeutend, dass die Vogeltotems daneben ganz verblassen. Schlangen und vor allem Haigruppen werden dort als Heiratsklassen genannt, und an vielen Orten steht ein förmlicher Haikult in Blüte. Aber auch in Neuirland trifft man hin und wieder kleine Kultplätze mit roh zugehauenen Haifischen aus Stein und menschlichen Knochen, wo durch Beschwörungen und Opfer Erfolg beim Fischfang erfleht wird.

Es ist noch nicht möglich, das Bestehen der verschiedenen Totemsysteme im gleichen Bezirk eindeutig zu erklären. Wohl kann man annehmen, dass sich die älteste Form der Clantotems

zu den zwei Klassen vereinfacht hat, und dass das Totemtier mit schwindender Bedeutung als Ahn mehr und mehr zum individuellen schützenden Wesen wird, wie es schon die máselai bis zu einem gewissen Grade sind, oder schliesslich wie die gass, die geisterhaften Doppelgänger der Lebenden in tierischer und menschlicher Gestalt, die sogar nicht einmal mehr Schutzfunktionen besitzen, sondern genau das gleiche Schicksal erleiden wie die Lebenden. Ob nun aber die Weiterentwicklung dieser Formen zum unpersönlichen Ahnenkult und schliesslich zur speziellen Verehrung der Verstorbenen führt, kann nicht entschieden werden. Es ist nämlich nicht einmal sicher oder sogar unwahrscheinlich, dass die ebenerwähnten totemistischen Formen Teile einer Entwicklungsreihe sind. Wäre dies der Fall, so würde man sicherlich nicht mehr alle ihre Stufen noch heute am gleichen Orte nebeneinander vorfinden, sondern nur noch die höchste allein oder doch weitaus überwiegend. Und noch unverständlicher wäre es, dass in einer solchen Entwicklungsreihe ganz verschiedene Tiere als Totem vorkommen, dass von Vögeln zu Haien und dann wiederum zu Vögeln übergegangen wird. Man muss aus allen diesen Überlegungen heraus vermuten, dass es sich ursprünglich um mindestens zwei Totemsysteme handelt, die erst nach ihrer fertigen Ausbildung miteinander in Berührung kamen und sich dann gegenseitig beeinflussten.

Um wieder auf unsere Schnitzereien zurückzukommen, so liegt es nun nahe, die darauf abgebildeten Fische und Schlangen mit den máselai in Zusammenhang zu bringen, so wie die darauf dargestellten Vögel mit den Vogeltotems in Beziehung gebracht wurden. Da ist zunächst auffällig, dass die beiden Tiergruppen sozusagen auf allen Mulligan, gerade so wie in einigen Tänzen miteinander, und oft auch die Fische und Schlangen im Kampf stehen mit den Menschen, die ihrerseits von den Vögeln geschützt werden. Auch das stützt unsere Hypothese, dass sich die beiden Totemsysteme ursprünglich fremd sind, dass das später hinzugekommene dem älteren feindlich gesinnt war. Allerdings muss erwähnt werden, dass heute viele der Tiergestalten anders dargestellt werden als früher, dass die Mulligan sozusagen gefälscht sind. Vergleiche mit alten Stücken zeigen nämlich, dass dort Fische und namentlich Fliegende Fische, aber auch Schlangen dargestellt sind, wie sie aus dem Munde menschlicher Gestalten herauskommen, während sie heute auf denselben Typen den Menschen angreifen, z. B. ins

Kinn beissen, so dass der Sinn der dargestellten Szene vollkommen verändert wird. Wahrscheinlich geschahen solche Änderungen ohne bestimmte Absicht, da ja die Bedeutung der Figuren längst nur mehr ganz ungenau bekannt ist.

Ausser dem Hai sind keine Fische máselai, trotzdem werden aber die verschiedensten Arten dieser Tiere auf den Mulligan abgebildet. Man kann auch hier wie bei den Totemvögeln annehmen, dass es sich um ausgestorbene Maselaigruppen handelt, die auf den Schnitzereien ihre Spuren hinterlassen haben. Dasselbe gilt vom Krokodil, von dem man weiss, dass es noch vor wenigen Jahrzehnten máselai war, und das ebenfalls hin und wieder auf den Mulligan erscheint. Ferner kann man, wiederum wie bei den Totemvögeln, sich denken, dass die schöpferische Phantasie der Künstler später zu der Wiedergabe anderer Fische führte, ohne dass diese zu den máselai gehörten.

Zu einer weitern Erklärungsmöglichkeit der nicht mit den Totemsystemen verbundenen Tiere gibt eine Beobachtung Parkinsons aus dem Jahre 1880 Anlass. Er sah damals auf Tabar, auf dem Grabe eines Händlers, Schnitzereien, die diesem zu Ehren hergestellt worden waren. Der Weisse war an den abgebildeten Kleidern sofort zu erkennen. Auf der einen Statue war sein dicker Leib durch eine auf seinem Bauch sitzende Schildkröte wiedergegeben, auf der andern durch ein an derselben Stelle angebrachtes Gerank von Schlangen. Dies zeigt einmal, dass das gleiche Motiv in verschiedener Weise wiedergegeben werden kann, was für eine gewisse Freizügigkeit spricht, und dann, dass offenbar einzelne Körperteile durch Tiere symbolisiert werden können. Es ist nun sehr wahrscheinlich, dass auch auf modernen Statuen häufig an Stelle einzelner Körperorgane Tiere, namentlich Fische dargestellt werden. Vielleicht hängt diese Sitte zusammen mit dem Glauben, die Seele des Menschen, oder besser seine Lebenskraft, sein Lebensstoff, sei in bestimmten Organen lokalisiert, die dann als besonders wichtige Lebensträger erscheinen. Führt man diesen Gedanken weiter, so liegt es nahe, auch nach Darstellungen der den Körper verlassenden Hauch- oder Atemseele zu suchen. Ein solches Seelentier, wenn man so sagen will, scheint in erster Linie der fliegende Fisch zu sein, der ja auch, wie kein anderes Tier, dank seiner merkwürdigen Fähigkeit, über dem Wasser zu schweben, für die Eingebornen etwas Aussergewöhnliches ist und deshalb zu solchen

Vorstellungen in erster Linie Anlass geben konnte. Auch die grossen, oft mit flügelartigen Flossen versehenen Fische, die weder Haie, noch fliegende Fische, sondern kleine, farbige Riffische darstellen, sind vielleicht mit diesen Seelentieren in Verbindung zu bringen. (Zum Vergleich sei erwähnt, dass in Polynesien solche Fischlein vielfach als die Seelen Verstorbener betrachtet werden.) Und schliesslich könnte man in diese Gruppe alle Schlangen und Vögel einreihen, die dargestellt sind, wie sie den Mund einer menschlichen Gestalt verlassen. Wiederum kommen wir aber damit auf Wurzeln des Totemismus zurück, der sich also immer mehr als eine Hauptgrundlage des Mulligankultes erweist.

Haben die Beobachtungen Parkinsons zu der Auffassung geführt, die Seelentiere seien wichtige Motive im Darstellungskreis der Mulligan, so geben sie noch einen weitern wertvollen Hinweis für die Beurteilung dieser Bildwerke. Parkinson berichtet nämlich von einer der grössten Feiern, die er sah, dass sie zu Ehren einer im Kindbett verstorbenen Frau abgehalten wurde, und dass dabei ein riesiger, vielteiliger Mulligan die ganze Sterbeszene darstellte. Und von einer andern Schnitzerei sagt er, dass sie vier Männer zeige, die auf den Haifischfang ausgezogen und davon nicht mehr zurückgekehrt seien. In beiden Fällen handelt es sich also um persönliche Ahnenbilder mit gleichzeitiger Darstellung der Todesursache. Solche Kombinationen kommen auch heute noch vor. In der früher erwähnten Gruppe von Medína z. B. befindet sich die Ahnenstatue eines berühmten Dorfhäuptlings, der auf dem Riff verunglückte. Dieses selbst ist am Fusse des Bildwerkes in Form von Stacheln zu sehen. Der Stock, den der alte Mann benützen musste, fehlt nicht, und die Wendung des Kopfes zeigt, dass der Tote stürzte, als er beim Umsehen nicht auf den Weg achtete. Um ja keinen Zweifel über die dargestellte Person aufkommen zu lassen, hat man die Figur mit der Federhaube bekleidet, die den Verstorbenen, einen berühmten Tänzer, bei unzähligen Vorführungen geschmückt hatte. Sehr wohl kann man sich nun vorstellen, dass nicht nur Unglücksfälle als Todesursachen dargestellt werden, sondern auch Dämonen, welche den Verstorbenen befallen und krank gemacht haben. Wahrscheinlich sind solche böse Geister in den meisten Fällen in Tierform wiedergegeben worden. Weiter ist sehr wohl möglich, dass solche besonders gut geratene Bildwerke mit Angabe der Todesursache oder mit persönlichen Attributen,

weil sie grossen Eindruck erweckten, für andere Feiern kopiert wurden, auch wenn sie dorthin nicht mehr passten, und schliesslich als Typus immer wieder verwendet wurden, wobei der Erfinder und seine Nachkommen das Herstellungsrecht besassen, es aber auch verkaufen konnten, so dass solche Muster schliesslich über den ganzen Bezirk verbreitet wurden. Auf diese Weise könnte man sich die vielen unpersönlichen Ahnenstatuen erklären, von denen die Leute nur noch wissen, dass sie aus sagenhafter Vorzeit stammen sollen. Es ist durchaus nicht notwendig, bei solchen Aussagen sofort an mythologische Gestalten zu denken, denn die Tradition der Eingebornen reicht nur sehr wenig weit zurück, so dass schon Geschehnisse aus der Zeit vor wenigen Jahrzehnten als sagenhafte Ereignisse bezeichnet werden. Dabei muss allerdings zugegeben werden, dass auf den Mulligan zur Seltenheit auch mythologische Szenen erscheinen. An zwei Orten wurden mir wenigstens Rudimente solcher Überlieferungen mitgeteilt, von einer Frau, welche ihren Totemvögeln aus einer Kokosnuss zu trinken gab, und von einem Mann régom, der sich in einen Seeadler verwandelte und ein Stück des Mondes abbiss, die beide in bildlichen Darstellungen ihren Niederschlag gefunden hatten.

So zeigt auch die Untersuchung der Schnitzereien, dass die Mulligan Ahnenfeiern sind. Aber diese Deutung muss im weitesten Sinne gefasst werden; denn nicht nur persönlicher und unpersönlicher Ahnenkult kommen in den Bildwerken und Festen zum Ausdruck, sondern auch verschiedene Formen des Totemismus und die damit verbundenen Seelenvorstellungen. Wenn wir den Begriff Ahnenkult in diesem ausgedehnten Sinne fassen, dann sind die Feiern etwas Einheitliches, wenn auch verschiedene Wurzeln, ja sogar verschiedene Kulturen, an ihrer Ausbildung beteiligt gewesen sind. Vieles bleibt auch so noch unerklärt, und selbst wenn man die ungehemmte Gestaltungskraft einzelner neuerer Künstler im weitesten Masse berücksichtigt, so bleibt doch vor allem an den Schnitzereien noch manches unklar. Die Eingebornen selbst können uns keine Auskunft geben über den Ursprung der Feiern und den Sinn von Einzelheiten. Wohl aber ist ihnen zum grössten Teil noch genau bewusst, worauf schon früher gelegentlich hingewiesen wurde, warum sie die Feiern abhalten. „Wir verfertigen die Mulligan und feiern das Fest, um mit den Toten fertig zu sein“, erklärte ein Einwohner von Medína kurz und bündig. Aber am gleichen Orte

wurde für einen besonders bedeutenden Mann einige Jahre nach der ersten Feier eine zweite veranstaltet mit neuen Schnitzereien und mit der Begründung: „Wir trauern so sehr um diesen Mann, dass wir ein zweites Mulligan veranstalten müssen.“ Und in Lemakot sagte man mir: „Du glaubst gar nicht, wie sehr wir der Toten gedenken und trauern während der ganzen Zeit, da wir die Mulligan herstellen. Um die Verstorbenen zu vergessen, und damit sie ins Totenreich eingehen können, veranstalten wir die Feier.“ So erscheinen also wie bei den Bestattungssitten Furcht und Trauer immer wieder zusammen als die wichtigsten Veranlassungen zu den Totenfesten, und diese selbst bedeuten den Abschluss der Trauerzeit, worauf vielleicht auch die dabei vorkommenden, früher erwähnten humoristischen Vorführungen hinweisen, die an andern Orten ebenfalls beim Abschluss der Trauerzeit vorkommen. Ein letztes treibendes Motiv der Feste darf aber nicht unerwähnt bleiben, schon weil es immer wichtiger wird und vielleicht bereits heute alle andern überschattet. Es ist der Geltungstrieb der Reichen. Das Prestige dieser Leute verlangt es, dass immer prunkvollere und kostspieligere Feste abgehalten werden. Einer sucht den andern zu überbieten, und von solchen grossen Mulligan redet man noch jahrelang, wobei man sich mit grösstem Respekt der Veranstalter und nicht etwa der Verstorbenen erinnert.

Der Mulligankult Neuirlands ist in Melanesien eine völlig isolierte Erscheinung. Wohl trifft man in den Nachbargebieten fast überall Ahnenfeiern und Ahnenstatuen, aber nur ganz ausnahmsweise solche mit leisen Anklängen an Neuirland. Zur Zeit, als die ersten Europäer die Totenfeste kennen lernten, scheinen im Gegensatz zu heute die Tabarinseln ein Hauptzentrum gewesen zu sein, und diese Gruppe wird auch von verschiedenen Überlieferungen der Eingebornen als Ursprungsort der Mulligan bezeichnet. Wenn wir an die isolierte Stellung des Kultes denken, so haben wir keinen Grund, an der Richtigkeit dieser Überlieferungen zu zweifeln. Zum mindesten muss angenommen werden, dass ein ganz kleiner Bezirk der Ausgangspunkt gewesen sei, und dass sich der Kult von dort über die früher erwähnten verschiedenen Sprachbezirke ausgebreitet habe. Die isolierte Stellung der Mulligan, die Geschlossenheit ihres Stiles und diese Überlieferungen von einem lokal beschränkten Ursprungsort, die alle im Gegensatz stehen zu den verschiedenen Sprachen, den gemischten Volkstypen und dem materiellen Kultur-

besitz ganz verschiedenen Ursprunges des heutigen Verbreitungsgebietes, weisen aber auch darauf hin, dass ihre älteste Bedeutung auf einer einheitlicheren Grundlage fussen könnte, als sie ihnen auf Grund unserer Beobachtungen gegeben wurde. Dieser Gedanke drängt sich ja förmlich auf beim Blick über den ganzen Kult sowohl, als auch bei der Betrachtung der Schnitzereien. Es darf aber nicht vergessen werden, dass solche Überlegungen vorläufig noch nicht auf dem Boden der Tatsachen stehen. Was feststeht, ist in unsern Ausführungen in der Hauptsache erwähnt worden, und alles, was darüber hinausgeht, ist, wenigstens vorläufig noch, Theorie. So ist es auch Hypothese, wenn G. Peekel den Mondkult als Wurzel der gesamten Mulliganzeremonien annimmt. Nur wenige und zum Teil zweifelhafte Tatsachen, die ferner erst noch verschieden gedeutet werden könnten, liegen dieser Auffassung zugrunde, wenn auch zugegeben werden muss, dass mit Hilfe des Mondkultes verblüffende Erklärungen einzelner Tänze und Schnitzereien möglich sind. Anderseits ist es aber sehr verdächtig, dass mit ebenso grosser Leichtigkeit ganz andere Kultformen, sogar solche aus Australien, auf derselben Grundlage der Mondverehrung gedeutet wurden, ohne dass dabei für die doch offensichtlichen Verschiedenheiten eine Begründung gegeben oder auch nur gesucht wurde. Im übrigen ist die Hypothese trotz ihrer Anwendung auf sehr weite Gebiete so einseitig und eng gefasst, dass sie auch als Arbeitshypothese kaum verwendungsfähig ist, da sie nicht den geringsten Spielraum freilässt. Es erscheint deshalb gerechtfertigt, ohne damit ein abschliessendes Urteil über die Ausführungen Peekels fällen zu wollen, neue Wege zur eigentlichen Wurzel des Mulligankultes zu suchen, auch wenn sie vorläufig ebenso unsicher und ebensowenig durch Tatsachen gestützt sein mögen wie jene. Eine solche Möglichkeit bietet die Annahme einer Beeinflussung von aussen her durch eine weit abgelegene Kultur, die den neuirländischen Totenkult begründet oder doch ausserordentlich stark befruchtet hat. Diese Annahme ist durchaus nicht so phantastisch, wie es auf den ersten Blick scheint. Wir wissen, dass ein grosser Teil der heutigen ozeanischen Bevölkerung aus Indonesien und den Randgebieten Asiens stammt, und dass sich diese Einwandererströme im Zeitraum von Jahrhunderten in gewaltigen Wellen über die Inselwelt des Grossen Ozeans ausbreiteten, während einer Zeit, da in Asien längst blühende Hochkulturen bestanden. Weiter wissen wir, dass an ver-

schiedenen Orten Melanesiens ganz isoliert materielle Kulturgüter auftauchen, z. B. Holzkopien von Eisenwaffen, die unzweifelhaft auf Beziehungen mit Indonesien oder dem asiatischen Kontinent hinweisen, vielleicht sogar auf Einflüsse, die sich nach dem Verklingen der grossen Bevölkerungswellen geltend machten. So liegt es nahe, bei den Mulligan Neuirlands auch an eine solche Beeinflussung zu denken. Noch weiss man nicht, woher diese kommen könnte. F. Speiser hat schon vor mehreren Jahren auf die Wahrscheinlichkeit solcher Beziehungen mit hinduistischer Kunst hingewiesen, und in der Tat finden die üppig wuchernde Phantastik der neuirländischen Schnitzereien und die ebenso komplizierten, ursprünglich höchst wahrscheinlich nicht vom gesamten Volke, sondern nur von einer Art Priesterkaste beherrschten Kulthandlungen und Deutungen der Bildwerke in jenen gleich vielseitigen Verhältnissen ein ausgezeichnetes Gegenstück. Auch rein gefühlsmässig ist man oft versucht, an Verwandtschaft und Übereinstimmungen mit indischen Kunstwerken zu denken.

Noch ist die Zeit einer solchen Beeinflussung völlig ungewiss, wenn auch die isolierte Stellung des Kultes weniger an die grossen Völkerwanderungen, als an eine spätere, zahlenmässig geringe Invasion denken lässt. Gestützt wird diese Auffassung durch die Überlieferungen von Tabar als Ausgangspunkt der Feste. Eine kleine Horde von Fremden, die sich auf freiwilliger Wanderung befand oder verschlagen wurde, wird sich nie auf dem grossen Neuirland, sondern auf den kleinen, leichter zu erobernden und zu verteidigenden Tabarinseln festgesetzt haben. In diesem Zusammenhange sei übrigens daran erinnert, dass die Tabarleute im allgemeinen heller sind als die Neuirländer und meistens auch feinere Gesichtszüge aufweisen. Ferner kann die Annahme einer kleinen Zahl von Fremden, die den Kult mit sich brachten, erklären, warum später, nach ihrem Aussterben oder Aufgehen in der ältern Bevölkerung, von der eigentlichen Bedeutung der Zeremonien bald nichts mehr oder doch nur unverstandene und stark veränderte Reste bekannt blieben.

Noch ist völlig unbekannt der Weg, den die Einwanderer nahmen. Eine Spur zeigt sich vielleicht auf St. Matthias, wo früher Ahnenstatuen mit Anklängen an neuirländische Schnitzereien hergestellt wurden. Und noch ist schliesslich in keiner Weise geklärt, was der ursprüngliche Inhalt des Kultes war, ob er ebenfalls Toten-

ehrung zum Zwecke hatte oder ganz andern Zielen diente. Es müsste auch festgestellt werden, ob er die Grundlage der heutigen Mulliganfeiern bildete, die nach und nach durch wesensfremde totemistische und ahnenkultische Ideen ersetzt wurde, oder ob er bereits eine festgefügte, lebenskräftigere Kultform vorfand und sich mit ihr vermischte oder sogar in ihr aufging, und die er dadurch veränderte.

Eine lange Reihe von Fragen sind also zu lösen, um eine fast nur gefühlsmässig empfundene Verwandtschaft zweier Kulturen auf einen sichern Boden von Tatsachen zu stellen. Aber es sind alles keine Probleme, die völlig für sich gelöst werden müssen. Immer mehr macht sich ja die Auffassung geltend, dass nicht nur die ozeanische Bevölkerung, sondern auch ozeanische Kulturelemente in viel stärkerem Masse mit asiatischen in Zusammenhang stehen, als man früher annahm, ja, dass die Südsee sogar den Schlüssel bergen könnte, um Beziehungen zwischen asiatischen und amerikanischen Hochkulturen aufzudecken. In diesen grossen Fragenkomplex hinein gehört auch die Suche nach dem Ursprung der Mulliganfeiern. Vielleicht wird es einmal möglich sein, Brücken zu schlagen von der primitiven Kultur Neuirlands zu den Hochkulturen Asiens und nicht nur zu vermuten, sondern nachzuweisen, dass ein isolierter Zweig einer dieser Kulturen bis auf unsere Insel gelangt ist und dort Kult und Kunst auf so wundervolle Weise befruchtet hat. Ein solcher Beweis würde allerdings viele der Folgerungen dieses Referates unhaltbar gestalten, da ja dann völlig neue Grundlagen mitberücksichtigt werden müssten. Aber es wäre unvorsichtig und verfrüht, schon jetzt von den Wurzeln der Totenfeiern abzusehen, die sich gegenwärtig aus den überblickbaren Tatsachen ableiten lassen, und die sich vielleicht auch später noch, bei völlig neuen Deutungen, von Wert erweisen werden.

Biologische Forschungen in tropischen Urwaldgebieten

Von

Hans Bluntschli

bislang Professor an der Universität Frankfurt a. M., jetzt in Bern

Alles Leben auf der Erde ist in letzter Linie abhängig vom wärmenden Licht der Sonne und vom unaufhörlichen Kreislauf der Wasser. Uns Sterblichen erscheinen diese Urquellen der Kräfte für ein und dasselbe Erdgebiet als feste und unveränderliche Grössen. Aber sobald wir an ihre Auswirkungen auf die verschiedenen Teile des Erdraumes denken, sobald wir uns daran erinnern, dass nach den erdgeschichtlichen Erkenntnissen die Lage der Erdachse im Weltenraum keineswegs immer die gleiche gewesen ist, muss jene Annahme ins Wanken geraten. Es gab Zeiten, wo auf heute arktischem Boden schlanke Palmen im warmen Windhauch standen und noch viel ältere, wo sich über heute tropische Steppenböden grösste Binneneisströme langsam fortbewegten. Aus fast allen Erdteilen kennen wir Beispiele für die Tatsache, dass, wo heute Kulturboden oder das Bild von weitgedehnten Raublandschaften vorliegt, früher dichte Wälder die Erde überzogen. Seltener, aber auch nicht fehlend, sind die Zonen, wo sich heute wieder Wald ausgebreitet hat, während sich dort vor Zeiten offenere Landschaft vorfand. So ändert sich das Oberflächenbild der Erdteile und ihrer Landschaften dauernd, und unermüdlich modeln die mächtigen Naturgewalten seine Formen. Seit der Mensch erstand, mit einfachsten Werkzeugen umgehen lernte und sich das Feuer nutzbar machte, kam ein neuer, den Wandel der Landschaftsbilder sehr erheblich mitbedingender Faktor zu den bisherigen hinzu. In der Tat hat der Mensch mit seinen Bedürfnissen grossen Erdgebieten neue Bestimmungen aufgezwungen, und es ist recht fraglich, ob sein gestaltwandelnder Einfluss auf das Bild der Landschaften bisher schon

in dem vollen, ihm wirklich zukommenden Ausmass immer richtig eingeschätzt worden ist.

Auf unserem Erdteil ist von der einst mächtigsten der europäischen Pflanzenformationen, dem weitausgreifenden, zusammenhängenden Urhochwald mit seinen, allerdings auch damals schon je nach den klimatischen Einzelbedingungen sowohl zeitlich, als auch örtlich voneinander abweichenden Bestandstypen, nur noch ein kümmerlicher Rest übrig geblieben. Der einst vom alten Wald bedeckte Raum wird heute erfüllt von einer Menge verschiedenartiger Pflanzenvereine, die den Länderteilen ein gar wechselvolles Aussehen geben und vom ungastlich gewordenen, vegetationsarmen Ödland bis zu den reich gesegneten Fluren ausgesprochenster Kulturgebiete alle möglichen Zwischenformen aufweisen. Neben den eigentlichen Erdgestaltungen ist es ganz vor allem dieses Verhalten der Pflanzenwelt, wonach wir die Landschaftsarten zu benennen pflegen und nur, wo die Kultur des gehobenen Menschen geradezu ins Auge sticht, denken wir daran, dass neben der an die Erde gefesselten Vegetation, auch die bewegliche tierisch-menschliche Lebewelt an der Entstehung dieser ausserordentlichen, aber sekundären Mannigfaltigkeit mitbeteiligt ist.

Die Natur, welche uns Gegenwärtige umgibt, ist abgesehen vom Hochgebirge, vom Saum des Meeres, von den grossen sumpfigen Niederungen und von kleineren, meist ziemlich abgelegenen Einzelbezirken — die gleich Inseln aus vergangener Zeit mitten in veränderten Zonen stehengeblieben sind — um ein Vielfaches lieblicher, vielseitiger und weniger wild, als die Umwelt, in der unsere fernen Vorfahren auf demselben Boden ein weit härteres Leben zu führen hatten. Was uns die geschriebene Geschichte aus der verhältnismässig kurzen Zeitspanne, von der sie berichten kann, über die Periode, da sich der Mensch die europäische Erde untertan gemacht hat, auszusagen vermag, das ist — wir sollten es nie vergessen — nicht viel mehr als der Ausklang einer langen, nie genau messbaren Zeit, die schon in ihren dunklen Anfängen den Menschen aus Nahrungssorgen mit dem ihm zugewiesenen Raum und mit dessen tierischem und pflanzlichem Leben ringen sah.

Auch für die andern grossen Erdteile können die Verhältnisse nicht viel andere gewesen sein. Als Menschen in sie eindrangen, fing auch der vom Menschen ausgehende Einfluss zur Umwandlung der natürlichen Umweltsbeziehungen an. Er war gewiss

nicht überall gleich stark und hat sich nach Zeit und Ort im einzelnen verschiedenartig ausgewirkt. Aber er fehlt nirgends, wo Menschen in nennenswerter Anzahl vorgedrungen sind. Das ganze riesige Gebiet des tropischen und subtropischen Steppengürtels z. B. hat seinen heutigen Umfang und sein derzeitiges Angesicht in weitgehendem Grad unter der mittelbaren und unmittelbaren Beeinflussung durch den Menschen erlangt. Das soll nicht besagen, dass alle diese Steppen unnatürlich entstanden seien, wohl aber, dass ein sehr grosser Teil dieser Zonen ursprünglich weit mehr Baumwuchs getragen hat und dass in stärkstem Umfang Wälder vernichtet worden sind. Der Mensch mit seinem Feuer und seiner primitiven Weidewirtschaft ist gerade für diese Erdgebiete als der entscheidende Umformer natürlicher Beziehungen zu betrachten. Er ist es aber auch für grosse Gebiete in den Regenwaldabschnitten des heissen Gürtels. Noch in unserer eigenen Jugend umschlossen diese zahlreiche geographische Rätsel. Noch immer gelten die grossen zusammenhängenden Hylaeas der Tropen für unerschöpfliche Reservoire z. T. kostbarster Hölzer und nicht nur im Urteil der Laien als beredte Zeugen für die vermeintlich grenzenlose Fruchtbarkeit der heissen Zonen. Die Wirklichkeit verhält sich leider vielfach anders. Auch in den tropischen Gebieten nehmen, als ganzes betrachtet, die jungfräulichen, schwer durchdringlichen Wälder keineswegs mehr die meiste Fläche ein. Auch dort überwiegt heute im allgemeinen die offene Landschaft und in dieser tritt das eigentliche Kulturgebiet gegenüber dem Raublandschafttypus zumeist zurück. Mit aller Bestimmtheit lässt sich — zum mindesten seit dem Zeitalter der grossen Entdeckungen, mit starker Wahrscheinlichkeit auch für weit ältere Zeiten — ein ständig fortschreitendes, zeitweilig auffallend beschleunigtes Zurückweichen der Aussengrenzen für die grossen tropischen Urwaldgebiete feststellen. Zahlreiche farbige Völkerschaften auf ganz verschiedener Höhe der Kulturstufen sind an diesem Kampf mit dem Wald beteiligt. Das hauptsächlichste Kampfmittel war immer das Feuer und oft das Motiv der Drang nach fruchtbarstem Boden, was mit den extensiven Methoden des einfachen tropischen Hackbaues in leicht verständlichem Zusammenhang steht. Es ist im ganzen gesehen ein unaufhörlicher Guerillakrieg wider die tausendjährigen Wälder, geführt an unzähligen Stellen, von einer Unmenge kleiner und verschiedenartiger Völkerstämme, der zeitweilig rasch fortschreitet, dann wieder nachlässt, neu auf-

genommen wird, nicht nur an den Aussenrändern ansetzt, sondern vielfach auch im Herzen geschlossenster Waldterritorien, von den Ufern schiffbarer Gewässer ausgeht, und der in unserer Gegenwart wieder einmal in einem ganz starken Vortrieb steht. Der Grund für letzteres liegt auf der Hand. Die Auswirkungen des grossen Weltverkehrs machen sich mehr und mehr bis in die entlegensten Gebiete bemerkbar. Das Grauen vor den Geheimnissen der finsteren Wälder hat sich vermindert, die mühsame und gefahrenreiche Sammelwirtschaft von Kautschuk, Harzen, Beinnüssen und andern Produkten der Regenwälder ist nicht mehr lohnend geblieben, an die Stelle der Raubwirtschaft im Wald ist immer stärker jene am Wald gerückt. Sie geht einher mit einer vermehrten Tendenz zur Sesshaftwerdung und an die Stelle der kühnen Waldläufer treten nach und nach die Siedelungen armer Hackbauern, öfters auch die Plantagen des Mischlingvolkes unter weisser oder gelber Oberleitung. Dieser Vorgang ist grundsätzlich derselbe auf der von jeher reichen sundaischen Inselwelt, auf dem noch immer rätselvollen Neuguinea und in den grossen geschlossenen Urwaldzonen am Kongo und Amazonas. Mit Riesenschritten vollzieht sich die Umwandlung der mit unheimlicher, hochragender Pflanzenfülle bedeckten Landschaft in offeneres Gebiet.

Vielleicht ist die Zeit nicht mehr ganz fern, wo aus dieser in fast allen von Menschen bewohnten Zonen aufgenommenen, und vielfach schon recht weit gediehenen Waldzerstörung sehr ernste, das Wohl der Menschheit betreffende Fragen vor die Nachdenklichen und Vorausschauenden treten werden. Die Beziehungen zwischen Waldvorkommen und klimatischen Verhältnissen der Länder sind ja von der allergrössten Bedeutung. Sie sind nicht unter allen Umständen und an allen Orten gleich enge, aber im ganzen betrachtet unzweifelhaft hochwichtige. Was unser verehrter Herr Jahrespräsident in seinem einleitenden Vortrag für das kleine Gebiet des Kantons Uri so schön geschildert hat, ist, auf das gewaltig viel grössere Gebiet der bewohnten Erdzonen übertragen, Natur- und Menschheitsproblem von ausserordentlicher Tragweite. Das wissen die Forstbehörden wohl, die Bodenforscher sahen die Zusammenhänge, und die biologisch orientierten Geographen haben deren volle Bedeutung für viele Gebiete erkannt. Aber das Wirtschaftsleben achtet die bestehenden Gefahren gering, und die Allgemeinheit hat von ihnen bislang kaum Notiz genommen, jedenfalls denkt sie nicht

ernsthaft über die weitreichenden Gefährdungen künftiger Entwicklungen nach.

Auf der andern Seite ist es auch wieder ein Grosses um diesen steten Kampf, diese unermüdliche Eroberung neuen Kulturbodens durch den Menschen. Ohne seine Aufnahme und Durchführung wäre der ganze Aufstieg der menschlichen Art und ihr ganzes kulturelles Entfalten gar nicht denkbar. An das gleichzeitig damit verknüpfte Verhängnis denken wir seltener. Dem vorwärtsstürmenden Kämpfer geht nur allzu leicht das Augenmass für die ihm gesetzten Grenzen verloren. In seinem Vernichtungskrieg wider den Wald schoss er fast immer über das Ziel hinaus. Er schuf und eroberte weit mehr offenen Raum, als er nachher in Bearbeitung nehmen konnte. So breitete sich im Hintergrund mehr und mehr die Raublandschaft aus, genutzt vielfach als Weide, oft genug aber auch bald wieder vom Menschen verlassen, mehr und mehr Öde werdend oder gar Wüste. Ein Leichtes war jener erste Eroberungszug gegenüber der wirklichen und dauerhaften Eroberung des Erdbodens für bleibendes Früchtetragen. Und diese stille, Jahrhunderte erfordernde Tätigkeit zähester Art liegt im allgemeinen dem Naturmenschen der niedrigen Kulturstufen erstaunlich fern, sie kommt erst bei wirklichem Sesshaftgewordensein und bei höherer Kulturentfaltung zustande und ist auch nicht allen Völkerschaften in gleicher Fähigkeit gegeben. Der naturwissenschaftlich Denkende weiss, dass die Geschichte der Völker, Staaten und Kulturen ihr volles Verstehen nur zu finden vermag in steter Beachtung jener doppelseitigen Bindung, wodurch einerseits die Bewohner Auswirkungen auf ihren jeweiligen Lebensraum ausüben, anderseits aber auch Rückwirkungen aus der veränderten Naturbeschaffenheit auf die Lebensbedingungen der Bewohnerschaften ausgehen.

Auch an Gegenwirkungen gegen das geschilderte Verhängnis hat es, wo sich höhere Kultur einstellte, nicht gefehlt. Sie sind auch in unserer Zeit vorhanden. Die Aufnahme künstlicher Bewässerung kannten schon die Alten, auch der Islam und alle Reisbauvölker haben sie geübt. Das ganze Gebiet der sogenannten Naturschutzbestrebungen aber ist eine Errungenschaft erst der neuesten Zeit, wenigstens insofern als darin eine wichtige Aufgabe der Allgemeinheit erkannt worden ist. Sie sind heute nicht nur in den hochstehenden Kulturländern gepflogen, sie sind auch für viele Kolonialgebiete als bestehende Notwendigkeit anerkannt und haben

da und dort auch schon beachtenswerte Erfolge gezeitigt. Aber das Ausmass dieser konservierenden Bestrebungen bleibt, im grossen Ganzen gesehen, gegenüber dem Mass an expansiver Waldzerstörung doch weit im Hintertreffen. Ein gleiches lässt sich auch für die Aufforstungen sagen, die zwar für viele tropische Zonen als brennende Aufgabe erkannt, aber in der Durchführung ganz ungemein erschwert sind. Jene Bestrebungen haben gegen fast unausrottbare Widerstände bei der farbigen Menschheit schwer anzukämpfen. Immer wieder wirft der Eingeborene das Feuer in die Steppe, wenn die Trockenheit das hohe Gras versengt hat. Immer wieder fressen sich die Gras- und Buschbrände in die Wälder hinein und vernichten die verschiedenartigsten Gehölze. Immer wieder suchen die kleinen Hackbauern neuen lockeren Boden von besonders grosser Ertragfähigkeit dem Waldgebiet abzuringen, schlagen das Unterholz, benutzen die regenärmere Jahreszeit zur Austrocknung und bringen dann mit ihrem Feuer das Verderben. Noch lange stehen dann die verkohlten Stämme grosser Urwaldbäume inmitten der ringsum entstandenen kleinen Pflanzungen von Reis, Zuckerrohr, Yams oder Bananen. Nicht nur die primitiven Horden der Jägerstämme, denen das Feuer dazu diente, sich das Wild zuzutreiben, auch die Völkerschaften der Hackbaustufe und jene der völlig extensiven tropischen Viehzucht und Weidewirtschaft stehen der Natur ausserordentlich selbstherrlich, ohne jede Vorausschau für die Nachteile ihrer immer grösseren Raum beanspruchenden Wirtschaftsmethoden gegenüber, und nach meinen Erfahrungen kennen sie weder Pietät für die natürliche Gewachsenheit, noch solche für das aussermenschliche Leben — allerdings mit jenen Ausnahmen, die ihnen ihre merkwürdige Tabuvorstellung des Berührens und Tötens ganz bestimmter Bäume oder bestimmter Tierarten zu strenge innegehaltenen Verboten macht — noch besitzen sie eine Empfindung, die auch nur annähernd unserem Naturgefühl vergleichbar wäre, wodurch sich auf gehobener Kulturstufe die Bewunderung und Achtung vor der Grösse, Einheit und Schönheit natürlich entstandener Umweltsbeziehungen auszudrücken pflegt. Für sie ist die Umwelt eine mehr oder minder seelenlos erfasste Gegebenheit und bleibt ihnen solche auch in der weitgehenden Zerstörung alter Gewachsenheiten, ohne dass ihnen irgendwie ein Gedanke von jener Art käme, wie er uns ihr Unterfangen als ein vielfach blindes und räuberisches Walten erscheinen lässt.

Zweimal in meinem Leben habe ich Gelegenheit gehabt — und ich schätze sie als ein grosses Glücksgeschenk ein — während längerer Monate als forschender Waldläufer in üppigen tropischen Urwäldern weilen zu dürfen, wo tatsächlich der Mensch noch kaum Gelegenheit gefunden hat, auf die Umwelt verändernd einzuwirken, wo sich die Lebenszusammenhänge noch voll und ganz in uralter Weise abspielen und die wenigen dort vorhandenen menschlichen Bewohner durchaus unter dem zwingenden Einfluss einer jungfräulichen Waldwildnis stehen. Diese Aufenthalte haben mir nicht nur unendliche Bereicherung an Verständnis für natürliche Zusammenhänge gebracht, sondern auch meine Einstellung zu den Fragen der Wissenschaft und des Lebens stark beeinflusst. Auf ihre Erfahrungen werde ich die bescheidenen Ausführungen stützen, die hier vortragen zu dürfen mir eine besondere Ehre ist. Das erste Mal weilte ich zusammen mit Bernhard Peyer von Mai bis November 1912 in dem riesigsten aller Regenwaldgebiete der Erde, der Hylaea Amazoniens, und zwar zum Teil nahe der Mündung des grössten aller Ströme auf der flachen Insel Marajó, zum Teil tief in den Hinterwäldern am Rio Samiria in der peruanischen Amazonasprovinz Loreto. Der zweite dieser Aufenthalte erfolgte vor zwei Jahren zusammen mit Rudolf Brandes auf der grossen ostafrikanischen Insel Madagaskar, deren sehr eigenartige Flora und Fauna von jeher der Biologen besonderes Interesse erweckt hat. Diese zweite Reise erfolgte zwischen April und Januar und gab von Mai bis Dezember, also wieder im Tropenwinter und Tropenfrühling Gelegenheit zu biologischen Studien. Meine Hauptaufgaben galten der Säugetierwelt, ganz besonders den dortigen Primaten, d. h. für das amerikanische Gebiet den sogenannten Neuweltsaffen (Platyrrhinen) und für Madagaskar den dort allein noch in stärkerer Artenzahl verbreiteten Halbaffen (Prosimiae oder Lemuriden und Chiromyiden).

Meine Absichten, Lebendbeobachtungen mit der Anlage von Sammlungen für vergleichend-anatomische und insbesondere auch embryologische Forschungszwecke zu verbinden, habe ich mit erfreulichem Erfolg durchführen können, aber leider muss ich beifügen, dass die wissenschaftliche Ausarbeitung der Forschungsergebnisse beidemale sehr starken Hemmungen begegnet ist, das erste mal durch den Ausbruch des grossen Weltkrieges, diesmal durch die politischen Umwälzungen des laufenden Jahres,

welche mich unerwartet in Mitleidenschaft gezogen und zum zeitweiligen Abbruch grosser in Arbeit befindlicher Untersuchungen gezwungen haben.

Als ich die Aufforderung zu diesem Vortrag erhielt, die mir eine starke Freude bereitet hat, da sie wieder eine Brücke zur alten Heimat schlug, wusste ich von all den Schwierigkeiten, die inzwischen entstanden sind, noch nicht das Geringste. Gern gab ich eine Zusage und lebte der Erwartung, Ihnen schon von den Ergebnissen einer ganzen Reihe speziellerer Untersuchungen Bericht erstatten zu dürfen, die mit Hilfe jüngerer Mitarbeiter in bestem Gange waren. Es ist alles anders gekommen.

Nun hat sich für mich das Blatt zum Besten gewandt. Bald werde ich wieder — und diesmal an heimatlicher Universität — im Dienste für die akademische Jugend stehen dürfen. Sie werden mir zustimmen, dass man nach solchen Erfahrungen, wo alles sich ändert, lieber als von Einzelforschungen von den grossen Zusammenhängen des vielgestaltigen Lebens spricht. Der umfängliche Bereich der biologischen Wissenschaften kennt Probleme in Hülle und Fülle. Aber es gibt eigentlich nur ein einziges Problem, das mit Fug und Recht Anspruch machen kann, Biologie im umfassendsten Sinn des Begriffes zu sein: das Leben und alles, was von ihm ausgeht und mit ihm zusammenhängt, als Gesamterscheinung zu begreifen, d. h. in der Vielheit der Geschehnisse, welche die Natur mit ihrem mannigfaltigen Leben darbietet, die Ganzheit und Einheit wieder zu finden, die — wir empfinden das wohl — unbeschadet der ungeheueren Mannigfaltigkeit des Einzelnen, vorhanden ist.

Der vorigen Jahresversammlung hat der grosse Lebensforscher Hans Spemann in meisterhafter Weise vom Walten der Gestaltungsfaktoren in der Entwicklung des Einzellebens gesprochen, wobei er auf Grund kunstvoller Zusammenfügung von jugendlichen Keimstücken verschiedener Artzugehörigkeit zu unerwarteten, für die Autonomie der lebendigen Substanz zeugenden Folgerungen kam. Die philosophische Auswertung jener Ergebnisse lehnte er bescheiden ab, aber unverkennbar ist in jener Mitteilung die Anerkenntnis der Ganzheitsvorstellung auf dem Gebiet des organischen Einzellebens enthalten. Ich will heute den Versuch wagen, diese Ganzheitsvorstellung bezüglich des Gesamtlebens eines bestimmten, urtümlichen Lebensraumes in knapper Skizze zur Gel-

tung zu bringen, und wenn ich dabei nicht Teile zweier Organismen künstlich zu einer wachsenden Einheit vereinige, sondern zwei weit entfernt voneinander gelegene Erdgebiete mit analogen Lebensverhältnissen untereinander in Vergleich und zueinander in Beziehung setze, so weiss ich wohl, dass darin auch ein künstliches Unterfangen liegt.

Doch es ist auch hier wichtig, die Erscheinungen aus einer Blickrichtung zu betrachten, die mehr von den wirklich vorhandenen Gegebenheiten, als von den systematisierenden und trennenden Vorstellungen einer spezialistischen Art der Anschauung ausgeht. Man hat schon lange und viel von den Gefahren gesprochen, die aus der immer weiter fortschreitenden Zersplitterung des tausendfältigen Nebeneinanders in der Wissenschaft unserer Zeit hervorgehen können, während der Mut zu einem stärker synthetisch gerichteten Denken und damit auch zu einer entsprechenden Rückwirkung auf das Leben der Allgemeinheit eher erlahmte. Wir stehen heute vor den Folgen geschehener Versäumnisse, befinden uns in einer immer deutlicher werdenden Isolierung des wissenschaftlichen Lebens Wer mit offenen Augen durch die Welt geht, kann sich solcher Folgerung nicht entziehen. Und dabei krankt unser wissenschaftliches Leben im grossen Ganzen nicht an einem zu geringen Wahrheitswillen, nicht an unermüdlichem Fleiss, nicht an mangelnder Beobachtungsgabe, nicht an Erfindungsvermögen zu praktischer Ausnutzung des Erkannten, wohl aber am Vermögen, sich selbst als Teilerscheinung einer bestimmten kulturellen Entwicklung im Rahmen einer bestimmten Zeit und Umwelt begreifen zu können. Der Einzelforscher ist durchaus geneigt, die Notwendigkeit hierfür zu bestreiten. Die Wissenschaft als Gesamterscheinung aber kommt nicht um das Anerkennen herum, auf dieser Erde und in ihrer Zeit zu wirken, sich mit den vorhandenen Notwendigkeiten von Raum, Stoff und Leben nicht nur analysierend und rubrizierend, sondern auch gestaltend und das Geistesleben befruchtend zu befassen. So ist es auch für sie nicht gleichgültig, ob sie eine Stellung im ganzen einnimmt, die ihr nur Freiheit gibt, oder ob sie auch eine das Ganze wahrhaft belebende und läuternde Auswirkung hat. Goethe hat auf diese Ganzheitsvorstellung entscheidendes Gewicht gelegt. Alle seine naturwissenschaftlichen Schriften sind voll davon. Sie findet sich auf erdkundlichem Gebiet wieder bei Alexander von Humboldt, dessen Ausführungen über

die Steppen und Wüsten, wie seine Schilderungen über die grosse südamerikanische Hylaea vollendete Darstellungen einer fruchtbaren synthetischen Betrachtungsweise ausmachen.

Einige kurze orientierende Vorbemerkungen sind noch nötig. Die amazonische Hylaea dehnt sich als flachstes, tiefliegendes Waldgebiet auf vorwiegend sandigem Anschwemmungsland, äquatornahe über rund 25 Längen- und wenigstens halbsoviel Breitengrade aus. Sie ist ein wahrhaft amphibischer Raum mit gewaltigen und zahlreichen Strömen erster Ordnung und noch sehr viel zahlreicheren kleineren Gewässern. Hochragender Regenwald, nur in den Randgebieten zu Regenbergwald mit Baumfarnen werdend, bedeckt die ganze unermessliche Fläche zu Seiten der Wasserwege, Lagunen und Sümpfe. Zur Regenszeit ist der Wald auch in deren Umkreis weithin überschwemmt. Die Lichtungen, wo sich menschliche Niederlassungen finden, spielen fast überall eine noch stark untergeordnete Rolle. Vereinzelt kommen allerdings auch Campos vor, es sind zumeist Schilfflächen und Überschwemmungswiesen auf aller Wahrscheinlichkeit nach dem Wald von Menschen abgerungenem Gebiet. Über den ganzen weiten Raum herrscht ein Landschaftsbild von weitgehender Gleichartigkeit und ein sehr gleichförmiges Klima, dessen Temperaturen (im Mittel zwischen 25 und 27 Grad) auch Tag und Nacht fast gleichbleibend sind, wozu vor allem die geschlossene Decke der Vegetation viel beiträgt, welche ebenso als die Wasser aufsaugender Schwamm, wie als die Zirkulation der Luft behinderndes Blätterdickicht wirkt. Der Stand des Grundwassers liegt auffallend hoch, die jahreszeitlichen Gegensätze sind wenig ausgesprochen und sind im östlichen Abschnitt bemerkbarer als im westlichen Teil der Niederung. Dort können etwa fünf Monate als relativ regenarm gelten, hier nur drei, dort erreicht die jährliche Regenhöhe etwa 2, hier um 4 Meter. Tropischer Trockenwald besteht nirgends, vor allem deshalb nicht, weil die Überschwemmungszeit am Unterlauf des Hauptstromes zum guten Teil mit der dortigen niederschlagsarmen Jahreszeit zusammenfällt.

Auch von einer madagassischen Hylaea zu sprechen, mag euphemistisch erscheinen, denn $^7/_8$ der Inseloberfläche tragen heute kein Waldkleid mehr. Aber es bestehen sichere Hinweise, dass der allergrösste Teil der heute vorwiegend steppenartigen Landschaften zu solchen erst durch die Einwirkungen des Menschen

auf die alte geschlossene Walddecke geworden ist. Nur Reste der Hylaea sind stehen geblieben, und da deren Bild und Zusammensetzung dem amazonischen Wald recht nahe verwandt ist, mag der Name gleichwohl erlaubt sein. Die grösste der ostafrikanischen Inseln weist ungefähr die Fläche von Frankreich und der Schweiz zusammen auf, sie hat sich im Obereocän vollständig vom afrikanischen Festland abgegliedert. Ihre Nord-Südausdehnung übertrifft die Inselbreite fast um das Dreifache, und dabei ist die Erdlage bei weitem südlicher als jene von Amazonien. Sie entspricht etwa der Höhe von Bahia bis Paraná, oder auf Afrika bezogen portugiesisch Ostafrika. Nach einer schematisierenden Begrenzung des Tropengürtels reicht die Südspitze schon in den Subtropenbereich, indem sie sich über den Wendekreis des Steinbockes hinaus erstreckt. Im vollen Gegensatz zu Amazonien hat Madagaskar eine reiche Höhenstufung mit höchsten Bergen, die an die 3000 m Grenze nahe heranreichen. Bei verhältnismässig wenig gegliederten Küsten besitzt es recht grosse orographische Unterschiede. Fast der ganzen Längsausdehnung nach sind ein Ostteil und ein Westabschnitt, dem auch der äusserste Süden und äusserste Norden beizurechnen sind, scharf zu unterscheiden. Ersterer besteht aus einem altkristallinen Hochland mit gebirgigen Längsketten, sowie aus einem weit schmälern östlichen Vorland meist von flachem bis hügeligen Charakter, mit einem Korallenriffsaum an der brandungsreichen Küste, einem durchlaufenden Dünengürtel und dahinter gelegenen brackischen Strandseen, in welche die kleineren östlichen Flüsse münden. Dieses Vorland ist der Hauptsitz des Anbaues tropischer Nutzgewächse, wovon Kaffee, Raphiabast und Vanille in den Welthandel kommen. Ganz wesentlich breiter ist das zentrale Hochland, es lagert mit seinen langgestreckten und öfters weiten Talungen auf 1000—1300 m Meereshöhe und ist der von den höchststehenden Stämmen besiedelte, volkreichste Abschnitt der Insel. Sein Westrand fällt in steilen, hunderte von Metern betragenden Abstürzen jäh ab, dann folgt, mehr als ein Drittel der Inselbreite einnehmend, der Westteil mit welliger Landschaft und verstreicht allmählich gegen den Kanal von Mozambique. Der Untergrund besteht hier überall aus geschichtetem Gestein, mariner Herkunft. Dabei lagern die ältesten, permotriassischen Ablagerungen im Anschluss an das Urgestein des Hochlandes, während sich die jüngsten Schichten, tertiärer Natur gegen den Küstenrand antreffen lassen.

Die klimatischen Grundbedingungen dürften ursprünglich verhältnismässig einfache gewesen sein. Heute bestehen stärkere regionale Unterschiede, die sich wohl erst infolge der weit fortgeschrittenen Entwaldung herausgebildet oder wenigstens erheblich verstärkt haben. Von unverkennbarer Bedeutung ist die Ausprägung eines durchgängigen Gegensatzes zwischen einer Regenseite im Osten, zu der auch das Hochland gehört, gegenüber der Regenschattenseite im Westen und an den beiden Inselenden. Der Ostabschnitt besitzt, wo überhaupt noch alter Wald sich erhielt, Regenwald. Einige Reste von solchem stehen auch noch im Plateaugebiet. Für die westliche Zone aber ist tropischer Trockenwald mit Laubfall in der fast aller Niederschläge baren, halbjährigen Trockenperiode kennzeichnend. Die Extreme der Austrocknung kommen im äussersten Norden und namentlich dem äussersten Süden vor, allwo schon der Dornbusch der Halbwüste das Bild beherrscht. Der floristische Unterschied zwischen den beiden hauptsächlichsten Waldarten ist stellenweise auf das Schärfste begrenzt, aber andernorts ist die Zahl der immergrünen Bäume auch im Westabschnitt noch sehr gross. Damit ist der Schluss berechtigt, dass zwar immer ein gewisser Vegetationsunterschied zwischen der Ost- und Westseite vorhanden gewesen sein muss, seine heutzutage sehr grosse Gegensätzlichkeit aber auf eine Verstärkung der klimatischen Besonderheiten zurückgeht, für die man in erster Linie die hochgradige Waldzerstörung durch den farbigen Menschen verantwortlich zu machen hat. Zu demselben Schluss führt auch das Studium der Fauna und der heute noch vorhandenen Waldausbreitung nach ihrer örtlichen Lagerung. Einzig noch im Nordosten der Insel, dort wo der Regenfall am grössten ist und im Jahr über 4 m beträgt, besteht noch ein grosses geschlossenes Regenwaldgebiet, das vom Meeressaum bis zu den höchsten Höhen der Insel, dem Tsaratananamassiv emporreicht. Im übrigen zieht sich heute nur noch ein bald schmäleres, und bald breiteres Regenwaldband am Steilhang der östlichen Randketten bis zur südöstlichen Inselecke hin, das nur vereinzelt auch ins Vorland noch ausgreift. Das Waldband selbst ist an einzelnen Orten schon durchstossen. Wenig zahl- und umfangreich sind die stehengebliebenen Regenwaldfetzen in dem sehr weitgehend denudierten Hochland. So kann man sagen, dass die alte, höchst eigenartige, genau wie die amazonischen Wälder auf das Heterogenste von Tausenden

verschiedener Pflanzenarten, unter denen die endemischen Formen bei weitem im Vordergrund stehen, zusammengesetzte Regenwaldvegetation der madagassischen Hylaea sich eigentlich nur dort noch erhalten hat, wo ihre Zerstörung dem Menschen ganz besonders grosse Schwierigkeiten bereitet hätte oder wo es sich aus örtlichen Besonderheiten nicht lohnen konnte, die Vernichtung in den Wald zu tragen. Noch viel bescheidener, noch stärker zerfetzt sind die Reste von hochragendem, altem Trockenwald, die auf der Westseite und im Süden erhalten blieben. Wo nicht feuchte Ränder von Fremdlingsflüssen — und die stattlichen Flüsse des madagassischen Westens und Südens kommen ja alle aus dem Hochlandgebiet — Überschwemmungsflächen oder gestufte Felsterrassen ihre Erhaltung begünstigt haben, sind sie fast spurlos verschwunden. Auch ihre Überbleibsel kennzeichnen sich durch ungemeine Komplexität, das Fehlen irgendwelcher reiner Bestände von bestimmten Pflanzenformen und durch eine ausserordentliche Anzahl autochthoner Arten, die vielfach nahe Verwandte der östlichen Regenwaldspezies sind. Was sich sonst noch an Gehölzen in dem westlichen Land der immensen über Berg und Tal, Hügel und Erdwellen hinziehenden Grasfluren vorfindet, das sind vor allem Gruppen von Borassus- und Hyphaenepalmen, deren Samen das Weidevieh in den Boden stampft und die sich nur entwickeln können, weil eine dicke Korkrindenbildung sie verhältnismässig widerstandsfähig gegen die Feuereinwirkung macht. Es sind ausserdem der grauweisse Dornbusch, welcher leicht nachwächst und besonders saftreiche holzige Gewächse, wie die blattlosen Baumeuphorbien, die säulenkaktusartigen Didiereen, dickblättrige Kalanchoës und die tonnenstämmigen Affenbrotbäume, also Gewächse, wie sie in sehr ähnlicher Weise auch die grossen Steppen von Ostafrika besitzen, die ebenfalls zum allergrössten Teil der Wirkung des Feuers ihr derzeitiges Aussehen verdanken.

Jetzt kennen sie die Besonderheiten der Landschaften in grossen Zügen, von deren Leben ich sprechen will. Und sie werden sicher gleich die Frage in sich erwägen, wie kann man Lebensräume von so starker Verschiedenheit in nahen Vergleich zueinander bringen? Aber einmal habe ich bisher die Differenzen stark betont, vielleicht allzustark hervorgehoben, um mich nicht dem Vorwurf auszusetzen, das Gemeinsame und Einheitliche von dem ich nunmehr sprechen werde über Gebühr herauszugreifen. Wenn dieses sich

trotzdem erweisen lässt, wenn es nach Wegdenken aller jener sekundären Umgestaltungen, die nichts anderes als natürliche Folgen, die mit dem Menschenwerk in Zusammenhang stehen, vorstellen, klar und deutlich hervortritt, wenn sich im Grunde dieselben oder wenigstens ganz ausserordentlich ähnliche Erscheinungen für die äquatornahe, über rund 25 geographische Längengrade hinziehende amazonische Hylaea in der madagassischen wiederfinden, die umgekehrt entsprechend der geographischen Breite sich über fast 14 Grade erstreckt und sogar bis über den südlichen Wendekreis hinausragt, dann muss eine Erscheinungsweise von solcher Verbreitung und mit so weitgehenden Parallelen hohe grundsätzliche Beachtung verdienen und einen sehr urtümlichen, wohl den ursprünglichsten Lebensraum der heissen Zone überhaupt kennzeichnen.

Die ständig grosse Sonnenwärme und zugleich ein sehr hohes Mass von mehr oder minder über das ganze Jahr verteiltem Regen, haben auf geologisch recht verschiedenen Böden die Bedingungen hervorgebracht, denen der tropische Regenwald seine Entstehung verdankt. In der Erscheinung wirkt er überall ungemein ähnlich, ist immer nach seiner Zusammensetzung komplex in höchstem Grade und gibt erst bei genauerem Zusehen seine pflanzengeographischen Besonderheiten zu erkennen. Er ist eine durchgängige Erscheinung und kann von den stelzwurzligen Mangroven im Gezeitenbereich der Flachküsten oft über weiteste Entfernungen bis an die Grenze alpiner Formationen aufsteigen. So wird er zu einem einheitlichen Lebensraum erster Ordnung.

Und doch löst sich diese primäre Einheitlichkeit wiederum auf in eine recht ausgesprochene Vielheit von Waldgebieten besonderer Prägung, deren Einzelglieder biologisch besondere Bedeutung haben. Dabei kommt erstens die Höhenstufung des Landes, zweitens der geringere oder grössere Wasserreichtum, drittens die jeweilige Wuchshöhe der Bäume und die Etagenbildung im Walde selbst in Betracht und selbstverständlich spielen örtlich noch andere Faktoren mit. Gerade für die Beachtung der Zusammenhänge zwischen dem pflanzlichen und tierischen Leben ist das Verstehen dieser, vielfach durch Übergänge untereinander verbundenen, einzelnen Wuchs- und Bestandsbesonderheiten von sehr erheblicher Bedeutung. Freilich bereitet die Namensgebung Schwierigkeiten. Die bislang vorgenommenen Sonderungen reichen auch nur für grosse

Übersichten ans. So spricht die Landschaftskunde von Niederungs- und Bergregenwald und unterscheidet für den ersteren: Mangroven, Sumpf-, Überschwemmungswald niederer und höherer Abstufung, unterholzreicheren lichteren Wald, Hallenwald mit Riesenbäumen und für die höheren Erdstufen: den Schluchtenwald, den Gipfelwald der mittleren Höhen, den echten Bergwald und schliesslich den besonders flechten- und moosreichen Nebelwald der hochlagernden Hänge und Grate. Für gewisse Gebiete sind die pflanzengeographischen Besonderheiten der einzelnen Formationen schon sehr gut herausgearbeitet, aber bezüglich der Verteilung der Tierwelt in diesen Einzelgebieten sind unsere Kenntnisse noch sehr lückenhaft und werden wir zu einer stärkeren Klärung der zoobiologischen Relationen erst kommen in einer noch sorgsameren Analyse der vorhandenen Arealunterschiede. Das aber setzt ausgesprochene Gemeinschaftsarbeit von Botanikern und Zoologen voraus und gerade solche ist in den Regenwaldgebieten bisher erst in einem ungenügenden Umfang geleistet worden. Unzählige Male habe ich bedauern müssen, meine botanischen Grundvorstellungen, die ich keinem Geringern als unserem hochverehrten Dr. Robert Keller verdanke, in den Studienjahren nicht genügeud ausgeweitet zu haben, und so blieb mir in den Wäldern bei allem Bemühen nach Gesamtverstehen immer das drückende Gefühl leider doch ein armseliger Spezialist zu sein. Dies um so mehr, als auch mein Wissen auf dem Gebiet der Zoologie der Wirbellosen bald seine Grenzen fand. Und gerade diese, ganz besonders das ungemein reiche Heer der Insekten, stellt in den Regenwäldern den alles andere weit überragenden Bestandteil an tierischem Leben.

Der Gesamtcharakter der tropischen feuchtheissen Wälder ist oft beschrieben worden. In einer Art Treibhausatmosphäre drängt sich eine gewaltige Pflanzenfülle zusammen und erreicht teilweise 50 und mehr Meter Höhe. Dumpf und dämmerig ist es im Waldesinnern, wo ein sehr grosser Reichtum an mancherlei Schlinggewächsen meist das Vorwärtskommen stark erschwert. Dass man stets nur nächste Nähe um sich sieht, meist nur wenige Meter vorausschauen kann, erzeugt bald ein Gefühl der Bedrücktheit. Auch nach oben sind nur kleine Lichtfleckchen erkennbar. Dabei fällt reflektiertes Licht, das sich von den vielfach glanzreichen Blättern spiegelt, zwar nur in kleinen Mengen, aber doch öfters bis in die Tiefen unter das in mannigfachstem Grün schimmernde

Blätterdach. Freier Ausblick ist nur an grösseren Wasserstrassen und auch da nur selten auf beträchtliche Länge zu finden, sind doch die Urwaldgewässer von stärkster Schlängelung. Ohne die Hilfe des Buschmessers ist an vielen Stellen jegliches Fortkommen unmöglich. So ist das Beobachten speziell der höheren Tierwelt ungemein erschwert und wehe dem Urwaldforscher, der ohne die gelenkigen Menschen der Waldstämme tiefer in dieses Gewirr der Bäume, Lianen, Büsche, der stachligen Palmen oder Pandanusgewächse einzudringen wagte. Auch diese schnellfüssigen Begleiter haben es keineswegs leicht, die grösseren Tiere anzuschleichen, denen es vielfach gelingt, sich im Gezweig durch rasche Flucht jeglicher Verfolgung zu entziehen.

Man hat viel vom Wald als der Urheimat des Menschengeschlechtes gesprochen. Aber dem Nachdenklichen drängt sich in den Regenwäldern die Überzeugung auf, dass diese unmöglich primäre Wohnstätte des Genus Homo sein können. So natürlich der aufrecht sich fortbewegende Mensch im Freiheit und Weite umfangenden Raum der Baumsteppe wirkt, so unnatürlich, so gänzlich den Umweltsbedingungen entgegen, erscheint die aufrechte Lokomotion im Dickicht des Regenwaldes. Diese Wälder vermögen wohl Refugien für verdrängte Horden tiefstehender Menschenstämme zu werden, denen hier auf lange Zeit ein scheues und verstecktes Fortleben gegeben sein kann, bis ihnen zusammen mit dem Wald schliesslich der Untergang, oder die Befreiung von der bedrückenden Umwelt beschieden ist. Der Ursprung der Hominiden aber kann hier nicht zustande gekommen sein.

In Wäldern solcher oder ähnlicher Art aber müssen andere grosse Neuerwerbungen der tierischen Organisation zustande gekommen sein. Die stillen Gewässer mit dem vielfach wechselnden Wasserstand, den Schlammbänken, den Stelzwurzelgewirren und der dauernd feuchten Luft, kurzum mit ihrem geradezu amphibischen Habitus, spielten sicherlich eine Rolle bei der Ausbildung des ersten terrestrischen Lebens zur Stufe des Bodenkriechers. Noch heute haben sich in ihnen Dipnoer erhalten, und sehr gross ist ihr Reichtum an schwanzlosen Lurchen, bisweilen auch an Echsen, Schlangen, Krokodilen und Schildkröten. Dem flussreichen Regenwald kann ferner starke Bedeutung beim Erwerb des Flugvermögens zugekommen sein, das sich ja in den verschiedenen Wirbeltierklassen mehrfach eingestellt hat. Ein gutes Bei-

spiel dafür gibt die Lebensweise des amazonischen Schopfhuhnes (Opisthocomus hoazin), dessen systematische Stellung hier ausser Betracht bleiben möge, während seine biologische Haltung hohes Interesse wecken kann. Dieser Vogel zeigt nämlich bei auffallend gutem Klettervermögen und bei glänzender Tauchfähigkeit nur ein geringes Flugkönnen in einem stets abwärtsfallenden Flatterflug. So wird er zu einer physiologischen Parallele zu dem Lebensverhalten des Urvogels Archaeopteryx, und es kann an dieser Stelle wohl ausser Betracht bleiben, ob dieser Flugmodus bei Opisthocomus altes Erbteil oder sekundäre Reduktion bedeuten mag.

Verhältnismässig arm an echten Erdbewohnern unter den Säugetieren, sind diese Wälder umgekehrt ein Eldorado für die Ausbildung jeglicher Art von Baumleben mit seinen mannigfaltigsten Formen der Fortbewegung im Geäst, wovon unsere Sprache, die alle diese Tierformen als Klettertiere zu bezeichnen pflegt, nur eine höchst unvollkommene Vorstellung zu vermitteln vermag. Der vergleichende Anatom lernt hier eine Menge von Neuem. Die höheren Tiere, deren Bauverhältnisse er untersucht, deren Körperproportionen ihm ständig Fragen stellen, deren Gebissverhältnisse ihm so ungemein verschiedenartig entgegentreten, von denen jede Gattung und Art ihre Besonderheiten der Gestaltung in Vielfältigem zu erkennen gibt, verhalten sich in ihrer Lebensweise nicht minder verschiedenartig, und erst wenn man diese studiert hat, ist der Schlüssel zum Verstehen der Besonderheiten gegeben. Die Erfahrungen, welche sich hier sammeln lassen, zeigen eine viel reichere und zugleich sehr viel eindrücklichere Mannigfaltigkeit, als sie Beobachtungen an gefangenen, ihrer Umwelt entrissenen Tieren zu geben vermögen. So fliessen einem eine Fülle von Anregungen zu, denen man später im Erforschen der Bauverhältnisse in mühsamer Spezialarbeit nachgeht.

Die vergleichende Anatomie, ursprünglich nur mit den auffälligsten Merkmalen der tierischen Gestaltungen und besonders des Skelettes beschäftigt, hat von jeher die Auffassung vertreten, dass ungezählte Organisationsverhältnisse nur aus ihrer Zweckbezogenheit Verständnis finden könnten. Sie hat in der mühsamen Forschungstätigkeit von gut anderthalb Jahrhunderten sich immer tiefer in diese Zusammenhänge hineingearbeitet, immer stärker auch die feineren Unterschiedlichkeiten aller Körperteile bis in die mikroskopischen Feinheiten als Zweckbezogenheiten verstehen ge-

lernt. Sie ist heute — obgleich im Strom der wissenschaftlichen Gesamtforschung weniger beachtet und weniger anerkannt als vor Zeiten — ganz auf ausgesprochen biologischen Pfaden. Sie hat vielfach aufgehört, Anatomie des toten Tieres zu treiben, sie will und sucht nicht weniger als das volle Verstehen der lebenden Gestaltung. In dieser aber ist immer Bewegung und diese selbst wieder ist räumlich bezogen. Das gilt für das Lebewesen als Ganzes, gilt auch für seine Teile, die immer in engster Relation zur individuellen Einheit stehen. Meine Zeit reicht nicht aus, um mehr als nur kurze Andeutungen geben zu können. Es hat in neuerer Zeit ganz besonders Boeker die Beziehungen zwischen Lokomotionsart und Gliedmassenproportionierung von höheren Tieren verschiedenartiger Lebensweise in tropischen Wäldern verfolgt, deren biologische Verhältnisse er vorher genau zu prüfen in der Lage war, und hat dabei sehr einleuchtende Feststellungen machen können. Ich selbst habe mit meinen Schülern namentlich das Gebissproblem in gleicher Weise verfolgt. Auch hier gelang es durchaus, über das einfache Konstatieren hinauszukommen und Zusammenhänge zu erweisen, die bislang mehr vermutet als bewiesen waren. Diese Fortschritte sind vor allem dadurch möglich geworden, dass die anatomische Betrachtungsweise bewusst von der alten Trennung des Stoffes nach Organsystemen absah, dass der Gesichtspunkt einheitlicher organischer Apparaturen, in einem, an eine bestimmte Umwelt gebundenen, an eine besondere Ernährungsweise angepassten Organismus, nie aus den Augen verloren wurde. Ich darf ferner an die schöne Entfaltung erinnern, welche die junge Wissenschaft der Paläobiologie genommen hat, seit sie bewusst die paläontologischen Fragen noch stärker als früher in ihrer Umweltsbezogenheit betrachtet.

Die Biologie der Gegenwart denkt im grossen Ganzen gesehen wenig morphologisch. In ihr stehen die rein physiologischen Fragen durchaus im Vordergrund, in ihr sind die Interessen für dynamische Fragestellungen bedeutend stärker als jene für statische Probleme. Das ist nur Antwort auf frühere Unterlassungen. Doch ist und bleibt Gestaltung eine der auffälligsten Erscheinungen unter den Phänomenen der lebendigen Substanz und, richtig gesehen, enthält sie neben dem statischen immer auch das dynamische Moment. Darum fordern wir eine Morphologie des bewegten Organismus. Auch bleibt das Fragen nach den Bedingtheiten der Ge-

staltungen, nach dem ursächlichen Werden der Formen eine ewige Aufgabe, die immer neue Seiten zu erkennen gibt, gleichgültig, ob die Gegenwart dafür viel oder wenig Verständnis hat. In allen Wissenschaften vollziehen sich die starken Fortschritte nicht in kontinuierlich fliessendem Strom, sondern ruckweise in wechselnden Perioden, nachdem sich die Blickrichtung aus oft selbstgeschaffener Einengung wieder gelöst hat und sich auf die grössere Vielseitigkeit der natürlich gegebenen Wirklichkeit besann.

So wollen auch wir wieder zur Wirklichkeit der Tropenwälder zurückkehren. Viele unvorsichtige Schilderungen, noch mehr die ausschweifende Phantasie haben die in der Tat vorhandene, ungeheuerliche Kumulierung an pflanzlichem Leben tausendfältiger Art gerne mit einer ebenso grossen Fülle an tierischem Leben erfüllt. Das ist bezüglich der Kerfe und des Gewürmes vielleicht einigermassen zulässig, stimmt vielleicht auch noch für die Vögel, obgleich diese ganz vorwiegend nur entlang den Wasseradern sich in grösserer Anzahl zeigen, gilt aber nicht für die Säugetiere. Diese sind im Regenwald auf ein im ganzen recht bescheidenes Mass ebenso an Gattungen und Arten, wie auch an Individuen beschränkt, und man kann bisweilen tagelang den Regenwald zusammen mit guten eingeborenen Jägern durchstreifen, ohne von den höheren Tieren des Waldes auch nur ein einziges zu Gesicht zu bekommen. So fand ich es in Amazonien und ebenso wieder in den Wäldern von Madagaskar. Aber an Tagen, wo man mehr Glück hat, können die Verhältnisse auch wieder anders liegen, namentlich wenn die frühen Morgenstunden und der Abend vor Einbruch der Dämmerung als Beobachtungszeit gewählt werden. Aber es kostet jedesmal längere Wochen, bis sich der Reisende einigermassen über die Lebensgewohnheiten dieser Baumsäugetiere genügende Aufklärung verschafft hat, um erst dann zu eingehenderen Beobachtungen befähigt zu werden. Trotz der sehr gleichartigen Temperaturverhältnisse bleiben dabei auch jahreszeitliche Unterschiedlichkeiten wohl zu beachten. Sie beeinflussen sogar die Schwangerschaftszeit vieler tropischer Formen und legen diese öfters auf bestimmte regenarme Monate fest. Z. B. kommen die Jungen bei den meisten Affen Amazoniens und ebenso auch bei den meisten Lemuren Madagaskars kurz vor Einbruch der grossen Regenzeit zur Welt. Doch gibt es für einzelne Arten auch wieder Ausnahmen von der Regel, für die nur jener Verständnis

gewinnt, der die besondere Lebensweise dieser Arten und die eigentümlichen Faktoren ihrer natürlichen Umwelt kennengelernt hat. Besonders die kleinsten Formen des Primatengeschlechtes und jene mit ausgeprägt nächtlicher Lebensweise gehören zumeist der letzteren Gruppe zu. Dass bei den grösseren Genera jene jahreszeitliche Bindung des Fortpflanzungsgeschäftes zustande kam, muss wieder in Zusammenhang mit den Ernährungsgewohnheiten gesehen werden. In den sonnenreichen Monaten führen diese Formen in ihren kleineren Horden ganz respektable Wanderungen aus, während sie sich in den Perioden des ständig triefenden Laubes nur in einem viel geringeren Umkreis zu bewegen pflegen. Dies ist dann die Zeit der zarten Jungen, wo auch die vorher leicht angemästeten Alten mager werden. Die Hohlstammbewohner aber unterliegen diesem Rhythmus entweder gar nicht, oder nur in stark abgeschwächter Weise, und für den merkwürdigen Koboldmaki der Sundainseln steht sogar fest, dass die Schwangerschaft während des ganzen Jahres eintreten kann, so dass also ein ähnliches Verhalten wie beim Menschen vorkommt. Ob daraus auf stammesgeschichtliche Beziehungen, die ja auch aus andern Gründen öfters angenommen worden sind, geschlossen werden darf, ist äusserst fraglich. Der noch kleinere madagassische Mausmaki, über den ich selbst auf der fernen Insel vielerlei Beobachtungen sammeln konnte, gibt aber jene jahreszeitliche Bindung sehr ausgesprochen zu erkennen, und zwar nicht nur im Trockenwaldabschnitt, wo die Umweltsbedingungen sie ohne weiteres klar verständlich machen, sondern auch im Regenwaldgebiet, wo die Minderung des Regenfalles in bestimmten Monaten sehr viel weniger ausgesprochen ist.

Die schon früher erwähnten Unterschiedlichkeiten der Waldtypen nach dem Grund- und Überschwemmungswasserstand und damit nach der Höhenstufung des Flachlandes haben auch Einfluss bei der Artenbildung der Affen gehabt. Oder besser gesagt, diese Artengliederung hat sich innerhalb gewisser Grenzen deutlich in Anpassung an das speziellere Milieu vollzogen. Es erscheint merkwürdig, dass Tiere von so grosser Beweglichkeit, denen im Waldgebiet keine Grenze gesetzt ist, dennoch gewisse Wohngebiete haben, die floristisch und landschaftskundlich wohl zu charakterisieren sind. So sind die grossen südamerikanischen Greifschwanzaffen in erster Linie Bewohner der grössten Fruchtbäume und des Hallenwaldes. Dort suchen sie ihre spezifische Frucht- und

Blattschossnahrung. Sie wandern am stärksten. Schon die Gruppe der mittelgrossen Cebusarten verhält sich ganz anders. Sie ist in der Systematik in eine recht grosse Zahl von Spezies aufgelöst worden, wobei in den geschlossenen Waldgebieten die grösseren Flussläufe als Ausbreitungsschranken wirken. Ihre Lokomotionsart ist ein Kletterspringen, das sich recht stark von dem Hangelertypus der Brüll-, Woll-, und Klammeraffen unterscheidet, und ebenso ist ihre Ernährungsart viel wechselvoller. Sie sind der wichtigste äffische Typus im unterholzreichen dichten Wald mit den mittleren Baumhöhen. Den ganz besonders kerfereichen, noch niedereren Überschwemmungswald durchziehen die kopfreichen Rudel der Totenkopfäffchen (Saimiri), ausgesprochen flinke Astläufer und Insektenfresser, die im Gegensatz zu der vorigen Gruppe über ganz Amazonien mit nur äusserst geringen Färbungsvarianten verbreitet sind. Die Erklärung für letzteres findet sich in der Tatsache, dass bei sinkenden Wassern oftmals ufernahe Bäume in die Flüsse stürzen, abgetrieben und anderswo wieder angeschwemmt werden und dass es gar keine Seltenheit ist, solch treibende Stämme mit dem Getier, das sie bewohnte, anzutreffen. Damit hört natürlich die geographische Isolierung auf. Kurzum, jene Abstufung des Niederungswaldes der grossen Amazonasebene, welche von den Einheimischen durch die Bezeichnungen Igapó, Vargem und Terra firma gekennzeichnet werden und die in der Tat sich durch schon aus der Ferne erkennbar verschiedenartigen Pflanzenwuchs auszeichnen, haben ihre Spezialfaunen und sind Lebensräume spezieller er Art, die bis hinauf zu den höchst differenzierten Affen Bedeutung besitzen. Natürlich lässt sich gelegentlich ein Affe auch in einem andersgearteten Waldteil blicken, auf der Flucht z. B. wird er ihn ohne weiteres aufsuchen, aber praktisch bleiben gleichwohl die einzelnen Arten Nutzniesser und Teilhaber einer spezielleren Pflanzenformation und geben sich nach ihrer Fortbewegungsart und Ernährungsweise als deren Besonderheiten angepasst zu erkennen.

Auch auf Madagaskar habe ich durchaus entsprechende Beobachtungen machen können. Die dortigen Halbaffen — noch in subfossiler Zeit sogar durch eine Familie (Megaladapiden) vertreten, die bis Gorillagrösse erreicht hat — stellen eine genetisch tiefer stehende, aber biologisch weitgehende Parallelen zu den Neuweltsaffen aufweisende Primatengruppe vor, die im Frühtertiär auch in Europa und Nordamerika bestanden hat. Es ist eine Reliktfauna

die ihre Erhaltung auf Madagaskar der Tatsache dankt, dass sich die grosse Insel schon im Obertertiär von Afrika endgültig gelöst hat und damit den erst später dorthin gelangten grossen Raubkatzen der Zutritt verwehrt war. Heute ist Madagaskars Säugetierfauna durch nichts so stark gekennzeichnet als eben durch seine Halbaffen, während Afrika und die indomalayische Tierregion von solchen nur noch wenige unscheinbare Formen aufweisen. Da Niederungsregenwald auf Madagaskar kaum mehr vorhanden ist, dagegen vom Berg-, Gipfel- und Nebelwald sich noch grössere Teile erhalten haben, sind die faunistisch-floristischen Parallelen zu Amazonien natürlich jenen am ähnlichsten, die dort im äusseren Randgebiet bestehen, wo die Wälder sich an den Hängen der Ostkordillere in die Höhe ziehen. Am Anstieg der Landschaft werden die Belichtungsverhältnisse, welche in der Ausbildung besonderer Pflanzenvereine im Wald eine besondere Rolle spielen, anders als in der Ebene. Jetzt tritt die Etagengliederung des Regenwaldes namentlich nahe dem Fuss der Höhen deutlich hervor, während je höher man steigt sich die Zahl der Glieder vermindert und schliesslich auf den grössten Höhen nur noch eine einzige Etage knorriger, niederer Bäume und dichter Erikabüsche übrigbleibt. Dort aber, wo in der Unterstufe vielfach drei Etagen deutlich nebeneinander vorkommen, hat jede wieder ihre vorzugsweise an sie gebundenen Lemuren. Die grossen Vari sind wieder Laubfresser und Bewohner der höchsten, reich belaubten Bäume, die recht unterschiedlichen Lemurformen haben wieder reiche Speziesgliederung aus einer (allerdings etwas verminderten) geographischen Isolierung und wandern nicht so stark wie die Varis. Ihre Ernährungsart ist ziemlich ähnlich wie bei diesen. Stärker anders geartet sind die kleineren Halbmakis (Hapalemur) wiederum Bewohner des Unterholzwaldes mit vorwiegend insektivorer Ernährungsweise und geringer Speziesgliederung. Eine Sondergruppe, die bei den Neuweltsprimaten keine Parallele besitzt, machen die merkwürdigen Baumhüpfer und Astschneller des Propithecusgeschlechtes aus, mit einer Fortbewegungsart die ebensowohl Anklänge an jene der Baumkängurus, als auch an den Hangelertypus der orientalischen Gibbons aufweist und deutlich an einen lichteren Waldtypus mit schwach belaubten, nur mässig stark verzweigten, mittelhohen Bäumen gebunden ist, der in manchen Teilen des stärker als in Amazonien aufgegliederten Waldgebietes von Madagaskar sehr häufig ist.

Auch an andern Sondertypen eigenartiger Prägung fehlt es nicht, wie etwa der langbeinige Wollmaki, ein Baumstammklammerer mit Dämmerungsleben und einer Drehfähigkeit seines Kopfes, die jener der Faultiere nicht nachsteht, zu nennen wäre, bis schliesslich in den Kleinstformen der Makis, mit den nur noch handgrossen, nächtlichen Microcebi, ein winziges Primatenelement hinzukommt, das nur noch Parallelen in längst ausgestorbenen eocänen Zwergprimaten Nordamerikas hat. Es steht jener Stufe der Säugetierdifferenzierung nicht allzufern, wo sich die Wege der Primaten und der Insektivoren endgültig trennen. Solche Zwergformen, aber von stärker Insektivoren-artigem Habitus, die wohl nur fälschlich als Halbaffen aufgefasst worden sind, wurden kürzlich auch in der mitteldeutschen, mitteleocänen Braunkohle von Weigelt entdeckt. Ich habe die Lebensweise der Microcebi sowohl im östlichen Regenwald, als auch im Dornbusch des Südens studieren können und dabei ein äusserst lehrreiches Beispiel einer sehr weitgehenden Anpassungsfähigkeit für ein und dieselbe Tiergattung an gänzlich verschiedene, ursprünglich aber wohl viel weniger als heute differente Umweltsverhältnisse kennen gelernt. Die Regenwaldart ist mehr Augen- als Hörtier, die Trockenwaldform verhält sich umgekehrt und hat weit grössere Ohren, bei kleineren Augen, das entspricht dem, was bei einer umweltsbezogenen biologischen Betrachtungsweise gemäss der finstereren und dichteren Umwelt im Regenwald und der grösseren Helligkeit und dem lockereren weiträumigeren Gefüge im Dornbusch erwartet werden muss.

Wir sprachen von der primären Einheit des Lebensraumes grosser geschlossener Regenwaldgebiete, wir deuteten durch wenige Schlaglichter an, wie sich die bestehende Einheit in eine Vielheit mit fliessenden Übergängen auflösen lässt und wie sekundäre Lebensräume ihre biologischen Besonderheiten zu erkennen geben. Noch mächtiger als solche Eindrücke haftet in der Erinnerung die Vorstellung von einer aufs stärkste ausgesprochen vorhandenen Ausgeglichenheit aller Lebensbeziehungen. Sinnfällig herrscht hier das, was man ein biologisches Gleichgewicht nennt, und dieses ist einzig und allein aus dem Walten natürlicher Faktoren entstanden. Der „grosse Bruch“, der mit dem Eingreifen des Menschen in die jungfräuliche Natur gekommen ist, spielt hier noch keine Rolle. Daran wird man an einsamen Flussläufen erinnert, wo selbst grosse Vögel die Gefahren des Flintenschusses

noch nicht kennen und sich einer nach dem anderen ohne Fluchtversuch vom Ast abschiessen lassen. Dieselben schwarzen Hokohühner aber verschwinden rasch unter deckendem Blätterwerk, wenn ein grosser Raubvogel in der Nähe über ihnen seine Kreise zieht. So kann man lernen, was biologisch wirksame Reize sind und zweifelt nicht daran, dass solche auch irgendwie festgehalten werden und im Laufe langer Zeiten die Umgestaltung mit beeinflussen. Das Schwergewicht liegt allerdings in den autonomen Organismen selbst. Diese selbst sind reizbar und innerhalb bestimmter, im Laufe der Generationenfolgen sich aber verschiebender Grenzen, befähigt, auf Umweltsänderungen zu antworten. So allein kann die Zweckbezogenheit in der organischen Gestaltung verstanden werden. Ihr Bestehen ist unbestreitbar, ihr Zustandekommen birgt noch sehr viele und sehr schwere Rätsel, mit ihrer philosophischen Auswertung haben wir uns hier nicht zu befassen. Ich weiss wohl, dass die Umweltsbezogenheit des organischen Seins zurzeit mehr auf dem Gebiet der abgeleiteten Vorstellungen im öffentlichen Leben der Völker, als in der exakten Wissenschaft der Biologie ein aktuelles Problem vorstellt. Wie so viele andere Forscher, die von der grösseren Wirklichkeit der realen Natur an ihre Fragestellungen herangetreten sind, vermag auch ich nur zu der Folgerung zu kommen: es gilt, unermüdlich weiter zu forschen um jenen grossen Zwiespalt zu klären, der zurzeit noch zwischen unseren, die Bedingungen bewusst vereinfachenden Experimenten (welche die vielseitigen in der Natur tatsächlich zusammenwirkenden Faktoren zum Teil eliminieren) und den Erfahrungen klafft, welche sich jedem aufmerksamen morphologischen Naturbeobachter immer und immer wieder aufzwingen.

Es gilt, die offenen Fragen als solche zu sehen und daran zu denken, wie jede wissenschaftliche Theorienbildung neben Wahrheit auch Einengung gegenüber der noch grösseren Wirklichkeit umschliesst. Jene mächtige Ausgeglichenheit der Natur im Regenwald empfinden wir Menschen durchaus als Harmonie. Aber, dass in dieser der grimmige „Kampf ums Dasein“ ebenfalls enthalten ist, daran wird man oft genug erinnert. Doch er ist nicht allein vorhanden. Daneben gilt schon in den finsteren Wäldern das Gesetz der sozialen Verbindung und der „gegenseitigen Hilfe“. Auf den zackigen Rücken der Krokodile lassen sich die schmucken Reiher nieder und in den Horden der Brüllaffen, trifft man gar

nicht so selten einen Fremdling (etwa einen Woll- oder Klammeraffen) an. Dann wird man an ein Wort Goethes erinnert, das Eckermann aufgezeichnet hat. Letzterem waren zwei flügge gewordene Zaunkönige davon geflogen und am nächsten Tag von ihm im Nest eines Rotkehlchens angetroffen worden. Das erstaunte Goethe sehr und der Ausspruch fiel: „Wäre es wirklich, dass dieses Füttern eines Fremden als etwas Allgemeingesetzliches durch die Natur ginge, so wäre damit manches Rätsel gelöst."

Wie ein auf lange Zeit eindrucksvolles Konzert, in welchem die Akkorde zusammenklingen und in das der kühne Meister da und dort, um noch tiefer zu ergreifen, auch Dissonanzen eingestreut hat, stehen mir die Regenwälder in unvergänglicher Erinnerung. Sie sind stärkste Zeugen für das in einer ungebändigten Natur wirksame Kräftespiel und hinterlassen keinen geringeren Eindruck auf die menschliche Empfindsamkeit als es das herrlichste Kunstwerk, das Menschenhand hervorbrachte, zu geben vermag. Von solchem aber sagt Jakob Burckhardt mit vollem Recht: „Die verehrende Kraft in uns ist so wesentlich als das zu verehrende Objekt." Das gilt auch für die Naturforscher in ihrem Verhältnis zur Natur.

Les théories de l'Univers ou les dangers de l'extrapolation

Par

Adrien Jaquerod
Prof. de Physique à l'Université de Neuchâtel

Monsieur le Président,
Mesdames, Messieurs,

En commençant, je tiens à m'excuser de lire cette conférence. Ça n'est pas mon habitude, et je sais qu'une conférence dite est plus vivante, plus agréable à suivre qu'une conférence lue. Mais il s'agira ici de questions assez délicates, ayant trait à la philosophie des sciences, et qui ne sont pas de celles qu'un physicien manipule chaque jour. Je tiens à dire exactement ma pensée et à la dire si possible clairement; je tiens surtout à ne pas vous faire perdre votre temps. C'est ce qui m'a obligé à rédiger entièrement les considérations que vous allez entendre.

Je ne suis pas du tout un spécialiste des théories dont je vous entretiendrai. Afin de ne pas pécher contre ce que Chwolson appelait le onzième commandement, et qui s'énonce: « tu ne parleras pas de ce que tu ne connais pas », je me bornerai à vous exposer, dans leurs grandes lignes seulement, certaines théories de l'univers, et très schématiquement. Mon objectif principal sera de chercher à fixer, en votre compagnie, le degré de confiance que l'on peut avoir en elles, la certitude que l'on peut en attendre. J'ai longuement réfléchi à ces questions, du point de vue de la physique expérimentale, et suis arrivé à une conviction qui, j'en ai peur, se trouvera assez opposée à celle de certains théoriciens de l'univers. Qu'ils veuillent bien ne pas s'en choquer et ne pas y trouver de l'outrecuidance de ma part, mais seulement y reconnaître le fruit, légèrement vert peut-être, des réflexions d'un phy-

sicien cantonné sur le terrain ferme de l'expérience. Je ne me fais donc pas d'illusions et suis bien sûr de rencontrer de nombreux contradicteurs. Mais n'a-t-on pas dit que du choc des opinions peut naître la lumière? . . . . .

* * *

Je rappellerai tout d'abord la notion fondamentale de précision, et la différence essentielle qui existe entre la précision mathématique, telle qu'on la rencontre dans les mathématiques dites *pures,* et celle à laquelle on a affaire en physique ou dans les sciences voisines, comme l'astronomie qui nous occupera plus spécialement. Dans ces derniers cas, les mathématiques sont *appliquées,* utilisées comme un outil, outil d'ailleurs d'une merveilleuse puissance.

La *précision mathématique* est rigoureuse, absolue, une fois admis certains axiomes fondamentaux. Prenons un exemple très simple: chacun connaît la parabole, cette courbe si fréquemment rencontrée, à l'allure harmonieuse, dont les deux extrêmités vont se perdre dans les brouillards de l'infini. On peut la définir géométriquement comme la courbe dont tous les points sont à égale distance d'un foyer et d'une droite fixe. On peut aussi l'exprimer analytiquement par une équation. $y = 2x^2$ par exemple représente une certaine parabole, supposée rapportée à deux axes rectangulaires contenus dans un plan illimité. Si x vaut 1 cm. y en vaudra 2; si x vaut 2, y vaudra 8, et ainsi de suite, rigoureusement. On peut tout aussi bien calculer la position d'un point de notre parabole situé à 10 000 kilomètres ou à 500 000 années lumière; l'exactitude sera rigoureuse.

La *précision physique* est au contraire limitée par les conditions expérimentales; elle est relative. Considérons un autre exemple très simple. Je suppose qu'on veuille étudier l'influence de la température sur la longueur d'une barre de fer. On préparera une barre bien dressée, dont la longueur sera par exemple exactement de un mètre à zéro degrés. Insistons sur le fait qu'en disant «exactement», il ne s'agit pas cette fois de la même exactitude rigoureuse que tout à l'heure. En effet, on pourra mesurer la longueur de la barre à un centième de mm. près, peut-être à un millième; il sera très difficile d'aller plus loin. Portant cette barre successivement aux températures de 100°, 200°, etc., jusqu'à 500° on mesurera chaque fois sa longueur. Aux températures élevées

la précision sera nécessairement un peu moindre, car il est beaucoup plus difficile de mesurer la longueur d'une barre de fer portée au rouge naissant que de le faire à froid.

On peut alors représenter chacune de ces expériences par un point placé sur un graphique, en portant par exemple la température sur l'axe horizontal et la longueur de la barre sur l'axe vertical. On peut enfin joindre ces points par une courbe régulière, qui fera connaître la longueur de la barre à n'importe quelle température comprise entre 0 et 500 degrés. On utilise ce faisant ce qu'on appelle une *méthode d'interpolation;* la précision sera naturellement la même que celle des mesures, ou légèrement inférieure.

Rien n'empêche, puisque la courbe présente une allure bien régulière, de la prolonger quelque peu au delà de 500 degrés, donc de la dernière observation; par exemple jusqu'à 600 ou 700 degrés. On pratique dans ce cas une *extrapolation.* Il saute je pense à l'œil que la précision du résultat va décroître avec l'ampleur de l'extrapolation et que, si l'on prolonge la courbe jusqu'à 1200° par exemple, comme elle n'est plus soutenue de part et d'autre par les points expérimentaux mais flotte pour ainsi dire dans l'espace, on devra craindre une erreur de plusieurs dixième de mm. ou même davantage.

On pourra maintenant exprimer analytiquement cette courbe par une équation donnant la longueur de la barre en fonction de la température. Ce sera justement celle d'une parabole. Vous voyez d'emblée que, le résultat étant mis sous forme mathématique, cette équation va représenter une courbe illimitée, définie dans toute l'échelle des températures avec une rigoureuse précision. Il ne sera pas impossible alors d'imaginer un mathématicien extrêmement pur qui se poserait le problème suivant: connaissant la longueur de la barre à zéro degrés, et l'équation qui représente sa dilatation, calculer sa longueur à 253 000 degrés. Et rien ne l'empêchera de la calculer au millionième de mm. ou même avec une précision bien supérieure. Que vaudra le résultat? Vous souriez en pensant à cette énorme extrapolation; vous souriez davantage encore parce que vous songez qu'avant de parvenir à cette température, d'ailleurs inaccessible, la barre aura subi divers petits accidents. A 1500° elle fondra, et le liquide résultant de ce phénomène n'aura plus aucune longueur. Un peu plus haut elle se volatilisera, et sa longueur s'évanouira définitivement en fumée. Autrement dit, phy-

siquement parlant, la courbe ne continue pas indéfiniment. Elle a un point d'arrêt à 1500° environ; mais ce point singulier est tout à fait invisible dans l'équation mathématique.

Nous allons supposer des physiciens vivant dans un monde où n'existerait comme solide, que le fer et, puisque nous nous amusons à faire des hypothèses, où il serait impossible de dépasser la température de 500°. A ces physiciens là, l'extrapolation jusqu'à 5000 ou 10 000° pourrait paraître légitime, puisqu'ils ignoreraient tout du phénomène de la fusion. Cependant, en tant que physiciens expérimentaux, ils sauraient que plus l'extrapolation est poussée loin et plus augmente l'incertitude du résultat, que par conséquent si on la pousse jusqu'à des températures extrêmes, l'erreur possible devient si grande que le résultat est illusoire et finit par perdre toute signification. Si les connaissances de physique moléculaire de nos savants supposés étaient très avancées, peut-être pourraient-ils prévoir l'existence du point singulier que représente la fusion sans l'avoir effectivement observé; mais cela n'est pas du tout certain.

Dans l'histoire de la physique on rencontre bien des cas où de pareils points singuliers n'ont été découverts qu'après que l'on eût fait des suppositions qui nous semblent aujourd'hui étranges sur les propriétés des corps. Comme seul exemple je citerai le *point critique* des fluides. Alors qu'on ne le connaissait pas, des physiciens de premier ordre ont cherché à liquéfier certains gaz à la température ordinaire en les comprimant jusqu'à plusieurs milliers d'atmosphères. On sait de nos jours que cette liquéfaction est impossible, quelle que soit la pression, au-dessus d'une certaine *température critique* qui, pour l'air par exemple, est de —150°. Tous les efforts étaient donc vains. Mais il n'était pas facile de prévoir, d'après ce que l'on connaissait alors des fluides, l'existence du point critique.

Je vous parlerai maintenant d'une autre extrapolation qui nous rapprochera de notre sujet: les théories de l'univers. Vous savez que plus un corps est chaud et plus il rayonne. Ce rayonnement commence par être invisible, tel celui d'un mur chauffé par le soleil, que l'on perçoit à plusieurs mètres de distance. Vers 500° le rayonnement contient des ondes visibles: le corps est rouge naissant. Puis son spectre s'étend de plus en plus vers le violet, l'apparence du corps est de plus en plus claire j'usqu'au blanc éblouissant. Ce rayonnement thermique a été énormément étudié durant ces trente dernières années, soit par les physiciens expéri-

mentaux, soit par les théoriciens. Son étude a joué un rôle de premier plan dans le développement de la physique et conduit à l'hypothèse des quanta, dont on sait l'importance essentielle. Les lois du rayonnement, pour certains corps particuliers dits corps noirs, peuvent se mettre sous une forme analytique exprimée par la formule de PLANCK, et peuvent aussi se représenter par une courbe, ou plutôt par un système de courbes. Il fallait naturellement pour que la célèbre formule de PLANCK fût valable, donc pour que la loi fût acceptée par les physiciens, il fallait que ces courbes fussent vérifiées expérimentalement. Des expériences très minutieuses, et qui ont duré des années, ont été entreprises dans divers laboratoires pour cette vérification. L'on peut dire aujourd'hui que la formule de PLANCK représente très bien les phénomènes expérimentaux jusqu'à 2000° environ.

Naturellement, aux températures élevées, les expériences sont particulièrement délicates surtout en ce qui concerne la mesure des températures, et la précision ne dépasse pas quelques degrés. On admet cependant, et cela surtout sur la foi de vues théoriques, que la formule de PLANCK peut être extrapolée autant que l'on veut. Les physiciens expérimentaux procèdent avec prudence ; mais les astronomes, et spécialement les théoriciens, s'en donnent à cœur joie.

En étudiant le rayonnement d'un corps inaccessible, un astre par exemple, on pourra, en se basant sur la formule de PLANCK et faisant certaines hypothèses accessoires, en déduire la température superficielle. C'est ainsi que celle du soleil est évaluée à environ 6000°. L'extrapolation n'est pas bien considérable, et l'incertitude faible. Pour les étoiles on trouve des températures très variables, qui peuvent monter jusqu'à 20,000, 30,000° et même davantage. L'incertitude croît naturellement; mais certains recoupements permettent d'avoir une foi encore assez grande dans ces évaluations.

Un théoricien de génie, EDDINGTON, est allé beaucoup plus loin. Il se proposait de calculer a priori la température de l'*intérieur* des étoiles. Il se base pour cela, non seulement sur les lois du rayonnement, mais encore sur d'autres lois physiques relatives aux gaz, à la pression de radiation, etc. Il fait en outre diverses hypothèses concernant l'état de dissociation de la matière aux très hautes températures. Il parvient alors à ce résultat curieux que le centre de toutes les étoiles aurait à peu près la même température, d'environ — ouvrez bien les oreilles — 35 millions de degrés!

On peut sans exagération taxer d'audacieuse l'extrapolation. Par analogie avec l'exemple étudié il y a un instant on peut même se demander s'il ne pourrait pas exister un point singulier de la matière, tout à fait inconnu et inconnaissable actuellement, vers deux ou trois millions de degrés par exemple. Il me paraît impossible d'affirmer qu'un tel point singulier ne peut exister; car nous ne savons rigoureusement rien des propriétés de la matière à quelques millions de degrés, si ce n'est justement ce que nous pouvons soupçonner à force d'hypothèses et d'extrapolations. Que subsisterait-il alors du résultat d'Eddington? Je vous laisse le soin de conclure.

En parlant de la constitution de l'univers nous allons retrouver des extrapolations plus audacieuses encore, et l'incertitude croîtra jusqu'à l'infini.

* * *

Les théories de l'univers, ou théories cosmogoniques, ont la prétention de donner une image de la constitution de l'univers, c'est-à-dire de tout ce qui existe. Elles prétendent, en utilisant les théories et les lois de la physique, prévoir quelle sera l'évolution de cet univers, par conséquent son état dans l'avenir. Elles prétendent enfin, en remontant dans le passé, donner une idée de ce que peut avoir été l'origine de cet univers.

Au début on s'est contenté de spéculations concernant notre voisinage le plus proche: le système solaire. Dès que l'on eût reconnu l'ordre admirable qui règne dans le mouvement des planètes autour du soleil, on chercha à donner une interprétation de cet ordre au moyen d'hypothèses plus ou moins plausibles. La plus connue est la fameuse théorie de la nébuleuse primitive, due à Kant et à Laplace. On sait qu'elle consiste à admettre que le système solaire tout entier était constitué, à l'origine, par un immense globe de matières gazeuses et incandescentes qui s'est petit à petit refroidi et condensé. On peut supposer différents processus à cette condensation. Concevoir par exemple que la masse s'est contractée en tournant sur elle-même et qu'il s'en est détaché successivement les différentes planètes qui ont continué leur révolution autour de l'astre central, à peu près dans le même plan. On peut aussi supposer que, dans la nébuleuse primitive, des centres de condensation sont apparus, autour desquels la matière s'est progressivement accumulée, et qui sont aujourd'hui le soleil et les planètes. On peut

enfin concevoir que le passage d'une étoile à petite distance du soleil, alors astre unique, aurait provoqué sa dislocation et lancé dans l'espace, à ses dépends, le cortège de planètes en question. Les théories sont nombreuses, ce qui laisse à penser qu'aucune n'est entièrement satisfaisante.

Aujourd'hui on est beaucoup plus ambitieux, et les théories cosmogoniques s'étendent à l'univers entier. Les lois de la physique, reconnues valables par des recherches expérimentales dans un domaine nécessairement très restreint, sont extrapolées jusqu'à l'infini avec une hardiesse vraiment merveilleuse, et les auteurs paraissent ajouter une très grande foi aux résultats auxquels ils parviennent, alors même que ces résultats sont très différents suivant l'auteur et le point de départ, qu'ils varient même d'une décade à l'autre de telle façon qu'il est difficile de les reconnaître. Dès qu'une théorie nouvelle semble suffisamment assise, il se trouve un théoricien pour l'appliquer à l'univers.

Des essais importants ont été faits, par exemple, à l'aide des théories cinétiques. On sait qu'elles consistent à admettre que les atomes et molécules qui constituent la matière sont animés de mouvements incessants. Ces théories sont surtout bien développées pour l'explication des propriétés des gaz. Les molécules des gaz sont considérées comme animées de mouvements de translation, qui s'effectuent sensiblement en ligne droite tant qu'elles sont éloignées les unes des autres, mais qui présentent des incurvations brusques lorsque deux molécules s'approchent suffisamment. Les astronomes ont reconnu que la répartition des étoiles dans le ciel et leurs mouvements propres peuvent être assimilés à ceux des molécules gazeuses. On peut donc appliquer les théories cinétiques au système entier des astres. Remontant dans le passé, on peut chercher, en se basant toujours sur les mêmes théories et en appliquant le calcul des probabilités, à rendre compte de la répartition actuelle des étoiles.

A cet égard je vous parlerai d'une théorie célèbre de l'univers due au mathématicien anglais Jeans, et dont voici l'essentiel. Jeans admet un chaos primitif. L'univers, au début, était constitué uniquement d'atomes séparés les uns des autres et animés de mouvements semblables à ceux que considère la théorie des gaz. On peut même, avec Eddington, supposer la dissociation initiale poussée jusqu'aux protons et aux électrons. Comme la densité moyenne de la matière

est très faible dans l'univers — on peut l'évaluer avec une exactitude assez grande, du moins dans notre voisinage — ces atomes étaient très éloignés les uns des autres. Néanmoins, au caprice des rapprochements et des chocs, se seraient formés petit à petit des centres de condensation; ces noyaux auraient grossi progressivement en attirant les molécules de leur voisinage, puis celles de plus en plus éloignées, et seraient en définitive devenus les nébuleuses et les étoiles. Entre les étoiles règne aujourd'hui le vide interstellaire pratiquement dénué de matière. D'après la théorie des probabilités, base mathématique des théories cinétiques, on peut évaluer le temps qui s'est écoulé entre la formation des nébuleuses primitives et l'état actuel de la portion de l'univers accessible à nos observations. On trouve naturellement un temps très considérable, se chiffrant par bien des milliards d'années, de telle sorte que l'univers est certainement très vieux.

A propos de cette théorie de Jeans, il m'est venu une idée que j'ai soumise à un mathématicien s'occupant de ces questions. Il n'a pas daigné la prendre en considération. Le problème était cependant bien digne de tenter un théoricien, car il ne s'agissait de rien moins, en effet, que de remonter jusqu'à la date de la création du monde. On pourrait en effet, me semble-t-il, calculer le temps nécessaire à la formation des premiers centres de condensation et trouver par conséquent *la durée du chaos primitif* donc, comme je le disais, remonter à l'origine des temps . . .

Je me souviens avoir eu entre les mains, il y a quelques années un vieux dictionnaire d'histoire et de géographie. Oh! il n'était pas bien vieux! il datait je pense du milieu du siècle dernier, époque à laquelle il existait, et il avait existé des savants de premier ordre. Ce dictionnaire débute par une chronologie relative aux faits les plus notoires de l'histoire du monde, et dont la première ligne porte: An 6300 av. J.-C., création du monde. Puis viennent des événements de moindre importance. Il n'est point besoin de vous dire que cette date n'est depuis longtemps plus généralement admise. Les historiens et préhistoriens, les zoologistes, les géologues surtout, se sont récriés en faisant remarquer qu'il leur était impossible de caser dans quelque huit mille ans tous les événements constatés. L'apparition de la vie sur la terre a été reculée successivement à des centaines de mille, à des millions, puis à des dizaines de millions d'années. On en est

aujourd'hui entre un et deux millards, grâce à des méthodes basées notamment sur l'étude de certains phénomènes radioactifs, méthodes qui permettent une précision assez grande. Mais rien n'empêche de penser que des découvertes nouvelles obligeront peut-être, une fois ou l'autre, à reculer encore cette origine. La terre elle-même, si elle a été tout d'abord incandescente, est nécessairement beaucoup plus vieille, et à plus forte raison l'univers. On voit donc tout l'intérêt qu'il y aurait à fixer au moyen de la théorie de Jeans la date si controversée de la création du monde, et mettre fin à tant de divergences. Une fois cette date établie avec certitude, pour que l'événement le plus important, sans contredit, de l'histoire du monde soit définitivement classé, il ne resterait plus qu'à déterminer le lieu . . . et le nom de l'auteur, naturellement.

L'âge de notre modeste planète a donc été l'objet d'estimations très variables. On s'est borné tout d'abord à des évaluations vagues; puis les géologues ont utilisé les données relatives à la salure des océans, à l'épaisseur des couches sédimentaires, etc. Une méthode physique nécessitant bien des hypothèses, et qui rentre par conséquent dans notre sujet, fut utilisée il y a plus de soixante ans par lord Kelvin. Ce savant admet, comme ou l'avait déjà fait avant lui, que la terre a commencé par être incandescente, puis s'est refroidie lentement. Il arrive alors à calculer, en admettant une certaine conductibilité des diverses couches terrestres et se basant sur les lois de la conduction calorifique, le temps qui s'est écoulé jusqu'à l'état actuel. Il parvient ainsi à quarante millions d'années environ. Certes l'humanité, en prenant connaissance de ce résultat, dut être inquiète de son avenir. Le refroidissement, en effet, devait se poursuivre de façon inexorable d'après ce qui était alors connu, et quelques millions d'années seulement restaient à vivre à cette pauvre humanité, dans des conditions de plus en plus dures.

On fut cependant bientôt frappé du désaccord qui régnait entre l'évaluation de lord Kelvin et celle des géologues qui estimaient que des centaines de millions d'années avaient du s'écouler depuis l'apparition de la vie sur la terre; mais on fut longtemps à trouver l'explication. Elle fut fournie, et de façon très élégante, non pas par un théoricien, mais par la découverte d'un phénomène entièrement nouveau: la radioactivité. Notre globe contient des matières radioactives qui dégagent continuellement de la chaleur et maintiennent ainsi, en compensant les pertes dues au rayonnement, une

température à peu près constante depuis, probablement, plus d'un milliard d'années. On voit par cet exemple singulièrement instructif à quel point l'ignorance d'un facteur expérimental peut rendre caduc le plus imposant résultat théorique.

* * *

Comme il était naturel, les théories les plus récentes de la physique: relativité généralisée, mécanique ondulatoire, ont été mises à contribution pour l'édification de théories de l'univers. Leur application a conduit à des résultats sensationnels dont quelques-uns nous retiendrons un peu plus longuement.

Vous savez que ces théories modernes sont très difficiles à suivre dans leurs détails, et que seuls des spécialistes, dont je ne suis pas, sont capables de le faire. Il est cependant possible d'en donner une idée et, pour ce qui nous concerne, une idée tout à fait générale sera suffisante. Les notions usuelles de temps et d'espace y sont passablement bouleversées. Notre géométrie habituelle, la bonne vieille géométrie euclidienne que nous avons apprise sur les bancs de l'école, y est remplacée par une géométrie non-euclidienne; une droite cesse d'être l'unique plus court chemin d'un point à un autre; la somme des trois angles d'un triangle ne vaut plus 180° ou deux droits, etc. Le temps, dans cette théorie, dépend du système de référence dans lequel on se place et l'idée de temps absolu, si ancrée dans les esprits, y est abandonnée. Enfin, pour les besoins du calcul, on introduit un espace à quatre dimensions.

Nous ne pouvons, avec la meilleure bonne volonté du monde, nous représenter un espace à plus de trois dimensions: largeur, hauteur, profondeur; mais les mathématiciens introduisent volontiers des dimensions supplémentaires. On comprendra facilement que ce soit logiquement possible, sans que le résultat puisse nous apparaître muni d'une représentation physique. La relation $x^2 + y^2 = 16$, par exemple, représente dans un plan, espace à deux dimensions, une courbe, plus précisément une circonférence de rayon 4. Ajoutons une troisième variable: $x^2 + y^2 + z^2 = 16$ représentera, dans l'espace à trois dimensions, une sphère de rayon 4, rapportée à trois axes rectangulaires. Il n'est pas possible d'aller plus loin si l'on désire rester dans le domaine des abstractions que nous sommes capables de nous représenter. Mais logiquement, mathématiquement, qui empêche d'ajouter encore une variable, et d'écrire: $x^2 + y^2 + z^2 + u^2 = 16$

et de dire que cette équation représente une hypersphère dans l'espace à quatre dimensions? puis de raisonner sur cet être conventionnel comme nous raisonnons sur la sphère ou la circonférence? Qui empêche même d'ajouter un nombre quelconque de variables supplémentaires et d'arriver ainsi à des hyperespaces d'un nombre quelconque de dimensions? Ce n'est pas seulement par jeu de l'esprit que l'on considère de tels espaces. Ils prennent, en mathématique pure et en physique, une importance considérable et mettent dans la main du théoricien un puissant instrument d'analyse.

Dans la théorie de la relativité on considère un espace à quatre dimensions dont la quatrième est le temps. Ce n'est que par un artifice de calcul que l'on peut ainsi assimiler le temps à une dimension de l'espace, et il faut se garder de prendre cette assimilation au pied de la lettre comme on le fait trop souvent. Jamais un physicien, pas plus que l'homme de la rue, n'aura l'idée d'identifier rigoureusement un temps à une dimension spaciale, à une longueur. Ce sont deux grandeurs essentiellement distinctes l'une de l'autre et que notre esprit ne pourra confondre. Elles jouent dans la vie de tous les jours, aussi bien que dans les phénomènes qu'étudie la physique, un rôle essentiellement différent. Cette différence apparaît déjà dans le fait que nous pouvons à volonté, entre certaines limites, nous déplacer dans l'espace: en avant, en arrière, et revenir à notre point de départ; tandis que le temps nous apparaît comme s'écoulant de façon inexorable, indépendamment de notre volonté, et que nous ne songerions pas un instant à remonter à notre origine. Mais par un artifice de calcul, je le répète, on parvient à faire entrer dans les équations de la physique relativiste le temps comme y entrent les trois dimensions de l'espace. On se forge ainsi un espace quadridimensionnel, ou espace-temps, sur lequel on raisonne mathématiquement. Il n'est naturellement pas euclidien. Appliquées à la propagation de la lumière, les équations conduisent au résultat surprenant que l'agent rectiligne par excellence de la physique classique préfère au contraire une voie généralement courbe. La lumière émise par une étoile, même, peut nous parvenir par deux voies différentes, et peut-être davantage: le chemin le plus direct et ... le chemin de l'école, faisant un tour d'univers avant de frapper notre œil ou nos instruments. Nous voyons donc peut-être la même étoile à deux places différentes, puisque nous recherchons toujours la source du rayon qui nous par-

vient dans la direction de son arrivée. Il y a peut-être des fantômes d'étoiles. Et l'on devine à quel point ce phénomène pourrait devenir gênant lors de l'établissement d'une statistique stellaire, puisqu'il rendrait impossible le dénombrement correct des astres réels.

Ceci m'amène à dire en passant quelques mots de la base expérimentale des théories de l'univers, c'est-à-dire des observations qui nous font connaître la répartition des étoiles dans l'espace, leurs distances, leurs dimensions, etc. Il n'est pas question d'entrer dans les détails ; le principe seul nous intéresse ici.

Les distances sont toujours très grandes et fort difficiles à évaluer. On sait qu'elles s'expriment souvent en années lumière, chemin parcouru en un an par la lumière à raison de 300 000 km par seconde, et que les étoiles les plus voisines sont au moins à quatre années lumière de nous. L'approximation dans la mesure de telles distances est faible. De plus, les étoiles pour lesquelles une mesure directe est possible sont très peu nombreuses.

Pour les astres plus éloignés on est obligé d'utiliser des méthodes indirectes, basées en général sur des moyennes, sur des notions statistiques ; autrement dit on procède par extrapolation, de proche en proche. Admettant que dans les régions plus lointaines les étoiles se comportent comme dans notre voisinage, on estime leurs distances d'après leur éclat, et l'on continue à extrapoler jusqu'aux confins de l'univers. Naturellement la précision des estimations décroît à mesure que la distance augmente, en application de la loi générale exposée au début de ce discours. Il serait bien intéressant de chercher à estimer l'erreur possible commise dans l'estimation des distances des nébuleuses extra-galactiques.

On sait en effet que notre système solaire fait partie d'un ensemble d'étoiles dont la voie lactée est l'élément le plus apparent, et qui se nomme pour cela galaxie ou système galactique. Les nébuleuses extra-galactiques, les fameuses nébuleuses spirales notamment, forment, chacune pour son compte, des systèmes aussi compliqués que celui auquel appartient notre soleil. Elles comptent des millions d'étoiles. Leurs distances se chiffrent par centaines de milliers ou par millions d'années lumière. L'évaluation de ces distances énormes n'est possible, cela va sans dire, que par des méthodes indirectes qui supposent que les astres composant les nébuleuses résolubles sont soumis aux mêmes variations, aux mêmes vicissitudes que ceux dont la distance est moindre. Il est évident que les astre-

nomes n'ont à leur disposition que ces moyens indirects, mais l'on peut imaginer la part d'incertitude que comportent de telles estimations.

* * *

Quels sont maintenant les résultats de l'application à l'univers entier des lois de notre physique, lois qui ne sont vérifiées, j'y insiste encore une fois, que dans un domaine extrêmement restreint? L'extrapolation étant illimitée, l'incertitude le sera aussi, ce qui signifie que la certitude sera nulle et que ces déductions n'auront que la valeur qu'on voudra bien leur attribuer. Elles méritent en tout cas un succès de curiosité. Et je dis cela sans l'ombre d'ironie, car il est extrêmement intéressant de chercher à percer le voile de l'inconnaissable à l'aide des seuls moyens dont nous disposions, si certains que nous puissions être de l'insuffisance de ces moyens.

La première question qui se pose est la suivante: l'univers est-il fini ou infini? La réponse qui vient immédiatement à l'esprit est: l'univers est infini, autrement qu'y aurait-il après, qu'y aurait-il derrière? Le vide, l'espace pur, sans autre, est encore quelque chose et l'on ne peut, semble-t-il, concevoir de limites. C'est en effet la réponse qui a été longtemps admise, celle qui s'impose tant que l'on se place sur le terrain de la géométrie euclidienne. Les lois de la mécanique classique laissaient bien craindre, si l'on admettait que la masse totale des astres est également infinie, une instabilité de l'ensemble. Mais comme cet ensemble paraît se comporter avec une stabilité assez rassurante, on passait sur cette difficulté.

L'introduction des théories relativistes a modifié ce point de vue du tout au tout, c'est bien le cas de le dire. D'après ces théories *l'univers est fini.* On peut ergoter sur sa forme, et l'on admet en général la forme sphérique; mais ses dimensions approximatives peuvent être fixées: le rayon de l'univers dépasserait un milliard d'années lumière. On peut même estimer la masse totale de matière qu'il contient: à très peu près 2×10^{55} grammes, soit un nombre de kilogrammes représenté par un 2 suivi de 52 zéros.

Comme on ne peut toujours pas concevoir de limites, ce résultat paradoxal peut s'exprimer en disant: l'univers est *fini, mais illimité.* C'est assez difficile à saisir. Il ne faut pas oublier que, dans la théorie relativiste, l'espace est courbe en quelque sorte,

ce qui fait qu'en se tenant sur une ligne droite au sens classique du terme, on pourrait en faire le tour sans jamais rencontrer de frontière. Ainsi un voyageur sur notre terre peut se déplacer indéfiniment sur la surface, à laquelle on peut le supposer lié, sans jamais être arrêté par un obstacle et avoir par conséquent l'illusion de l'illimité.

Dans ces conditions l'univers peut être stable, moyennant toujours certaines hypothèses invérifiables, et c'est une grande raison de nous tranquilliser. Mais il y a, hélas! bien d'autres sujets d'inquiétude. C'est ainsi qu'en étendant à l'univers les lois de la thermodynamique, notamment le second principe, on arrive à cette conclusion qu'il tend fatalement vers un état limite où toute transformation sera devenue impossible, où la vie, par conséquent, qui n'est que transformations, aura disparu. La fin du monde autrement dit; et cela dans un avenir assez proche: quelques milliards d'années.

Il y a autre chose encore qui fait grand bruit parmi les théoriciens de l'univers. On a remarqué que le spectre des nébuleuses extra-galactiques est déplacé vers le rouge. On sait que le déplacement du spectre est dû en général à l'effet Döppler, et qu'il permet d'estimer la vitesse radiale des astres; il fournit sur le mouvement propre des étoiles des renseignements extrêmement précieux. Lorsqu'une étoile se rapproche de nous, son spectre est décalé vers le violet; si elle s'éloigne il est déplacé vers le rouge. Chez les étoiles on rencontre les deux cas, ce qui est naturel. Or les nébuleuses lointaines, les nébuleuses spirales, semblent toutes s'éloigner ce qui est inexpliquable si l'on suppose des déplacements ressortissant des lois du hasard. Fait encore plus curieux elles s'éloignent d'autant plus vite, elles nous fuient avec d'autant plus de précipitation qu'elles sont plus lointaines. Vous pensez bien que cette étrange constatation a donné lieu à des discussions passionnées. Mais ce que vous ne pouvez deviner, à moins que vous n'en ayez déjà ouï parler, c'est l'interprétation donnée au fait d'observation. Elle avait été pressentie par De Sitter. L'abbé Lemaitre a réussi à déduire des théories relativistes *l'explication* de cette fuite des nébuleuses: *l'univers se dilate!* L'espace, que l'on peut se représenter comme une sphère finie ainsi que nous l'avons vu, s'enfle sans cesse tel un ballon de caoutchouc!

Cette dilatation, qui cause déjà de l'émotion aux théoriciens, provoquera une véritable inquiétude chez le grand public lorsqu'il

en sera informé. Pardonnez-moi donc, Mesdames et Messieurs, de révéler ce danger à ceux d'entre vous qui ne le connaîtraient pas encore. Si cependant un pauvre homme particulièrement inquiet à ce sujet et privé de sommeil venait me consulter, ce qui n'est pas probable, et me demander si, avec les moyens formidables dont dispose la technique moderne on ne pourrait pas chercher à entraver cette fâcheuse dilatation, je le rassurerais en lui disant: «Un philosophe sans doute célèbre, dont le nom m'échappe, assure que „tout est dans tout"; un de ses collègues aurait même complété cette pensée en ajoutant: „et réciproquement". Nous pouvons donc chercher des motifs de nous rassurer dans n'importe quel domaine familier. Considérez alors les jupes des femmes. Il y a quelques années elles se sont mises à raccourcir jusqu'à devenir extrêmement courtes. Comme elles ne pouvaient tendre asymptotiquement vers zéro, on pouvait prédire avec certitude qu'une fois ou l'autre elles rallongeraient; et c'est ce qui n'a pas manqué de se produire.

Il en sera de même pour l'univers, mais en sens inverse. Il ne peut se dilater indéfiniment, puisque les théoriciens lui assignent des dimensions finies. Il faudra donc bien que l'inquiétante dilatation prenne fin, au besoin dans l'infini du temps, ou qu'elle soit remplacée par une contraction.» Je n'ajouterais pas qu'un autre danger, plus grave encore, pourrait alors se présenter: celui de voir la contraction se poursuivre jusqu'au moment où l'univers entier nous tomberait sur la tête... Et le pauvre homme, rassuré, dormira de nouveau sur ses deux oreilles.

Pour ceux d'entre vous qui désireraient des raisons moins métaphysiques, et davantage assises sur le terrain scientifique habituel, on pourrait en invoquer plusieurs; je me contenterai d'une seule. La théorie de la relativité générale, base actuelle des théories de l'univers, doit être considérée comme une seconde approximation par rapport à la théorie newtonienne, qui l'a précédée, et qui est contenue comme première approximation dans la théorie d'Einstein. Il y a une trentaine d'années des faits expérimentaux nouveaux, la célèbre expérience de Michelson et Morley en particulier, ont obligé les physiciens à élaborer la fameuse théorie. Elle tiendra aussi longtemps que des phénomènes aujourd'hui insoupçonnés, naturellement parfaitement inconnus et dont nous ne pouvons nous faire la moindre idée, ne viendront pas obliger à un remaniement. Telle est la marche incessante, immuable de la science, et il serait

bien téméraire, naïf même, de supposer que notre siècle possède la clé définitive des choses. On doit donc, considérant le développement historique de la science et en se livrant à une extrapolation qui n'a rien d'hasardeux, admettre que dans dix ans ou dans deux siècles peu importe, une nouvelle théorie naîtra, plus générale que ses sœurs cadettes, qui constituera une troisième approximation et contiendra comme approximations inférieures les théories d'Einstein et de Newton. Que donnera, appliquée à l'univers, cette nouvelle théorie? je pense que personne ne se hasardera à le prédire. L'univers de nos successeurs sera-t-il fini ou infini? se dilatera-t-il ou se contractera-t-il? sera-t-il sphérique ou parabolique? Je soumets ce problème insoluble pour l'instant à vos réflexions.

D'ailleurs on considère notre univers comme fermé, comme formant un tout fini, en tablant sur l'état actuel des théories, alors que l'observation se fait à l'aide d'un seul agent: la lumière. Est-il donc absurde de penser que le fait même que nous le trouvions fermé ne soit une conséquence de ce mode d'observation? et qu'un autre agent plus subtil que la lumière, à découvrir naturellement, ne puisse permettre un jour de percer cette sorte d'enveloppe hermétique qu'exigent les théories modernes, et qui borne notre univers? Nous prendrions alors connaissance, peut-être, d'autres univers, fermés également chacun pour son compte du point de vue de l'optique. L'univers actuel ne serait plus qu'une sorte *d'hypergalaxie,* et d'autres hypergalaxies, d'autres univers «optiques», seraient peut-être décelés par nos instruments. Un hyperunivers, un univers de second ordre, qui relèverait d'une nouvelle physique plus étendue, enrichie de découvertes nouvelles insoupçonnées aujourd'hui, apparaîtrait aux yeux éblouis de nos descendants.

Où s'arrêterait cette marche progressive vers un infini d'hyperunivers? et ne pourrait-on la mettre en parallèle avec la marche vers l'ultime constituant de la matière, marche que l'on ne peut, de façon certaine, considérer comme parvenue à son terme?

Rêves, naturellement; mais rêves qui ne peuvent être démontrés absurdes.

* * *

Je voudrais que l'on me comprenne bien et que l'on ne se méprenne pas sur le fond de ma pensée. Il est loin de mes intentions de chercher à démolir des théories édifiées par les savants

les plus en vue de notre époque. Ce serait non seulement une prétention ridicule de ma part, mais encore une mesquinerie dont il serait facile de me démontrer toute l'inanité. J'admire profondément les travaux et les déductions des théoriciens géniaux de l'univers. Je les admire non seulement pour la hardiesse des conceptions, l'ingéniosité prodigieuse qu'elles exigent et les calculs très difficiles qu'elles nécessitent. Je les admire surtout parce que j'y vois ce qui distingue avant tout l'homme, ce qu'il y a peut-être de plus noble en lui: le désir de connaître, le besoin de percer le mystère de tout ce qui l'entoure, la soif de savoir. Ce besoin, cette soif le poussent à généraliser, à extrapoler. Ce sont les seules voies dont il dispose pour étendre à l'insaisissable, à tout ce qu'il ne peut atteindre par le moyen direct de ses sens, cette connaissance qui apparaît à son intelligence comme le but suprême. Généralisations et extensions doivent nécessairement être fondées sur quelque chose; et ce quelque chose ce sont les lois que l'homme a établies par un labeur acharné et séculaire, ensuite de patientes et minutieuses observations, par d'innombrables expériences.

Ce que j'ai cherché à vous démontrer c'est l'incertitude qu'entraîne toute extrapolation, toute généralisation; et c'est le fait que cette incertitude croît en même temps que l'extrapolation elle-même pour devenir infinie si l'on étend à l'univers le résultat d'expériences faites dans un espace très limité, dans des conditions étroitement bornées. Il est regrettable que parfois les auteurs eux-mêmes des théories de l'univers, plus souvent ceux qui les présentent au grand public, n'insistent pas sur cette incertitude, et offrent en pâture des déductions, géniales tant qu'on voudra, mais illusoires, comme des vérités démontrées, comme le «Eureka» définitif de la science. Le fait déjà que ces théories changent d'une décade à l'autre avec une rapidité déconcertante, que les grands physiciens et astronomes de nos jours parviennent à des vues souvent diamétralement opposées à celles des siècles passés, où les théoriciens n'étaient ni moins grands, ni moins géniaux, ce fait devrait rendre circonspect

Eddington, alors même qu'il se laisse généralement entraîner par son admirable tempérament de théoricien génial, insiste souvent sur le caractère hypothétique de ses déductions. Il reconnaît explicitement, en particulier, que le problème des origines de l'univers, le problème du «commencement», semble dépasser les bornes de la science.

De Sitter est plus explicite encore, et je ne puis mieux faire que de citer de lui le passage suivant qui corrobore entièrement ma manière de voir:

«Il ne faudrait pas oublier que toutes ces considérations sur l'univers impliquent une extrapolation effrayante, qui est vraiment dangereuse. J'ai souvent appelé la partie de l'univers dont nous savons quelque chose de sûr, «notre voisinage». Les limites de ce voisinage ont été énormément étendues dans les dernières 10 ou 15 années par les résultats dérivés des observations faites avec les grands télescopes du Mont-Wilson et d'ailleurs; cependant, nous ne connaissons sans doute qu'une portion très faible de l'ensemble de l'univers. Toutes les assertions concernant les portions de l'univers qui gisent au delà de notre *voisinage,* soit dans l'espace, soit dans le temps, sont de pures extrapolations. En faisant une théorie de l'univers, nous devons d'ailleurs consentir à quelque extrapolation et nous pouvons la choisir de façon qu'elle s'accorde avec notre goût philosophique. Mais nous n'avons pas le droit d'attendre qu'elle soit confirmée par les observations futures étendues à des domaines actuellement hors de notre portée.»

Il me semble donc que l'on devrait présenter ces résultats théoriques, ces fruits d'une extrapolation grandiose, de la manière suivante:

Admettons, dirait-on — posons, comme dirait un mathématicien — que les lois établies par la physique expérimentale soient valables d'une façon absolument générale, dans le temps et dans l'espace, et pour toute l'échelle des températures; admettons que les astres que nous voyons, directement ou indirectement, soient les seuls qui existent; faisons encore diverses hypothèses simplificatrices et générales sur la façon dont se comporte la matière dans des conditions qui, pour nous, sont totalement irréalisables, et amusons-nous — c'est un noble jeu — à voir ce qui résultera de l'application à l'univers de ces lois et de ces hypothèses. Nous parvenons à tel résultat curieux: l'univers, contre toute attente, est fini; il contient tant de grammes de matière; il ne durera que tant de milliards d'années; etc., etc. Nous savons bien que ces données présentent une incertitude totale, mais nous pensons néanmoins qu'elles pourront intéresser puisqu'elles représentent les seuls éléments que nous puissions déduire de l'état actuel de nos connaissances, et alors même qu'il nous paraît infiniment probable

que nos successeurs trouveront autre chose. Nous laissons à ces successeurs la porte ouverte; ils ne pourront pas rire de nos élucubrations puisque nous leur donnons d'emblée leur juste valeur.

Cela serait jouer franc jeu.

Mais l'orgueil humain n'y trouverait pas son compte, et certains savants ne semblent même pas avoir la notion très nette de la relativité de leurs conclusions. L'emploi du language mathématique peut expliquer dans une certaine mesure cette rigidité de pensée — j'allais dire cadavérique. Les mathématiques conduisent, dans leur domaine pur, à des résultats absolus. Inconsciemment, de bonne foi, on attribue la même rigueur à des déductions d'ordre mathématique relatives à la physique ou à l'astronomie, en perdant de vue l'incertitude du point de départ.

On a comparé les mathématiques à un moulin qui ne restitue que ce qu'on y a mis. Pour grossière que soit cette comparaison, elle fait toucher du doigt le fond même de la question; il serait bon que les spécialistes y réfléchissent de très près. Lorsqu'on met du blé dans un moulin, on recueille de la farine. Si l'on y met des grains de café, le moulin rendra de la poudre de café; mais jamais vous n'en obtiendrez de la farine. Ainsi les mathématiques appliquées aux sciences transforment-elles l'apparence des prémisses que l'on place à la base des théories, sans en changer la nature. La nouvelle forme est souvent extrêmement intéressante, inattendue, importante; elle était néanmoins implicitement contenue dans les hypothèses du début et partage leur approximation et leurs incertitudes. La magie de l'expression courante: «on démontre mathématiquement que ...» devrait cesser d'éblouir dès qu'il s'agit de questions qui relèvent de l'expérience ou des observations.

L'orgueil humain, inconscient lui aussi, explique souvent cette attitude intransigeante. L'homme s'admire dans ses œuvres. L'humanité est actuellement à genoux devant la machine et s'en rend l'esclave — alors qu'elle risque de périr par la machine — pour cela même qu'elle l'a créée; et dans son admiration ingénue elle s'adore dans sa créature. Pareillement l'homme s'adore dans la création spirituelle qu'est la science. Oubliant les imperfections, les lacunes innombrables et l'impuissance de cette science dans tant de domaines, il y croit en aveugle et l'imagine capable, justement par ce qu'il l'a créée, des plus grands miracles.

Si les jouissances que l'orgueil peut procurer sont vives et glorieuses, elles sont éphémères, et la modestie peut en faire éprouver, sinon d'aussi éclatantes, du moins de plus pures et de plus durables. Reconnaissons donc modestement que certaines connaissances sont hors de notre portée, et qu'il nous faut renoncer à résoudre certains problèmes autrement que par jeu ou par un acte de foi. Ainsi, depuis que l'homme pense, il discute la question du déterminisme et du libre arbitre. Malgré l'effort des plus grands philosophes, des penseurs les plus profonds, aucune solution définitive n'a été trouvée. On peut penser qu'elle n'existe pas. Il en est de même du problème de la constitution intime de la matière. La rapidité avec laquelle les conceptions se modifient, les schémas se renouvellent, au caprice des découvertes expérimentales, fait pressentir l'insondable mystère qui entoure cette question capitale et doit rendre sceptique, d'un sain scepticisme scientifique, le savant le plus enthousiaste de la théorie du jour.

Il en va encore ainsi, je dirai presque « a fortiori », des questions touchant à l'univers: ses dimensions, sa masse, sa durée probable dans le passé ou dans l'avenir. Que l'homme aiguise son esprit en discutant ces problèmes, qu'il se plaise à considérer les résultats où conduisent certaines hypothèses, rien de mieux. Mais qu'il ait alors la modestie et la sagesse de ne pas prétendre à des résultats définitifs.

Aussi bien la grandeur, la beauté de la recherche scientifique, résident-elles dans l'effort même que nécessite cette recherche bien plus que dans le résultat. L'homme s'élève en cherchant; il cesse peut-être d'être grand lorsqu'il s'imagine avoir trouvé.

Et puisque cette conférence s'achève, bien malgré moi, presque comme un sermon je vous propose, Mesdames et Messieurs, en guise de morale, l'adage antique qui me semble la résumer de façon lapidaire: l'expérience est la source de toute vérité.

Mais les théoriciens répliqueront, et avec raison, qu'il est terriblement difficile d'expérimenter sur l'univers . . .